

The background features a blue gradient with several molecular models. On the left, a large model of a polymer chain with blue spheres and grey rods is prominent. In the upper right, a smaller model of a ring-like structure is visible. At the bottom, a hexagonal lattice structure is partially shown. Abstract orange and white wavy lines sweep across the middle of the page.

VIII

Всероссийская
научно-практическая
конференция

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Иваново 2022

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИВАНОВСКАЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ
ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ
МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ»**

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
VII Всероссийской научно-практической конференции**

31 марта 2022 года

**Иваново
2022**

УДК 37+50+614.8
ББК 38.96
А 43

Актуальные вопросы естествознания: сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 31 марта 2022 года / сост.: Т. В. Фролова. – Иваново : Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2022. – 783 с. – ISBN 978-5-907353-56-5

В сборнике представлены материалы выступлений и статьи участников конференции, отражающие результаты фундаментальных и прикладных исследований в области естественнонаучных дисциплин (физики, химии, биологии, экологии, математики и информатики), а также рассматривающие профессионально-значимые проблемы современного образования и предлагающие варианты их решения.

Сборник предназначен для научно-педагогических работников, курсантов, студентов и всех интересующихся проблемами современной педагогики и естествознания.

The collection contains materials of speeches and articles of the conference participants, reflecting the results of fundamental and applied research in the field of natural Sciences (physics, chemistry, biology, ecology, mathematics and computer science), and professionally addressing important problems of modern education and suggesting solutions for them.

The collection is intended for scientific and pedagogical workers, cadets, students and all those interested in the problems of modern pedagogy and natural sciences.

УДК 37+50+614.8
ББК 38.96

ISBN 978-5-907353-56-5

Организационный комитет

доктор хим. наук, профессор **Н. Ш. Лебедева** (председатель оргкомитета)
канд. техн. наук, доцент **Е. А. Шварев** (заместитель председателя оргкомитета)
канд. физ.-мат. наук, доцент **Т. В. Пашкова**
канд. техн. наук, доцент **Д. Г. Снегирев**
канд. техн. наук, доцент **К. В. Семенова**
канд. хим. наук, доцент **А. Н. Петров**
канд. хим. наук **Ж. Ф. Гессе**

© Ивановская пожарно-спасательная академия
ГПС МЧС России, 2022

РАЗДЕЛ 1

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ВОПРОСЫ ФИЗИКИ И ХИМИИ

УДК 614.841

О. Б. Болдрушкиев, С. В. Пузач, Н. П. Колесник
ФГБОУ ВО АГПС МЧС России

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОТРАВЛЕНИЯ ЦИАНОВОДОРОДОМ В УСЛОВИЯХ ПОЖАРА

Аннотация: в рамках исследования процесса токсикологического отравления в условиях пожара была разработана физико-математическая модель отравления циановодородом, в рамках которой, степень поражения организма человека определяется массовым содержанием цианида в крови в соотношении миллиграмм/литр крови. Разработанная физико-математическая модель отравления позволяет определять степень отравления циановодородом с учетом изменяемой по времени концентрации циановодорода в помещении и психо-физиологических факторов эвакуирующихся. Предложены критические времена воздействия циановодорода в зависимости от массового содержания цианида в крови человека и степени отравления.

Ключевые слова: циановодород, токсичные продукты горения, токсикологическое воздействие, модель отравления, скорость легочной вентиляции, эвакуация, время блокирования путей эвакуации.

O. B. Boldrushkiev, S. V. Puzach, N. P. Kolesnik

PHYSICAL AND MATHEMATICAL MODEL OF HYDROCYANIC POISONING UNDER FIRE CONDITIONS

Abstract: as part of the study of the process of toxicological poisoning in a fire, a physical and mathematical model of hydrogen cyanide poisoning was developed, in which the degree of damage to the human body is determined by the mass content of cyanide in the blood in the ratio of milligrams/liter of blood. The developed physical and mathematical model of poisoning makes it possible to determine the degree of hydrogen cyanide poisoning, taking into account the time-varying concentration of hydrogen cyanide in the room and the psycho-physiological factors of evacuees. Critical times of exposure to hydrogen cyanide are proposed depending on the mass content of cyanide in human blood and the degree of poisoning.

Keywords: hydrogen cyanide, toxic combustion products, toxicological effects, poisoning model, pulmonary ventilation rate, evacuation, evacuation routes blocking time.

Введение

Токсикологическое отравление является основной причиной гибели людей в условиях пожара. Токсикологическая картина пожара имеет достаточно сложную структуру и во многом зависит от материалов, участвующих в процессе горения. Так, при сгорании пожарной нагрузки с содержанием значительного количества полимеров, может образовываться достаточно широкий спектр газообразных веществ, включающий в себя от 50 до 100 токсичных химических соединений.

С точки зрения пожарной опасности, основным токсикантом, оказывающим токсичное воздействие на эвакуирующихся, является монооксид углерода [1]. Однако, в работе [2,3] отмечается, что в крови погибших при пожарах, помимо значительной концентрации карбоксигемоглобина (*HbCO*), обнаружены концентрации цианидов в токсикологически значимых концентрациях.

Современные математические модели расчета времени блокирования путей эвакуации, как правило, в качестве критических значений концентрации токсичных продуктов горения принимают величины, представленные в нормативных документах, которые вызвали летальные степени отравления при минимальном времени экспозиции. Помимо этого, при определении критических времен воздействия токсичных продуктов горения не были учтены в совокупности психо-физиологические факторы (количество диффундирующего токсиканта через легочную мембрану, учащенное дыхание, возможность детоксикации на ранних стадиях отравления), влияющие на скорость интоксикации. Таким образом, принятые в качестве критических значения концентрации токсичных продуктов горения могут привести к необоснованному завышению времени блокирования путей эвакуации данным токсикантом.

Отравление токсичными веществами в условиях пожара, как правило, происходит ингаляционным способом и во многом зависит от скорости легочной вентиляции. Вследствие повышенной физической активности эвакуирующихся наблюдаются изменения скорости легочной вентиляции и соответственно, критических времен воздействия токсиканта на человека. Так, даже при небольших концентрациях токсиканта и повышенной скорости легочной вентиляции наблюдается нехарактерные для данной концентрации степени отравления. Таким образом, для объективной оценки скорости интоксикации и обоснованного принятия критических величин концентрации циановодорода в условиях пожара, необходимо разработать математическую модель отравления с учётом физико-химических свойств токсиканта и психо-физиологических свойств эвакуирующихся.

1. Токсикологическое воздействие циановодорода и факторы влияющие на скорость интоксикации.

Токсическое воздействие циановодорода на человека заключается в ингибировании цитохромоксидазы путем взаимодействия с гемом Fe^{3+} – терминального фермента митохондриальной цепи переноса электронов [4]. Ингибирование цитохромоксидазы приводит к гистотоксической аноксии, при которой окислительный метаболизм в клетках доводится до полного прекращения. Ингибирование цитохромоксидазы и нарушения окислительного метаболизма приводит к дисфункции процесса образования аденозинтрифосфат (далее АТФ). Представленная цепочка нарушений в совокупности с цитотоксической гипоксией вызывает серьезные метаболические нарушения в центральной нервной системе, что приводит к нарушениям восприятия и последующему параличу [5].

Основными факторами, определяющими скорость интоксикации циановодородом являются скорость его диффундирования и скорость его накопления. В зависимости от величины свободных цианогрупп ($-\text{CN}$) в клеточных сайтах и будут проявляться различные симптомы отравления.

Скорость диффундирования и скорость накопления цианогрупп напрямую зависят от следующих факторов:

- путь поступления циановодорода в организм человека;
- биораспределение циановодорода в организме человека;
- детоксикация и выведение цианидов.

Как правило, при отравлении газообразным циановодородом рассматривают два потенциальных путей поступления токсиканта в организм: ингаляционным способом, посредством чрезкожной резорбции. Однако, ингаляционный путь поступления токсиканта в организм человека рассматривается как основной, вследствие сложности и достаточно длительной абсорбции цианидов через незащищенные кожные покровы. Так, в рамках разработанной физико-математической модели рассматривался только ингаляционный способ поступления токсиканта в организм человека.

Под биораспределением циановодорода понимается распределение токсиканта после диффундирования легочной мембраны и резорбции в кровь в соответствии с градиентом концентрации распределяется по всем органам и тканям [6].

Для резорбции газу необходимо вступить в контакт с альвеолярной поверхностью легких. Количественные значения поступающего в организм газа будут напрямую зависеть от скорости вентиляции легких. В соответствии с работой [7] альвеолярная вентиляция будет определяться по следующей формуле:

$$W = f(V_D - V_M) \quad (1)$$

где W – скорость легочной вентиляции, л/мин; V_d – объем дыхания, л; V_M – объем мертвого пространства, л; f – частота дыхания, 1/мин.

По большей части, токсикант распределяется в организме человека неравномерно. Выраженность токсического эффекта будет пропорциональна концентрации токсиканта в месте действия на определенную биологическую мишень. Относительно циановодорода, при попадании вещества в кровь первыми биологическими целями являются сердце, мозг и печень [6].

С учетом свойств рассматриваемого токсиканта, в предложенной расчетной модели степень отравления будет определяться массовым содержанием цианида в крови в соотношении миллиграмм/литр крови.

Для определения степеней отравления и сопоставления сопутствующих симптомов были предложены следующие критические соотношения концентрации циановодорода в крови эвакуирующихся:

Таблица 1. Соотношение концентрации циановодорода в крови и проявлении симптомов отравления [8,9]

Концентрация HCN в крови	Степень отравления	Симптомы отравления
19-38 ммоль/л (0,5-0,1 мг/л)	Легкое отравление	Ощущение царапанья в горле, жгуче горький вкус во рту, головная боль, головокружение и тошнота
38 и 96 ммоль/л (1,0-2,5 мг/л)	Умеренное отравление	Появляется одышка, учащенное дыхание, увеличивается слабость, тошнота и рвота
96 до 115 ммоль/л (2,0-3,0 мг/л)	Тяжелое отравление	Сильные судороги и потеря сознания
> 115 ммоль/л (3,0 мг/л)	Летальное отравление	Ослабление судорог, паралич, поверхностное и аритмичное дыхание, остановка дыхания

Анализ литературных источников позволил рассмотреть закономерности изменения скорости легочной вентиляции легких. Анализ показал, что на изменения скорости легочной вентиляции влияют следующие факторы:

- физические нагрузки (увеличивают до 150 л/минуту);
- задымленность помещений и пониженное содержание кислорода в условиях реального пожара (увеличивают на 50%);
- возрастная группа эвакуирующихся (при спокойном дыхании средние показатели максимальной вентиляции легких для возрастной группы 20-49 лет составила – 110 л).

Таким образом, при определении массового содержания циановодорода в крови эвакуирующихся необходимо рассматривать максимальные показатели изменения скорости легочной вентиляции при влиянии различных факторов (физическая нагрузка, пониженное содержание кислорода). При спокойном дыхании эвакуирующихся также необходимо принимать максимальные показатели, характерные для условий отсутствия физических нагрузок, однако, необходимо принимать во внимание изменения скорости легочной вентиляции вследствие воздействия токсичных продуктов горения. Таким образом, для различных типов дыхания примем максимальные показатели скорости легочной вентиляции:

- при спокойном дыхании $W=25$ литров/минуту;
- при учащенном дыхании $W=70$ литров/минуту.

2. Математическая модель отравления.

Масса циановодорода, диффундирующего в кровь с учётом изменения скорости легочной вентиляции в условиях пожара и постоянной концентрации циановодорода по времени, будет определяться по следующей формуле:

-при $W < W_{max}$:

$$M_{HCN} = 0,0008k_w \rho_{HCN} W \tau_{эксн} \quad (2)$$

-при $W > W_{max}$:

$$M_{HCN} = 0,0008k_w \rho_{HCN} W_{max} \tau_{эксн} \quad (3)$$

где $\tau_{эксн}$ - время экспозиции, минуты; M_{HCN} —масса циановодорода диффундирующего в кровь за время экспозиции, г; W — объемная скорость вентиляции легких, л/мин; W_{max} —максимальная объемная вентиляция легких с учётом физических нагрузок, л/мин.

При изменяемой во времени плотности циановодорода, масса диффундирующего HCN будет определяться по следующей формуле:

$$M_{HCN} = 0,0008k_w W \int_0^{\tau} \rho_{HCN} d\tau \quad (4)$$

где τ - время от начала горения, с.

В зависимости от массового содержания HCN в крови были приняты следующие критические времена воздействия циановодорода, которые соответствуют следующим степеням тяжести отравления:

- $\tau_{кр.1}$ – легкое отравление ($\bar{M}_{HCN} = 0,5$ мг/л);
- $\tau_{кр.2}$ – среднетяжелое отравление ($\bar{M}_{HCN} = 1$ мг/л).

Массовое содержание циановодорода в крови было проведено в соответствии с формулой (2). Определение массового содержания циановодорода в крови, в данном случае, было проведено при двух постоянных во времени концентрациях $\rho_{HCN.kрит} = 1,11 \cdot 10^{-5}$ кг/м³, при которой наблюдается раздражение слизистой оболочки глаз, головокружение, тошнота, возможная потеря сознания и $\rho_{HCN.kрит} = 1,11 \cdot 10^{-4}$ кг/м³, которая представлена в качестве критической в нормативных документах.

3. Результаты численных экспериментов.

Результаты численных экспериментов для различной скорости вентиляции легких представлены в виде графических зависимостей. Определение массового содержания HCN при постоянной концентрации циановодорода и спокойном дыхании эвакуирующихся представлены на рис. 1.

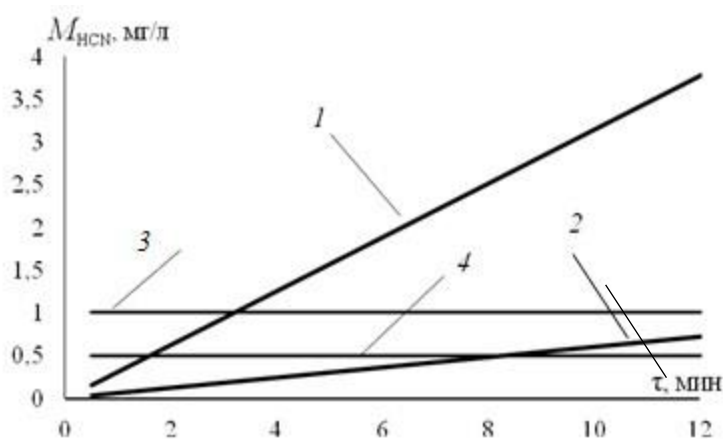


Рис. 1. Зависимость массового содержания циановодорода в крови человека при спокойном дыхании и постоянной концентрации HCN в воздухе: 1 – расчет формула (2) $\rho_{HCN} = 1 \cdot 10^{-4}$; 2 – расчет формула (2) $\rho_{HCN} = 1 \cdot 10^{-5}$; 3, 4 – критические значения

Из результатов расчета видно, что при постоянной концентрации циановодорода и спокойном дыхании, массовое содержание HCN в крови достигает критических времен воздействия при:

- $\tau_{кр.1}$ – легкая степень отравления наступает на 9,7 минуте экспозиции;
- $\tau_{кр.2}$ – средняя степень отравления наступает на 19,9 минуте экспозиции.

Результаты численных экспериментов по определению влияния повышенной скорости вентиляции легких на степень интоксикации циановодородом в условиях пожара представлены в виде графических зависимостей на рис. 2.

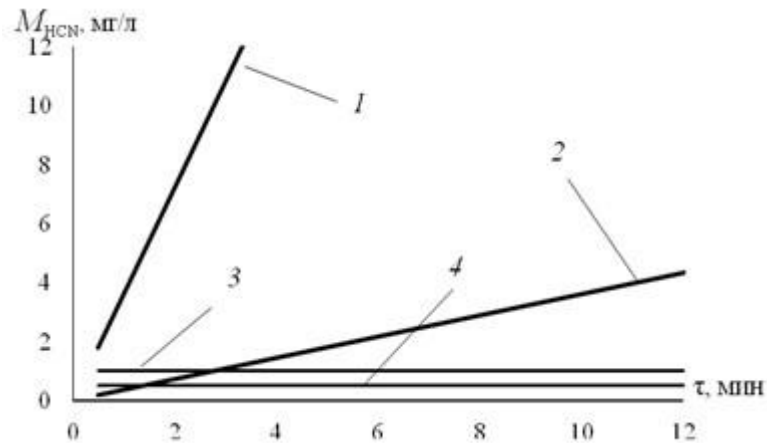


Рис. 2. Зависимость массового содержания циановодорода в крови человека при учащенном дыхании и постоянной концентрации HCN в воздухе:

1 – расчет формула (3) $\rho_{\text{HCN}} = 1 \cdot 10^{-4}$; 2 – расчет формула (3) $\rho_{\text{HCN}} = 1 \cdot 10^{-5}$;
4,5 – критические значения

Из рис. 2 видно, что при различных постоянных концентрациях, объемная скорость легочной вентиляции оказывает достаточно сильное влияние на массовое содержание циановодорода в крови. Так, при постоянной концентрации $\rho_{\text{HCN.1}} = 1,11 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^3$, при $W_{\text{max}} = 25 \text{ л/мин}$ легкая степень отравления наступает на 9-й минуте эксперимента, а при $W_{\text{max}} = 70 \text{ л/мин}$ уже на 3-й минуте.

4. Выводы и перспективы дальнейших исследований.

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что плотность циановодорода, представленная в нормативно-правовом документе в значительной степени завышает критическое время воздействия и ее применение недостаточно объективно при решении задач по определению времени блокирования путей эвакуации циановодородом.

Представленные результаты эксперимента показывают, что повышенная скорость вентиляции легких оказывает достаточно сильное влияние на массовое содержание циановодорода в крови человека и на степень его отравления. Анализ полученных данных указывает на необходимость более обосновано принимать величины критической плотности циановодорода, вследствие большого разрыва во временных пределах достижения легкой и среднетяжелой степени поражения организма при различной скорости легочной вентиляции.

Перспективы дальнейших исследований заключаются в развитии математической модели новыми токсичными продуктами горения с учетом их особенностей токсикологического воздействия. Будут уточнены дополнительные параметры при определении времени блокирования путей эвакуации токсичными продуктами горения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Белешников И. Л.* Судебно-медицинская оценка содержания цианидов в органах и тканях людей, погибших в условиях пожара :автореф. дис. ... канд. мед. наук. – СПб., 1996. – 24 с.
2. *Иличкин В. С.* Токсичность продуктов горения полимерных материалов. Принципы и методы определения. – М.: Химия, 1993, 136 с.;
3. *Куценко, С.А.* Основы токсикологии [Текст] / С.А. Куценко. – М.: Фолиант, 2004. – С. 102-106.
4. *Покровский, В. М.* Физиология человека [Текст] / В.М. Покровский, Г.Ф. Коротько. – М.: Медицина, 2003. – 656 с. – ISBN 5-225-04729-7.
5. *Anseeuw, K.D.* Pediatric cyanide poisoning by fire smoke inhalation: a European expert consensus [Текст] / K.D. Anseeuw, N. Burillo-Putze, D.I. Guillermod // *Pediatr Emerg Care.* – 2013. – Volume 11. – P. 1234-40.
6. *Ellenhorn M.J.* Hydrogen sulfide. In: *Ellenhorn MJ, Schonwald S, Ordog G, Wasserberger J* [Текст] / M.J. Ellenhorn, J. Wasserberger // *Medical Toxicology: Diagnosis and Treatment of Human Poisoning.* Baltimore: Williams & Wilkins, 1997. –1489 p.
7. *Juergen P.* Acute inhalation toxicity of carbon monoxide and hydrogen cyanide revisited: Comparison of models to disentangle the concentration × time conundrum of lethality and incapacitation / *Regulatory Toxicology and Pharmacology.* – 2016. – Vol. 80. – pp. 173-182. DOI: 10.1016/j.yrtph.2016.06.017.;
8. *Kerns, W.P.* Cyanide and hydrogen sulfide. In: *Goldfrank LR, Flomenbaum NE, Lewin NA, Weisman RS, Howland MA, Hoffman RS, eds. Goldfrank’s* [Текст] / W.P. Kerns, M.A. Kirk // *Toxicological Emergencies.* Stamford: Appleton & Lange, 1998. – 570 p.
9. *Petrova, F.S.* Concise International Chemical Assessment document 61 [Текст] / F.S. Petrova, S. Bulgarova // *World Health Organization Geneva,* 2004. – P. 102-107.

УДК 628.16.087

А. В. Васильев, Л. В. Кондратьева

ФГБОУ ВО «Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ХРОМА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЛИЗА

Аннотация: хромирование деталей в процессе производства различных деталей высокоточного оборудования (например, космических аппаратов в АО «ИСС им. М.Ф. Решетнева» в г. Железногорске Красноярского края) может привести к сбросу соединений хрома со сточными водами в акваторию реки Енисей. Строгие требования органов охраны окружающей среды не позволяют сбрасывать непосредственно в водоемы сточные воды, содержащие хром, например, в виде хромовой кислоты, хроматов металлов и т. п. [1].

В настоящее время существует большое количество способов очистки воды и водных растворов от хрома – механические, химические, электрические, физические,

биологические, комбинированные и др. [2, 3]. Разработка эффективного способа очистки воды от хрома шестивалентного является актуальной проблемой.

В представленной работе отмечено, что при использовании диафрагменного электролизёра вследствие миграции ионов шестивалентного хрома из катодной камеры в анодную через инертную диафрагму концентрация их в католите уменьшается.

Ключевые слова: электролиз, лабораторная установка, анионы шестивалентного хрома, католит, анолит, очистка, фотометрическое определение хрома, оптическая плотность.

A. V. Vasilyev, L. V. Kondratyeva

WASTEWATER TREATMENT FROM CHROMIUM BY ELECTROLYSIS METHOD

Abstract: chromium plating of parts during the production of various parts of high-precision equipment (for example, spacecraft at JSC "ISS named after M.F. Reshetnev" in the city of Zheleznogorsk, Krasnoyarsk Territory) can lead to the discharge of chromium compounds with wastewater into the water area of the Yenisei River. The strict requirements of environmental protection authorities do not allow wastewater containing chromium, for example, in the form of chromic acid, metal chromates, etc., to be discharged directly into water bodies [1].

Currently, there are a large number of methods for purifying water and aqueous solutions from chromium - mechanical, chemical, electrical, physical, biological, combined, etc. [2, 3]. The development of an effective method for water purification from hexavalent chromium is an urgent problem.

In the presented work, it is noted that when using a diaphragm electrolyzer, due to the migration of hexavalent chromium ions from the cathode chamber to the anode chamber through an inert diaphragm, their concentration in the catholyte decreases.

Keywords: electrolysis, laboratory setup, hexavalent chromium anions, catholyte, anolyte, purification, photometric determination of chromium, optical density.

Объект исследования – лабораторная установка для очистки имитатора сточных вод от Cr(VI).

На рис. 1 представлена схема лабораторной установки. Лабораторная установка представляет собой совокупность цилиндрических ёмкостей из тефлона, установленных коаксиально. По внутренней стенке большой ёмкости (1) установлен катод (2) из нержавеющей стали 12Х18Н10Т. На боковой стенке малой ёмкости (3) выполнены многочисленные отверстия (4). Вокруг малой ёмкости (3) помещена брезентовая ткань, выполняющая функцию диафрагмы (5). В центре малой ёмкости располагается графитовый анод (6). В воде растворяли дихромат калия. Объем заливаемого раствора в электролизер 0,65 л. Электроды подключали к источнику постоянного тока Б5-8. Для регистрации параметров тока и напряжения на электролизере использовали приборы – мультиметр «Фаза» М832. При напряжении на клеммах электродов 50 В сила тока в

экспериментах составляла 0,08-0,20 А. Начальная концентрация аниона хрома $C_0 [Cr_2O_7]^{2-}$ равнялась 9 мг/л.

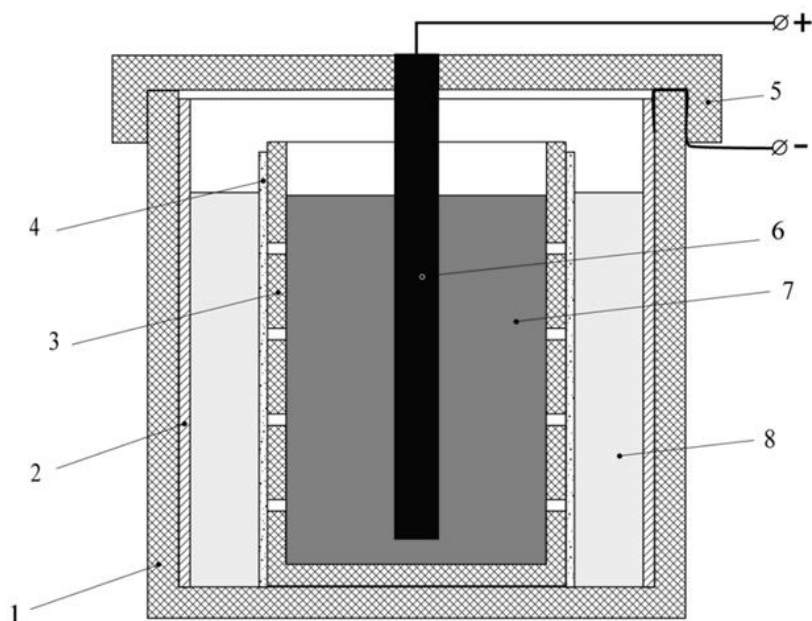


Рис. 1. Схема лабораторной установки

- 1 – ёмкость из тefлона;
- 2 – катод из нержавеющей стали;
- 3 – тefлоновый стакан с отверстиями;
- 4 – диафрагма из брезентовой ткани;
- 5 – крышка электролизера;
- 6 – анод из графита,
- 7 – анодное пространство;
- 8 – катодное пространство

Концентрацию анионов хрома в катодите и анолите определяли фотометрическим методом на спектрофотометре ПЭ-5300ВИ. Под действием электрического поля анион хрома мигрирует из катодной камеры в анодную.

На рис. 2 представлена фотография общего вида лабораторной установки.



Рис. 2. Общий вид лабораторной установки: электролизер, крышка электролизера с графитовым анодом, источник постоянного тока, мультиметр

Обработка результатов очистки сточных вод от шестивалентного хрома методом электролиза

На лабораторной установке были проведены четыре опыта с различной продолжительностью электролиза. Время электролиза составляло 8, 15, 30 и 45 минут.

По окончании каждого опыта из электролизера извлекали тefлоновый стакан с анолитом, в котором были сконцентрированы анионы шестивалентного хрома ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$). Растворы, содержащие анионы шестивалентного хрома, имели характерную желтую окраску.

Катодит, обедненный по иону хрома, не имел окраски. Это свидетельствовало об эффективности предложенного метода очистки сточных вод от шестивалентного хрома.

Дальнейший анализ растворов анодного и катодного пространства на спектрофотометре ПЭ-5300ВИ подтвердил высокую степень очистки сточных вод от шестивалентного хрома методом электролиза. Степень очистки изменялась от 47,7% при 8-минутном электролизе до 94,4% при 45-минутном электролизе.

Способ фотометрического определения хрома в сточных водах по реакции хрома (VI) с дифенилкарбазидом

Для рационального проведения эксперимента по определению степени очистки сточных вод методом электролиза были рассмотрены известные методы аналитического определения хрома в воде.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является способ фотометрического определения общего содержания хрома в природных и сточных водах по реакции хрома (VI) с дифенилкарбазидом.

Метод определения хрома (VI) основан на измерении светопоглощения в диапазоне длин волн от 540 до 550 нм окрашенного (красно-фиолетового) комплексного соединения, образующегося в результате реакции 1,5-дифенилкарбазидом с бихромат-ионами пробы анализируемой воды в кислой среде и определении хрома (VI) по значению оптической плотности раствора [4]. Оптическую плотность растворов определяли на спектрофотометре ПЭ-5300ВИ.

Измерения проводили в соответствии с руководством по эксплуатации прибора ПЭ-5300ВИ (рис. 3) при длине волны 540 нм. Выдерживают градуировочные растворы и холостую пробу для градуировки 15 минут после их приготовления, после чего не менее двух раз измеряют значения оптической плотности каждого градуировочного раствора (в порядке возрастания массовой концентрации хрома).



Рис. 3. Спектрофотометр ПЭ-5300ВИ

Градуировочный график построен по результатам измерения оптической плотности стандартных растворов (таблица 1).

Таблица 1. Результаты измерения оптической плотности стандартных растворов

Концентрация мг/л	0	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
Оптическая плотность	0	0,01	0,13	0,26	0,40	0,52	0,70

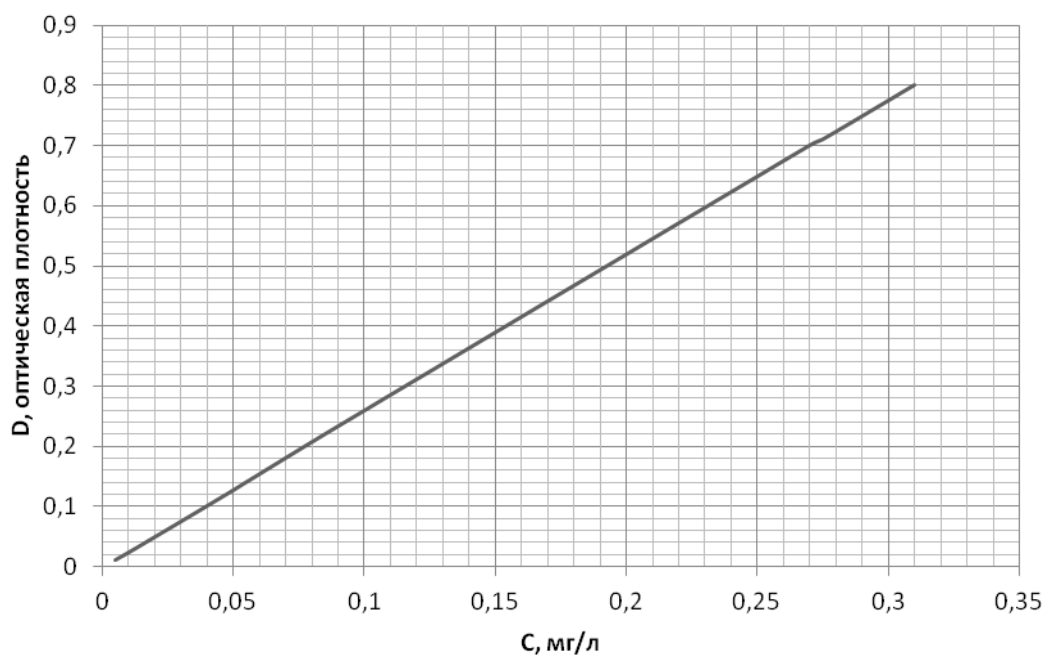


Рис. 4. Зависимость оптической плотности от концентрации

Обработка результатов измерений

Содержание ионов хрома X (мг/дм³) рассчитывают по формуле [4]

$$X = \frac{C \cdot 100}{V}, \quad (1)$$

где C - концентрация хрома, найденная по градуировочному графику, мг/дм³;

100 - объем, до которого была разбавлена проба, см³;

V - объем, взятый для анализа, см³.

За результат анализа $X_{\text{ср}}$ принимают среднее арифметическое значение двух параллельных определений X_1 и X_2

$$X_{\text{ср}} = \frac{X_1 + X_2}{2}, \quad (2)$$

Обработка экспериментальных данных

По результатам фотометрического измерения оптической плотности проб католита и анолита (таблица 2) после электролиза был построен график зависимости степени очистки католита от продолжительности электролиза (рис. 5).

Таблица 2. Результаты измерения оптической плотности проб католита и анолита

Параметр	Продолжительность электролиза, мин.								
	Исх. раствор	8	8	15	15	30	30	45	45
Оптическая плотность анолита	0,234 (исх.)		0,62		0,71		0,8		0,7
Оптическая плотность католита		0,12		0,027		0,022		0,012	
Концентрация хрома в анолите после электролиза	9 (исх.)		24		27,5		31		27
Концентрация хрома в католите после электролиза		4,7		1,1		0,9		0,5	
Степень очистки католита от хрома		47,7%		87,7%		90%		94,4%	

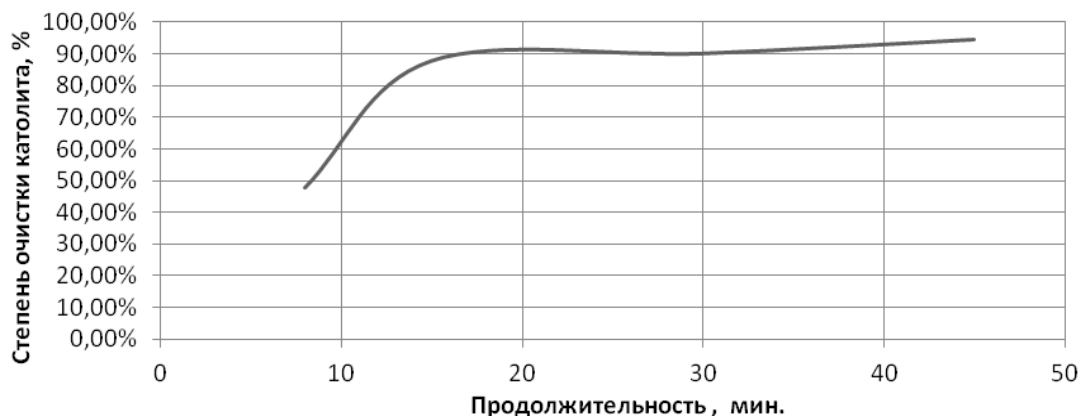


Рис. 5. Зависимость степени очистки католита от продолжительности электролиза

Заключение

При использовании диафрагменного электролизера вследствие миграции ионов шестивалентного хрома из катодной камеры в анодную через инертную диафрагму содержание их в католите уменьшается.

Проведённые эксперименты на лабораторной установке показали ее работоспособность и высокую эффективность по очистке имитатора сточных вод от шестивалентного хрома методом электролиза. Максимальная степень очистки достигнута при продолжительности электролиза 45 минут (94,4%). Однако необходимо отметить, что при 15-минутном эксперименте степень очистки резко повышается с 47,7% (при 8-минутном эксперименте) до 87,7% и практически не изменяется при дальнейшем увеличении продолжительности электролиза. Таким образом, 15-минутную продолжительность электролиза можно считать оптимальной для лабораторного диафрагменного электролизера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества”. С. 288 – 295.
2. Аксенов В. И. Водное хозяйство промышленных предприятий: справочное издание; в 2-х книгах. Книга 1 / Аксенов В. И. [и др.]; под ред. В. И. Аксенова. М.: Теплотехник, 2005. 640 с.
3. Халемский А.М. Очистка токсичных промстоков от соединений хрома, мышьяка и органических веществ электрокоагуляционным и ферратным способами. Экология производства. Metallургия и машиностроение. Информационный бюллетень №3(4) 2006. 15 с.
4. ГОСТ 31956-2012 Вода. Методы определения содержания хрома (VI) и общего хрома.

УДК 691:614

Т. Н. Вахнина, И. А. Кудряшова, А. А. Титунин, И. В. Сусоева

ФГБОУ ВО «Костромской государственной университет»

ПРИМЕНЕНИЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА И ОГНЕЗАЩИТНОЙ ДОБАВКИ В РЕШЕНИИ ВОПРОСА СНИЖЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОМПОЗИТОВ

Аннотация: целью работы является снижение горючести древесно-полимерных композитов с добавкой вторичного полиэтилентерефталата. Введение в композит отходов ПЭТ позволяет решить проблему использования вторичного полимера, обычно утилизируемого в захоронениях и сжиганием. Возврат полимера в производство снижает его углеродный след. Для образцов композита определена потеря массы при огневом воздействии. Выполнен термический анализ композита в установ-кесинхронного термического анализа NETZSCH STA 449 F3 Jupiter. Введение огнезащитной добавки позволило снизить горючесть древесно-полимерного композита с добавкой вторичного ПЭТ до уровня ниже, чем для плит без полимерной добавки.

Ключевые слова: древесина, древесно-полимерные композиты, полиэтилентерефталат, горючесть, замедлители горения.

T. N. Vahnina, I. A. Kudriachova, A. A. Titunin, I. V. Susoeva

APPLICATION OF RECORDED POLYETHYLENE TEREPHTHALATE AND FIRE-PROTECTIVE ADDITIVE TO SOLVING THE ISSUE OF REDUCING THE CARBON FOOTPRINT IN THE PRODUCTION OF COMPOSITES

Abstract: the aim of the work is to reduce the flammability of wood-polymer composites with the addition of secondary polyethylene terephthalate. The introduction of PET waste into the composite makes it possible to solve the problem of using a secondary polymer, usually disposed of in landfills and incineration. The return of the polymer to production reduces its carbon footprint. For composite samples, the loss of mass during fire exposure was determined. A thermal analysis of the composite was performed in the NETZSCH STA 449 F3 Jupiter synchronous thermal analysis unit. The introduction of a flame retardant additive allowed to reduce the combustibility of a wood-polymer composite with the addition of secondary PET to a level lower than for plates without a polymer additive.

Keywords: wood, wood-polymer composites, polyethylene terephthalate, combustibility, flame retardants.

Использование полимеров во всех областях деятельности – понятие неоднозначное. Длительное время считалось, что необходимо исключить полимерные материалы из производства тары и упаковки для бытовых продуктов. Однако более детальный анализ показывает, что полимерная упаковка при производстве и использовании имеет меньше углеродный след, чем бумажная. При ее производстве выделяется на 70 % меньше CO₂, требуется в 17 раз меньше воды, в 1,5 раза – ископаемого топлива и в 3,4 раза – энергии [3]. Еще более снижает углеродный след повторное использование полимерных материалов.

Так, в Северной Америке доля вторичного полиэтилентерефталата (ПЭТ) составляет 6 %, причем планируется ее увеличение до 25 % к 2025 г. благодаря инициативам производителей по переработке пластиковых отходов и использованию вторичного сырья для производства продукции. Углеродная нейтральность реализуется благодаря экономике замкнутого цикла производства [6].

Многие виды полимерной продукции перерабатываются повторно. Проблемы есть с рециклингом таких полимеров, как ПЭТ, имеющий большую температуру плавления. Не экологичным является как утилизация ПЭТ в захоронениях, так и сжигание данных отходов, в процессе которого выделяется большое количество токсичных продуктов горения.

Возможен способ утилизации данных полимерных отходов путем использования их в качестве наполнителя древесно-полимерных композитов строительного назначения. Согласно федеральной целевой программе «Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года» к 2030 году планируется существенно увеличить вклад лесного комплекса в экономику страны. В числе прочих основных направлений Программы – развитие плитных производств и деревянного домостроения [4]. Разработка композитов строительного назначения с добавкой вторичного ПЭТ является одновременно и вкладом в диверсификацию материалов для деревянного домостроения, и способом снижения углеродного следа, вызванного сжиганием полимерных отходов. За рубежом также большое внимание уделяется рециклингу ПЭТ, ведутся исследования по использованию вторичного ПЭТ в дорожном строительстве и в качестве добавки к полимербетону [5].

При использовании древесно-полимерных композитов в строительстве они должны соответствовать требованиям Федерального закона № 123–ФЗ, предъявляемым к строительным материалам по пожарной опасности. Проблема заключается в том, что наряду с высокими эксплуатационными характеристиками ПЭТ как термопластичный материал обладает высокой горючестью. ПЭТ имеет значение кислородного индекса 21 %, т. е. данный материал поддерживает горение на воздухе. Включение ПЭТ в древесно-полимерную композицию повышает пожароопасность материалов [2].

Несмотря на большое количество работ по переработке вторичных полимеров и снижению горючести полимерных композиций [2, 8], нет разработок по производству древесно-полимерных композитов с добавкой вторичного ПЭТ и по снижению горючести композитов при сохранении высоких эксплуатационных показателей. Данная ситуация и определила постановку задач работы.

Это обуславливает необходимость работ по повышению огнезащитности древесно-полимерных композитов с добавкой вторичного ПЭТ. В лаборатории кафедры ЛДП КГУ, г. Кострома, ведется разработка композитов с наполнителем из древесной стружки и измельченного вторичного ПЭТ. В качестве полимерной матрицы композита использовано фенолоформальдегидное связующее, которое является более термостойким [1].

Для определения пожароопасных свойств материалов работе использован метод дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК). Метод позволяет определить температуру различных процессов, протекающих в материале при термическом воздействии – при испарении влаги, термической деструкции, пламенном горении, выявить характер (одно- или многоступенчатый) термического уменьшения массы, определить удельную теплоту процесса термоллиза.

Термографические кривые снимали на установке синхронного термического анализа NETZSCH STA 449 F3 Jupiter, совмещенной с приставкой ИК-Фурье. Термический анализ проводился в интервале 20...600 °С при скорости нагрева 10 °С/мин, масса испытуемых образцов составляла (1...5) мг. Результаты термического анализа композита с добавкой вторичного ПЭТ – кривые термогравиметрии (ТГ) и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) представлены на рис. 1.

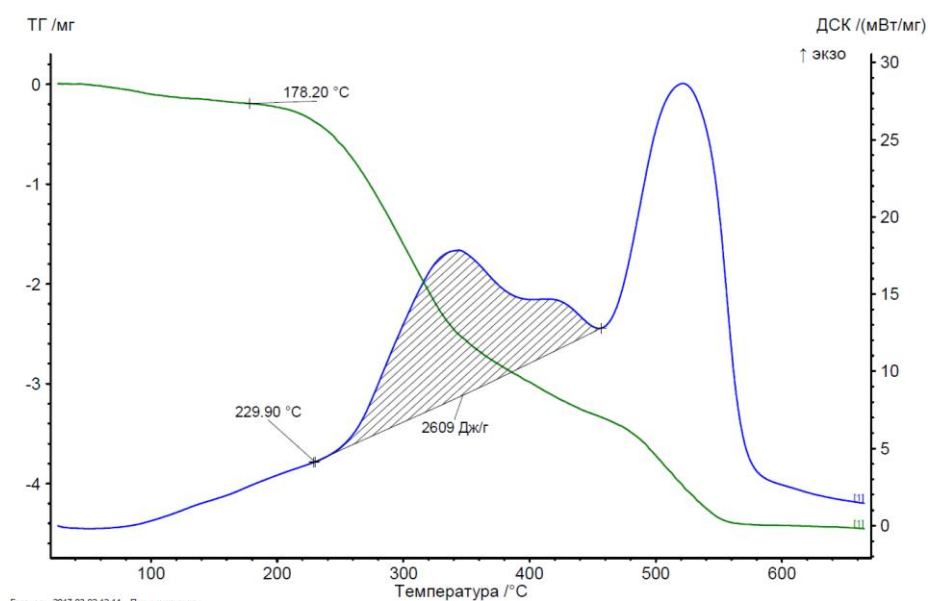


Рис. 1. Кривые ТГ и ДСК древесно-полимерного композита

При температуре 200...230 °С процессы деструкции аморфной части целлюлозы, характерные для данного температурного интервала термического разложения целлюлозосодержащих материалов, сопровождаются экзотермическим пиком (229,9 °С) процесса термолиза, имеющего удельную теплоту 2609 Дж/г. Процесс характеризует поверхностное воспламенение материала. Интенсивное термическое разложение композита сопровождается максимальным углом наклона кривой потери массы ТГ. При температуре 460 °С начинается второй пик термического разложения, после которого целлюлоза древесного наполнителя переходит в карбонизированную, формируется структура угля.

Термический анализ позволил сделать вывод, что прессовать древесно-полимерный композит нужно при температуре не выше 230 °С, при этом в наружных слоях начинается термическая деструкция, а возгорание не происходит из-за влаги, вносимой с фенолоформальдегидным связующим.

Образцы материала были испытаны в керамической трубе (рис. 2). Вид образцов без добавки антипирена после испытания представлен на рис. 3. Потеря массы составила 83,4 %.

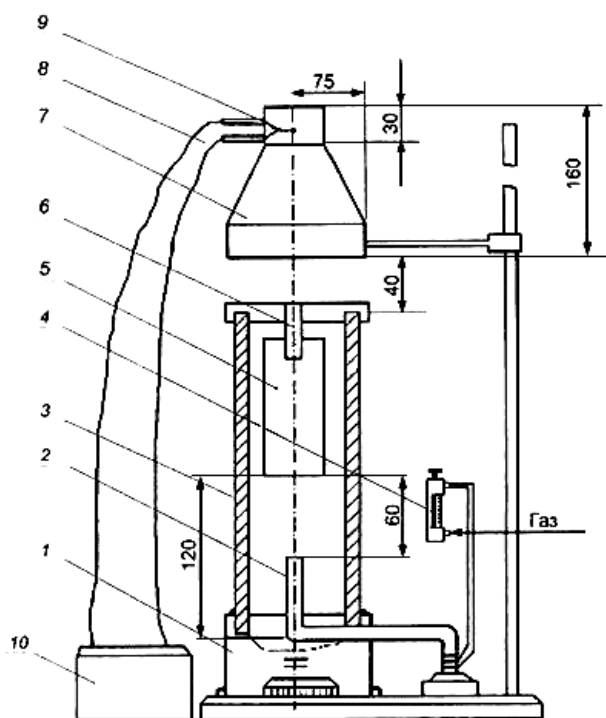


Рис. 2. Испытание на потерю массы при горении методом керамической трубы:
 1 – подставка; 2 – газовая горелка;
 3 – керамический короб; 4 – ротаметр;
 5 – образец; 6 – держатель; 7 – зонт;
 8 – преобразователь; 9 – верхний патрубок; 10 – потенциометр

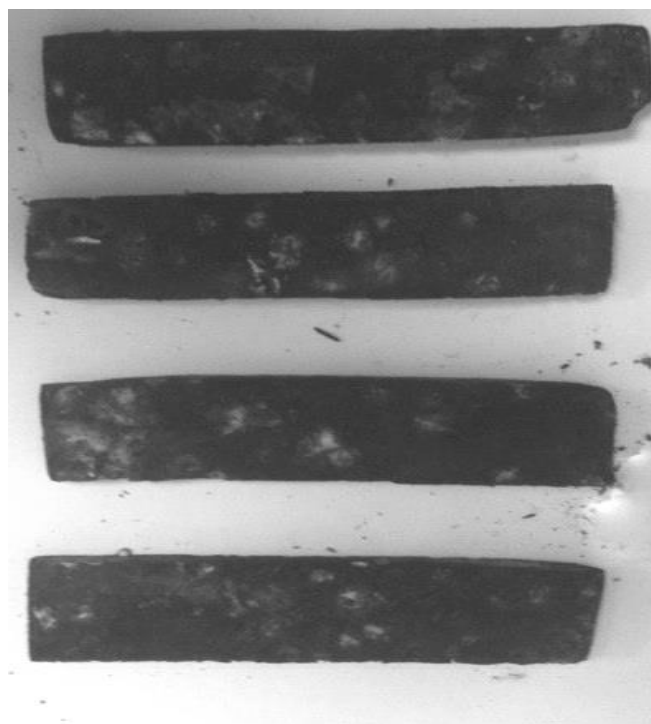


Рис. 3. Образцы после испытания в керамической трубе

Для обеспечения необходимого комплекса эксплуатационных свойств и показателей безопасности в древесно-полимерную композицию был введен алюмохромфосфат ($\text{CrAl}_3(\text{H}_2\text{PO}_4)_{8,8-9,6}$). Алюмохромфосфат (АХФ) дегидратируется при температуре 110...350 °С, в процессе чего происходит упорядочение его аморфной структуры. Термическая деструкция АХФ начинается при 1800 °С. Такие термические показатели позволили повысить температуру начала термодеструкции древесно-полимерного композита.

В композиции использована добавка алюмохромфосфата в количестве 5 % от массы наполнителя, это позволило снизить потерю массы при огневом воздействии при испытании в керамической трубе с 83,4 % (без добавки замедлителя горения) до 31,9 %.

Введение огнезащитной добавки позволило снизить горючесть древесно-полимерного композита с добавкой вторичного ПЭТ до уровня ниже, чем для плит без полимерной добавки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берлин А. А. Горение полимеров и полимерные материалы пониженной горючести // Соровский образовательный журнал. 1996. № 9. С. 57–63.
2. Кудряшова И. А., Вахнина Т. Н., Титунин А. А. Экспериментальное обоснование способа повышения огнезащитности древесных композитов с добавкой вторичного полиэтилентерефталата // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2021. Т. 25. № 3. С. 118–125.
3. Не навреди: какой углеродный след мы оставляем, и что поможет его сократить. – URL: <https://news.rambler.ru/ecology/45649444/> (дата обращения 20.02.2022)
4. Федеральная целевая программа «Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года». – URL: <http://static.government.ru/media/files/cA4eYSe0MObgN.pdf> (дата обращения 20.02.2022).
5. Brajesh M. A. Study on use of recycled polyethylene terephthalate (PET) as construction material // International Journal of Science and Research (IJSR). 2016. Vol. 5 Issue 1. Pp. 724–730.
6. Wang F., Harindintwali J. D., Yuan Z., Min W. Technologies and perspectives for achieving carbon neutrality // The Innovation 2(4) 2021. Pp. 1–22.

УДК691:614

Т. Н. Вахнина, И. В. Сусоева, В. С. Егоров

ФГБОУ ВО «Костромской государственной университет»

СНИЖЕНИЕ ГОРЮЧЕСТИ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Аннотация: целью работы является разработка древесно-стружечных плит повышенной огнезащищенности. В работе изготавливались плитные материалы на основе специальной стружки и фенолформальдегидного связующего, для снижения горючести плит использовались различные добавки-антипирены, вносимые на стадии осмоления стружки. Представлены результаты определения степени повреждения по массе при горении композитов.

Ключевые слова: древесина, древесно-стружечные плиты, горючесть, замедлители горения.

T. N. Vahnina, I. V. Susoeva, V. S. Egorov

REDUCING THE FLAMMABILITY OF PARTICLE BOARD

Abstract: the purpose of the work is the development of particle board with increased fire protection. In the work, plate materials were made on the basis of special chips and phenol-formaldehyde binder, various additives-flame retardants introduced at the chip tarring stage were used to reduce the combustibility of the plates. The results of determining the degree of damage by mass during the combustion of composites are presented.

Keywords: wood, particle boards, combustibility, flame retardants.

Древесно-стружечные плиты (ДСтП) являются эффективным конструктивно-отделочным материалом для мебельного производства и строительства. ДСтП дешевы, могут выпускаться большими форматами, им можно придать желаемый комплекс эксплуатационных свойств, сдерживает их применение, в числе прочего, повышенная горючесть.

Все древесные материалы характеризуется повышенной пожароопасностью [11]. Актуальность работ по повышению огнезащищенности плит обусловлена большим числом пожаров, наносящих большой материальный ущерб, причиняющих вред здоровью и часто уносящих жизни людей [5].

Использование материалов с пониженной горючестью может предотвратить возникновение пожара, так как воздействие низкокалорийных источников огня на такие материалы не приведет к их возгоранию.

Горючесть ДСтП обусловлена древесным наполнителем, доля которого в плите составляет 80...85 %. Горючесть зависит от плотности плит, породного состава наполнителя и многих других факторов [12]. Термостойкость исполь-

зующих в производстве ДСтП связующих (карбамидо- и фенолоформальдегидных) высокая, причем более термостойкими являются фенолоформальдегидные связующие [4].

Понятие негорючий древесный материал (ДСтП, как и другие материалы на основе древесины) предполагает, что изделия из древесных материалов подвергнуты огнезащитной обработке в такой степени, при которой они способны обеспечивать невоспламеняемость при длительном воздействии высококалорийных источников огня и не поддерживать горения при их удалении. Для целлюлозосодержащих материалов очень сложно обеспечить показатели трудногогорючего материала, даже цементностружечные плиты относятся к группе горючести Г1. ДСтП общего назначения имеют группу горючести Г4, без огнезащиты эти плиты не могут использоваться в строительстве. В помещениях, отделанных этим материалом и содержащим мебель из него, возникший пожар будет иметь большую скорость распространения. Поэтому основной задачей является снижение потери массы при огневом воздействии до показателя, соответствующего группам горючести Г2 – Г4.

Сферой применения огнезащищенных плит является деревянное домостроение, в частности – каркасные дома.

Согласно классификации норм пожарной безопасности НПБ 244–97 Материалы строительные (дата актуализации 01.01.2021), обязательной сертификации в области пожарной безопасности подлежат отделочные, облицовочные, кровельные, гидроизоляционные и теплоизоляционные материалы, а также напольные покрытия [13].

Огнезащищенные древесные плиты дополнительно обладают свойством неспособности к самостоятельному горению. Теоретические и экспериментальные исследования по вопросам снижения пожарной опасности древесных плит ведутся в нашей стране и за рубежом уже на протяжении 60 лет [10, 16, 9, 2, 6]. За это время были разработаны и предложены различные способы снижения пожарной опасности древесных плит [16, 9, 2, 6, 1, 3]. Кроме способа повышения огнезащитности плит путем поверхностного нанесения различных антипиренов используется введение замедлителей горения в композицию плиты [15]. Сложность этого способа снижения горючести материала заключается в том, что большинство замедлителей горения плохо совмещаются с клеевой композицией и снижают физико-механические свойства плит.

В лаборатории кафедры ЛДП КГУ, г. Кострома, были изготовлены ДСтП на фенолоформальдегидном связующем, плотность плит 800 кг/м^3 . ДСтП изготавливались в прессе для горячего прессования при $180 \text{ }^\circ\text{C}$.

Для образцов плитных материалов определялись физико-механические показатели и потеря массы при горении. На начальном этапе исследования испытания на горючесть проводились в установке «огневая труба». Результаты статистической обработки экспериментальных данных приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты статистической обработки экспериментальных данных

Антипирен, доля добавки	Прочность при стати- ческом из- гибе, МПа		Прочность при растяжении пер- пендикулярно пласта, МПа		Разбухание по толщине за 24 ч, %		Потеря массы плит при горении, %	
	\bar{Y}_1 , МПа	S_1^2 , МПа	\bar{Y}_2 , МПа	S_2^2 , МПа	\bar{Y}_3 , %	S_3^2 , %	\bar{Y}_4 , %	S_4^2 , %
Al(OH) ₃ 5 %	16,32	0,898	0,466	0,004	20,9	2,307	14,98	0,58
Al(OH) ₃ 10 %	17,28	1,480	0,446	0,0005	23,79	4,35	9,47	2,074
Al(OH) ₃ 15 %	17,67	0,615	0,446	0,003	19,63	4,277	9,06	1,6
Al(OH) ₃ 20 %	18,62	4,480	0,447	0,0005	23,79	6,35	7,24	2,074
Na ₂ CO ₃ 10 %	24,93	1,813	0,448	0,004	22,61	4,28	9,90	1,574
Контрольные, без добавок	19,26	0,564	0,480	0,005	18,25	1,982	15,86	0,940

Результаты испытаний показали, что добавка в композицию тригидрата алюминия в количестве 5 % от веса древесного наполнителя практически не влияет на горючесть плиты, но при этом снижается прочность плит при статическом изгибе и водостойкость ДСтП (увеличивается разбухание плит по толщине после 24 ч пребывания в воде).

Лучший результат по снижению показателя «потеря массы при горении» получен при добавке 10 % тригидрата алюминия. При этом на 8,6 % снижается потеря массы плит при горении, но ухудшаются физико-механические показатели.

Не содержащий связанной воды карбонат натрия, вносимый в композицию в сухом виде, положительно влияет на прочность плит при статическом изгибе, однако горючесть снижает меньше, чем тригидрат алюминия.

ДСтП общего назначения имеют группу горючести Г4, без огнезащиты эти плиты не могут использоваться в строительстве.

Использование материалов с пониженной горючестью может предотвратить возникновение пожара, так как длительное воздействие низкокалорийных источников огня на такие материалы не приведет к их возгоранию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонов А. В. Производство древесноволокнистых плит с пониженной пожарной опасностью : дис. ... канд.техн. наук. Красноярск, 2013. 128 с.
2. А. С. 195626 (СССР). Способ изготовления твердых древесноволокнистых плит / Солечник Н. Я., Леонович А. А. 1967.

3. Балакин В. М., Селезнев А. М., Белоногов К. В. Первичная оценка огнезащитных свойств вспучивающихся покрытий на основе различных водных дисперсий // Пожаровзрывобезопасность. 2010. Т. 19. № 6. С. 14–19.
4. Берлин А. А. Горение полимеров и полимерные материалы пониженной горючести // Соревновательный журнал. 1996. № 9. С. 57–63.
5. Драйздейл Д. Ведение в динамику пожара/ Пер. с англ. Бронштейна К. Г.; Под ред. Кошмарова В. А., Макарова В. Е. Москва: Стройиздат, 1990. 424 с.
6. Забродкин А. Г. Получение трудногораемых древесностружечных плит // Новое в технике и технологии древесностружечных плит. – Москва, 1972. С. 72–76.
7. Леонович А. А. Древесные плиты специального назначения. – СПб., 2007. 96 с.
8. Леонович А. А. Огнезащита древесных плит и слоистых пластиков. Москва, 1974. 128 с.
9. Леонович А. А. Огнезащита древесноволокнистых плит с применением солей ортофосфорной кислоты // Материалы науч.-тех. конф. ЛТА. – Ленинград., 1966. С. 64–70.
10. Леонович А. А. Снижение пожарной опасности древесных материалов, изделий и строительных конструкций. – СПб., 2002. 59 с.
11. Леонович А. А., Шелумов А. Н. Снижение пожарной опасности древесных материалов, изделий и строительных конструкций. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГПУ, 2002. – 59 с.
12. Леонович А. А. Теория и практика изготовления огнезащищенных древесных плит. – Ленинград: Изд. ЛГУ, 1978. – 176 с.
13. НПБ 244-97 Материалы строительные. Декоративно-отделочные и облицовочные материалы. Материалы для покрытия полов. Кровельные, гидроизоляционные и теплоизоляционные материалы. Показатели пожарной опасности. Дата актуализации: 01.01.2021 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Index2/1/4294851/4294851232.htm> (Дата обращения 15.12.2021)
14. Патент 2352601 (РФ). Способ получения теплоизоляционного и огнестойкого многослойного комбинированного полимерного покрытия / В.В. Беляев, И.М. Федотов, 2009.
15. Сусоева И. В., Вахнина Т. Н. Снижение горючести конструкционных и теплоизоляционных плит на основе растительных наполнителей // В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов V Международной научно-практической конференции. – Иваново, 2021. С. 157–161.
16. Шатино А. Д. Способы придания древесноволокнистым плитам огнезащитных свойств. – Москва, 1962. 56 с.
17. Rayham E. A. Fibre building board, fire and future // Fire Prot. Rev. 1975. Vol. 38. №411. Pp. 67–74.

УДК 691:614

Т. Н. Вахнина, И. В. Сусоева, Н. С. Соколов

ФГБОУ ВО «Костромской государственной университет»

ОГНЕЗАЩИТА ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ СПОСОБОМ ПОВЕРХНОСТНОГО НАНЕСЕНИЯ АНТИПИРЕНА

Аннотация: целью работы является совершенствование технологии огнезащиты древесно-стружечных плит. В работе исследовались показатели горючести плитных материалов с поверхностным нанесением антипиренов различных групп. Для образцов древесно-стружечных плит (ДСтП) определялись показатели: потеря массы плит при горении, время самостоятельного горения при удалении источника огня, время тления.

Ключевые слова: древесина, древесно-стружечные плиты, горючесть, замедлители горения.

T. N. Vahnina, I. V. Susoeva, N. S. Sokolov

FIRE PROTECTION OF PARTICLE BOARDS BY SURFACE APPLICATION OF FLAME RETARDANT

Abstract: the purpose of the work is to improve the technology of fire protection of particle board. The work investigated the flammability of plate materials with surface application of flame retardants of various groups. For the samples of particle board, the following indicators were determined: the loss of the mass of the plates during the combustion, the combustion time when the fire source was removed, and the smoldering time.

Keywords: wood, particle boards, combustibility, flame retardants.

Огнезащита материалов и конструкций в деревянном домостроении является одной из самых актуальных задач, особенно в условиях не снижающегося ежегодно числа пожаров. Огнезащита конструкций – необходимое условие для безопасности деревянного дома. ДСтП с середины XX в. использовались в качестве элементов строительных конструкций, и в настоящее время потенциально они являются эффективным конструкционно-отделочным материалом для строительства. ДСтП дешевы, могут выпускаться большими форматами, с экономической точки зрения использование древесных плит в деревянном домостроении – возможность обеспечить доступное жилье для населения. Сдерживает применение ДСтП в строительстве их повышенная горючесть.

Согласно федеральной целевой программе «Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года» к 2030 г. планируется существенно увеличить вклад лесного комплекса в экономику страны. В числе основных направлений Программы – развитие ориентированного примерно в равной степени на внутренний рынок и на экспорт производства пиломатериалов, фанерно-плитных производств, мебели, деревянного домостроения.

Спрос на древесно-стружечные плиты до 2030 г. в России будет расти в среднем на 1,5 % в год и составит 6,6 млн куб. м. в 2030 г. Производство древесно-стружечных плит вырастет до 10,1 млн. куб. метров к 2030 г., из которых на экспорт придется 35 % [12].

Древесные плиты – важный ресурсный потенциал для деревянного домостроения. Но если при использовании ДСтП для производства мебели нормативные требования к огнезащищенности не предъявляются, то при использовании плит в строительстве они должны соответствовать требованиям Федерального закона № 123–ФЗ, предъявляемым к строительным материалам по пожарной опасности.

Одним из основных недостатков ДСтП является их горючесть. Они легко воспламеняются, горят с выделением большого количества тепла, дыма и токсичных газообразных продуктов. Горение ДСтП, как и других материалов на основе лигноцеллюлозных наполнителей, представляет ряд сложных физико-химических процессов. Они включают в себя реакции термодеструкции и карбонизации древесного наполнителя, процессы деструкции-структурирования и образования кокса в полимерной составляющей композита, стадию пламенного горения газообразных продуктов реакции деструкции материала, реакции окисления в конденсированной фазе (тление материала). Эти процессы сопровождаются интенсивным теплопереносом вглубь материала.

Горючесть зависит от плотности плит, вида и доли добавки связующего и других факторов. На показатели горючести влияет порода древесного наполнителя [9]. Все это обуславливает необходимость экспериментальных исследований по повышению огнезащищенности применительно к конкретным древесно-плитным материалам.

ДСтП, как и другие органические материалы, относятся к группе горючих, их пожарная опасность повышается при добавлении некоторых полимеров [6], исключая фенолоформальдегидные связующие, которые являются более термостойкими [3].

Согласно нормам пожарной безопасности НПБ 244–97 Материалы строительные (дата актуализации 01.01.2021), обязательной сертификации в области пожарной безопасности подлежат отделочные, облицовочные, кровельные, гидроизоляционные и теплоизоляционные материалы, а также напольные покрытия [10].

Существуют многочисленные исследования по снижению горючести древесных плит, разработаны различные способы снижения пожарной опасности ДСтП [7, 11, 8, 1, 2, 5]. В меньшей степени для древесных плит, в отличие от

материалов из цельной древесины, проработан способ поверхностного нанесения огнезащитных средств.

Поверхностное нанесение на ДСтП составов для снижения горючести имеет разную эффективность [4]. Поэтому в работе было выполнено экспериментальное исследование по определению горючести образцов плит с поверхностным нанесением различных огнезащитных составов.

В лаборатории кафедры ЛДП КГУ, г. Кострома, были изготовлены образцы размером 110×25×16 мм из ДСтП промышленного производства. Влажность материала после кондиционирования определялась на дополнительных образцах размером 50×50×16 мм, весовым методом с выдержкой в сушильном шкафу до постоянной массы. Влажность образцов до испытаний $8 \pm 1 \%$.

На 11 партий образцов наносились огнезащитные составы с разным расходом, 12-я партия – контрольная, без нанесения огнезащитного состава. Для испытания на горючесть в качестве экспресс-метода использовалась установка «огневая труба». Схема испытания представлена на рис. 1. Образец взвешивался, затем закреплялся в трубе так, чтобы он выступал из трубы на 5 мм. Под образец подводилось пламя спиртовой горелки. Горелку устанавливали под образцом на расстоянии 10 мм. Продолжительность выдержки образца в пламени 90 с.

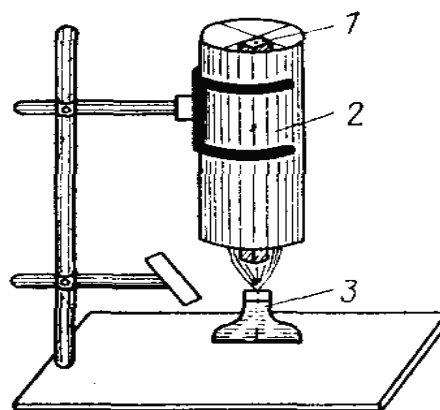


Рис. 1. Испытание методом огневой трубы:

1 – образец; 2 – труба из жести;
3 – спиртовая горелка

После выдержки в огневой трубе образец извлекался, определялось время самостоятельного горения без источника огня, фиксировалось время тления, длина повреждения образца по пласти и по кромке (среднее арифметическое по пластам и кромкам образца). После охлаждения образцы взвешивались, определялась потеря массы при огневом воздействии.

В каждой партии испытывалось по три образца. Результаты статистической обработки экспериментальных данных приведены в табл. 1.

Наилучшие результаты получены при использовании в качестве замедлителя горения жидкого натриевого стекла $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)$ и «Огнебиопро».

Данные замедлители горения позволяют снизить потерю массы образцов плит при огневом воздействии до 1,25...1,71 %, ряд образцов имеет время самостоятельного горения 0 с. $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)$ и «Огнебиопро» выбраны для дальнейшей разработки в качестве огнезащитных средств при производстве огнестойких плит.

Снижение горючести плит позволит расширить ассортимент отечественных строительных материалов, используемых в деревянном домостроении.

Таблица 1. Результаты статистической обработки экспериментальных данных

№	Антипирен, расход, г/м ²	Потеря массы при горении, %	Время самостоятельного горения, с	Время тления, с	Длина обугливания по пласти, мм	Длина обугливания по кромке, мм
1	Огнебор,280	21,00	198	190	110	110
2	Огнебор,500	17,25	182	180	110	110
3	Good for-wood,300	14,12	125	185	60	62
4	Good for wood,500	13,01	120	180	64	86
5	Огнебиопро, 500	1,40	0	45	55	24
6	Огнебиопро, 400	1,50	0	46	60	50
7	Na ₂ O(SiO ₂), 400	1,25	0	25	28	14
8	Na ₂ O(SiO ₂), 300	1,35	10	20	20	11
9	Na ₂ O(SiO ₂), 280	1,71	15	30	30	25
10	КСД, 600	10,63	35	36	55	78
11	Фенилакс, 500	9,90	63	47	80	75
12	Контрольные	38,60	210	195	110	110

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонов А. В. Производство древесноволокнистых плит с пониженной пожарной опасностью : дис. ... канд.техн. наук. Красноярск, 2013. 128 с.
2. Балакин В. М., Селезнев А. М., Белоногов К. В. Первичная оценка огнезащитных свойств вспучивающихся покрытий на основе различных водных дисперсий // Пожаровзрывобезопасность. 2010. Т. 19. № 6. С. 14–19.
3. Берлин А. А. Горение полимеров и полимерные материалы пониженной горючести // Соросовский образовательный журнал. 1996. № 9. С. 57–63.
4. Габдулин Р. Ш. Эффективные способы огнезащиты строительных конструкций // Безопасность. 2011 №1. С. 48–49.
5. Демина М. Ю. Технология изготовления огнезащищенных древесностружечных плит: дис. ... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2004. 135 с.

6. Иванов Д. В., Петрушева Н. А., Алашкевич Ю. Д. Вопросы снижения пожарной опасности древесноволокнистых плит // Химия растительного сырья. 2015. №4. С. 111–118. DOI: 10.14258/jcrpm.201504785.

7. Леонович А. А. Древесные плиты специального назначения. СПб., 2007. 96 с.

8. Леонович А. А. Огнезащита древесноволокнистых плит с применением солей ортофосфорной кислоты // Материалы науч.-тех. конф. ЛТА. Л., 1966. С. 64–70.

9. Леонович А. А., Шелоумов А. Н. Снижение пожарной опасности древесных материалов, изделий и строительных конструкций. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГПУ, 2002. – 59 с.

10. НПБ 244-97 Материалы строительные. Декоративно-отделочные и облицовочные материалы. Материалы для покрытия полов. Кровельные, гидроизоляционные и теплоизоляционные материалы. Показатели пожарной опасности. Дата актуализации: 01.01.2021. – URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4294851/4294851232.htm> (Дата обращения 05.02.2022).

11. Патент 2352601 (РФ). Способ получения теплоизоляционного и огнестойкого многослойного комбинированного полимерного покрытия / В.В. Беляев, И.М. Федотов, 2009.

12. Федеральная целевая программа «Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года». – URL: <http://static.government.ru/media/files/c.pdf> (дата обращения 20.02.2022).

УДК: 543.42:547.979.733

И. А. Ведерникова¹, Е. С. Юрина²

¹ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

²Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук

МОЛЕКУЛЯРНОЕ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ

5 (3',4'-ДИГИДРОКСИФЕНИЛ)-10,15, 20-ТРИ(N-МЕТИЛ ПИРИДИН-3-ИЛ)ПОРФИРИН – С ПРОТОНОАКЦЕПТОРАМИ

Аннотация: Установлено, что основания вызывают агрегацию 5 (3', 4'-дигидроксифенил)-10,15, 20 три (N- метил пиридин-3-ил)порфирина. Добавление пиридина и щелочи в порфириновые растворы приводит к пи-пи агрегации, а DABCO и NH₄OH к J-агрегации, что имеет различное проявление на электронных спектрах и спектрах флуоресценции.

Ключевые слова: гидроксозамещенный порфирин, UV-Vis, флуоресценция, агрегация.

I. A. Vedernikova, E. S. Yurina

**MOLECULAR COMPLEX FORMATION
5(3',4'-DIHYDROXYPHENYL)-10,15,20-THREE(N-METHYL PYRIDIN-3-YL)
PORPHYRIN - WITH PROTONOACCEPTORS**

Annotation: It has been found that bases cause aggregation of 5(3',4'-dihydroxyphenyl)-10,15,20 tri(N-methyl-pyridin-3-yl)porphyrin. The addition of pyridine and alkali to porphyrin solutions leads to pi-pi aggregation, and DABCO and NH₄OH to J-aggregation, which has a different manifestation in the electronic spectra and fluorescence spectra.

Keywords: hydroxo-substituted porphyrin, UV-Vis, fluorescence, aggregation.

Гидроксозамещенные порфирины представляют собой ряд важных порфиринов, так как они являются перспективными кандидатами для использования в ФДТ[1-4], создания сенсорных устройств [5]. Но основной научный и практический интерес связан с их чувствительностью к изменению рН среды. При рН ≈ 7 эти гидроксозамещенные порфирины не заряжены, их электронные спектры поглощения включают интенсивную полосу Soret в области 420 нм и четыре слабые полосы (Q-полосы) в видимой части. Это спектры порфиринов, соответствующие хромофорам с симметрией D_{2h}, широко известны и в литературе есть отнесения полос спектров к электронным и электронно-колебательным переходам [6]. Изменение рН позволяет получать катионы в кислой среде (за счет протонирования пиридиновых атомов азота центра порфирина), а в основной – анионы, за счет депротонирования пиррольных атомов азота порфирина). Это явление хорошо известно в химии порфиринов. Наличие в составе периферийных заместителей порфиринов гидроксогрупп открывает новые возможности, т.к. их ионизация может привести к явлениям переноса заряда от периферийного феноксид-анионного заместителя на порфирин, это влечет за собой изменение энергетического состояния макроциклической системы и проявление нетривиальных фотоэффектов и свойств. Например, в работе[7] было показано, что гидроксозамещенные порфирины в щелочных средах являются гиперпорфиринами (демонстрируют заметные дополнительные полосы поглощения ($\epsilon > 1000 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) в области $\lambda > 320 \text{ nm}$, не являющиеся $\pi - \pi^*$ переходами). Считается, что эти дополнительные полосы поглощения обусловлены переходами π (феноксид-анион) - π^* (порфирин) с переносом заряда (СТ).[7, 8] Изучение гидроксозамещенных порфиринов в данном контексте (переноса заряда и фото-химических свойств) востребовано для разработки и создания искусственных фотосинтетических систем, лекарственных средств с различным механизмом действия и как новый оптический сенсор для определения аминов. Разработка надежных методов обнаружения аминов важна в таких областях, как мониторинг окружающей среды, контроль качества пищевых продуктов и контроль производственных процессов. Мы полагаем, что введе-

ние N-метилпиридильных групп кроме водорастворимости порфиринов [9] позволит, за счет изменения рН или водородного связывания с участием ОН-заместителя порфирина, обнаружить новые эффекты. Разноименно заряженные периферийные группы порфирина могут способствовать переносу заряда, образованию ионных пар, ассоциатов.

Для осуществления переноса заряда гидроксофенил-заместитель в молекуле порфирина должен перейти в феноксид-анионную или кетонную форму. Возможность протекания процесса кето-енольной таутомерии в ароматических соединениях в общем случае зависит от делокализации электронов кольце. Например, в антрахинонах и гидроксозамещенных пиридинах энергии таутомеризации невысоки и уже при н.у. реализуется кето-енольное равновесие, с возможностью обнаружения обоих таутомеров аналитически. В феноле энергия таутомеризации очень высока и он предпочитает енольную форму, потому что перенос протона от гидроксигруппы к ароматическому атому углерода разрушает ароматичность кольца и сильно дестабилизирует молекулу [10, 11]. В порфиринах гидроксифенильные заместители также находятся в енольной форме. Понизить энергию активации таутомерного перехода можно за счет внешнего акцептирования протона ОН-группы. Поэтому целью данной работы являлось исследование таутомерных превращений гидроксизамещенного порфирина. Для смещения равновесия были выбраны следующие соединения: NaOH, C₅H₅N (пиридин), NH₄OH, DABCO и осуществлено спектрофотометрическое титрование растворов исследуемого порфирина.

Рассмотрим полученные данные. Титрование 5-(3',4'-дигидроксифенил)-10,15,20-три-(N-метил пиридин-3-ил)порфирина (ОНР) щелочью и аммиаком протекает в два этапа, которые характеризуются определенными спектральными изменениями (рис. 1). Добавление сравнительно небольшого количества щелочи (до рН 7.5) приводит к уменьшению оптической плотности полосы Soret и ее гипсохромному сдвигу от 420 до 418 нм(щелочь) - 408 нм (аммиак) (рис.1а).

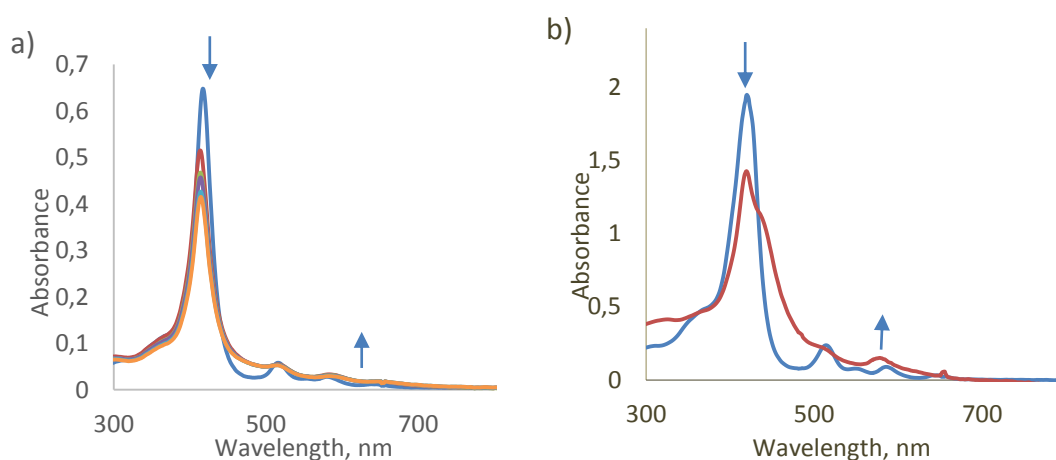


Рис. 1. Титрование ОНР ($5.8 \cdot 10^{-6} \text{M}$) раствором аммиака (а) и щелочью (б)

Спектр в длинноволновой части также претерпевает изменения. Оптическая плотность IV полосы уменьшается, III полоса не регистрируется, I-ая и II-ая полосы увеличивают свою интенсивность. Кроме этого, наблюдается увеличение оптической плотности в области 650-750 нм, так называемый гиперпорфириновый эффект [12], причиной возникновения которого могут быть изменение энергетических уровней LUMO и HOMO [13-15], а также перенос заряда от заместителя к макрокольцу [16].

Второй этап титрования характеризуется расщеплением полосы Soret, появлением интенсивного поглощения в области 578 нм, наряду с уменьшением оптической плотности при 516 и 580 нм. Спектр становится похож на двухполосный, характерный для порфиринов с симметрией D_{4h} . (рис.1б).

Для отнесения наблюдаемых спектральных проявлений к процессам депротонирования гидроксильных групп на периферии макрокольца и NH-групп реакционного центра было проведено титрование раствором щелочи 5,10,15,20-тетраakis-(3-N-метилпиридил)порфирин тетраиодида (ТМРyP3) [12], депротонирование которого возможно только по макрокольцу (рис.2). Спектральные изменения регистрируются при большом избытке щелочи, спектр становится двухполосный.

Схожесть спектральных изменений при титровании ТМРyP3 (рис.2) и второго этапа титрования исследуемого гидроксозамещенного порфирина (рис.1б) позволяют говорить о депротонировании реакционного центра макрогетероцикла. Дополнительным подтверждением является сведения о кислотности анализируемых групп.

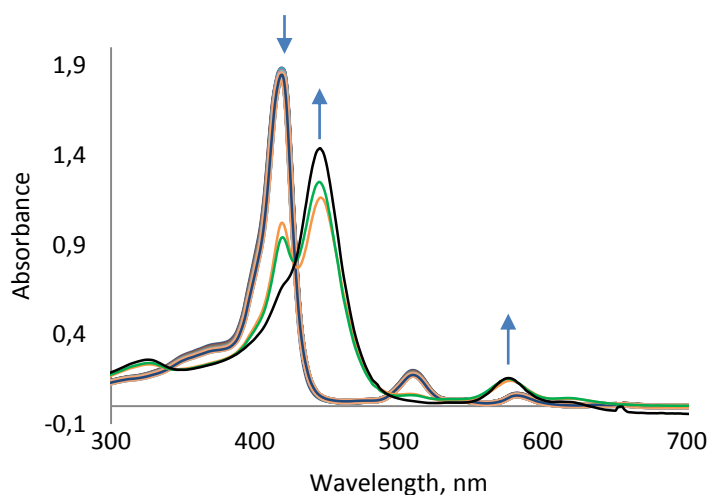


Рис. 2. Титрование ТМРyP3 щелочью (NaOH)

Судя по литературным данным, =NH группы имеют очень слабую кислотность ($pK > 15$) [17], в то время как кислотность фенола и его производных существенно ниже ($pK=8-10$). [18] Поэтому начальный этап титрования щелочью ОНР соответствует реакции депротонирования гидроксозаместителя порфирина с образованием феноксид-анионного заместителя.

Титрование пиридином и DABCO (рис. 3а и 3б) в дальневолновой части спектра вызывает изменения аналогичные зафиксированным на рис.1а. Вероятно, это связано с образованием Н-комплексов между периферийными гидроксогруппами порфирина и аминами.

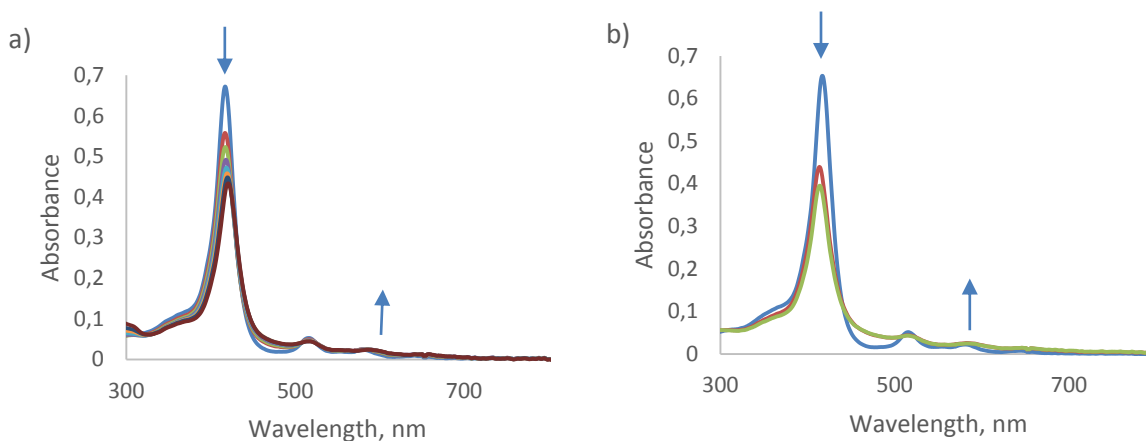


Рис. 3. Титрование ОНР ($5.8 \cdot 10^{-6} \text{M}$) пиридином (а) и DABCO (б)

Положение полосы Sore в ЭСП исследуемого ОНР при титровании указанными лигандами отличается, в случае DABCO регистрируется гипсохромный, в случае пиридина – батохромный сдвиг. Следует отметить, что спектры флуоресценции ОНР при титровании DABCO и пиридина кардинально отличаются. Флуоресценция ОНР при добавлении пиридина уменьшается, наряду с этим увеличивается отражение. Данные спектральные изменения типичны для пи-пи агрегации порфирина. В данном случае, вероятно, сказывается изменение диэлектрической проницаемости полученного водно – пиридинового раствора (0-10%) (рис.3а), что приводит к уменьшению степени ионизации N-метилпиридилных групп, уменьшению одноименного электростатического отталкивания между заместителями соседних порфириновых молекул и приводит к пи-пи-агрегации.

В случае титрования ОНР порфирина DABCO спектры флуоресценции порфирина изменяются иначе. Первое добавление DABCO вызывает уменьшение флуоресценции и изменение соотношения интенсивностей полос при 650 и 700 нм. Дальнейшее титрование амином порфиринового раствора приводит к постепенному увеличению флуоресценции. Это неожиданный результат, особенно с учетом литературных сведений [19]. Авторы указанной работы изучали тушение флуоресценции гидроксозамещенных порфиринов аминами различной основности. Они пришли к выводу о том, что тушение аминами флуоресценции гидроксозамещенных порфиринов осуществляется как статическими, так и динамическими путями. Эффект тушения усиливался с увеличением основности аминов. Процесс динамического тушения идентифицирован авторами как реакция переноса электрона от N-связанного периферийного гидроксифенил-заместителя порфирина к макрокольцу порфирина в синглетном состоянии. Этот перенос обусловлен N-связыванием и последующим перемещением протона гидроксофенил-заместителя к пиридину. Константа основности DABCO ($K_b \approx 10^{-3} - 10^{-4}$) намного выше константы основности пиридина ($K_b = 2.3 \cdot 10^{-9}$) однако тушение флуоресценции порфирина оказывает только пиридин.

Как было показано выше, изменения в ЭСП ОНР при титровании пиридином свидетельствует о пи-пи -агрегации порфирина (рис. 3а). Данный вывод подтверждает уменьшение флуоресценции гидроксозамещенного порфирина при титровании пиридином.

Полученные в системе порфирин – DABCO спектральные изменения (увеличение спектров отражения и флуоресценции) соответствуют явлению J-агрегации[20-22]. Обычно для порфиринов J-агрегация провоцируется ионизацией периферийных заместителей, например, при их протонировании.[23] В данном случае (депротонирование) ионизация ОН групп за счет водородного связывания вряд ли возможна. Вероятно, причина формирования J-агрегатов иная. Спектральные (ЭСП) проявления (сильный гипсохромный сдвиг полосы $Soret$) при титровании порфирина DABCO (рис. 3б) и аммиаком схожи. Поэтому мы проанализировали спектры флуоресценции порфирина, полученные при его титровании аммиаком ($K_b = 1.8 \cdot 10^{-5}$) и щелочью ($K_b = 1.59$).[24] При титровании щелочью зарегистрировано монотонное уменьшение флуоресценции, очевидно, что вносимое сильное основание приводит к нейтрализации зарядов периферийных катионных N-метилпиридилльных групп, электростатическое отталкивание между соседними макроциклами ослабевает и они ассоциируют друг с другом.

Титрование анализируемого порфирина аммиаком вызывает изменения в спектрах флуоресценции (рис. 4) аналогичные описанным выше при титровании DABCO. Т.е. в системе гидроксозамещенный порфирин – NH_3-H_2O также образуются J-агрегаты.

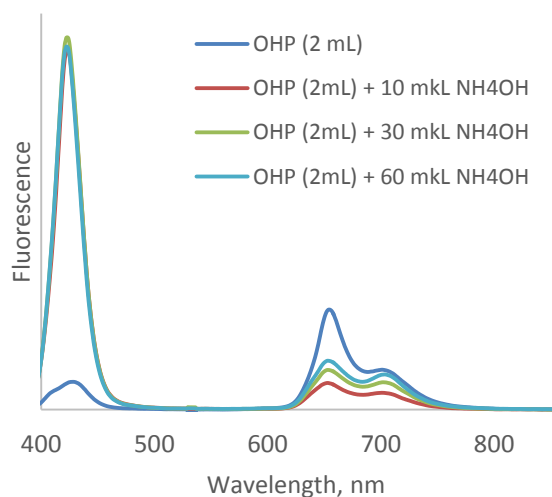


Рис. 4. Спектры флуоресценции ОНР ($5.8 \cdot 10^{-6}M$) в воде при добавлении аммиака ($\lambda_{ex} = 425 \text{ nm}$)

Таким образом, титрование 5 (3', 4' -дигидроксифенил)-10,15, 20 три (N-метил пиридин-3-ил)порфирина четырьмя основаниями приводит к агрегации макрогетероцикла. Добавление пиридина и щелочи в порфириновые растворы приводит к пи-пи агрегации, а DABCO и NH_4OH к J-агрегации. Никакой корреляции между силой основания и оказываемым дестабилизирующим эффектом

нет. Вероятно, причина различного влияния оснований на механизм агрегации кроется в различной их природе. DABCO, как и NH_4OH (NH_4^+) могут специфически сольватировать реакционный центр порфирина, стерически препятствуя пи-пи-стекингу макромолекул. В случае добавления NaOH отрицательный заряд OH^- и высокая основность делает предпочтительным нейтрализацию периферийных групп порфирина. Ароматический характер пиридина наряду с макроциклическим эффектом пи-электронного экранирования, вероятно, препятствует сольватации молекулами пиридина реакционного центра порфирина.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, грант № 21-73-20140.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. L. Ma, J. Moan and K. Berg, *Int. J. Cancer*, 1994, 57, 883-888.
2. O. Fakayode, C. Kruger, S. Songca, H. Abrahamse and O. Oluwafemi, *Materials Science and Engineering: C*, 2018, 92, 737-744.
3. L. Ma, J. Moan and K. Berg, *Lasers in Medical Science*, 1994, 9, 127-132.
4. C. Moore, T. Nathan, W. Lees, C. Mosse, A. Freeman, M. Emberton and S. Bown, *Lasers in Surgery and Medicine: The Official Journal of the American Society for Laser Medicine and Surgery*, 2006, 38, 356-363.
5. N. S. Lebedeva, T. E. Popova and A. S. Semeykin, *J. Solution Chem.*, 2010, 39, 1113-1121.
6. Г. Гуринович, А. Севченко and К. Н. Соловьев, *Успехи физических наук*, 1963, 79, 173-234.
7. H. Guo, J. Jiang, Y. Shi, Y. Wang, J. Liu and S. Dong, *J. Phys. Chem. B*, 2004, 108, 10185-10191.
8. C. Wang and C. C. Wamser, *The Journal of Physical Chemistry A*, 2014, 118, 3605-3615.
9. V. F. Otvagin, A. V. Nyuchev, N. S. Kuzmina, I. D. Grishin, A. E. Gavryushin, Y. V. Romanenko, O. I. Koifman, D. V. Belykh, N. N. Peskova and N. Y. Shilyagina, *Eur. J. Med. Chem.*, 2018, 144, 740-750.
10. M. Cook, A. Katritzky, P. Linda and R. Tack, *Tetrahedron Lett.*, 1972, 13, 5019-5022.
11. E. D. Raczyńska, W. Kosińska, B. Ośmiałowski and R. Gawinecki, *Chem. Rev.*, 2005, 105, 3561-3612.
12. S. Z. Topal, M. Z. Ongun, E. Önal, K. Ertekin and C. Hirel, *Dyes and Pigments*, 2017, 144, 102-109.
13. J. Conradie, C. C. Wamser and A. Ghosh, *The Journal of Physical Chemistry A*, 2021.
14. Y. Sasano, N. Yasuda and H. Maeda, *Dalton Trans.*, 2017, 46, 8924-8928.
15. H. Guo, J. Jiang, Y. Shi, Y. Wang, Y. Wang and S. Dong, *J. Phys. Chem. B*, 2006, 110, 587-594.
16. K. K. Evens and K. E. Splan, *J. Porphyrins Phthalocyanines*, 2017, 21, 680-691.
17. Y. Wu, Z. Han, L. Wei, H. Sun, T. Wang, J. Chen, R. Zhang and X. Lu, *Anal. Chem.*, 2020, 92, 5464-5472.

18. О. Чайковская, Р. Кузнецова, И. Соколова and Н. Сультимов, *Журнал физической химии*, 2000, 74, 1806-1809.
19. M. Venkatesan, H. Mandal, M. Chakali and P. R. Bangal, *J. Phys. Chem. C*, 2019, 123, 23342-23351.
20. N. S. Lebedeva, E. S. Yurina, Y. A. Gubarev and S. S. Guseynov, *Mendeleev Commun.*, 2020, 30, 805-808.
21. N. S. Lebedeva, E. S. Yurina, Y. A. Gubarev and O. I. Koifman, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 2021, 246, 118975.
22. R. Giovannetti, L. Alibabaei and L. Petetta, *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.*, 2010, 211, 108-114.
23. A. Zurita, A. Duran, J. M. Ribó, Z. El-Hachemi and J. Crusats, *RSC advances*, 2017, 7, 3353-3357.
24. O. C. Kopp and L. A. Harris, *American Mineralogist: Journal of Earth and Planetary Materials*, 1967, 52, 1681-1688.

УДК 547.541.521:544.169:544.362.4

Л. В. Вирзум¹, Е. Н. Крылов²

¹Ивановская государственная сельскохозяйственная академия им. Д.К. Беляева

²Ивановский государственный университет

СУЛЬФАНИЛИДЫ КАК ИНГИБИТОРЫ КАРБОАНГИДРАЗЫ E. Coli

Аннотация: проведен квантово-химический расчет структур замещенных ароматических сульфанилидов на уровне теории DFT M06/6-311++G** с учетом неспецифической сольватации в среде H₂O в рамках метода SMD. Определён молекулярный электростатический потенциал (МЭП) на атоме сульфамидного азота. Обнаружено, что зависимость между этим параметром и активностью сульфанилидов при ингибировании карбоангидразы E. Coli достаточно близка к линейной, а вклад МЭП в ингибирование превышает вклад от гидрофобных взаимодействий примерно вдвое.

Ключевые слова: сульфанилиды, карбоангидраза, ингибирование, молекулярный электростатический потенциал.

L. V. Virzum, E. N. Krilov

SULFANILAMIDES AS CARBOANHYDRASE INHIBITORS E. Coli

Abstract: a quantum-chemical calculation of the structures of substituted aromatic sulfanilides was carried out at the level of the DFT M06/6-311++G** theory taking into account nonspecific solvation in an H₂O medium using the SMD method. The molecular electrostatic potential (MEP) at the sulfanilides nitrogen atom was determined. It was found that the relationship between this parameter and the activity of sulfanilides in the inhibition of E.

coli carbonic anhydrase is quite close to linear, and the contribution of MEP to inhibition exceeds the contribution from hydrophobic interactions by about a factor of two.

Keywords: sulfanilides, carbonic anhydrase, inhibition, molecular electrostatic potential.

Введение

Ключевым структурным фрагментом, обеспечивающим ингибирование изомеров α -карбоангидраз (СА) является их сульфонамидная группа (RSO_2NH_2). Изомеры фермента- α -карбоангидразы - изоцимы катализируют обратимую реакцию [31] гидратации диоксида углерода (1), протекающую при координации этих реагентов с катионом цинка в активном центре фермента, то есть процессе превращения CO_2 в HCO_3^- анион [31]:



Известно, что анионы сульфониламидов связывают катион цинка в активном центре СА атомом сульфамидного азота с константами связывания K порядка $10^4 - 10^9$ [28], что приводит к нарушению координации Zn^{+2} с H_2O , необходимой для связывания CO_2 по схеме (1). В связи с этим, описание взаимодействия ингибиторов с ферментом (степени ингибирования) несомненно представляет интерес как в теоретическом плане, так и с практической стороны [32].

Помимо упомянутого взаимодействия [16], сульфонамиды могут взаимодействовать с аминокислотами окружения [32]. Взаимодействие распределяется таким образом, что водородными связями сульфамид координируется с различными аминокислотами из окружения катиона цинка (в частности, с тирозином), а ионным атомом азота сульфамидной группы – с катионом цинка [11, 29]. Вклад от этих двух видов взаимодействий может быть различным.

Таким образом, активность ингибиторов определяется множеством факторов [7], часть из которых представляется определяющей взаимодействием между анионной формой сульфониламида и катионом цинка, что в свою очередь обуславливают прочность комплекса между указанными структурами и, как следствие этого, силу ингибирующего действия сульфониламида. Однако, далеко не все взаимодействия или описывающие их параметры, имеют физический смысл, поэтому представляет интерес обнаружение наиболее действенного фактора и оценка его эффективности. В этом плане представляет интерес метод дескрипторов молекулярной активности [36].

Теоретическое обоснование

Теоретическое обоснование и проверка возможности практического применения молекулярных параметров – дескрипторов – для описания реакционной способности, механизмов реакций и структур интермедиатов и переходных состояний, является одним из направлений, развиваемых в рамках концептуальной DFT [35].

Молекулярные дескрипторы – это численные характеристики структурных особенностей молекул, отвечающие за проявление каких-либо химических и физико-химических свойств [36]. Классификация дескрипторов включает параметры, экспериментально измеряемые и рассчитываемые, на основе каких-либо теоретических представлений.

Дескриптором может быть любая величина, получаемая или рассчитываемая, исходя из структуры химического соединения – молекулярный объём, молекулярная масса, заряды на атомах и т.д. Физиологическая активность в технологиях QSAR обычно предсказывается на основе дескрипторов, рассчитанных из стерических и топологических особенностей структуры, а также липофильности и электронных эффектов заместителей [17].

В частности, к квантово-химическим дескрипторам относят также индексы реакционной способности (далее – ИРС), основанные на теории функционала плотности (DFT) [10]. Это электронный химический потенциал (μ), жесткость (η), электрофильность (ω) [6] и ряд других. В настоящее время они используются в различных областях химии, в частности, для диагностики механизмов органических реакций и описания химической активности органических соединений. К подобным ИРС относится в том числе и атомный электростатический потенциал (*V_{esp}* (АЭП) [25, 26]), представляющий собой молекулярный электростатический потенциал (МЭП) на данном атоме.

МЭП (АЭП) является фундаментальным фактором [25], определяющим природу молекул и их реакционную способность, который ассоциирован с электроотрицательными атомами (азот, кислород, сульфонильный атом серы). В этом регионе молекулы наблюдаются локальные минимумы с более отрицательным значением АЭП по сравнению с окружающим эти атомы потенциалом. Распределение МЭП влияет на дальнедействующее взаимодействие реагентов [26], и определяется это тем, что на дистанциях свыше 3 Å основной вклад во взаимодействие молекул вносят электростатические силы [4].

Для описания реакционной способности органических соединений МЭП является более подходящим статическим дескриптором по сравнению с зарядом на атомах, поскольку МЭП представляет собой физически наблюдаемую величину [30], в отличие от зарядов, которые квантово-химически не определены [38], хотя и широко используются в теоретической органической химии [17, 36].

Ряд квантово-химических ИРС был использован [28] для установления их взаимосвязи с константами ингибирования фермента карбоангидразы в виде многомерных математических моделей на основе технологий QSAR-QSPR. Эти модели представляют собой двух-, трех- и даже четырехпараметрические линейные уравнения, в которых дескрипторами служили теплота образования, молекулярная масса, электроотрицательность, квантовая жесткость, энергии фронтальных орбиталей, общая энергия в различных сочетаниях дескрипторов. Коэффициенты таких множественных корреляций, характеризующие взаимо-

связи ИРС и степени ингибирования, имели величину от 0.816 до 0.848. Корреляции на какой-либо единственный параметр авторами обнаружены не были.

Активность сульфониламидов по отношению к карбоангидразе описана с помощью таких дескрипторов как коэффициенты распределения вода/октанол, энергия ВЗМО, торсионная энергия и радиус вращения (радиус инерции) как расстояние между осью вращения и центром масс [27]. Во всех случаях достигнуты коэффициенты множественной корреляции 0.724 – 0.608.

Известно, что ацетазоламид имеет одну из самых высоких активностей при ингибировании карбоангидразы (константа ингибирования равна всего 21 нМ – чем она меньше, тем сильнее ингибирование). В то же время его аналог метазоламид, сходный по структуре, имеет на порядок большее значение константы ингибирования, равное 225 нМ [23]. Структурный анализ указанной работы, коррелированный с данными по ингибированию на комплексах $\text{Hr } \alpha\text{SA}$ с двумя фармакологическими ингибиторами карбоангидраз человека - ацетазоламидом и метазоламидом - обнаружил, что два сульфонамидных атома кислорода ингибиторов расположены проксимально к предполагаемому местоположению атомов кислорода субстрата CO_2 в комплексе Михаэлиса, в то время как координирующий цинк сульфонамидный азот занимает положение катализируемой молекулы воды. Этот анализ имеет показательное значение для дизайна ингибиторов бактериальных карбоангидраз на основе их молекулярной структуры.

Однако далеко не всегда можно предсказать активность препарата, используя структурное сходство. В частности, в силу сложности структур ингибиторов и каталитического центра исследуются даже такие весьма экзотические препараты, как дикарбабораны, причем некоторые из них обладают активностью, сравнимой с активностью ацетазоламида, однако не проходят проверку на пригодность по ряду критических параметров [18].

Тем не менее, в выборках относительно небольшого объёма удается обнаружить простые корреляции биологической активности и простых физически обоснованных параметров молекул органических соединений. В неявной форме при этом используется хорошо работающий в таких выборках принцип линейности свободных энергий [5].

Результаты и их обсуждение

Расчет структур ядернозамещенных ароматических сульфанилидов $\text{NH}_2\text{PhNHSO}_2\text{PhX}$ проведен программным комплексом ADF 2014.04 [8] на уровне теории DFT M06/6-311++G** с учётом неспецифической сольватации в среде H_2O на основе метода SMD [21] (табл. 1). Этот расчёт проведён по аналогии с расчетами работы [13], без ограничений по типу симметрии в однодетерминантном приближении, что позволяет рассчитать энергии сольватации с «химической» точностью (0.6 – 1.0 ккал/моль) [22], а это важно при учёте влияния среды. Заряды на атомах рассчитаны в схеме Хиршфельда [14], в которой они хорошо физически обоснованы [19]. Молекулы бензолсульфанилидов более устойчивы в геометрии син-конформеров (рис. 1), которые имеют меньшую

энергию по сравнению с анти-конформерами. Расчетные структуры по длинам связей, валентным углам и относительному расположению ароматических колец сходны с таковыми, известными из литературы для аналогичных соединений [9, 24, 37].

Замещенные сульфанилиды $\text{NH}_2\text{PhNHSO}_2\text{PhX}$ имеют две весьма близкие по энергии конформации, в одной которых плоскости ароматических колец практически не взаимодействуют друг с другом, поэтому данная конформация близка по строению к почти плоской (анти-конформер), а другая – несколько более устойчивая - как бы свернутая (син-конформер) вследствие π - π взаимодействия сближенных ароматических колец (рис. 1) [37].

Ниже приведены результаты расчета структур $\text{NH}_2\text{PhSO}_2\text{NHPhX}$ (табл. 1), для которых имеются надежные данные по интенсивности взаимодействия с карбоангидразой при ее ингибировании [33], а также данные по кислотности их по сульфамидной группе [34]. Упомянутые параметры связаны между собой, поскольку известно, что ингибирующая активность сульфониламов, которые структурно подобны рассматриваемым сульфанилидам, определяется в основном кислотностью сульфамидной группы [20], что подтверждено также квантово-химическим анализом [2]. Кислотность сульфониламов в свою очередь определяется величиной молекулярного электростатического потенциала (АЭП) на сульфамидном атоме азота [3].

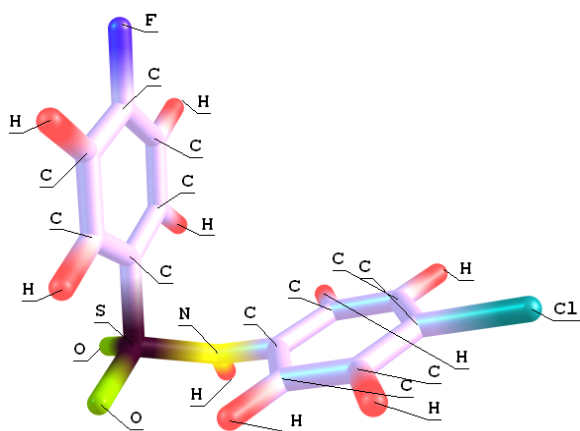


Рис. 1. Структурная модель молекулы син-4-хлор-4'-фторбензолсульфанилида (визуализация программным комплексом ChemCraft v. 1.6, build 315 [15])

Таблица 1. Квантово-химические параметры молекул сульфанилидов $\text{NH}_2\text{PhSO}_2\text{NHPhX}$

N	X	Q(N)	E(HOMO)	E(LUMO)	-Vesp(N)	log(1/C) [33]
1	4-NMe ₂	-0.1482	-0.21417	-0.05266	18.382356	4.35
2	2-OMe	-0.1449	-0.23482	-0.03743	18.390427	4.45
3	2-OEt	-0.1456	-0.23516	-0.03737	18.391743	4.35
4	4-OMe	-0.1400	-0.23686	-0.05426	18.371803	4.47
5	4-OEt	-0.1428	-0.23542	-0.03938	18.379216	4.49
6	4-Me	-0.1383	-0.24455	-0.05527	18.370209	4.66

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

N	X	Q(N)	E(НОМО)	E(LUMO)	-Vesp(N)	log(1/C) [33]
7	2-Me	-0.1394	-0.23682	-0.03836	18.377149	4.46
8	3-Me	-0.1383	-0.24589	-0.05498	18.370001	4.60
9	H	-0.1380	-0.24670	-0.05521	18.368047	4.80
10	3-OEt	-0.1401	-0.23620	-0.04106	18.379891	4.80
11	3-OMe	-0.1395	-0.23595	-0.03963	18.378492	4.80
12	4-Cl	-0.1365	-0.24872	-0.05856	18.360669	4.89
13	4-Br	-0.1377	-0.24927	-0.05889	18.361366	4.89
14	2-Br	-0.1336	-0.24587	-0.05423	18.364544	4.99
17	3-Cl	-0.1361	-0.25038	-0.05726	18.361127	5.10
18	3-Br	-0.1384	-0.23719	-0.03967	18.364363	4.95
19	3-NO ₂	-0.1381	-0.23745	-0.10768	18.350028	5.60
20	3-CF ₃	-0.1391	-0.23707	-0.04077	18.359903	5.25
21	4-CF ₃ *)	-0.1368	-0.25070	-0.04960	18.290542	5.40
22	4-CN	-0.1338	-0.25582	-0.06674	18.350296	6.00
23	4-COMe	-0.1380	-0.23816	-0.06947	18.362155	5.70
24	4-NO ₂	-0.1179	-0.23787	-0.10446	18.331972	6.00
25	4-SO ₂ Me	-0.1336	-0.23762	-0.05334	18.348014	5.85
26	2,3-Me ₂	-0.1393	-0.23520	-0.03802	18.381410	4.32
27	2-Me,5-Cl	-0.1356	-0.23596	-0.03928	18.366354	4.80
28	2-Me,6-Cl	-0.1327	-0.23612	-0.03976	18.375089	4.80
29	3,4-Cl ₂	-0.1391	-0.23839	-0.04113	18.359581	5.40
30	3,5-Cl ₂	-0.1356	-0.25244	-0.05753	18.355988	5.55
31	2-Cl,4-OMe	-0.1410	-0.23513	-0.03841	18.377892	4.77
32	2-OMe,4-Cl	-0.143674	-0.23559	-0.03902	18.379958	5.10
34	2-Me-4-NO ₂	-0.1188	-0.23762	-0.10384	18.335281	5.55
36	2-Br-4-NO ₂	-0.1213	-0.23887	-0.10916	18.343731	5.64
38	2-Cl	-0.1401	-0.23631	-0.04031	18.374733	5.55
						pKa [34]
1	3,5-(NO ₂) ₂	-0.1259	-0.26349	-0.12228	18.331966	6.19 (6.10)
2	3-NO ₂ -5-Cl	-0.1380	-0.25777	-0.11194	18.348151	6.92 (6.90)
3	4-NO ₂	-0.1179	-0.23787	-0.10446	18.331972	6.97 (7.55)
4	3-NO ₂ -4-Cl	-0.1475	-0.25283	-0.10278	18.356222	7.16 (7.90)
5	4-CN	-0.1338	-0.25582	-0.06674	18.350296	7.36 (7.67)
6	4-SO ₂ NH ₂	-0.1332	-0.25146	-0.05708	18.353482	7.45 (7.52)
7	3,5-Cl ₂	-0.1356	-0.25244	-0.05753	18.355988	7.54 (8.13)
8	3-NO ₂	-0.1381	-0.23745	-0.10768	18.350028	7.67 (7.55)
9	4-COMe	-0.1380	-0.23816	-0.06947	18.362155	7.61 (8.78)
10	3-SO ₂ NH ₂	-0.1503	-0.24473	-0.30872	18.366885	7.81 (7.52)
11	3-CN	0.1371	-0.23797	-0.05965	18.353740	7.83 (7.67)
12	3-Cl	-0.1361	-0.25038	-0.05726	18.361127	8.28 (8.26)
13	3-COMe	-0.1397	-0.24726	-0.07154	18.364535	8.34 (8.78)
14	4-Cl	-0.1365	-0.24872	-0.05856	18.360669	8.56 (8.26)
15	3-OMe	-0.1395	-0.23595	-0.03963	18.378492	8.72 (8.96)
16	H	-0.1380	-0.24670	-0.05521	18.368047	8.97 (8.97)

N	X	Q(N)	E(НОМО)	E(LUMO)	-Vesp(N)	log(1/C) [33]
17	3-Me	-0.1383	-0.24589	-0.05498	18.370001	9.05 (9.16)
18	4-Me	-0.1383	-0.24455	-0.05527	18.370209	9.25 (9.16)
19	4-OMe	-0.1400	-0.23686	-0.05426	18.371803	9.34 (8.97)
21	4-NMe ₂	-0.1482	-0.21417	-0.05266	18.382356	9.46 (8.92)

) Расчет на уровне теории M06/6-31+G. Нумерация точек дана по [33, 34]. Q(N) – заряд на атоме сульфамидного азота, Vesp(N) – атомный электростатический потенциал на этом атоме, а.е.

Квантово-химические дескрипторы реакционной способности (μ , η , ω) рассчитаны по соотношениям (2 - 4) в соответствии с теорией концептуальной DFT [12]

$$\mu = 0.5 \cdot 27.2116 \cdot [E(\text{LUMO}) + E(\text{НОМО})] \quad (2)$$

$$\eta = 0.5 \cdot 27.2116 \cdot [E(\text{LUMO}) - E(\text{НОМО})] \quad (3)$$

$$\omega = 0.5 \cdot \mu^2 / \eta \quad (4)$$

Коэффициент корреляции (рис. 2) зависимости (5) проходит проверку на статистическую значимость по стандартной методике [1].

$$\log(1/C) = 533.587 \pm 65.943 + 28.779 \pm 3.590 \cdot \text{Vesp}(N), R = 0.827, SD = 0.293, N = 32, P < 0.0001 \quad (5)$$

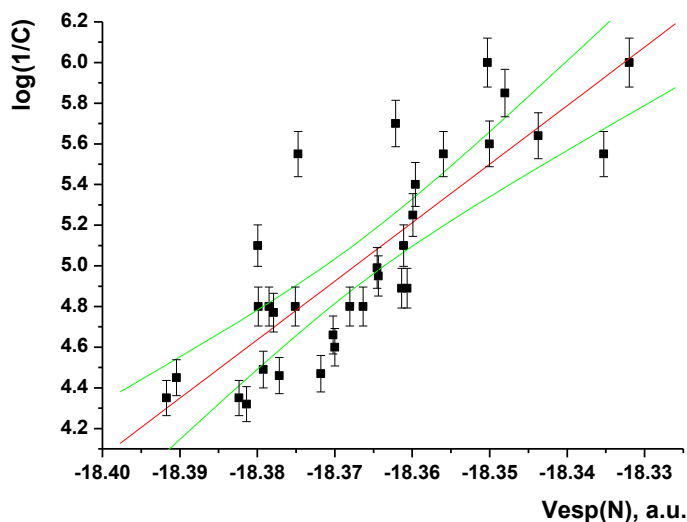


Рис. 2. Ингибирующая активность сульфанилидов NH₂PhSO₂NHPhX как функция АЭП на атоме сульфамидного атома азота

Выводы и перспективы развития

Симбатный характер зависимости (5) (рис. 2) свидетельствует об определяющем вкладе атомного электростатического потенциала (АЭП) во взаимодействие ингибитора в анионной форме с катионом цинка в активном центре фермента. Чем более отрицателен АЭП, тем менее кислым является сульфанилид из-за усиления связи N-H в сульфамидном фрагменте молекулы и тем большая концентрация (С) ингибитора требуется для эффективного ингибирования фермента (левая часть графика на рис. 2). Аналогичная картина наблюдается для взаимодействия сульфониламидов с α -карбоангидразой II [2] в соответствии с их кислотными свойствами [20].

Отклонения от линейной корреляции (5) вызваны вкладом гидрофобных и иных взаимодействий скелета ингибитора (scaffold) с аминокислотным окружением полости активного центра фермента. Для данной выборки этот вклад можно оценить по величине $1 - R^2$ (0.316), представляющем собой вклад случайных – с точки зрения статистики, однако не случайных с точки зрения физико-химических - а именно гидрофобных - взаимодействий в общее ингибирование. Таким образом, вклад АЭП в ингибирование примерно вдвое превышает вклад гидрофобных взаимодействий.

Близкая к линейной корреляция между кислотностью сульфанилидов и АЭП (6) подтверждает сказанное выше в соответствии с данными [2. 3].

$$pK_a = (-1119.371 \pm 138.805) + (61.407 \pm 7.560), R = 0.886, SD = 0.437, \\ N = 20, P < 0.0001. \quad (6)$$

Отклонения от корреляционной прямой (6) вызваны, вероятно, отличиями в сольватации сульфанилидов и их анионов в водной среде из-за различий в структурах.

Остальные дескрипторы – электронный химический потенциал, жесткость и электрофильность – не дают столь однозначных линейных корреляций на активность ингибиторов и в данном контексте на текущей стадии исследований не рассматриваются. В перспективе предполагается наличие двухпараметрических корреляционных соотношений между ингибирующей активностью сульфанилидов и совместно атомным электростатическим потенциалом и параметром гидрофобности (для учета взаимодействия скелета ингибитора и аминокислотного окружения ферментативного центра).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Юрайт. 2016. 479 с.
2. Крылов Е.Н., Вирзум Л.В. Квантово-химический анализ взаимодействия алкиларилсульфонамидов с α -карбоангидразой hCA II. // Бутлеровские сообщения. 2021. Т. 66. № 5. С. 11 – 24.

3. Крылов Е. Н., Вирзум Л. В. Кислотность арилсульфониламидов как функция квантово-химических параметров атома сульфамидного азота // Известия Академии наук. Серия химическая. 2019. № 3. С. 527 – 531.
4. Минкин В.И., Симкин Б.Я., Миняев Р.М. Квантовая химия органических соединений. Механизмы реакций. М.: Химия. 1986. 248 с.
5. Пальм В.А. Основы количественной теории органических реакций. Л.: Химия. 1977. 360 с.
6. A matter of density. Exploring the electron density concept in the chemistry, biological and materials sciences / Sukumar N., Ed. Hoboken: J.Wiley and Sons Inc. 2013. 318 p.
7. Alterio V., Di Fiore A., D'Ambrosio K., Supuran C.T., De Simone G. Multiple binding modes of inhibitors to carbonic anhydrases: how to design specific drugs targeting 15 different isoforms? // Chem. Rev. 2012. Vol. 112. Iss. 8. P. 4421–4468. DOI: 10.1021/cr200176r
8. Baerends E.J., et al. ADF2014. SCM. Theoretical Chemistry. Vrije Universiteit. Amsterdam. The Netherlands. 2014. <http://www.scm.com>. Посл. обр. 12.01.2021.
9. Chaithanya U., Foro S., Gowda B.T. N-(2,5-Dimethylphenyl)-2-nitrobenzenesulfonamide. // Acta Cryst. 2012. Structure Reports. Section E68. o3426. doi:10.1107/S1600536812047630
10. Chemical reactivity theory. A density functional view. / Chattaraj P.K., Ed. N.-Y.: CRC Press. 2009. 577 p.
11. Chiaramonte N., Bua S., Ferraroni M., Nocentini A., Bonardi A., Bartolucci G., Durante M., Lucarini L., Chiapponi D., Dei S. 2-Benzylpiperazine: a new scaffold for potent human carbonic anhydrase inhibitors. Synthesis, enzyme inhibition, enantioselectivity, computational and crystallographic studies and in vivo activity for a new class of intraocular pressure lowering agents. // Eur. J. Med. Chem. 2018. Vol. 151. P. 363 – 375.
12. Concepts and methods in modern theoretical chemistry. / Ghosh S.K., Chattaraj P.K. Eds. 2013, N.-Y.: CRC Press, 2013, 450 p.
13. Ghiasia M., Kamalinahada S., Arabieh M, Zahedi M. Carbonic anhydrase inhibitors: A quantum mechanical study of interaction between some antiepileptic drugs with active center of carbonic anhydrase enzyme. // Comput. Theor. Chem. 2012. Vol. 992. P. 59 – 69.
14. Hirshfeld F. L. Bonded atom fragments for describing molecular charge densities. // Theor. Chim. Acta. 1977. Vol. 44. N 1. P. 129 – 138.
15. <https://www.chemcraftprog.com>
16. Kimura E. Model Studies for Molecular Recognition of Carbonic Anhydrase and Carboxypeptidase. // Acc. Chem. Res. 2001. Vol. 34. N 2. P. 171 - 179.
17. Kubinyi H. QSAR: Hansch analysis and related approaches. N.-Y.: Wiley-VCH. 1993. 240 p.
18. Kugler M., Holub J., Pospisilova K., El Anwar S., Baval D., Havranek M., Kral V., Fabry M., Gruner B. The structural basis for the selectivity of sulfonamido dicarbaboranes toward cancer-associated carbonic anhydrase IX. // J. Enzyme Inhib. Med. Chem. 2020. Vol. 35. N. 1. P. 18000 – 1810. <https://doi.org/10.1080/14756366.2020.1816996>
19. Liu S.-B. Conceptual density functional theory and some recent developments. // Acta Phys.-Chim. Sin. 2009. Vol. 25. N 3. P. 590 – 600.

20. *Maren T. H., Conroy C. W.* A New Class of Carbonic Anhydrase Inhibitor // *J. Biol. Chem.* 1993. Vol. 268. N. 35. P. 26233 – 26239.
21. *Marenich A. V., Cramer C. J., Truhlar D. G.* Universal Solvation Model Based on Solute Electron Density and on a Continuum Model of the Solvent Defined by the Bulk Dielectric Constant and Atomic Surface Tensions. // *J. Phys. Chem. B* 2009. Vol. 113. N 18. P. 6378 – 6396.
22. *Mennucci, B., Cammi R.* Continuum Solvation Models in Chemical Physics: From Theory to Applications. Chichester: John Wiley & Sons. 2008. P. 65 - 80.
23. *Modakh J.K., Liu Y.C., Machuca M.A., Supuran C.T, Roujeinikova A.* Structural Basis for the Inhibition of Helicobacter pylori α -Carbonic Anhydrase by Sulfonamides. *PLOS ONE*. 2015. Vol. 10. Iss.5. P. 1 – 13. DOI:10.1371/journal.pone.0127149 May 26. 2015.
24. National Center for Biotechnology Information. 2021. PubChem Compound Summary. CID 69772, 4'-Nitro-p-toluenesulfonamide. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/4-Nitro-p-toluenesulfonamide>.
25. *Politzer P., Murray J. S.* Molecular electrostatic potentials. Some observations. / In: Concepts and methods in modern theoretical chemistry. / Ghosh S. K., Chattaraj P. K., Eds. N.-Y.: CRC Press. 2013. P. 181 – 199 (450 p.).
26. *Politzer P., Murray J. S.* // *Theor. Chem. Acc.* 2002. Vol. 108. N 3. P. 134 – 142.
27. *Pothen B., Singh V., Kumar S., Tiwari M.* // *Indian J. Chem.* 2010. Vol. 49B. P. 224 - 233.
28. *Srivastava P., Srivastava Sh., Soni A. K., Singh R. K.* Quantitative structure-activity relationship study of benzene sulfonamides as inhibitor of carbonic anhydrase based on quantum chemical descriptor // *J. Comp. Meth. Mol. Des.* 2012. Vol. 2. N 3. P. 99 – 106.
29. *Stams T., Christianson D. W.* The Carbonic Anhydrase – New Horizons. Basel: Birkhauser Verlag. 2000. P. 159 – 174.
30. *Stewart R.F.* // *Chem. Phys. Lett.* 1979. Vol. 65. N 2. P. 335 – 342.
31. *Supuran C. T.* // *Nat. Rev. Drug. Discov.* Nature Publishing Group. 2008. Vol. 7. N 2. P. 168–181.
32. *Supuran C. T.* How many carbonic anhydrase inhibition mechanisms exist ? // *J. Enzyme Inhyb. Med. Chem.* 2016. Vol. 31. N 3. P. 345 – 360. DOI 10.3109/14756366.2015.1122001
33. *Thakur A., Thakur M., Khadikar P.V.* QSAR study on inhibition of E. Coli by sulfonamides. // *ARKIVOC*. 2006. P. 87 – 102.
34. *Thakur A.* QSAR study on benzenesulfonamide dissociation constant pKa: physicochemical approach using surface tension. // *ARKIVOC*. 2005. P. 49 58.
35. Theoretical aspects of chemical reactivity. / Toro-Labbe A., Ed. Oxford: Elsevier. 2007. 322 p.
36. *Todeschini R. Consonni V.* Molecular descriptors for chemoinformatics. Vol. 41. / Mannhold R., Kubinyi H., Timmerman H., Ed. 2nd, Revised and Enlarged Edition. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. 2009. 1257 p.
37. *Velraja G., Soundharam S.* Structure, vibrational, electronic, NBO and NMR analyses of 4-amino-N-[2-pyridinyl] benzene sulfonamide (sulfapyridine) by experimental and theoretical approach. // *J. Mol. Struct.* 2014. Vol. 1074. Iss. 9. P. 475 – 486. DOI:10.1016/J.MOLSTRUC.2014.06.003 Corpus ID: 95669773

38. *Wiberg K.B., Rablen P.R.* // J. Comput. Chem. 1993. Vol. 14. N 2. P. 1504 – 1518.

УДК: 614.841.1

Ж. Ф. Гессе¹, Д. Г. Снегирев¹, Е. П. Гришина^{1,2}, Н. Ш. Лебедева^{1,2}

¹Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

²Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН

ТЕХНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОГНЕЗАЩИТНОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

Аннотация: кратко рассмотрена проблема огнезащитной обработки древесины. Уделено внимание особенностям глубокой пропитки древесины растворами антипиренов. Рассмотрены технические решения по осуществлению пропитки.

Ключевые слова: древесина, пожароопасность, огнезащитная обработка, пропитка антипиренами, способ «вакуум – давление».

Zh. F. Gesse, D. G. Snegirev, E. P. Grishina, N. Sh. Lebedeva

TECHNICAL WAYS TO INCREASE THE EFFICIENCY OF FIRE PROTECTIVE WOOD TREATMENT

Abstract: the problem of fire retardant treatment of wood is briefly considered. The features of deep impregnation of wood by flame retardant solutions are discussed. Technical solutions for the impregnation are given.

Keywords: wood, fire hazard, fire retardant treatment, flame retardant impregnation, vacuum-pressure method.

Древесина – возобновляемый природный ресурс и широко применяемый материал для изготовления строительных конструктивных элементов. Она характеризуется простотой обработки, хорошими физико-механическими свойствами, экологической безопасностью и доступностью. В абсолютно сухом состоянии (высушена при температуре 103 °С) древесина состоит, в основном, из органических веществ (99 % общей массы), таких, как целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин и экстрактивные вещества (смолы, камеди, жиры, танины, пектины и др.) [4], которые легко подвергаются термическому разложению и сгоранию с высокими скоростями тепловыделения и динамикой развития горения. В связи с этим существуют ограничения применения этого материала, обусловленные требованиями пожарной безопасности.

Процесс горения древесины и изделий из древесины хорошо изучен. Показано, что возникновение горения происходит, когда тепловой поток от источника зажигания вызывает достаточное выделение горючих газов, которые способны воспламениться. При этом нелетучие компоненты древесины обугливаются и физически изолируют не разложившиеся слои древесины, придавая ей отличную естественную огнестойкость [2, 3]. Установлено, что скорость тепловыделения является наиболее важным параметром, определяющим пожарную опасность материала [1], а различие в интенсивности распространения пламени при горении зависит от породы древесины, а точнее – от содержания в ее составе энергоемких экстрактивных веществ [24].

Для снижения горючести и пожарной опасности деревянных конструкций и материалов необходимо проводить их огнезащитную обработку. Огнезащита обеспечивает предотвращение загорания, замедляет или прекращает развитие горения в начальной стадии, обеспечивает его локализацию, снижает влияние опасных факторов пожара и способствует его быстрой ликвидации [25].

Существуют и совершенствуются два основных способа огнезащитной обработки древесины [3, 25]:

- 1) пропитка антипиренами (метод применяется для обработки нового материала);
- 2) нанесение поверхностных покрытий (применяется для обработки готовых изделий).

Первый способ имеет преимущества, обусловленные возможностью создания условий проникновения антипирена вглубь обрабатываемого материала и получения длительной огнестойкости.

В качестве количественной характеристики огнезащищенности можно рассматривать глубину введения антипирена в материал [7]. При поверхностной пропитке древесины растворами антипиренов глубина их проникновения обычно составляет до 1 мм в направлении поперек волокон и до 5 мм вдоль волокон [25]. Более эффективна глубокая пропитка антипиренами, так как в этом случае, в отличие от поверхностной обработки, древесина способна оказывать повышенное сопротивление действию огня как на начальной стадии горения, так и при развившемся пожаре [7].

Достижение глубокой пропитки сопряжено с необходимостью применять дополнительные физические воздействия на обрабатываемый материал, чтобы повысить эффективность заполнения сокопроводящих каналов и полостей в древесине раствором антипирена. К таким физическим воздействиям относятся воздействие контрастных температур пропиточных ванн (в способе «прогрев – холодная ванна») и вакуумирование сухой древесины с последующей выдержкой в растворе антипирена под давлением и при повышенной температуре (в способе «вакуум – давление», т.н. автоклавно-диффузионные способы обработки) [23, 25]. В последнем способе сначала вакуум удаляет воздух из полостей каналов, чтобы освободить место для огнезащитного раствора, который затем вдавливают глубоко в древесину под высоким

давлением [2]. В работе [7] показано, что при пропитке по методу «вакуум – давление» применением водных растворов солей-антипиренов в концентрациях, необходимых для поглощения на уровне 40 кг/м^3 , может быть получена глубина их проникновения не менее 15 мм.

Усовершенствованию и повышению эффективности процесса пропитки древесины антипиренами с применением способа «вакуум – давление» уделяется большое внимание, разрабатываются новые способы и устройства, обеспечивающие повышение огнестойкости строительных конструктивных элементов из этого материала. Значительное количество запатентованных технических решений базируются на общем подходе и включают в различных вариантах и чередовании следующие операции: (1) загрузку материала в камеру, (2) герметизацию камеры, (3) создание в ней разрежения, (4) подачу и нагрев пропиточного раствора, (5) создание в камере атмосферного или избыточного давления до заданной величины, (6) удаление пропиточного раствора и (7) сушку древесины [5, 6, 8-13, 22 и др.]. Эффективна сквозная пропитка древесины с торца под давлением [14, 15]. Также предлагаются технические решения задачи глубокой пропитки древесины растворами антипиренов, основанные на применении воздействия циклического давления [16], электромагнитных колебаний [17, 18], акустической энергии [19, 20], электрического тока [21].

Таким образом, глубокая пропитка древесины (как объемно-пористого материала) различными функциональными растворами, в том числе и растворами антипиренов, в большой степени является технической задачей, решаемой путем оптимального сочетания эффективной технологии и аппаратурного оформления для ее реализации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Babrauskas V., Grayson S. J., Tran H. C. Heat release in fires: experimental data on wood materials. // J. of Fire Protection Engineering. 1992, 12. pp. 163-189.
2. Lowden, L.A., Hull T.R. Flammability behaviour of wood and a review of the methods for its reduction. Fire Sci Rev. 2013. 2:4. Режимдоступа: <https://doi.org/10.1186/2193-0414-2-4>.
3. Sweet M. S. Fire performance of wood: test methods and fire retardant treatments/ In: Lewin, Menachem, ed. Recent advances in flame retardancy of polymeric materials. Proceedings of the 4th annual BCC conference on flame retardancy; 1993 May 18-20; Stamford, CT. Norwalk, CT: BusinessCommunications Co. Inc., p. 36-43.
4. Боровиков А. М., Уголев Б. Н. Справочник по древесине / под ред. Б. Н. Уголева. – М.: Лесная промышленность, 1989. – 296 с.
5. Заявка на изобретение Рос. Федерация N 2006126748/04; заявл. 21.07.06; опубл. 27.01.08. 2 с.
6. Заявка на изобретение Рос. Федерация N 2014110351/13; заявл. 19.03.14; опубл. 27.09.15, Бюл. N 27. 7 с.

7. Нигматуллина Д. М., Стенина Е. И., Полищук Е. Ю., Сивенков А. Б. Антипирирование деревянных конструкций способом глубокой пропитки // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». 2016. № 5 (69). Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb>.
8. Описание изобретения к патенту Рос. Федерация N 2006126748/04; заявл. 27.07.06; опубл. 27.01.08, Бюл. N 33. 12 с.
9. Описание изобретения к патенту Рос. Федерация N 2007101928/06; заявл. 18.01.07; опубл. 20.10.08, Бюл. N 29. 3 с.
10. Описание изобретения к патенту Рос. Федерация N 2007112406/06; заявл. 03.04.07; опубл. 10.10.08, Бюл. N 10. 8 с.
11. Описание изобретения к патенту Рос. Федерация N 2011125585/13; заявл. 21.06.11; опубл. 20.12.12, Бюл. N 35. 8 с.
12. Описание изобретения к патенту Рос. Федерация N 2012152023/13; заявл. 04.12.12; опубл. 27.07.14, Бюл. N 21. 8 с.
13. Описание изобретения к патенту Рос. Федерация N 91 5024856; заявл. 18.12.91; 9 с.
14. Описание изобретения к патенту Рос. Федерация N 2012133835/13; заявл. 07.08.12; опубл. 20.02.14, Бюл. N 10. 7 с.
15. Описание изобретения к патенту Рос. Федерация N 2002106903/04; заявл. 18.03.02; опубл. 27.07.03, Бюл. N 21. 8 с.
16. Описание изобретения к патенту Рос. Федерация N 2012120317/13; заявл. 17.05.12; опубл. 20.08.12, Бюл. N 23. 5 с.
17. Описание изобретения к патенту Рос. Федерация N 2015114298/13; заявл. 16.04.15; опубл. 20.08.16, Бюл. N 23. 6 с.
18. Описание изобретения к патенту Рос. Федерация N 2006116551/04; заявл. 16.05.06; опубл. 27.03.08, Бюл. N 9. 9 с.
19. Описание изобретения к патенту Рос. Федерация N 2002127289/04; заявл. 08.10.02; опубл. 10.12.03, Бюл. N 34. 9 с.
20. Описание изобретения к патенту Рос. Федерация N 2001104795/12; заявл. 19.02.01; опубл. 27.08.02, Бюл. N 24. 6 с.
21. Описание изобретения к патенту Рос. Федерация N : 2005130669/22; заявл. 03.10.05; опубл. 27.07.06, Бюл. N 21. 5 с.
22. Пат. 2523837 Рос. Федерация N 2012152023/13; заявл. 04.12.12; опубл. 10.06.14, Бюл. N 16. 2 с.
23. Романенков И. Г., Левитес Ф. А. Огнезащита строительных конструкций. – М., Стройиздат, 1991. – 320 с.
24. Серков Б. Б., Асеева Р. М., Сивенков А. Б. Физико-химические основы горения и пожарная опасность древесины (часть 2). // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». 2012. №1 (41). Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb>.
25. Способы и средства огнезащиты древесины: руководство. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ВНИИПО, 1999. – 50 с.

УДК: 614.84

А. С. Горбунов

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ЦВЕТОИЗМЕРЕНИЕ ПРИ РАССЛЕДОВАНИИ И ЭКСПЕРТИЗЕ ПОЖАРОВ

Аннотация: В статье предложены способы описания цвета при составлении протокола осмотра места пожара, а также при производстве пожарно-технических экспертиз. Также в статье предложен метод оценки термических повреждений материалов непосредственно на месте пожара путем цветоизмерения в системе RGB.

Ключевые слова: цветоизмерение, RGB, расследование и экспертиза пожаров.

A. S. Gorbunov

COLOR MEASUREMENT IN THE INVESTIGATION AND EXPERTISE OF FIRE

Abstract: The article proposes a method for describing color when drawing up a protocol for examining a fire site, as well as in the production of fire and technical expertise. The article also proposes a method for assessing thermal damage to materials directly at the fire site by color measurement in the RGB system.

Keywords: color measurement, RGB, fire investigation and expertise.

Цвет является характеристикой объекта основанного на субъективном зрительном ощущении при попадании в глаз света определенного электромагнитного излучения оптического диапазона (видимого спектра) отраженного от объекта. Цвет необходим для описания качественных характеристик объекта, а также важен при проведении исследований. В пожарно-технической экспертизе важным является цвет строительных конструкций и материалов после термических повреждений, цвет играет роль при исследовании объектов для их описания и идентификации. Таким образом цвет является важной характеристикой объекта. Эксперты и специалисты используют для определения цвета только визуальную информацию, полученную от зрения, что является субъективным показателем и может отличаться в зависимости от биологических особенностей, а также освещения и других факторов, в том числе зрительных иллюзий. Применение визуального метода при определении цвета может привести к неправильному определению или идентификации в заключении эксперта, в протоколе изъятия или осмотра. При выявлении подобного факта в суде, может возникнуть вопрос о достоверности и подлинности объекта, и его недопустимо-

сти в качестве вещественного доказательства. Таким образом, необходим способ и метод измерения цветовых характеристик объекта с помощью технических средств.

В практике экспертно-криминалистических подразделениях имеется два метода описания цвета: в виде количественного (измерительного) и с применением цветных эталонов.

Измерительный метод (колориметрический) основан на применении приборов для измерения цветовых характеристик, так называемых колориметров.

Способ цветных эталонов заключается в применении наборов (атласов цветов). Для идентификации цвета производится визуальное сравнение объекта с эталоном.

Существуют различные системы описания цвета. Описание цвета в технике отличается от описания в полиграфии. Основным отличием является то, что в технике при отсутствии света фиксируется черный цвет. А при смешивании трех основных цветов красного, синего и зеленого цвета образуется белый. В полиграфии при отсутствии света белый (цвет бумаги), а при смешивании других основных цветов (циан, магента и желтый) образуется черный. В 1931 году Международная комиссия по освещению разработала стандарт CIE 1931 XYZ. Это цветовое пространство вмещало в себя все воспринимаемые человеком цвета. В 1948 году Ричардом Хантером была предложена модель Hunter L, a, b. В 1976 году была разработана модель CIE L*a*b*. Данная система является сейчас международным стандартом цветоизмерения. Наиболее подходящей системой для определения цвета при расследовании и экспертизе пожаров является математическая модель RGB в виде цветового куба с максимальными значениями сторон равными 255, так как данная модель применяется в компьютерной технике.

Степень термического повреждений любого материала определяется температурой и длительностью нагрева. Однако влияние температуры наиболее существенно, так как ряд химических и физических процессов в материале начинает происходить только после достижения определённой температуры.

Фиксация в протоколе осмотра и исследование материалов после пожара необходимо для установления очага и причины пожара.

Далее было проанализировано поведение веществ и материалов при термическом воздействии.

Так к примеру, для бетона по изменению цвета и степени закопчения можно судить о термическом воздействии. Поведение бетона при нагреве определяется изменением его составляющих и реакцией дегидратации.

В результате воздействия температуры цвет бетона изменяется. При температуре от 300 °С бетон начинает розоветь, при 900–1000 °С становится бледно-серым [1].

При температурах более 600 °С копоть полностью выгорает. Продукты горения в виде копоти имеют разную толщину слоя, тем самым формируют оттенки черного.

Изменение цвета стали холодного проката начинает происходить при температурах от 200 °С серый цвет меняется на соломенный, бордовый, синий, а при температурах выше 500 °С сталь изменяет свой цвет от тёмно-коричневого до темно-серого.

При термической деструкции древесина тоже меняет цвет. От 120-150 °С поверхность древесины желтеет, 150-200 °С становится коричневой, дальнейший нагрев приводит к обугливанию (черный цвет) [1].

Как правило, лакокрасочное покрытие также меняет цвет при воздействии различной температуры. В зависимости от состава и типа краски при определенных температурах, цвет изменяется по следующей схеме: желтеет, коричневеет, чернеет, светлеет, достигает цвета пигмента.

Для количественной оценки цвета можно использовать различные колориметры. Для измерения цвета предложен прибор контроля степени термических повреждений путем цветоизмерения, основанный на датчике цвета TCS3472 [2]. Принципиальная схема прибора представлена на рис. 1.

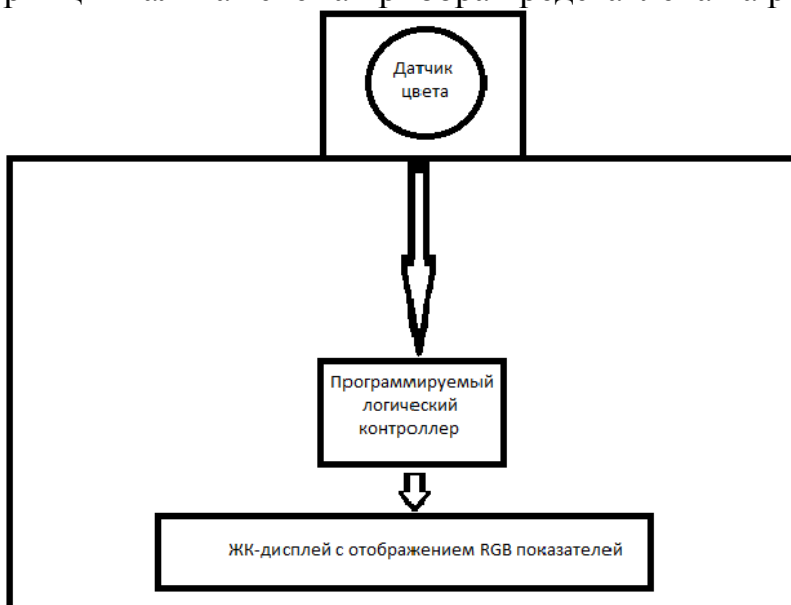


Рис. 1. Принципиальная схема прибора [2]

Датчик цвета представляет собой программируемый преобразователь света в цифровой сигнал (к примеру TCS3472), который состоит из фотодиодов и преобразователей тока в цифровой сигнал на одной монолитной CMOS – интегральной схеме. Выходной сигнал представляет собой прямоугольную волну с частотой, прямо пропорциональной интенсивности света (освещенности). Цифровые входы и цифровой выход обеспечивают прямой интерфейс с микроконтроллером или другой логической схемой.

Свето-цифровой преобразователь TCS3472 содержит матрицу из 12 фотодиодов, четыре аналого-цифровых преобразователя (АЦП), регистры данных, конечный автомат и I2C интерфейс. Матрица 3x4 фотодиодов состоит из фото-

диодов с красной, зеленой, синей фильтрацией и прозрачных (без фильтров) фотодиодов. Кроме того, фотодиоды покрыты фильтром, блокирующим ИК-излучение. Вся внутренняя синхронизация, а также состояние ожидания с низким энергопотреблением контролируются конечным автоматом.

Передача данных TCS3472 осуществляется по быстрому, до 400 кГц, двухпроводной последовательной шине I²C. Промышленный стандарт I²C упрощает прямое подключение к микроконтроллерам и встроенным процессорам.

Наличие логического программируемого контроллера позволяет минимизировать погрешность измерения путем программного усреднения результатов в каждом канале по выборке, состоящей из нескольких десятков циклов измерений.

Примеры использования данных о цвете при расследовании и экспертизе пожара представлены на рис.2.



Рис. 2. Использование данных о цвете при расследовании и экспертизе пожара

Таким образом, суть разработанного метода заключается в следующем, большинство материалов встречающихся на пожаре меняют свой цвет в зависимости от температуры и длительности нагрева, что дает возможность оценивать их термические повреждения. Необходимо отметить, что человеческий

глаз воспринимает цвет субъективно, для разных людей один цвет может отличаться, причем не учитывая различного рода световые иллюзии. Но электронные устройства оперируют точными значениями. Исходя из вышесказанного, предложенный метод для оценки термических повреждений веществ и материалов непосредственно на месте пожара позволит оценить температуру нагрева.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чешко И.Д. Технические основы расследования пожаров: Методическое пособие / СПб., 2001, 254 с.

2. Горбунов А. С., Слепов А. Н., Пожаркова И. Н. Возможность применения оптического прибора для определения цвета в экспертизе пожаров //Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций. – 2021. – С. 616-619.

УДК 614.842.4

Е. Е. Гречишникова, О. С. Власова

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАГИРОВАНИЯ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ НА ОПТИЧЕСКУЮ ПЛОТНОСТЬ СРЕДЫ

Аннотация: в статье рассмотрены 2 вида систем обнаружения дыма. Проведено исследование на примере двух датчиков для выявления реагирования на различную плотность. А также приведены результаты исследования чувствительности пожарных извещателей на оптическую плотность среды и их время активизации.

Ключевые слова: пожарный извещатель, частицы дыма, инфракрасный луч, время активизации, чувствительность, оптическая плотность среды.

E. E. Grechishnikova, O. S. Vlasova

STUDY OF THE RESPONSE OF FIRE DETECTORS TO THE OPTICAL DENSITY OF THE MEDIUM

Abstract: the article discusses 2 types of smoke detection systems. A study was carried out on the example of two sensors to identify responses to different densities. It also presents the results of a study of the sensitivity of fire detectors to the optical density of the medium and their activation time.

Keywords: fire detector, smoke particles, infrared beam, activation time, sensitivity, optical density of the medium.

Предотвращение пожара и раннее обнаружение возгорания очень важны для безопасности. Потому особое внимание стоит уделить системам обнаружения дыма. В последнее время участились пожары в торгово-развлекательных комплексах и на оптовых торговых базах, в связи с этим следует усовершенствовать пожарные извещатели, позволяющие точно и эффективно определять возгорание в первые секунды его возникновения.

Проведем исследование на примере двух датчиков – дымовой извещатель пожарный оптико-электронный (далее ДИПОЭ) и извещатель пожарный дымовой линейный (далее ИПДЛ).

Принцип действия ДИПОЭ основан на мониторинге оптической плотности окружающей среды, сравнением её с предельным значением амплитуды излучения инфракрасных импульсов, отраженных от частиц дыма, которые сформированы схемой извещателя. Оптическая плотность среды контролируется приблизительно 1 с импульсами длительностью от 40 до 60 мкс. Максимально-возможная ширина защищаемого одним ДИПОЭ пространства - 9 метров. Время подтверждения пожарного сигнала (после сброса питания) 7 с. Контроль превышения порога срабатывания осуществляется в интервале не менее 20 мкс по окончании тестового импульса, что позволяет исключить автоматическое включение ДИПОЭ при воздействии высокочастотных электромагнитных полей.

В ИПДЛ прямолинейность распространения узкого направленного луча приводит к необходимости точного направления приемника и передатчика инфракрасных волн. В извещателях данного типа используется свойство дифракции непосредственно для обнаружения дыма. Дым, являясь оптически непрозрачным телом, пересекает зону обнаружения, блокирует узконаправленный луч, что приводит к изменению параметров принимаемого инфракрасного-излучения и срабатыванию средств обнаружения. В оптических средствах обнаружения используются фотоэлектрические приемники, которые преобразуют инфракрасную энергию в электрическую. Таким образом, любая перемена уровня инфракрасного излучения, достигающего фотоэлектрический приемник, приводит к изменению амплитуды электрического сигнала. Дым, проходя через инфракрасный луч, изменяет величину фиксируемого фотодиодом сигнала, вследствие чего микроконтроллер принимает решение о том, что в помещении произошло возгорание. Ширина защищаемого ИПДЛ пространства от 50м до 200 м. Время подтверждения пожарного сигнала (после сброса питания) не более 5 с.

Но во многих крупных промышленных, общественных зданиях/сооружениях, ДИПОЭ неприменимы, т.к. это исключает их возможности. В таких случаях ИПДЛ имеют преимущества перед ДИПОЭ касательно скорости обнаружения возгорания до того, как помещение заполнится дымом и токсичными газами. Дым различных очагов имеет в своем строении частицы различного размера и при проектировании пожарных извещателей следует обеспечить эффективное выявление наиболее широкого диапазона дымов. Дымовые извещатели имеют неодинаковую чувствительность к разным типам дыма в зависи-

мости от используемого физического принципа обнаружения, схем и конструктивных особенностей.

Существует четыре типа тестовых пожаров(ТП): ТП-2-тление древесины, ТП-3-тление хлопка, ТП-4- горение полиуретана, ТП-5- горение гептана.

Проведенные исследования [1] показали, что у ИПДЛ чувствительность не зависит от типа дыма. (табл.1) Он одинаково хорошо реагирует как на "светлые" частицы дыма, выделяемые при ТП-3, так и на "черные" частицы дыма, выделяемые при остальных типах тестовых пожаров, кроме ТП-2. В отличие от ДИПОЭ, определяющий уровень рассеяния инфракрасного излучения на частицах дыма в оптической камере, величина которого напрямую зависима от типа дыма.

Так же, по результатам экспериментальных исследований [2] выяснилось, что ДИПОЭ реагирует на тление древесины быстрее ИПДЛ, но уступает ему во всех остальных тестовых пожарах (табл.2). Оптическая плотность среды для ДИПОЭ требуется выше, в отличие от ИПДЛ.

Таблица 1. Результаты испытаний ИПДЛ

Вид ТП	Время активизации (сек)	Параметры тестового очага при активизации	
		Y	m (дБ/м)
ТП-2	576	0,92	0,64
ТП-3	302	2,69	0,42
ТП-4	64	1,92	0,56
ТП-5	93	2,67	0,52

где: Y –радиоизотопный измеритель концентрации продуктов горения; m –оптическая плотность среды.

Таблица 2. Результаты испытаний ДИПОЭ

Вид ТП	Время активизации (сек)	Параметры тестового очага при активизации	
		Y	m(дБ/м)
ТП-2	370	0,52	0,46
ТП-3	329	1,04	0,58
ТП-4	131	3,35	0,91
ТП-5	141	3,69	0,80

На рис. видно, что ИПДЛ активизируется при более низких уровнях удельной оптической плотности среды относительно ДИПОЭ. Если зона защиты увеличивается с фиксированным уровнем чувствительности в абсолютных единицах затухания, ИПДЛ активизируется соответственно при более низких значениях удельной оптической плотности. При увеличении высоты помещения преимущества возрастают, т.к. рассеивание дыма на большой высоте влияет на ИПДЛ меньше, чем на ДИПОЭ.

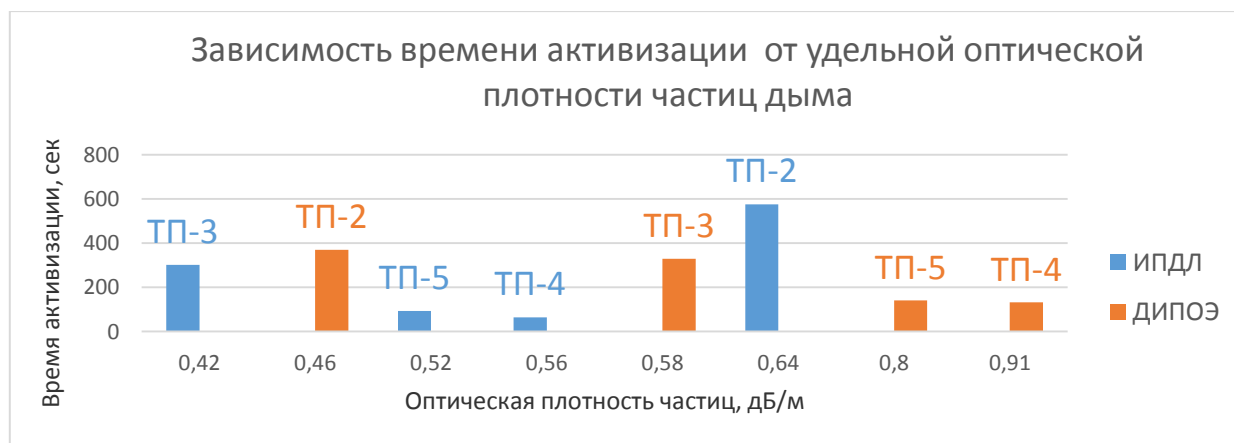


Рис. График, характеризующий зависимость времени активизации от удельной оптической плотности частиц дыма

На основании проведенного исследования, стоит сделать вывод о том, что оба извещателя по своему хороши, но имеют весомые различия как на физическом, так и на техническом уровне. Но вследствие того, что по результатам экспериментальных исследований, ИПДЛ уступают ДИПОЭ лишь во времени активизации на плотность частиц тления древесины, для оптовых торговых баз с хранением древесины и подобных изделий, следует использовать ДИПОЭ в целях быстрого обнаружения пожара. Соответственно, в торговых-развлекательных центрах и подобных современных зданиях, где при строительстве и хранении не применяют древесину, следует использовать для быстрого обнаружения возгорания ИПДЛ, так как данный извещатель среагирует на плотность окружающей среды быстрее.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Неплохов И. Г.* Чувствительность дымового извещателя и ее контроль. Алгоритм безопасности. – 2007. - №5, с.40-44.
2. *Неплохов И. Г.* Эксплуатационные характеристики линейных дымовых пожарных извещателей. Системы безопасности. – 2012. - №2, с.89
3. *Собурь С.В.* Пожарная безопасность предприятия. Курс пожарно-технического минимума: Учебно-справочное пособие. – 2003. - №7, с.337

УДК 628.3+544.55

*А. А. Извекова, К. В. Смирнова, А. Н. Иванов,
Д. А. Шутов, В. В. Рыбкин*

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

ПОЛУЧЕНИЕ ОКСИДА НИКЕЛЯ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ НИТРАТА НИКЕЛЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

Аннотация: статья посвящена получению ультрадисперсных никельсодержащих порошков из водных растворов нитрата никеля под действием тлеющего разряда атмосферного давления. Экспериментально установлено, что воздействие разряда постоянного тока на водный раствор нитрата никеля ($\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) приводит к образованию порошков в объеме жидкого анода. Показано, что полученные порошки имеют сложный состав.

Результаты исследований, синтезированных образцов, показали, что при высокотемпературной обработке образуют ультрадисперсные частицы соединения никеля (NiO). Показана возможность использования низкотемпературной плазмы для доочистки сточных вод и новый метод синтеза порошков оксида никеля.

Ключевые слова: никель, разряд, плазма, плазменно-растворный синтез, образование осадка.

*A. A. Izvekova, K. V. Smirnova, A. N. Ivanov,
D. A. Shutov, V. V. Rybkin*

PRODUCTION OF NICKEL OXIDE FROM AQUEOUS SOLUTIONS OF NICKEL NITRATE UNDER THE ACTION OF GLOW DISCHARGE

Abstract: the article is devoted to obtaining ultrafine nickel-containing powders from aqueous solutions of nickel nitrate under the action of a glow discharge at atmospheric pressure. It has been experimentally established that the impact of a direct current discharge on an aqueous solution of nickel nitrate ($\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) leads to the formation of powders in the bulk of the liquid anode. It is shown that the resulting powders have a complex composition.

The results of studies of the synthesized samples showed that ultrafine particles of the nickel compound (NiO) are formed during high-temperature treatment. The possibility of using low-temperature plasma for post-treatment of wastewater and a new method for the synthesis of nickel oxide powders are shown.

Keywords: nikel, discharge, plasma, heavy metals, precipitate formation.

Возможность быстрого и простого синтеза наночастиц является важной задачей современной науки, т. к. наночастицы в последние годы перестают

быть объектом изучения исключительно фундаментальной науки и все чаще находят практическое применение. Перспективы использования наночастиц достаточно широки и включают в себя такие области науки, как медицина, биохимия, аналитическая химия, приборостроение и т. д. Кроме того, пересечение этих областей науки с таким направлением, как нанотехнологии, помогает в развитии новых методов исследований наноматериалов [2, 12].

Особый интерес представляют наноразмерные оксиды металлов. Так, в последние годы появляется все больше научных работ, посвященных изучению нанодисперсных оксидов, их влияния на здоровье человека и подходов к их использованию в различных областях науки [4, 3]. Применение нанодисперсных оксидов достаточно многообразно и не ограничивается целенаправленной доставкой лекарств, что на сегодняшний день является основной областью их применения. Также считается перспективным использование нанодисперсных оксидов для герметизации в эндодонтии, в конструировании биочипов или в качестве антимикробных добавок [5, 7, 13]. Несмотря на перспективность использования наночастиц, на сегодняшний день большая часть уже существующих методов синтеза нанодисперсных оксидов требует использования сложного оборудования и больших трудозатрат. Недавно был предложен метод синтеза оксидов металлов, основанный на плазменной обработке водных растворов нитратов металлов. Ранее этот метод был успешно применен для синтеза порошков оксидов кадмия, железа, цинка и меди [8, 9, 10, 11].

Оксид никеля используют для получения фотодетекторов, суперконденсаторов и различных датчиков [6, 15, 16]. Таким образом, целью данной работы являлось получение ультрадисперсных частиц из растворов нитрата никеля под действием тлеющего разряда атмосферного давления. Преимуществом данного метода является отсутствие контакта поверхности электродов с исходным раствором, а также проведение процесса без использования каких-либо других химических реагентов, не требует дорогостоящего оборудования, больших трудозатрат и использования сложных прекурсоров.

Эксперимент проводился на установке, представленной на рис. 1 [1, 11]. Реактор представлял собой H-образную стеклянную ячейку, плечи которой разделены целлофановой мембранной так, что раствор в одном из плечей ячейки являлся анодом (ячейка 1), второй – катодом (ячейка 2). На титановые электроды, расположенные над поверхностью раствора на расстоянии 5 мм, прикладывалось напряжение, достаточное для электрического пробоя воздушных промежутков и поддержания стабильного тлеющего разряда. Специфика экспериментальной установки позволяла разделить анодную и катодную зоны раствора.

Объектом исследования являлся водный раствор $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ с концентрацией кристаллогидрата 50 ммоль/л. Ток разряда составлял 50 мА. Под действием разряда, через несколько секунд, в приповерхностном слое ячейки 1 (анод) образовывался коллоидный раствор, который через несколько минут выпал в осадок на дно ячейки. Полученная твердая фаза собиралась пипеткой, центрифугировалась и промывалась дистиллированной водой. Промытый золь

сушился на воздухе при температуре 60 °С в течение 24 часов. Коллоидный раствор и высушенный порошок подвергались различным анализам. После чего, промытый и высушенный порошок подвергался высокотемпературной обработке 600 °С в течении 1 часа.

Изображения поверхности порошков и их элементный состав получали с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) Tescan Vega 3SBH с приставкой рентгеновской энергодисперсионной спектроскопии (РЭС) Aztec EDS. Рентгеноструктурный анализ (РФА) проводился с помощью рентгеновского дифрактометра ДРОН 3М (CuK_α-излучение). Термогравиметрический анализ (ТГА) и сканирующая дифференциальная калориметрия (СДК) выполнялись на приборе STA 449 F1 Jupiter в диапазоне температур (30-900) °С при скорости нагрева 5 °С/мин. Эффективный радиус полученных частиц определяли методом динамического рассеивания света на приборе Photocor Compact-Z (Россия).

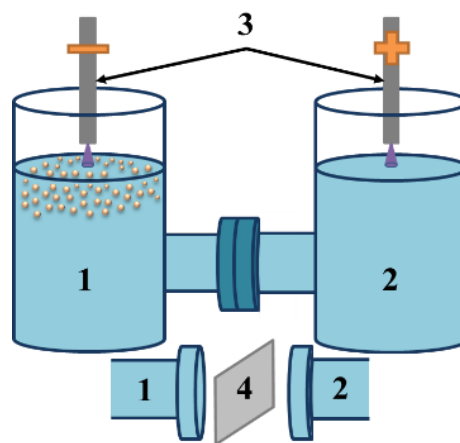


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – жидкий анод, 2 – жидкий катод, 3 – титановые электроды, 4 – полимерная мембрана

Результат рентгенофазового анализа показал наличие большого количества рефлексов, свидетельствующих о кристалличности синтезированных веществ (рис. 2). Уширение дифракционных пиков рентгенограммы может быть связано с уменьшением размеров зерен или микроструктурными искажениями. Детальный анализ спектров свидетельствует о том, что порошок является гидроксидом никеля β-типа (Ni(OH)₂) (JCPDS № 14-0117 (International Centre for Diffraction Data) [14]. Кристаллическая структура β-Ni(OH)₂ является гексагональной и может легко образовывать нано-хлопья или наноллисты. Рентгенофазовый анализ порошков после высокотемпературной обработки свидетельствует о том, что порошки являются оксидом никеля β-NiO.

На микрофотографиях отчетливо видно хорошо развитую поверхность порошка (рис 3). Определить точный размер отдельных частиц не представляется возможным, поэтому были проведены дополнительный анализ с помощью ДРС. Исследование частиц в растворе методом динамического рассеяния света, показало, что синтезированные плазменно-растворным методом частицы имеют два характерных размера 73,5 нм и 1,2 мкм.

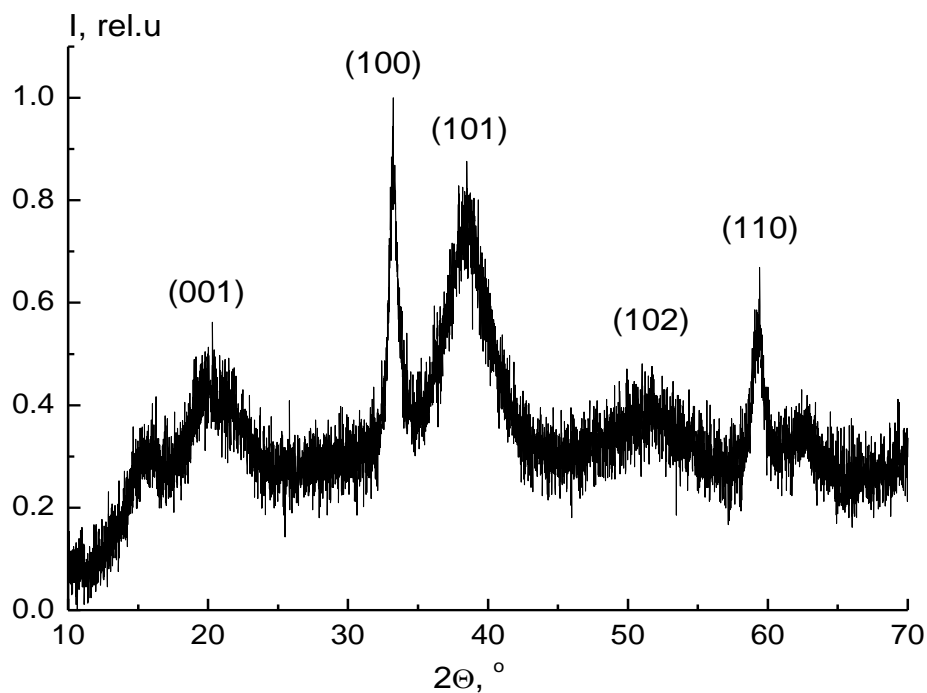


Рис. 2. Рентгенограммы синтезированного Ni-содержащего порошка

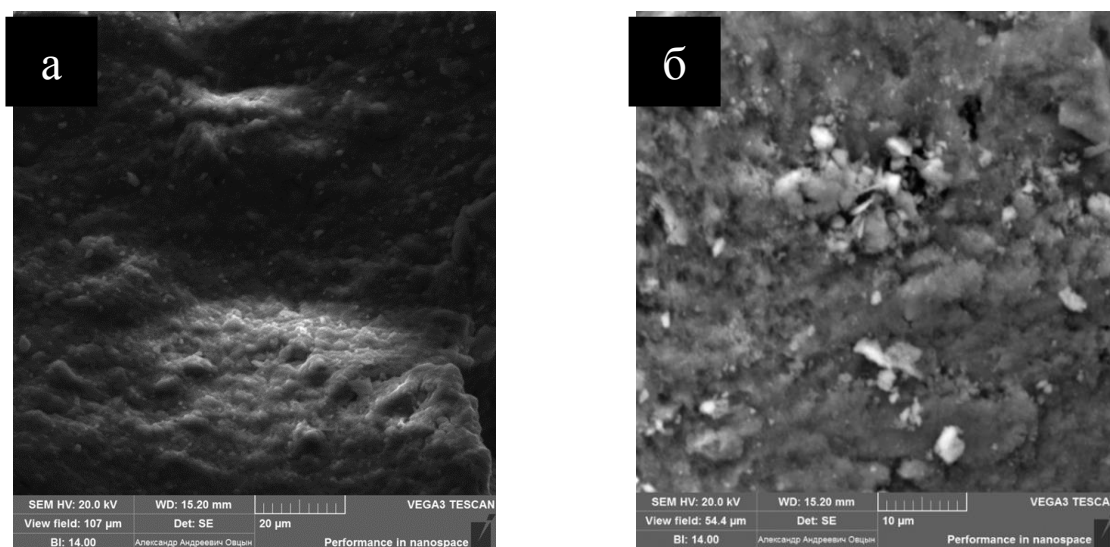


Рис. 3. СЭМ-изображения поверхности осадка до (а) и после (б) термической обработки

Элементарный состав поверхности полученных порошков до термической обработки показал наличие азота в образце (рис. 4). При этом элементное соотношение в образце $Ni:O:N = 1:2.41:0.21$, что соответствует элементному составу $0,8 Ni(OH)_2$ и $0,2 Ni(OH)NO_3$.

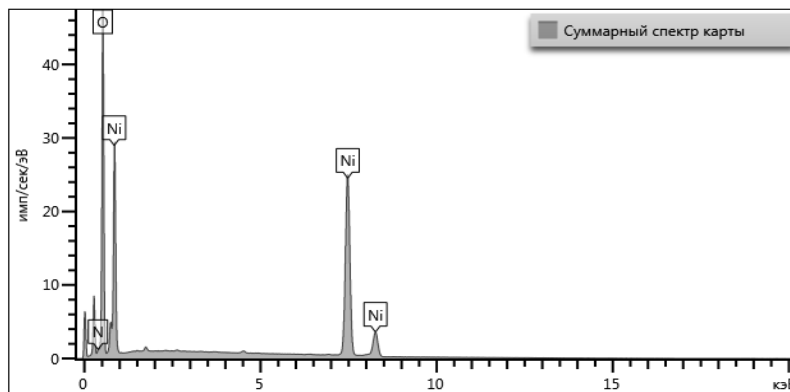


Рис. 4. Результаты ЭДС для синтезированных Ni-содержащих порошков до термической обработки

Результаты термогравиметрического анализа полученного Ni-содержащего образца показаны на рис. 5. Потеря веса, происходит в 2 этапа, первая стадия, наблюдается при температуре около 231 °С с небольшой потерей веса (5,91 %), что скорее всего связано с высвобождением адсорбированной воды с поверхности образца или разложением гидроксонитрата никеля. Основная потеря веса приходится в интервале температур от 300 до 900 °С и составляет 21,48 %, что вероятно происходит при переходе гидроксида никеля в оксид. При температуре более 400 °С Ni-содержащий образец относительно стабилен.

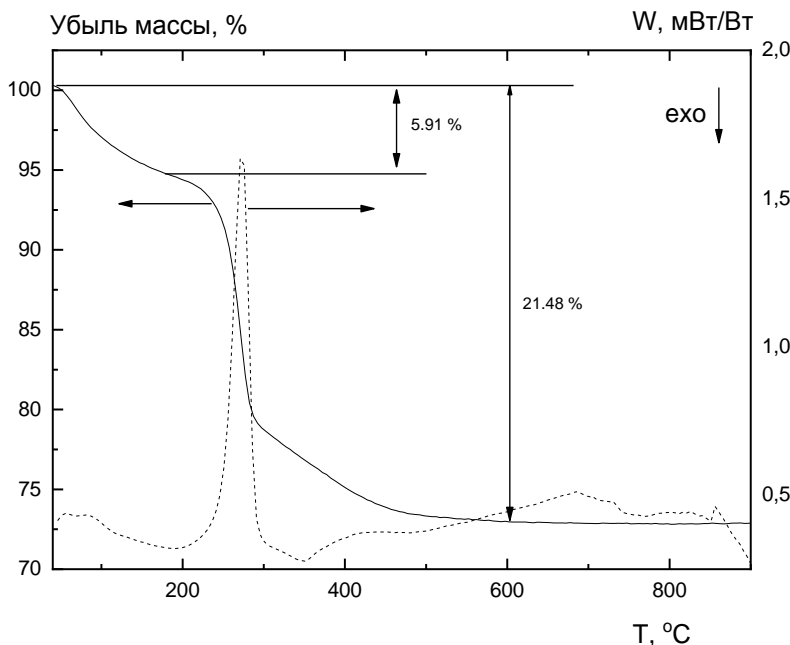
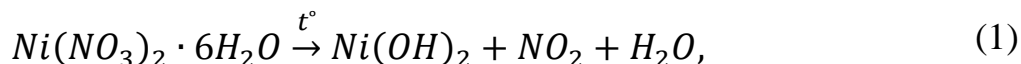


Рис. 5. Термогравиметрические (ТГА) и дифференциальные термогравиметрические (ДТГ) кривые синтезированных никельсодержащих порошков

Возможная схема реакции во время термической обработки исследуемого образца:



Таким образом, воздействие разряда постоянного тока на водный раствор нитрата никеля приводит к образованию порошков в объеме жидкого анода. Результаты исследований, синтезированных образцов, показали, что они имеют сложный состав, и при высокотемпературной обработке образуют оксид никеля (NiO).

Работа выполнялась в рамках государственного задания на выполнение НИР: тема № FZZW-2020-0009. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-22-00372. Исследование проведено с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ (при поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-15-2021-671).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Извекова А. А. Получение никельсодержащих порошков из водных растворов в плазменных системах / Извекова А.А., Рыбкин В.В., Гуцин А.А. // Актуальные проблемы теории и практики гетерогенных катализаторов и адсорбентов: сб. материалов V Всероссийской научной конф. (с международным участием). (Иваново, 30 июня – 2 июля 2021 г.) / ФГБОУ ВО Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2021. – С. 334–337.
2. Третьяков Ю. Д. Основные направления фундаментальных и ориентированных исследований в области наноматериалов / Ю. Д. Третьяков, Е. А. Гудилин // Успехи химии. – 2009. – Т. 78. – С. 867–888.
3. Ahamed M. Nickel oxide nanoparticles exert cytotoxicity via oxidative stress and induce apoptotic response in human liver cells (HepG2) / M. Ahamed, D. Ali, H. A. Alhadlaq, M. J. Akhtar // Chemosphere. – 2013. – Vol. 93, № 10. – P. 2514–2522. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.09.047>.
4. Baek Y. W. Microbial toxicity of metal oxide nanoparticles (CuO, NiO, ZnO, and Sb2O3) to Escherichia coli, Bacillus subtilis, and Streptococcus aureus / Y. W. Baek, Y. J. An // Science of Total Environment. – 2011. – Vol. 409, № 8. – P. 1603–1608. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.01.014>.
5. Javidi M. Zinc oxide nano-particles as sealer in endodontics and its sealing ability / M. Javidi, M. Zarei, N. Naghavi, M. Mortazavi [et al.] // Contemporary clinical dentistry. – 2014. – Т. 5, № 1. – P. 20–24. <https://doi.org/10.4103/0976-237X.128656>.
6. Ko Y. H. Wire-shaped ultraviolet photodetectors based on a nanostructured NiO/ZnO co-axial p-n heterojunction via thermal oxidation and hydrothermal growth processes / Y. H. Ko, G. Nagaraju, J. S. Yu // Nanoscale. – 2015. – Vol. 7, № 6. – P. 2735–2742.

7. *Semisch A.* Cytotoxicity and genotoxicity of nano-and microparticulate copper oxide: role of solubility and intracellular bioavailability / *A. Semisch, J. Ohle, B. Witt, A. Hartwig* // Particle and fibre toxicology. – 2014. – Vol. 11. – № 1. – С. 1-16. <https://doi.org/10.1186/1743-8977-11-10>.

8. *Shutov D. A.* Synthesis of CdO ultradisperse powders using atmospheric pressure glow discharge in contact with solution and the investigation of intermediate products / *D. A. Shutov, K. V. Smirnova, M. V. Gromov, A. N. Ivanov, V. V. Rybkin* // Plasma Chemistry and Plasma Processing. – 2018. – Т. 38, № 1. – С. 107-121.

9. *Shutov D.* Synthesis of zinc oxide powders in plasma–solution systems / *D. Shutov, V. Rybkin, A. Ivanov, K. Smirnova* // High Energy Chemistry. – 2017. – Т. 51, № 1. – С. 65-69.

10. *Shutov D. A.* Factors Governing the Formation of Oxygen-Containing Copper Powders in a Plasma-Solution System / *D. A. Shutov, K. V. Smirnova, A. N. Ivanov, V. V. Rybkin* // Plasma Chemistry and Plasma Processing. – 2021. – pp. 1-12.

11. *Smirnova, K. V.* Plasma-solution synthesis of iron (III) oxide / *K. V. Smirnova, D. A. Shutov, A. N. Ivanov, A. S. Manukyan [et al.]* // Известия высших учебных заведений. Серия «Химия и химическая технология». – 2021. – Т. 64, № 7. – С. 83-88.

12. *Stark W. J.* Industrial applications of nanoparticles / *W. J. Stark, P. R. Stoessel, W. Wohlleben, A. Hafner* // Chemical Society Reviews. – 2015. – Т. 44. – №. 16. – С. 5793-5805.

13. *Sun X.* Nano-graphene oxide for cellular imaging and drug delivery / *X. Sun, Z. Liu, K. Welsher, J. T. Robinson [et al.]* // Nano Research. – 2008. – Vol. 1, № 3. P. 203–212. <https://doi.org/10.1007/s12274-008-8021-8>.

14. *Qu Y. A.* New Layered Photocathode with Porous NiO Nanosheets: An Effective Candidate for p - Type Dye - Sensitized Solar Cells / *Y. Qu, W. Zhou, X. Miao [et al.]* // Chemistry-An Asian Journal. – 2013. – Vol. 8 (12). – pp. 3085 – 3090.

15. *Wang J.* High-performance, room-temperature, and no-humidity-impact ammonia sensor based on heterogeneous nickel oxide and zinc oxide nanocrystals / *J. Wang, P. Yang, X. Wei* // ACS applied materials & interfaces. – 2015. – Vol. 7, № 6. – P. 3816–3824.

16. *Zheng X.* Au-embedded ZnO/NiO hybrid with excellent electro-chemical performance as advanced electrode materials for supercapacitor / *X. Zheng, X. Yan, Y. Sun [et al.]* // ACS applied materials & interfaces. – 2015. – Vol. 7, № 4. – P. 2480–2485.

УДК: 541.64

А. Е. Кириллов^{1,2}, Н. О. Кудрякова¹

¹Институт химии растворов им. Г. А. Крестова РАН

²ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

ТЕРМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИОНОГЕЛЕЙ С НАНОЧАСТИЦАМИ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ

Аннотация: ионные жидкости (ИЖ) имеют множество возможных применений в различных отраслях химической технологии. Для некоторых из них жидкое состояние не будет являться преимуществом, а скорее даже недостатком. Перевод ИЖ в псевдо-твердое, гелеобразное состояние может быть осуществлен при помощи гелеобразующих агентов. Значительное влияние на данные системы оказывает температура. Для описания термических свойств используют температуры: плавления (T_m), стеклования (T_g), кристаллизации (T_c) и деструкции (T_d).

Ключевые слова: ионные жидкости, ионгели, диоксид кремния, температура плавления, температура стеклования, температура кристаллизации, температура деструкции.

A. E. Kirillov, N. O. Kudryakova

THERMAL PARAMETERS OF IONGEL WITH SILICA NANOPARTICLES

Abstract: ionic liquids (IL) have a large possible application in various branches of chemical industries. For some of them, the liquid state will not be an advantage, but rather even. The conversion of IL into a gel can be carried out with a thincener. Temperature has a large influence on those systems. To describe the thermal parameters, the following concepts are used: melting point (T_m), the glass transition temperature (T_g), the crystallization point (T_c) and the decomposition temperature (T_d).

Keywords: ionic liquid, iongel, silica, melting point, glass transition, crystallization point, destruction temperature.

Введение. Ионные жидкости (ИЖ) – это расплавы органических солей, жидкие при комнатной температуре. Низкая температура плавления является следствием асимметричности высоко размерных ионов, входящих в ИЖ (асимметричным зачастую является катион) [1, 6]. Перспективность этого класса веществ обусловлена рядом уникальных качеств: высокие электрохимическая, химическая и термическая устойчивости, относительно высокая электропроводность и удовлетворение требованиям «зеленой химии». Имобилизация ИЖ в твердой матрице позволяет сохранить весь комплекс уникальных свойств, но уже в псевдо-твердом состоянии. Уменьшение

текучести с сохранением высокой подвижности заряда позволяют ионогелям (ИГ) быть использованными в различных электрохимических устройствах с твердоподобными электролитами. Большое влияние на гелеобразное состояние, выделение токсичных паров и разложение ИГ оказывает температура. Исследователи [4] выделяют 4 наиболее значимые термические свойства:

- Температура стеклования (T_g) характеризуется очень слабой жидкостной динамикой, вызванной образованием областей с пониженной энтропией. Данное состояние может быть достигнуто при быстром охлаждении ИЖ ниже температуры кристаллизации без образования кристаллов [2, 5].

- Температура кристаллизации (T_c) – точка фазового перехода и образования кристаллов. Для аморфных веществ эта температура соответствует полному переходу из жидкой фазы в твердую.

- Температура плавления (T_m) для некоторых веществ может совпадать с температурой кристаллизации, но в ряде случаев их значения различны. Строго говоря, температура плавления — температура полного фазового перехода из твердой фазы в жидкую, т. е. это точка исчезновения признаков твердой фазы.

- Температура разложения (T_d) характеризует термическую устойчивость ИЖ, которая показывает предельную рабочую температуру. При достижении T_d ионная жидкость начинает разлагаться.

Целью исследования заключалась в сравнении термических свойств ионных жидкостей ВМРyrrDCA (Aldrich, > 97 %) и ВМРyrrNTf₂ (Merck, > 98 %), а также полученных на их основе ИГ.

Экспериментальная часть. Ионогели получали методом прямого смешения ИЖ и высокодисперсного аморфного SiO₂ (Аэросил, преобладающая доля частиц 79 нм) с использованием орбитального встряхивателя «IKA Vortex 4 basic» при комнатной температуре.

Для проведения ТГА использовался TG 209 F1 термоанализатор (NETZSCH, Selb, Germany). Образцы весом в 10 мг нагревались в платиновых тиглях в потоке аргона со скоростью 10 °С/мин, а потерянная масса измерялась. Погрешность измерения массы составляет 10⁻⁶ г, погрешность измерения температуры не более 0,1 °С.

Оценить термическую стабильность и получить данные о температуре деструкции (T_d) можно при помощи Термогравиметрического Анализа (ТГА). Основная цель метода заключается в определении массы исследуемого вещества как функции температуры или времени, пока образец подвергается воздействию температуры. Результатом проведения ТГА является термограмма, по которой можно определить температуру, величину и скорость изменения массы образца [3].

Для определения температур фазовых переходов можно использовать метод Дифференциальной Сканирующей Калориметрии (ДСК). Главная идея метода заключается в непрерывном измерении теплового потока между образцом и эталоном. Отслеживание проводится при помощи температурных

сенсоров, а результатом исследования является функциональная зависимость теплового потока от температуры [2].

ДСК проводилась на DSC 204 F1 Phoenix (NETZSCH, Selb, Germany). Образец помещался в герметично запечатанный платиновый тигель, затем нагревался до 80 °С, после охлаждался до -110 °С. Скорость нагрева/охлаждения 10 °С/ мин. Анализ проводился в атмосфере аргона с погрешностью измерения температуры ±0,1 °С.

Результаты эксперимента. Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1. Тепловые параметры полученных ионогелей

Система	T _g , °С	T _c , °С	T _m , °С	T _d , °С
ВМРyrrDCA	-101,5	-	-	302,1
ВМРyrrDCA + 4,5 масс. % SiO ₂	-102,1	-	-	296,0
ВМРyrrDCA + 7,5 масс. % SiO ₂	-106,7	-	-	295,6
ВМРyrrDCA + 8,1 масс. % SiO ₂	-107,23	-	-	293,1
ВМРyrrNTf ₂	-87,09	-54,37	-11,26	455,9
ВМРyrrNTf ₂ + 1,9 масс. % SiO ₂	-84,71	-54,48	-19,64	467,9
ВМРyrrNTf ₂ + 3,4 масс. % SiO ₂	-84,08	-53,8	-17,98	464,6
ВМРyrrNTf ₂ + 6,1 масс. % SiO ₂	-83,77	-53,03	-10,48	460,5

Высокодисперсный диоксид кремния эффективно гелирует ИЖ с NTf₂⁻ анионом уже при 3,4 масс. %, когда для загущения ионной жидкости с DCA⁻ анионом требуется концентрация SiO₂ от 7,5 масс. %.

На Рис. 1. показана термограмма ВМРyrrNTf₂ + 1,9 масс. % SiO₂, на которой наибольшей скорости убыли массы соответствует температура разложения. Для всех остальных ионогелей T_d определялась схожим образом, результаты представлены в таблице 1. Ионогели с NTf₂⁻ имеют более широкий интервал работы при высоких температурах по сравнению с DCA⁻ анионом. Добавка диоксида кремния незначительно влияет на температуру деструкции полученных ИГ, по сравнению с чистой ИЖ, причем интервал термической стабильности ВМРyrrDCA при добавлении наполнителя уменьшился, а у ВМРyrrNTf₂ увеличился.

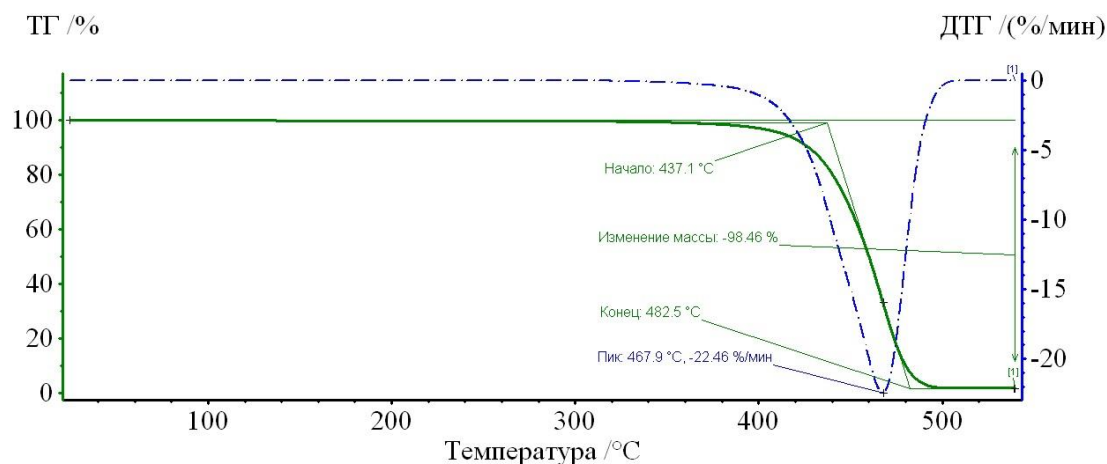


Рис. 1. ТГА VMРуггNTf₂ + 1,9 масс. % SiO₂, скорость развертки 10 °С/мин

На рис. 2-5 показаны результаты ДСК. Характер кривых у ИГ с разными ИЖ разный. У ионогелей на основе VMРуггDCA (рис. 2. и 3.) по результатам исследования нельзя определить температуры стеклования и плавления, а только температуру стеклования. У ИГ на основе VMРуггNTf₂ (Рис. 4. и 5.) наоборот отчетливо видны пики характерные для процессов кристаллизации и плавления.

Остальные образцы показывали динамику изменения тепловых эффектов схожих с показанными, и рассчитывались схожим образом. Результаты ДСК представлены в таблице 1. Температуры стеклования ИГ на основе VMРуггDCA оказались ниже, чем у гелей на основе ионной жидкости с NTf₂⁻ анионом.

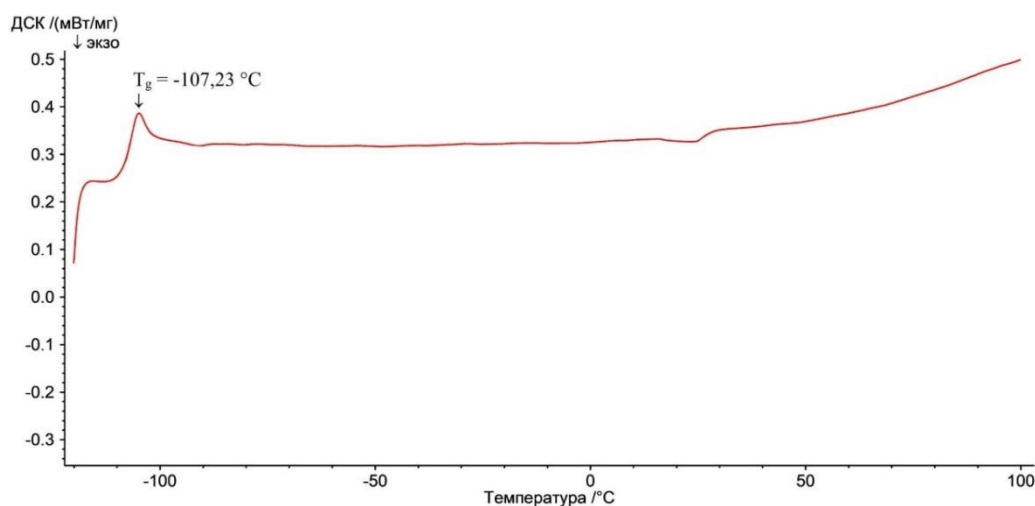


Рис. 2. ДСК ИГ VMРуггDCA + 8,1 масс. % SiO₂, скорость развертки 10 °С/мин

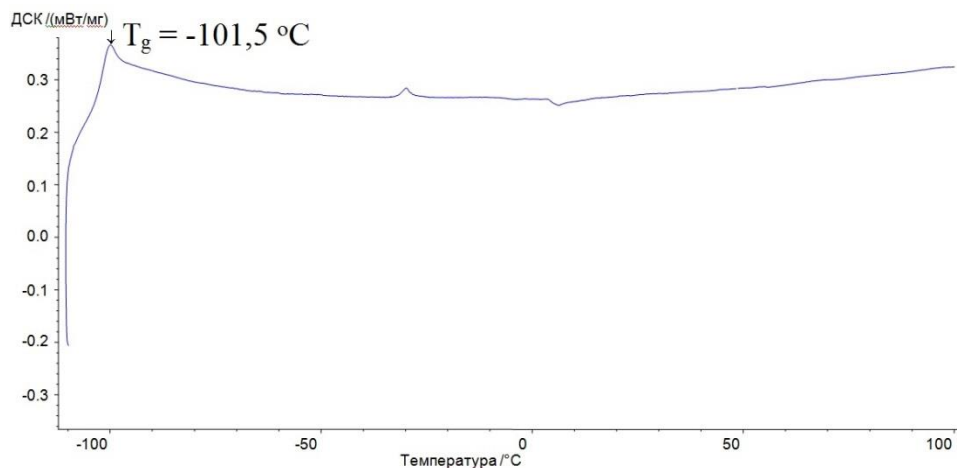


Рис. 3. ДСК чистой ИЖ VMРуггDCA, скорость развертки 10 °С/мин

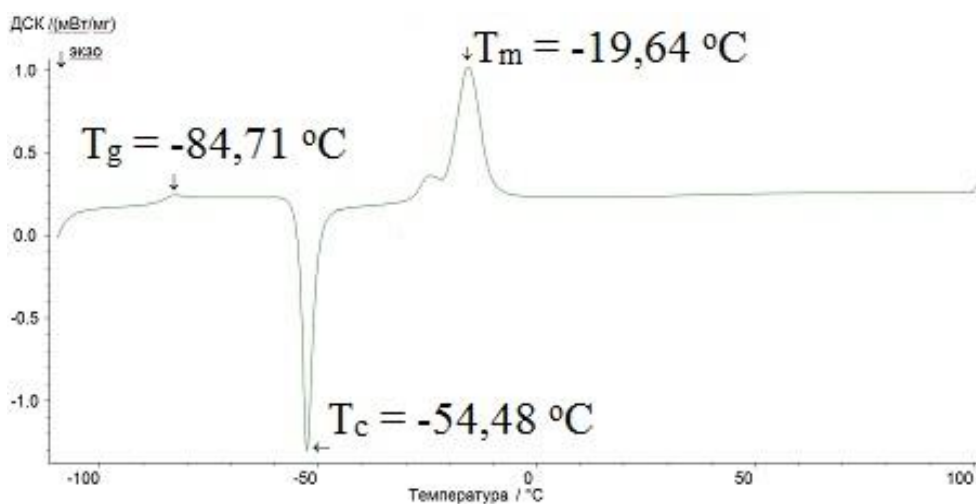


Рис. 4. ДСК ИЖ VMРуггNTf₂ + 1,9 масс. % SiO₂, скорость развертки 10 °С/мин

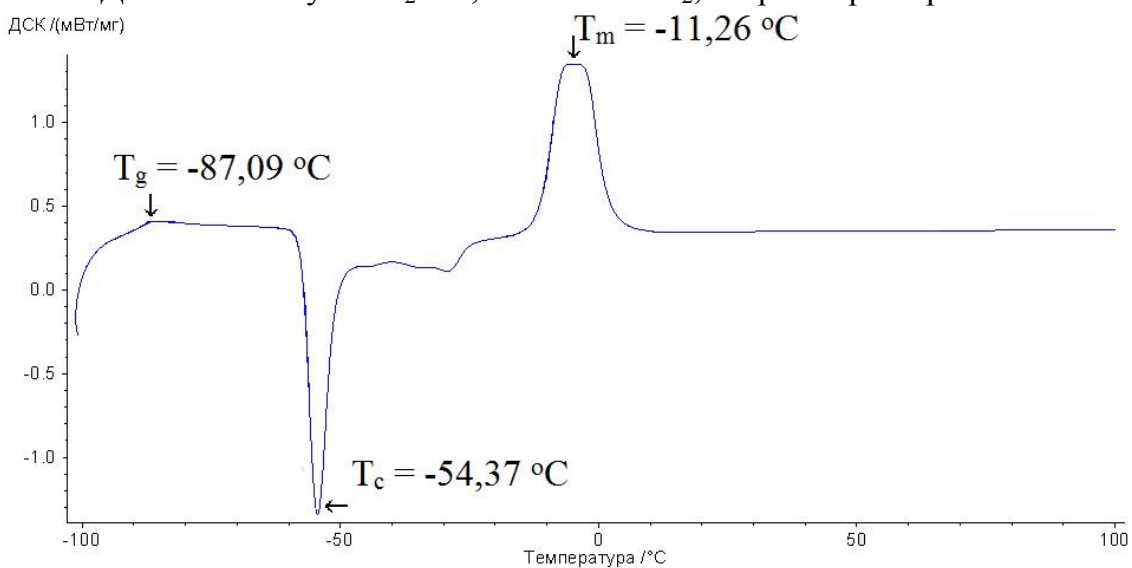


Рис. 5. ДСК чистой ИЖ VMРуггNTf₂, скорость развертки 10 °С/мин

Выводы. Высокодисперсный диоксид кремния эффективно гелирует ИЖ при низких концентрациях неорганического наполнителя. Величина изменения термических свойств при переходе от ионной жидкости к ионogелю незначительна. ИГ на основе ВМРурDCA показывают более хорошие термические свойства при отрицательных температурах, а на основе ВМРурNTf₂ наоборот при высоких.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Dean P. M., Pringle J.M., MacFarlane D. M.* Structural analysis of low melting organic liquids: perspectives on ionic liquids. *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2010, vol. 12, no. 32, pp. 9144-9153. doi: 10.1039/c003519j.
2. *Leandro, E. R.* Gelation of Ionic Liquids with Silica Nanoparticles: The Role of Cation Structure and Interactions, 2011.
3. *Menczel J. D. and Prime R. B.* Thermal Analysis of Polymers: Fundamentals and Applications. *John Wiley & Sons*, 2009. ISBN: 978-0-471-76917-0
4. *Siedlecka E. M., Czerwicka M., Stolte S., Stepnowski P.* Stability of ionic liquids in application conditions. *Current Organic Chemistry*, 2012, vol. 15(12), pp. 1974-1991. DOI: 10.2174/138527211795703630
5. *Yuchen Z., Yuanzhong Z., Rundong H., Younjin M.* The effect of nanoconfinement on the glass transition temperature of ionic liquids, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2019, vol. 21, pp. 22-25. DOI: 10.1039/c8cp06479b
6. *Сейткалиева М. М.* Получение и структурное исследование биологически активных систем на основе имидазолиевых ионных жидкостей: дис. на соискание ученой степени канд. хим. наук : 02.00.03 /Сейткалиева М. М. –М., 2015. – 162 с. – Библиогр.: с. 130-162.

УДК 544.55: 628.316

Д. С. Ковалева, Е. Ю. Квиткова, А. А. Гуцин, В. И. Гриневич
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА РАЗЛОЖЕНИЯ П-ХЛОРАНИЛИНА В БАРЬЕРНОМ РАЗРЯДЕ

Аннотация: статья посвящена изучению процессов деструкции п-хлоранилина в диэлектрическом барьерном разряде. Показано, что степень разложения п-хлоранилина достигает 99,8 %. Определены основные продукты разложения исследуемого соединения. Проведена оценка токсичности растворов п-хлоранилина до и после их обработки в разряде с использованием метода биотестирования.

Ключевые слова: диэлектрический барьерный разряд, п-хлоранилин, продукты деструкции, токсичность, биотестирование.

D. S. Kovalyova, E. Yu. Kvitkova, A. A. Guschin, V. I. Grinevich

DECOMPOSITION PROCESSES OF *P*-CHLOROANILINE IN A BARRIER DISCHARGE

Abstract: The article is devoted to the study of the degradation processes of *p*-chloroaniline in a dielectric barrier discharge. It is shown that the degree of decomposition of *p*-chloroaniline reaches 99.8 %. The main decomposition products of the studied compound were determined. The toxicity of *p*-chloroaniline solutions before and after their treatment in a discharge was assessed using the biotesting method.

Keywords: dielectric barrier discharge, *p*-chloroaniline, degradation products, toxicity, biotesting.

Одной из глобальных экологических проблем, которая усугубляется с каждым годом, является загрязнение пресной воды. Это влечет за собой нарушение функционирования водных экосистем, ухудшение качества питьевой воды, и как следствие, негативно влияет на здоровье человека. Особую опасность представляет загрязнение воды высокотоксичными органическими соединениями, к которым относят ароматические амины (в частности, хлорированные анилины). Большинство нормируемых в воде хлоранилинов относятся к веществам II и III класса опасности (высокоопасные и опасные), поскольку оказывают прямое токсическое действие на организм. Они поражают центральную нервную систему, почки, печень, селезенку, а при попадании в кровь провоцируют образование метгемоглобина и дегенеративные изменения эритроцитов. При хронических отравлениях анилины вызывают нервно-психические нарушения, расстройство сна и токсический гепатит. В некоторых исследованиях представлены результаты, демонстрирующие их канцерогенное действие [10, 11]. Широкое применение анилинов в качестве основных или промежуточных продуктов в синтезе фармацевтических препаратов, пигментов и красителей приводит к их присутствию в сточных водах, которые являются одним из основных источников поступления хлоранилинов в окружающую среду [12]. Поэтому актуальной задачей становится поиск эффективных методов очистки сточных вод предприятий.

Большой интерес в водоочистных технологиях представляют окислительные методы. Известно, что использование передовых окислительных процессов (Advanced Oxidation Processes,) является эффективным способом очистки воды от широкого круга соединений [8]. К АОРs-технологиям, основанным на генерировании ОН-радикалов, имеющих высокий окислительный потенциал, относится использование диэлектрического барьерного разряда (ДБР). ДБР эффективен для очистки стоков, содержащих стойкие органические соединения в широком диапазоне начальных концентраций и способен окислять их до менее токсичных соединений [13].

Целью данной работы являлось изучение процесса разложения растворенного п-хлоранилина (п-ХА) в ДБР, включая определение продуктов его деструкции и оценку токсичности обработанных растворов.

Объектом исследования являлись водные растворы п-ХА с начальными концентрациями от 10 до 150 мг/л. Эксперимент проводился на установке, основным элементом которой служил плазмохимический реактор (рис. 1) с коаксиальным расположением электродов, подробные конструктивные особенности, которого приведены в работе [9].

Барьерный разряд возбуждался от высоковольтного трансформатора, значение переменного напряжения (с частотой 50 Гц) между электродами составляло 15 кВ. В качестве плазмообразующего газа использовался технический кислород (расход 3 см³/с).

Скорость потока раствора регулировалась насосом и определяла время пребывания раствора в разрядной зоне (τ), которое было рассчитано следующим образом:

$$\tau = \frac{\pi \cdot D \cdot h \cdot L}{Q}, \text{ с} \quad (1)$$

где D – диаметр внутреннего электрода (см), h – толщина пленки раствора (см), L – длина зоны разряда (см), Q – скорость потока раствора (см³/с).

Объемный расход раствора, подаваемого на очистку, варьировался от 0,04 до 0,3 мл/с (время контакта раствора с разрядной зоной 1,5 – 5,7 с).

Определение концентрации п-ХА в водном растворе осуществлялось хроматографическим методом (газовый хроматограф «Хроматэк-5000») с пламенно-ионизационным детектором с экстракцией толуолом [7]. Контроль нитрит-ионов и ионов аммония проводился фотометрическим методом с использованием спектрофотометра Hitachi U-2001 (Hitachi, Япония) [3]. Содержание одноосновных карбоновых кислот (в пересчете на уксусную кислоту) контролировали фотометрическим методом по реакции с м-ванадатом аммония ($\lambda = 400$ нм) [3]. Концентрацию альдегидов определяли флуориметрическим методом (флуориметр «Флюорат 2-М») [4]. Хлорид-ионы определяли титриметрическим

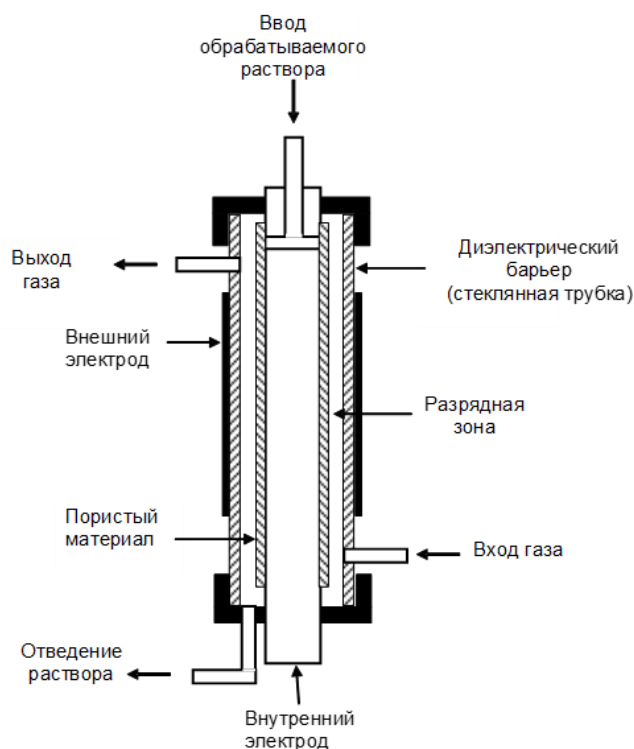


Рис. 1. Элемент реактора с коаксиальным расположением электродов

методом [2]. Определение остаточного активного хлора в воде проводилось йодометрическим методом [1]. Для определения концентрации оксида углерода (CO) и диоксида углерода (CO₂) в газовой фазе был применён метод газовой хроматографии [14].

Результаты обработки растворов п-ХА в ДБР в исследуемом диапазоне концентраций показали высокую степень деструкции рассматриваемого соединения (до 99,8 %).

В качестве продуктов деструкции (табл. 1) помимо конечных продуктов окислительной деструкции (ионов аммония, нитрат- и нитрит-ионов, хлорид-ионов, активного хлора в жидкой фазе, а также CO и CO₂ в газовой фазе) в растворе были обнаружены карбоновые кислоты и альдегиды.

Таблица 1. Выход продуктов деструкции п-хлоранилина

C _н п-ХА, мг/л	Доля выхода продуктов в % от начального содержания углерода в системе				Доля выхода продуктов в % от начального содержания азота в системе	
	Альдегиды	Карбоновые кислоты	CO	CO ₂	Нитрит-ионы	Ионы аммония
10	1,9	2,3	50,4	5,6	71	1
100	2,6	34,1	37,0	3,0	95	2
150	1,6	41,8	53,8	0	85	0,5

По результатам исследования химического состава обработанных растворов, была проведена оценка их потенциальной токсичности (ПТ):

$$ПТ = \sum \frac{C_i}{ПДК_i}, \quad (2)$$

где C_i, – концентрация i-го соединения в растворе, ПДК_i – его предельно-допустимая концентрация.

Оказалось, что потенциальная токсичность обработанных растворов снижается в 1,8-6,0 раз, что свидетельствует о высокой эффективности использования ДБР для очистки воды от п-ХА.

В ходе экспериментов установлено (табл. 1), что баланс по углероду в целом выполняется на 60-97 %, по азоту – на 72-97 % (основной продукт деструкции NH₄⁺), а по хлору – на 54-74 % (основной продукт деструкции Cl⁻). Следовательно, в составе продуктов деструкции п-ХА в растворе будут присутствовать и другие соединения, которые могут оказаться опасными для окружающей среды и живых организмов. Поэтому для оценки токсичности растворов п-ХА до и после их обработки в ДБР был проведен биотестовый анализ с использованием двух тест-объектов.

В качестве первого тест-объекта были выбраны ракообразные дафнии (*Daphnia magna Straus*). Методика основана на установлении различия между количеством погибших дафний в анализируемой пробе (опыт) и культивационной воде (контроль) [6]. По результатам экспериментов рассчитывалось значение показателей ЛКР₅₀₋₄₈ (летальная кратность разбавления – это кратность разбавления вод, водных вытяжек, вызывающая гибель 50 % тест-объектов за 48-часовую экспозицию), БКР₁₀₋₄₈ (безвредная кратность разбавления – это кратность разбавления вод, водных вытяжек, вызывающая гибель не более 10 % тест-объектов за 48-часовую экспозицию) и значение среднего летального времени (LT₅₀) – периода, в течение которого в анализируемой пробе погибает половина особей. Критерием острой летальной токсичности при биотестировании на дафниях являлась гибель 50 % тест-объектов и более в опыте за 48 ч биотестирования.

Оценка острой токсичности исследуемых вод проводится по проценту погибших в тестируемой воде дафний по сравнению с контролем.

Вторым тест-объектом для определения токсичности являлась альгологически чистая культура одноклеточных водорослей хлорелла (*Chlorella vulgaris Beijer*). Методика основана на регистрации изменений оптической плотности тест-культуры зеленой протококковой водоросли хлорелла, выращенной на среде, не содержащей токсических веществ (контроль) и тестируемых проб, в которых эти вещества могут присутствовать, в лабораторных условиях [5]. Оптическая плотность тест-культуры водоросли после 22 часов роста регистрировалась с помощью измерителя плотности суспензии ИПС-03 (ООО «ОМИКРОН», Россия). Токсичность в данном случае оценивают по различиям величины оптической плотности тест-культуры водоросли хлорелла между контрольной и тестируемой пробой.

Критерием токсичности воды является снижение на 20 % и более (подавление роста) или увеличение на 30 % и более (стимуляция роста) величины оптической плотности культуры водоросли, выращиваемой в течение 22 часов на тестируемой воде по сравнению с ее ростом в контрольной среде, приготовленной на культивационной воде. Если критерий токсичности превышает 20 % подавления или 30 % стимулирования роста, то рассчитывается ТКР – токсичная кратность разбавлений вод.

Результаты оценки токсичности исследуемых проб растворов п-ХА с $C_n = 10 - 150$ мг/л (до и после обработки в ДБР) приведены в табл. 2 – 4.

Установлено, что исходные растворы п-ХА с $C_n = 10 - 150$ мг/л соответствуют II и III классам опасности и оказывают острое токсическое действие на тест-организмы. После обработки в ДБР токсичность растворов с $C_n = 10$ мг/л снижается в среднем в 110 раз, с $C_n = 100$ мг/л – в 697 раз, а с $C_n = 150$ мг/л – в 151 раз.

Таблица 2. Оценка результатов токсичности раствора п-ХА для $C_n = 10$ мг/л до и после обработки в ДБР (дафнии и хлорелла)

Токсикологические показатели	Проба до обработки в ДБР		Проба после обработки в ДБР					
	Дафнии	Хлорелла	Дафнии			Хлорелла		
	$\tau = 0$ с		$\tau = 1,49$ с	$\tau = 2,58$ с	$\tau = 5,71$ с	$\tau = 1,49$ с	$\tau = 2,58$ с	$\tau = 5,71$ с
ЛКР ₅₀₋₄₈	1,2 %	—	45,7 %	53,8 %	57,5 %	—	—	—
БКР ₁₀₋₄₈	0,21 %	—	2,14 %	30,20 %	37,00 %	—	—	—
ТКР	—	1,92 %	—	—	—	36,36 %	45,66 %	57,47 %

Таблица 3. Оценка результатов токсичности раствора п-ХА для $C_n = 100$ мг/л до и после обработки в ДБР (дафнии и хлорелла)

Токсикологические показатели	Проба до обработки в ДБР		Проба после обработки в ДБР					
	Дафнии	Хлорелла	Дафнии			Хлорелла		
	$\tau = 0$ с		$\tau = 1,49$ с	$\tau = 2,58$ с	$\tau = 5,71$ с	$\tau = 1,49$ с	$\tau = 2,58$ с	$\tau = 5,71$ с
ЛКР ₅₀₋₄₈	0,41 %	—	7,69 %	45,70 %	57,50 %	—	—	—
БКР ₁₀₋₄₈	0,026 %	—	1,20 %	16,20 %	37,00 %	—	—	—
ТКР	—	0,38 %	—	—	—	—	—	50,00 %

Таблица 4. Оценка результатов токсичности раствора п-ХА для $C_n = 150$ мг/л до и после обработки в ДБР (дафнии)

Токсикологические показатели	Проба до обработки в ДБР	Проба после обработки в ДБР			
	$\tau = 0$ с	$\tau = 1,49$ с	$\tau = 2,58$ с	$\tau = 5,71$ с	
ЛКР ₅₀₋₄₈	0,14 %	4,90 %	11,11 %	16,98 %	
БКР ₁₀₋₄₈	0,024 %	0,70 %	3,70 %	6,46 %	

Обработанные в ДБР растворы соответствуют IV классу опасности, кроме пробы с $C_n = 150$ мг/л (при наименьшем времени обработки она соответствует III классу опасности).

Таким образом, показано, что использование диэлектрического барьерного разряда приводит к окислению п-хлоранилина с эффективностью более 95 %, а основными продуктами деструкции являются карбоновые кислоты, диоксид углерода и нитрит-ионы.

Полученные результаты биотестирования с использованием *Daphnia magna* Straus и *Chlorella vulgaris* Beijer позволяют сделать вывод о том, что обработанные в ДБР растворы п-ХА обладают меньшей токсичностью по сравнению с исходными, что свидетельствует об отсутствии в обработанных растворах опасных продуктов деструкции.

Дальнейшим направлением исследований будет проведение экспериментов с реальными сточными водами и оценка возможности реализации ДБР как одной их ступеней в системах очистки сточных вод.

Работа выполнялась в рамках государственного задания на выполнение НИР: тема № FZZW-2020-0009.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 18190-72 Вода питьевая. Методы определения содержания остаточного активного хлора. Контроль качества воды: Сборник ГОСТов. - М.: Стандартиформ, 2009.
2. ГОСТ 4245-72 Вода питьевая. Методы определения содержания хлоридов / Справочное издание. Контроль качества воды. - М.: ФГУП "Стандартиформ", 2010.
3. Лурье, Ю. Ю. Химический анализ производственных сточных вод / Ю.Ю. Лурье, А. И. Рыбникова. – М.: Химия, 1974. 336 с.
4. Методы контроля. Химические факторы МУК 4.1.1265-03 Измерение массовой концентрации формальдегида флуориметрическим методом в пробах питьевой воды и воды поверхностных и подземных источников водопользования // Москва, 2003.
5. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04, Т 16.1:2:2.3:3-04, ФР 1.39.2015.20001 Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления // ФБУ Федеральный центр анализа и оценки техногенного воздействия, 2014. 38 с.
6. ПНД Ф. Т. 14.1: 2: 3: 4.12-06 (ПНД Ф Т 16.1: 2: 2.3: 3.9-06) Методика измерений количества *Daphnia magna* Straus для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления методом прямого счета. 2014.
7. *Veernaert H., Hucorne P. A. simple and quick gas chromatographic method for the determination of prophan and chloroprophan in potatoes // Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung. 1991. Vol. 193. №. 5. PP. 433-435.*
8. *Bhat A. P., Gogate P. R. Degradation of nitrogen-containing hazardous compounds using advanced oxidation processes: A review on aliphatic and aromatic amines, dyes, and pesticides // Journal of Hazardous Materials. 2021. Vol. 403. PP. 123-657.*

9. A. A. *Gushchin, V. I. et al.* Destruction Kinetics of 2,4-Dichlorophenol Aqueous Solutions in an Atmospheric Pressure Dielectric Barrier Discharge in Oxygen/ // *Plasma Chemistry and Plasma Processing*. 2018. Vol. 38. № 1. P. 123-134.

10. *Chhabra R. S. et al.* Carcinogenicity of p-chloroaniline in rats and mice // *Food and chemical toxicology*. 1991. Vol. 29. №. 2. PP. 119-124.

11. *Kovacic P., Somanathan R.* Nitroaromatic compounds: Environmental toxicity, carcinogenicity, mutagenicity, therapy and mechanism // *Journal of Applied Toxicology*. 2014. Vol. 34. №. 8. PP. 810-824.

12. *Min N. et al.* Compound specific isotope analysis to characterize degradation mechanisms of p-chloroaniline by persulfate at ambient temperature // *Chemical Engineering Journal*. 2021. Vol. 419. 11 p.

13. The destruction of carbon tetrachloride dissolved in water in a dielectric barrier discharge in oxygen. *Gushchin A.A., Grinevich V.I., Izvekova T.V., Kvitkova E.Yu., Tyukanova K.A., Rybkin V.V.* // *Plasma Chemistry and Plasma Processing*. 2019. T. 39. № 2. С. 461-473.

14. UOP 603-13. Analysis of Trace CO and CO₂ in bulk H₂ and Light Gaseous Hydrocarbons by GC. AC Analytical Controls. 2013.

УДК: 614.84

Я. Н. Короткова, Ж. Ф. Гессе, Е. А. Шварев,

Д. Г. Снегирев, Н. Ш. Лебедева

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНАЯ ДЕСТРУКЦИЯ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД

Аннотация: в работе представлены результаты сравнительного анализа процессов, протекающих в древесине лиственных пород при нагревании в воздушной атмосфере. Показано, что для исследованных образцов древесины устойчивость к термоокислению увеличивается в ряду: осина – береза – ольха.

Ключевые слова: термогравиметрия, дифференциальная термогравиметрия, дифференциальный термический анализ, термоокисление, древесина.

*Ya. N. Korotkova, Zh. F. Gesse, E. A. Shvarev,
D. G. Snegirev, N. Sh. Lebedeva*

THERMO-OXIDATIVE DESTRUCTION OF HARDWOOD

Abstract: the paper presents the results of a comparative analysis of the processes occurring in hardwood during heating in an air atmosphere.

Keywords: it is shown that the resistance of the studied wood samples to thermal oxidation increases in the series: aspen – birch – alder.

Изделия из древесины и, особенно, из инженерной древесины становятся все более популярными в строительной отрасли благодаря своим привлекательным экологическим и эстетическим характеристикам, а также их применимости для сборных конструкций и быстро возводимого строительства. Наряду с явными достоинствами древесины существуют и недостатки, обусловленные, в первую очередь, горючестью данного строительного материала и потерей его несущей способности.

Текущие рекомендации по проектированию конструкций основаны на номинальной скорости обугливания древесины (0,6 до 1,0 мм/мин) [6]. По результатам исследований [3] через 3–5 мин после начала теплового воздействия по режиму «стандартного» пожара на поверхности древесины, с относительной влажностью не более 9%, температура достигает 280–300°C. При этом начинается карбонизация поверхностных слоев древесины, которая теряет свои первоначальные механические свойства. При $t > 300^\circ\text{C}$ образуется слой угля с неоднородной пористой структурой с усадочными трещинами. Этот обугленный слой древесины обладает более низкими, по сравнению с необугленной древесиной, теплофизическими характеристиками: коэффициентом теплопроводности, удельной теплоемкостью C . Процесс обугливания происходит последовательно, распространяясь от поверхности слоев вглубь сечения элемента, что приводит к уменьшению его размеров. В действительности структурные характеристики древесины при пожаре зависят от множества параметров, включая плотность, влажность, сорт древесины, геометрию образца и условия нагрева, притока воздуха, количества сторон обогрева сечения и шероховатости поверхности их плоскостей и др. Целью данной работы являлся сравнительный анализ процессов, протекающих при нагревании в воздушной атмосфере в древесине лиственных пород (береза, ольха, осина).

На рис. 1-3 представлены термограммы исследуемых образцов. Полученные термограммы имеют много общих черт. Первый – низкотемпературный этап, протекающий до 450К, связан с дегидратацией образцов. Причем, основная часть адсорбированной влаги удаляется до температуры 100°C (373К). В реальных, не лабораторных условиях при повышении температуры до 50°C некоторое количество водяного пара будет мигрировать глубже в образец (от источника тепла) [12, 19] и повторно конденсироваться [14]. Это увеличивает ло-

кальное содержание влаги во внутренних слоях древесины [8]. Таким образом создаются три зоны: сухая зона, ближайшая к открытой поверхности; зона обезвоживания; и зона с повышенным содержанием влаги. При малых тепловых потоках дегидратация и пиролиз будут протекать независимо; при более высоких тепловых потоках они будут происходить одновременно [7]. Там, где дегидратация и пиролиз происходят одновременно, влага замедляет рост температуры, обычно до достижения 115°C из-за расхода энергии на испарение, а не для нагрева, тем самым охлаждает зону пиролиза за счет конвективного массового потока водяного пара. В данном исследовании перераспределение влаги в образце несущественно. Для нивелирования данного эффекта исследуемые образцы были предварительно измельчены.

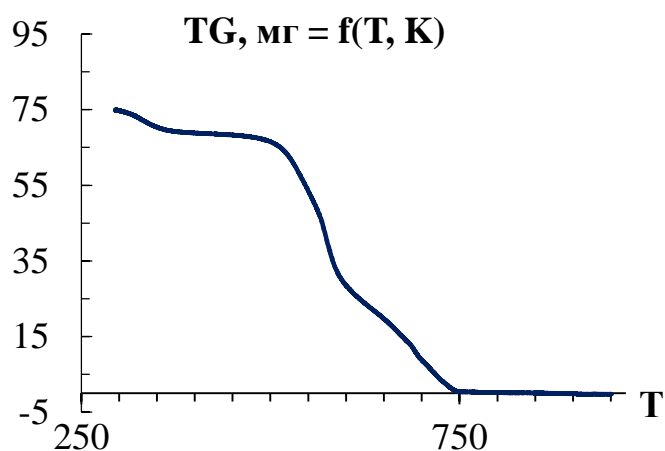


Рис. 1 а. Термограмма образца березы: термогравиметрия (ТГ)

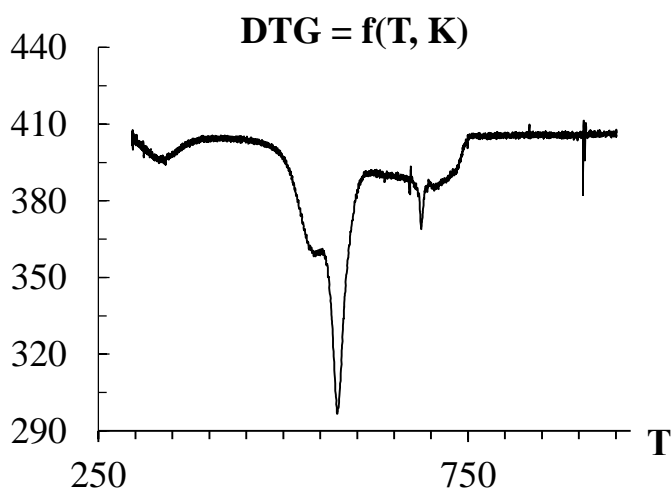


Рис. 1 б. Термограмма образца березы: дифференциальная термогравиметрия (ДТГ)

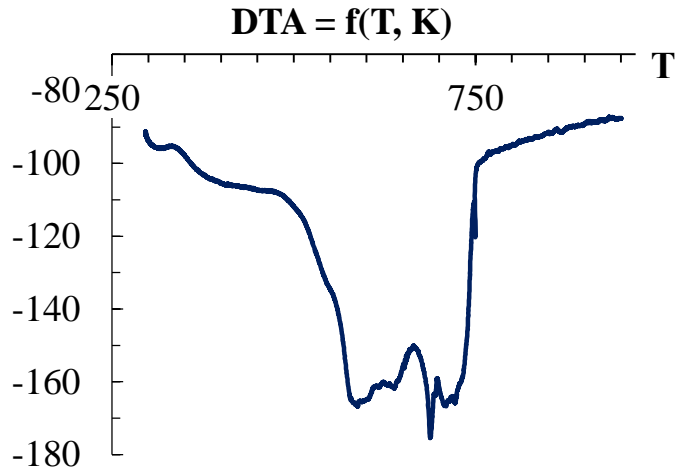


Рис. 1 в. Термограмма образца березы: дифференциальный термический анализ (ДТА)

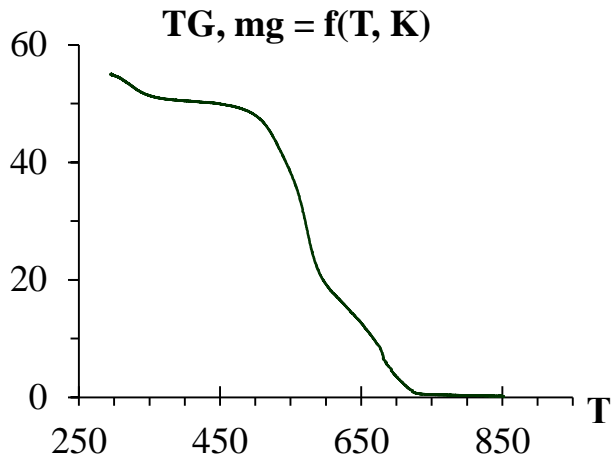


Рис. 2 а. Термограмма образца осины: термогравиметрия (ТГ)

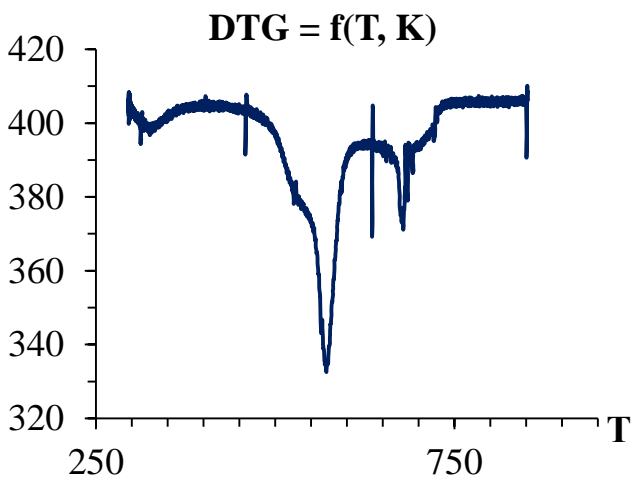


Рис. 2 б. Термограмма образца осины: дифференциальная термогравиметрия (ДТГ)

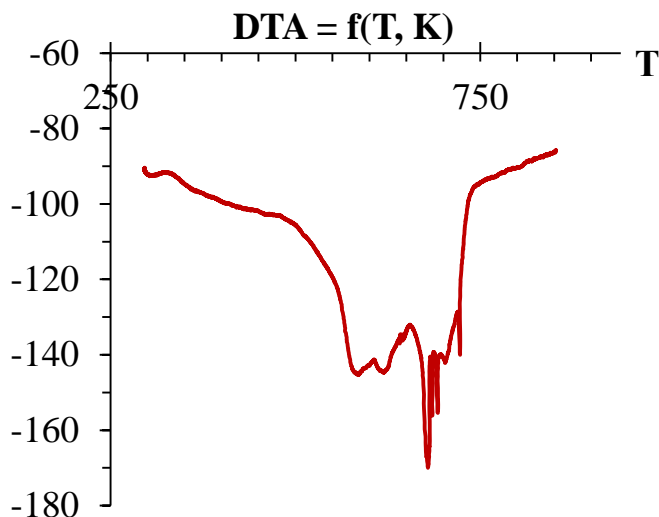


Рис. 2 в. Термограмма образца осины: дифференциальный термический анализ (ДТА)

Дальнейшее повышение температуры приводит к началу процессов деградации древесины – пиролизу и термоокислению. Пиролиз – это процесс, при котором материалы разлагаются под воздействием тепла. Этот процесс вызывает химические и физические изменения, и поэтому понимание и количественная оценка пиролиза имеет основополагающее значение. Пиролиз происходит с поглощением тепловой энергии, т.е. это эндотермический процесс, для его протекания не требуется окислитель. Напротив, термоокисление – горение, экзотермический процесс. Именно характер поглощения (или выделения) тепла позволяет разделить эти процессы. Для этого рассмотрим ход кривых дифференциально термического анализа (рис. 1 а, б, в; 2а, б, в; 3 а, б, в). После низкотемпературного эндотермического этапа дегидратации, на кривых ДТА прослеживается следующий этап, также связанный с поглощением энергии, но гораздо больший по величине. Для образца осины данный этап заканчивается при достижении температуры 588К, березы – 596К, ольхи – 630К. Химизм низкотемпературного этапа пиролиза очень сложен. Убыль массы из-за пиролиза происходит медленно при температурах ниже 500 К (рис. 1 а, 2 а, 3 а, кривые ТГ), при этом пиролизные газообразные продукты состоят, в основном, из негорючих летучих веществ, таких как диоксид углерода, муравьиная и уксусная кислоты [7, 15]. Однако длительное нагревание при низких температурах может превратить гемицеллюлозу и лигнин в кокс при температурах до 95°C [17] или 120°C, оставляя целлюлозу практически непрореагировавшей [10]. Целлюлозные материалы не имеют жидкого состояния, но могут подвергаться стеклованию, изменяя свою структуру и становясь более мягкими и эластичными [9]. Для лигнина это происходит при температуре от 55°C до 170°C [11]; Этот эффект сопровождается снижением прочности древесины [17]. При температуре не выше 400К пиролизат остается, в основном, негорючим. Длительное воздействие сравнительно низких температур вызывает медленное обугливание. В условиях пожара этот слой кокса сдерживает горение из-за своей теплоизолирующей способности.

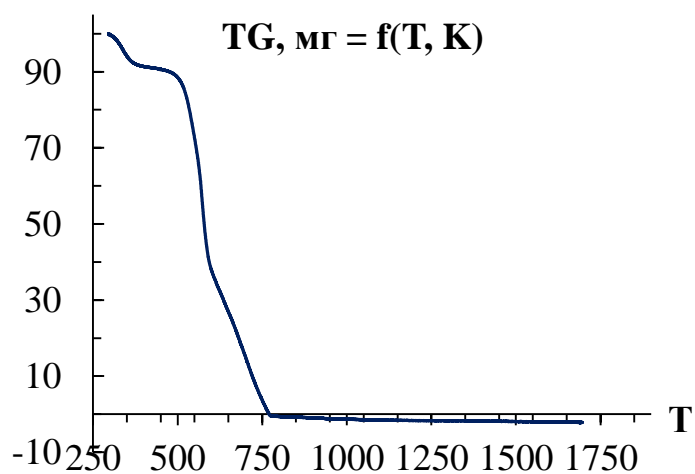


Рис. 3 а. Термограмма образца ольхи: термогравиметрия (ТГ)

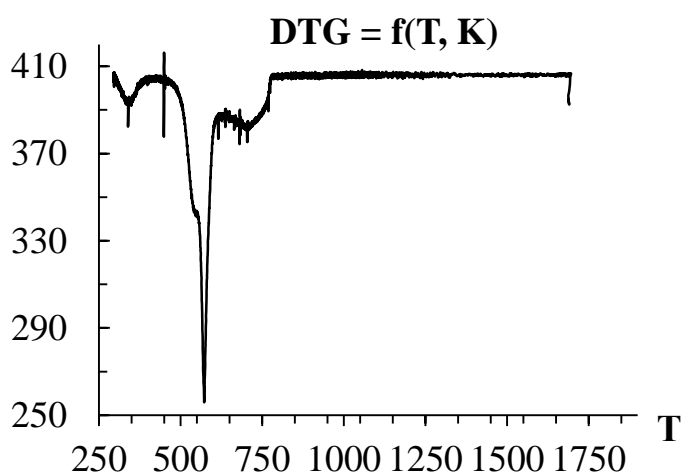


Рис. 3 б. Термограмма образца ольхи: дифференциальная термогравиметрия (ДТГ)

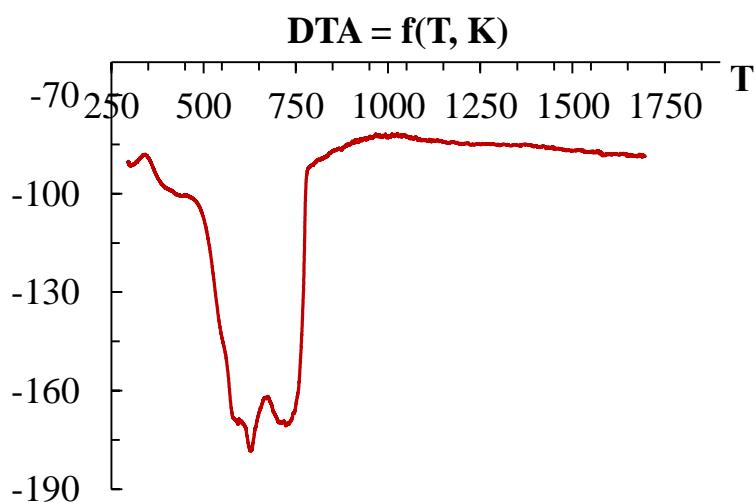


Рис. 3 в. Термограмма образца ольхи: дифференциальный термический анализ (ДТА)

Независимо от природы древесины следующий этап экзотермический (рис. 1 в, 2 в, 3 в, кривые ДТА), и он явно преобладает над эндотермическими процессами пиролиза. Для осины термоокислительный процесс протекает в интервале 588-681К, березы – 596-690К, ольхи – 630-731К. В этом же ряду пород древесины расположены и температуры максимумов экзоэффекта 658, 669 и 676 К.

Основные химические реакции, обуславливающие деструкцию древесины, протекают в интервале от 350 до 700 К. Гемицеллюлоза обычно является первым компонентом древесины, подвергающимся термическому разложению. Температуры, при которых начинается эта реакция, находятся в широком диапазоне. Сообщается о интервале от 120°C до 180°C [13], 200°C до 260°C [9], от 220°C до 315°C [18], или от 200°C до 300°C [17]. Этот температурный диапазон зависит от скорости нагрева, плотности древесины или содержания влаги.

Целлюлоза, как правило, является следующим соединением, которое разлагается. При этом, как и в случае гемицеллюлозы, сообщается о температурах разложения: от 250°C до 400°C [9, 18]. Целлюлоза может разлагаться двумя путями: во-первых, за счет разрыва звена в углеродном кольце, образования поперечных связей с образованием полукокса вместе с монооксидом углерода, диоксидом углерода и H₂O [9]; второй – за счет разрыва цепи, когда звено в полимерной цепи разрывается и молекулы левоглюкозана могут оторваться, обычно это происходит при температуре от 250°C до 300°C. Левоглюкозан представляет собой смолу, которая далее распадается на горючие газы [16] или, альтернативно, реполимеризуется с образованием полукокса. Низкие скорости нагрева, как правило, способствуют образованию угля наряду с образованием в основном негорючих паров, что приводит к высвобождению энергии. Высокие скорости нагревания способствуют производству левоглюкозана, образуя легко воспламеняющиеся пары и мало или совсем не обугливаясь, что приводит к потреблению энергии. С учетом вышеизложенного и эндотермического характера процесса в температурном интервале 250-300°C (рис. 1 в, 2 в, 3 в, кривые ДТА) можно констатировать, что накопления левоглюкозана при пиролизе исследуемых образцов древесины не происходит.

Другой компонент древесины – лигнин обычно подвергается пиролизу при температурах от 110°C до 400°C [13], от 280°C до 500°C [9]. Лигнин образует ароматические продукты при пиролизе и дает больше кокса, чем целлюлоза [7]. При нагревании до 400-450 °C примерно половина лигнина остается в виде угля (кокса).

При температурах от 300°C до 500°C скорости пиролиза быстро возрастают и сопровождаются дополнительными экзотермическими реакциями [7]. В процессе пиролиза образуются легко воспламеняющиеся газы [15]. Начинается дымообразование, активно образуется левоглюкозан. Это быстрое разложение приводит в конечном итоге к образованию полукокса [7].

Таким образом, полученные результаты позволяют заключить, что для исследованных образцов древесины устойчивость к термоокислению увеличивается в ряду: осина – береза – ольха. Корреляция между плотностью древесины, содержанием золы, зольных элементов в древесине и ее поведением при нагревании в атмосфере воздуха в явном виде отсутствует. Однако, следует отметить, что увеличение величины экзоэффекта (рис. 1 в, 2 в, 3 в) в ряду осина – береза – ольха, вероятно, связано с ростом содержания лигнина в древесине, который для лиственных пород сухой и обеззоленной древесины имеет значение высшей теплоты сгорания 24-28 МДж/кг [1, 2]. Это дает более высокий вклад в тепловой эффект процесса термоокисления по сравнению с высшей теплотой сгорания целлюлозы. Известно, что лигнин имеет нерегулярную структуру и полифункциональную химическую природу. Считается, что высшая теплота сгорания лигнина на 50% выше аналогичной величины для целлюлозы [1]. Во всяком случае, содержание целлюлозы в осине, березе, ольхе отличается незначительно [4, 5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Максимук Ю. В., Антонова З. А., Крук В. С., Курсевич В. Н., Корсакова А. С. Высшая теплота сгорания компонентов биомассы. Лесной журнал. 2020. С. 98-111.
2. Максимук Ю. В., Пономарев Д. А., Курсевич В. Н., Фесько В. В. Теплота сгорания древесного топлива. Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. № 4 (358), 2017. С. 116-129.
3. Мосалков И. Л., Плюснина Г. Ф., Фролов А. Ю. Огнестойкость строительных конструкций. – М., ЗАО Спецтехника, 2001. – 496 с.
4. Никитин В. М., Оболенская А. В., Щеголев В. П. Химия древесины и целлюлозы. – М.: Лесная промышленность, 1978. – 368 с.
5. Окулова Е. О., Гурьев А. В. Анализ соотношения осины и берёзы в технологическом потоке сульфат-целлюлозного завода. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2018. Вып. 222. С. 202-215.
6. CEN (2004) Eurocode 5. Design of timber structures. Part 1–2: general. Structural fire design. European Committee for Standardisation, Brussels. 2004. 69 p.
7. Friquin K. L. Material properties and external factors influencing the charring rate of solid wood and glue-laminated timber. Fire Mater. 2011. 35(5). pp. 303–327.
8. Grønli M. G., Melaaen M. C. Mathematical model for wood pyrolysis comparison of experimental measurements with model predictions. Energy Fuels. 2000. 14(4). pp. 791–800.
9. Hirschler M. M., Morgan A. B. Thermal decomposition of polymers. In: SFPE handbook of fire protection engineering. 2008. V. 3, pp. 1-112–111-143.
10. Lautenberger C., Sexton S., Rich D. (2014) Understanding long term low temperature ignition of wood. Paper presented at the international symposium on fire investigation science and technology, College Park, MD, September 22–24. 2014. pp. 361-375.

11. *Li W., Sun N., Stoner B., Jiang X., Lu X., Rogers R.* (2011) Rapid dissolution of lignocellulosic biomass in ionic liquids using temperatures above the glass transition of lignin. *Green Chem.* 2011. 13(8). pp. 2038–2047.
12. *Mikkola E.* Charring of wood based materials. In: *Fire safety science—proceedings of the third international symposium.* Elsevier Applied Science, London. 1991. pp 547–556.
13. *Schaffer E.* (1973) Effect of pyrolytic temperatures on longitudinal strength of dry Douglas-fir. *J Test Eval.* 1973. 1(4). pp. 319–329.
14. *Schmid J., Just A., Klippel M., Fragiaco M.* (2014) The reduced cross-section method for evaluation of the fire resistance of timber members: discussion and determination of the zero-strength layer. *Fire Technol.* 2014. 51(6). pp. 1285–1309.
15. *Shen D., Fang M., Luo Z., Cen K.* Modeling pyrolysis of wet wood under external heat flux. *Fire Saf J.* 2007. 42(3). pp. 210–217.
16. *Shen D., Gu S.* (2009) The mechanism for thermal decomposition of cellulose and its main products. *Bioresour Technol.* 2009. 100 (24). pp. 6496–6504.
17. *White R. H., Dietsberger M. A.* Wood products: thermal degradation and fire. In: *Encyclopedia of materials, science and technology,* Elsevier Science Ltd. 2001. pp 9712–9716.
18. *Yang H., Yan R., Chen H., Lee D., Zheng C.* (2007) Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis. *Fuel.* 2007. 86 (12). pp. 1781–1788.
19. *Yang L., Chen X., Zhou X., Fan W.* The pyrolysis and ignition of charring materials under an external heat flux. *Combust Flame.* 2003. 133 (4). pp. 407–413.

УДК: 674.812-419

Д. С. Коченков, Н. Ю. Косарев, М. А. Назаров, А. А. Федотов
ФГБОУ ВО Костромской государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВКИ АРОМАТИЧЕСКОЙ СУЛЬФОНОВОЙ КИСЛОТЫ НА СВОЙСТВА ФАНЕРЫ ФСФ

Аннотация: в статье рассматривается возможность использования сульфосалициловой кислоты двухводной в качестве модификатора фенолоформальдегидного связующего. Изучено влияние доли добавки модификатора (от 0 до 1 % от массы жидкой смолы), а также времени горячего прессования на свойства фанеры ФСФ, изготовленной при пониженной температуре прессования. Установлено, что наилучшие значения показателей достигаются при доле добавки 0,4 % и времени горячего прессования 4,9-5,0 мин.

Ключевые слова: фанера ФСФ; фенолоформальдегидное связующее; модификатор; сульфосалициловая кислота двухводная; доля добавки; время выдержки в прессе; физико-механические свойства.

D. S. Kochenkov, N. Y. Kosarev, M. A. Nazarov, A. A. Fedotov

INVESTIGATION OF PLYWOOD PROPERTIES USING A PHENOL-FORMALDEHYDE BINDER MODIFIED WITH BISCHOFITE

Abstract: article considers the possibility of using sulfosalicylic acid dihydrate as a modifier of phenol-formaldehyde binder. The influence of the proportion of the modifier additive (from 0 to 1% of the mass of the liquid resin), as well as the time of hot pressing on the properties of FSF plywood made at a reduced pressing temperature was studied. It was found that the best values of the indicators are achieved with an additive fraction of 0.4% and a hot pressing time of 4.9-5.0 min.

Keywords: FSF plywood; phenol-formaldehyde binder; modifier; sulfosalicylic acid dihydrate; additive fraction; exposure time in the press; physical and mechanical properties.

В настоящее время в производстве фанеры активно используются клеи на основе карбамидо- и фенолоформальдегидных олигомеров. В условиях рынка для фанерных предприятий была и остается актуальной возможность повышения физико-механических и экологических свойств выпускаемой продукции при сохранении (а если возможно, и снижении) себестоимости. Это очень амбициозная задача, которая стоит сейчас перед современными фанерными предприятиями.

Возможность повышения свойств фанеры имеет место благодаря использованию альтернативных связующих. Однако их применение, как правило, приводит к увеличению себестоимости фанеры, что для условий предприятий является неприемлемым.

Более эффективным и распространенным является способ модификации традиционных синтетических связующих. В этом случае возможно повышение свойств готового продукта при сохранении действующей технологии производства. Возможность изготавливать фанеру с повышенными свойствами при использовании низкотемпературного режима прессования позволит экономить средства на нагрев теплоносителя и снизит себестоимость готовой продукции.

Использование модификаторов в производстве фанеры – вещь общеизвестная и достаточно давно применяемая, отраженная в трудах российских и зарубежных ученых [1, 3, 5, 6], однако далеко не все фанерные предприятия на нее идут. Это, прежде всего, отражается на небольшом, но все же повышении себестоимости фанеры вследствие внесения небольшого количества модификатора. При этом даже повышение свойств фанеры (при небольшом повышении себестоимости) зачастую не так важно для предприятия-изготовителя. Возможность снизить себестоимость при сохранении или даже повышении свойств продукта – вот основная цель любого производства. Над ее достижением в последние годы трудятся ученые, проводя научные исследования и отражая их результаты в научных статьях. Использование D. Dziurka, J. Jaska и R. Mirski в качестве модификаторов алкилрезорцинов и пероксида водорода позволяет

уменьшить время прессования фанеры на 25 %, однако при этом наблюдается значительный расход связующего (160 г/м^2) и более высокая температура прессования ($135 \text{ }^\circ\text{C}$) [4]. В работе [2] также применялся повышенный расход связующего при производстве фанеры (150 г/м^2) при идентичной температуре и давлении прессования. В настоящей работе расход составлял 100 г/м^2 , время прессования – от 4,5 до 5 минут.

Изготовление образцов фанеры проводилось при температуре, на $10 \text{ }^\circ\text{C}$ ниже, чем в условиях производства, время прессования и давление были идентичны с производственными (на первом этапе эксперимента). Доля добавки модификатора варьировалась от 0,2 % до 1,0% (с шагом 0,2 %). Для сравнения был изготовлен контрольный образец без добавления модификатора (0 %).

Результаты исследований по всем оцениваемым показателям фанеры после статистической обработки представлены на рис. 1-3.

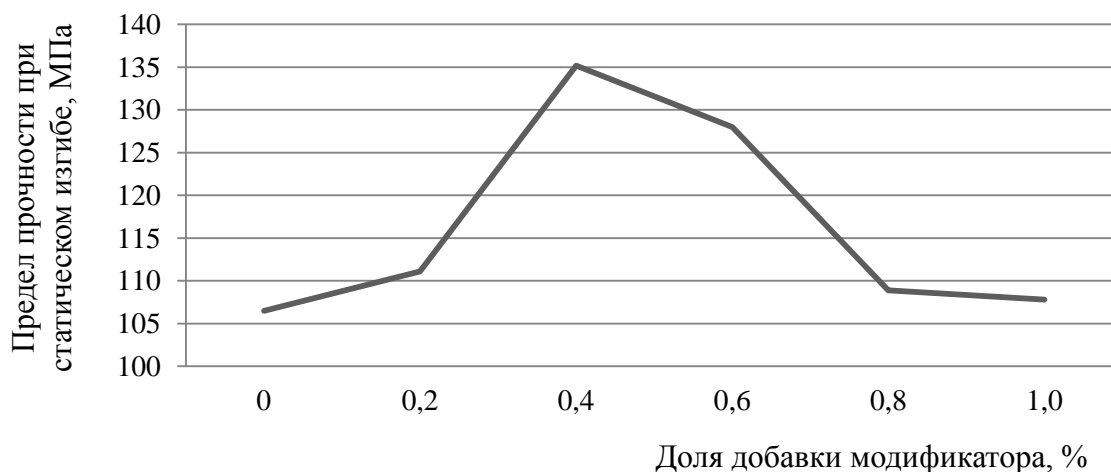


Рис. 1. Влияние доли добавки модификатора на предел прочности фанеры при статическом изгибе

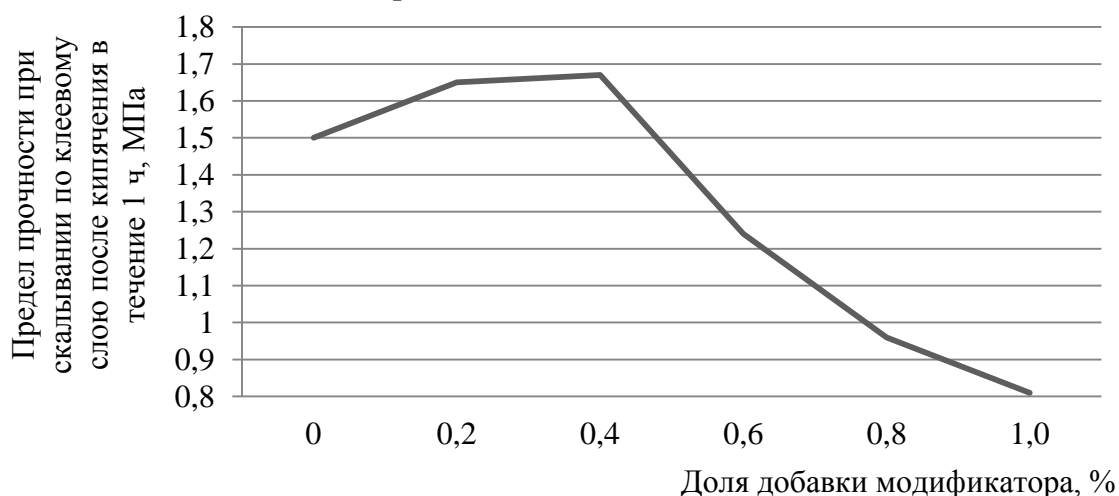


Рис. 2. Влияние доли добавки модификатора на предел прочности фанеры при скалывании по клеевому слою после кипячения в течение 1 ч

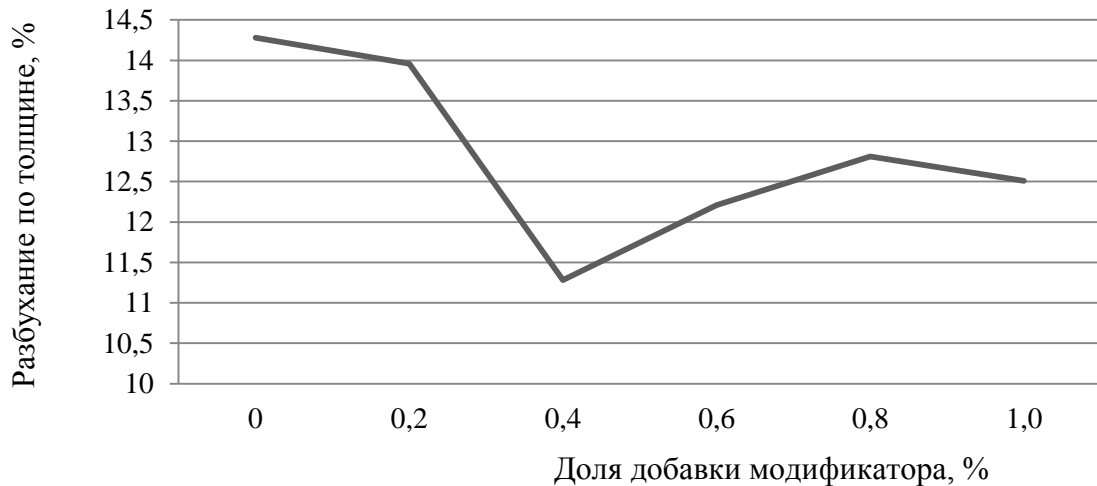


Рис. 3. Влияние доли добавки модификатора на разбухание фанеры по толщине

По результатам первого этапа эксперимента:

1. Прочность фанеры при добавлении модификатора сначала возрастает (при доле добавки 0,4 % достигает максимума) и затем с дальнейшим увеличением добавки снижается (см. рис. 1-2).

2. Разбухание фанеры (рис. 3) при введении модификатора уменьшается, достигает минимума при доле добавки 0,4 % и затем вновь начинает расти.

На втором этапе исследовалось влияние времени горячего прессования на показатели фанеры ФСФ. Доля добавки модификатора составляла 0,4 %, время выдержки в прессе варьировалось от 4,5 до 5 мин.

Результаты исследований показателей фанеры после статистической обработки представлены на рис. 4-6.

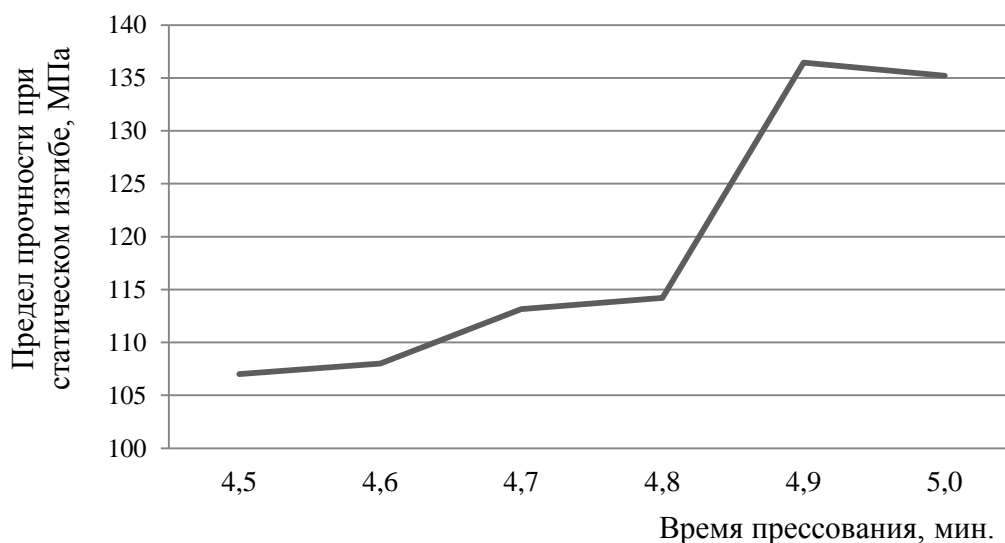


Рис. 4. Влияние времени прессования на предел прочности фанеры при статическом изгибе

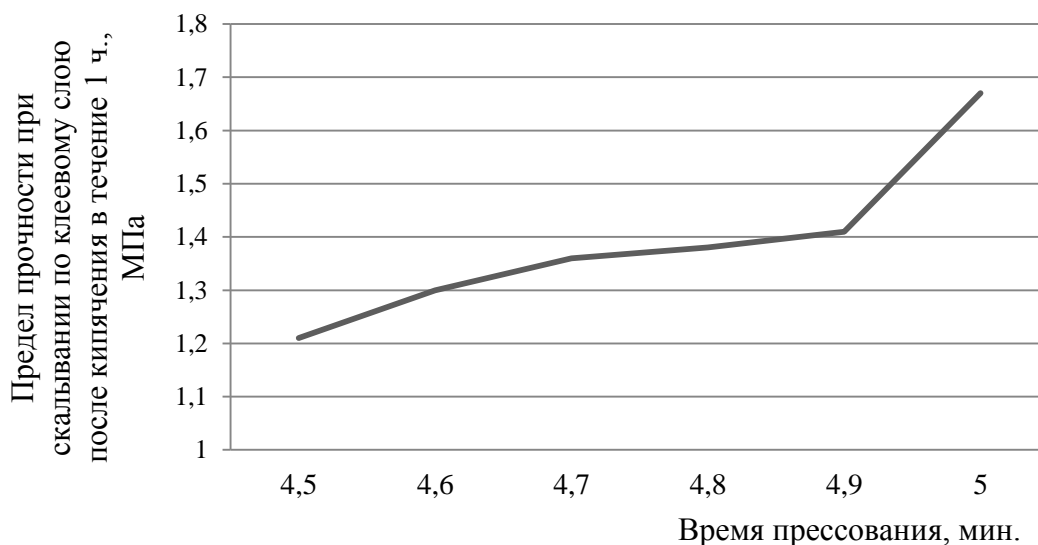


Рис. 5. Влияние времени прессования на предел прочности фанеры при скальвании по клеевому слою после кипячения в течение 1 ч.

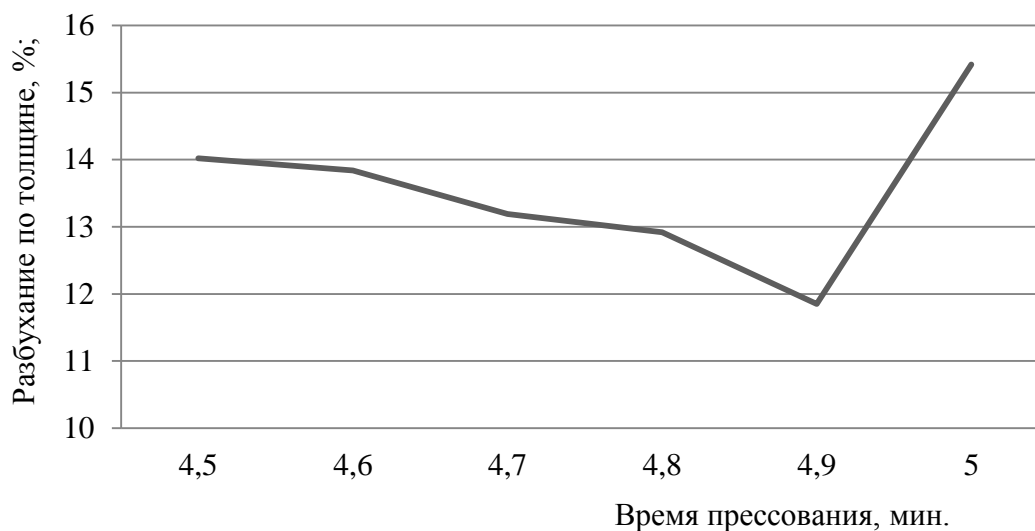


Рис. 6. Влияние времени прессования на разбухание фанеры по толщине

По результатам второго этапа эксперимента:

1. С увеличением времени прессования прочность фанеры неуклонно растет и достигает максимума при 5 минутной выдержки в прессе (рис. 4-5).
2. Разбухание фанеры сначала снижается (минимум на уровне 4,9 мин), а затем начинает расти (рис. 6).
3. В целом можно отметить, что существенное улучшение показателей фанеры достигается при введении 0,75 % модификатора – растет прочность и снижается разбухание фанеры.

Таким образом наиболее оптимальным режимом производства фанеры будет доля добавки модификатора 0,4 % и время прессования – 4,9-5 мин. Этого можно достичь при пониженной температуре прессования, а, следовательно, можно будет снизить себестоимость готовой продукции.

В перспективе планируется изучать влияние совместного действия комбинированных модификаторов на свойства фанеры ФСФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванов А. М., Русаков Д. С., Варанкина Г. С., Чубинский А. Н.* Модификация алюмосиликатами фенолоформальдегидных смол для склеивания фанеры // Клеи. Герметики. Технологии. 2017. № 3. С. 13-17.
2. *Bekhta P., Bits G.* Modification of phenol-formaldehyde resins by aluminium containing compounds // Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine: collection of scientific works. 2008. Vol. 6. pp. 155-158.
3. *Hoong, Y. B., Paridah M. T., Luqman C. A., Koh M. P., Loh Y. F.* Fortification of sulfited tannin from the bark of *Acacia mangium* with phenol–formaldehyde for use as plywood adhesive // Industrial Crops and Products. 2009. Vol. 30. pp. 416-421.
4. *Mirski R., Łęcka J., Dziurka D.* The effect of modification of phenolic resin with alkylresorcinols and H_2O_2 on properties of plywood // Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria. 2009. Vol. 8. no. 4. pp. 67-74.
5. *Miyazaki J., Hirabayashi Y.* Effect of the addition of *Acacia mangium* bark on thermosetting of phenol–formaldehyde resin // Wood Sci Technology. 2011. Vol. 45. pp. 449-460.
6. *Sedliacik J., Bekhta P., Potapova O.* Technology of low-temperature production of plywood bonded with modified phenol–formaldehyde resin // Wood research. 2010. Vol. 55(4). pp. 124-130.

УДК 66.094.25; 661.715; 620.3; 544.471

М. В. Кузнецов

ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России

ОСОБЕННОСТИ ГИДРИРОВАНИЯ КСИЛОЛОВ, ЭТИЛ- И ИЗОПРОПИЛБЕНЗОЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Аннотация: исследованы кинетические и термодинамические характеристики катализаторов, содержащих наночастицы никеля синтезированные с использованием левитационно-струйного метода, в реакциях гидрирования ксилолов, а также этил- и изопропилбензола. Было показано, что при относительно низком давлении водорода

(~ 2-3 атм) и температурах 288-443 К катализаторы обеспечивают высокую степень конверсии исследуемых соединений и обладает селективностью по отношению к *n*-ксилолу. Также был оценен вклад энтропии в образование активированных комплексов.

Ключевые слова: наночастицы никеля, гетерогенный катализ, кинетика гидрирования ксилолов, кинетика гидрирования производных бензола.

M. V. Kuznetsov

FEATURES OF HYDROGENATION OF XYLENES, ETHYL- AND ISOPROPYLBENZENE USING NANOSTRUCTURED NICKEL-CONTAINING CATALYSTS

Abstract: kinetic and thermodynamic characteristics of catalysts containing nickel nanoparticles synthesized using the levitation-jet method in hydrogenation reactions of xylenes, as well as ethyl- and isopropylbenzene are investigated. It has been shown that at relatively low hydrogen pressure (~ 2-3 atm) and temperatures of 288-443 K, the catalysts provide a high degree of conversion of the studied compounds and have selectivity with respect to *p*-xylene. The contribution of entropy to the formation of activated complexes was also evaluated.

Keywords: nickel nanoparticles, heterogeneous catalysis, kinetics of hydrogenation of xylenes, kinetics of hydrogenation of benzene derivatives.

Введение

Наночастицы металлов, вследствие наличия специфических структурных и физико-химических свойств, а также квантово-размерных эффектов, связанных с их структурой, проявляют значительную реакционную и каталитическую активность по сравнению с порошковыми материалами более крупной дисперсности, а также массивными материалами, что делает их чрезвычайно востребованными в нефтехимической промышленности. Процессы гидрирования непредельных и ароматических углеводородов являются одними из основных технологических процессов в нефтехимической промышленности. В основном эти реакции протекают при повышенных температурах и давлениях, в связи с чем поиск новых эффективных и селективных катализаторов, позволяющих повысить энергосбережение в технологических процессах и сделать производство более экономически выгодным, а также уменьшить его отрицательное влияние на экологическую обстановку, является актуальным научным направлением. В работе исследованы каталитические свойства наноконпозитов, содержащих наночастицы никеля, на примере реакций гидрирования ксилолов, этилбензола и изопропилбензола. Кроме того, были проведены расчеты термодинамических параметров образования активированных комплексов исследуемых реагентов.

Экспериментальная часть

В качестве исходных сырьевых материалов для создания катализаторов в работе были использованы наночастицы никеля, полученные с помощью левитационно-струйного синтеза по методу Гена в Институте структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН. Структурные характеристики синтезированных наночастиц были изучены с применением просвечивающей электронной микроскопии (рис.1), а также низкотемпературной адсорбции-десорбции азота.

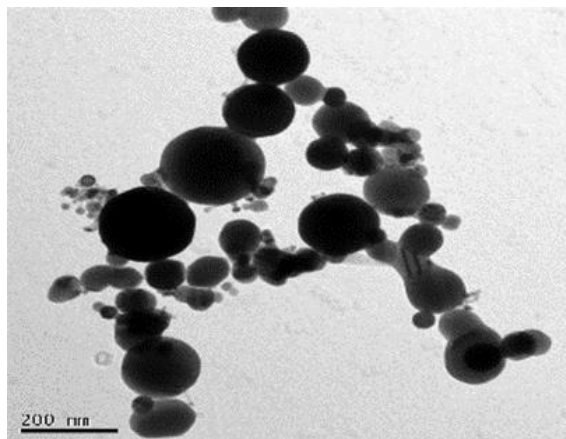


Рис. 1. Микрофотография наночастиц никеля – продуктов левитационно-струйного синтеза, полученная с использованием просвечивающей электронной микроскопии (метка 200 нм)

Катализаторы, изготовленные на базе Инертон NAW с использованием этих наночастиц, представляли собой композитные структуры. Наночастицы наносились на поверхность катализатора из раствора в гексане при помощи ультразвука. Массовая доля наночастиц никеля в нанокompозите составляла 15 мас.%.

Из данных рис. 1 видно, что синтезированные наночастицы никеля имеют сферическую форму и средний размер в диапазоне от 50 до 200 нм.

Кинетика каталитических реакций гидрирования ксилолов, этилбензола и изопропилбензола была изучена с использованием метода газовой хроматографии на оригинальной установке, позволяющей в on-line режиме одновременно осуществлять гидрирование и анализ реакционной смеси. Гидрирование проводилось при разных температурах и фиксированном давлении водорода 2 атм. С использованием полученных экспериментальных данных были определены следующие кинетические параметры процесса:

- константа скорости реакции:

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{S_0}{S_t} \quad (1)$$

где S_0 и S_t – это площади хроматографических пиков реагентов в начальный момент времени и в момент времени (t) протекания реакции, соответственно.

- конверсия (K) исходных реагентов была рассчитана по формуле:

$$K = \left(1 - \frac{S_t}{S_0}\right) \cdot 100\% \quad (2)$$

Энергия активации реакции была вычислена исходя из данных уравнения [15]

$$E^\ddagger = R \cdot \frac{\ln k_2}{k_1} \cdot \frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1} \quad (3)$$

Значения предэкспоненциального множителя были найдены с использованием уравнения Аррениуса:

$$\ln k = \ln A - \frac{E^\ddagger}{RT} \quad (4)$$

Энтропия активации рассчитана по данным уравнения:

$$\Delta S_p^\ddagger = R \cdot \ln \left(\frac{Ah}{\chi k T e^x} \right) + (1 - x) R \ln(RT) \quad (5)$$

где A – предэкспоненциальный множитель в уравнении Аррениуса; R – газовая постоянная; k – постоянная Больцмана; h – постоянная Планка; T – температура; x – молекулярность реакции; χ – трансмиссионный коэффициент.

Результаты и их обсуждение

Исследование каталитической активности композитов на основе наночастиц никеля в реакции гидрирования ксилолов

Исследование кинетики процесса гидрирования изомерных ксилолов проводилось в интервале температур 423-493 К и давлении водорода 2 атм, а пробы реакционной смеси были отобраны с интервалом в 5 минут от момента начала реакции. Хроматограммы реакционной смеси гидрирования *n*-ксилола, а также аналогичные хроматограммы, полученные для реакций гидрирования *o*- и *m*-ксилолов. позволяют сделать вывод о том, что уже через 5 мин после начала реакции формируются продукты гидрирования в разных количествах. Такое же количество пиков через 5 минут после начала реакции наблюдалось и на хроматограммах процессов гидрирования *o*- и *m*- ксилолов. Идентификация этих пиков была проведена с использованием газового хроматографа, оснащенного масс-спектрометрическим детектором (ГХ-МС). Расчеты кинетических параметров были проведены с учетом изменений площадей пиков ксилолов, а также этил- и изопропилбензола на хроматограммах реакционных смесей, отобранных через определенные промежутки времени из реактора. Исходя из получен-

ных зависимостей в координатах кинетического уравнения первого порядка были рассчитаны константы скоростей реакций.

Аналогичные зависимости были построены для процессов с использованием *о*- и *м*-ксилолов, а также этилбензола и изопропилбензола. Константы скоростей этих процессов, рассчитанные при двух рабочих температурах, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Константы скоростей реакций гидрирования изомерных ксилолов при различных рабочих температурах

<i>м</i> -Ксилол		<i>о</i> -Ксилол		<i>п</i> -Ксилол	
Т, К	$k, \text{мин}^{-1}$	Т, К	$k, \text{мин}^{-1}$	Т, К	$k, \text{мин}^{-1}$
423	0,0139	423	0,0163	423	0,0042
443	0,0514	443	0,0187	493	0,0138

Для оценки термодинамических характеристик, оказывающих влияние на кинетику процесса гидрирования, были также рассчитаны энтропия образования активированного комплекса и энергия активации процесса. Результаты проведенных расчетов представлены в таблице 2.

После анализа данных таблицы 2 можно сделать вывод о том, что структура изомерных ксилолов влияет как на величину энтропии процесса, так и на значение энергии активации. Скорость реакции в общем случае определяется не только теплотой активации, но и энтропией активации. Если переход в активированное состояние ведет к существенному увеличению энтропии, то реакция будет идти с высокой скоростью, несмотря на большие значения энергии активации. Если же значение энтропии невелико, то реакция, даже при низких величинах энергии активации, будет протекать с меньшей скоростью. Таким образом, чем меньше абсолютные значения энтропии в отрицательной области, тем выше скорость реакции. В этом случае энтропию формально можно связать со стерическим фактором.

Таблица 2. Значения энергий активации и энтропий образования активированных комплексов в процессах гидрирования ксилолов

Реагент	$E^\ddagger, \text{кДж/моль}$	$-S^\ddagger, \text{Дж/моль} \cdot \text{К}$
<i>м</i> -Ксилол	102	17
<i>о</i> -Ксилол	11	231
<i>п</i> -Ксилол	29	197

Из полученных данных следует, что определяющую роль в образовании активированного комплекса для *п*-ксилола играет энтропийный фактор, тогда как для *о*-ксилола и *м*-ксилола эту роль играет энергетический фактор. Из этого следует, что при совместном гидрировании трех изомерных ксилолов, реакция гидрирования с наивысшей степенью селективности протекает для *п*-ксилола.

Таким образом, именно *n*-ксилол можно очистить от *m*-ксилолов и *o*-ксилолов при определенных экспериментальных условиях.

Исследование каталитической активности композита на базе наночастиц никеля в реакции гидрирования этилбензола и изопропилбензола.

Композитный катализатор, содержащий наночастицы никеля, также проявлял высокую активность в реакциях гидрирования этилбензола и изопропилбензола. При гидрировании изопропилбензола в реакционной смеси уже через 5 минут в качестве продуктов взаимодействия компонентов присутствуют этилциклогексан, этилбензол и изопропилциклогексан. Следует отметить, что конечным продуктом гидрирования этилбензола также является этилциклогексан. Из полученных зависимостей в координатах кинетического уравнения первого порядка были рассчитаны константы скорости реакции. Значения констант скоростей реакций при двух рабочих температурах представлены в таблице 3.

Таблица 3. Константы скоростей реакций гидрирования этилбензола и изопропилбензола при разных рабочих температурах

Этилбензол		Изопропилбензол	
Т, К	к, мин ⁻¹	Т, К	к, мин ⁻¹
423	0,0061	433	0,0083
493	0,0152	493	0,0199

Для сравнения термодинамических и кинетических закономерностей процессов гидрирования были рассчитаны энтропия образования активированного комплекса, энергия активации процесса, а также конверсия. Результаты выполненных расчетов представлены в таблице 4.

Таблица 4. Значения энергий активации и энтропий образования активированных комплексов

Реагент	E^{\ddagger} , кДж/моль	$-S^{\ddagger}$, Дж/моль · К
Этилбензол	23	211
Изопропилбензол	26	203

Из представленных в таблицах данных видно, что значения энергий активации и энтропий образования активированных комплексов примерно совпадают между собой, а определяющим фактором при образовании активированных комплексов является энергия активации. Анализируя данные таблицы 4 можно предположить, что процессы гидрирования этилбензола и изопропилбензола с использованием нанокомпозита (наночастицы Ni/Инертон NAW), протекают по аналогичному механизму.

Кроме того, была исследована изокинетическая зависимость значений энергии активации от соответствующих энтропий образования активированного комплекса для исследуемого процесса гидрирования производных бензола.

Из анализа полученных экспериментальных данных можно сделать вывод о том, что существует компенсационная зависимость для процесса гидрирования всех изучаемых реагентов на синтезированном нанокompозитном катализаторе.

Заключение

Исследованы кинетические и термодинамические особенности реакций гидрирования *о*-ксилола, *м*-ксилола, *п*-ксилола, *этилбензола* и *изопропилбензола* на композите (Ni/Инертон NAW), содержащем наночастицы никеля сферической формы со средними размерами от 20 до 60 нм. Показано, что определяющим термодинамическим фактором образования активированного комплекса для *п*-ксилола является энтропия, тогда как для *о*-ксилола, *м*-ксилола, *изопропилбензола* и *этилбензола* таким фактором является энергия активации.

В результате проведения экспериментов было установлено, что процесс гидрирования исследуемых соединений на катализаторах (Ni/Инертон NAW), содержащих в своем составе наноразмерный никель, характеризуются низкими значениями энергий активации при достаточно мягких условиях проведения процесса (423÷493 К, давление водорода 2 атм.) – 11 кДж/моль⁻¹ для *о*-ксилола, 29 кДж/моль⁻¹ для *п*-ксилола, 102 кДж/моль⁻¹ для *м*-ксилола, 23 кДж/моль⁻¹ для *этилбензола* и 26 кДж/моль⁻¹ для *изопропилбензола*.

Полученные результаты позволяют предположить, что разработка катализаторов на основе наночастиц никеля имеют хорошие перспективы с точки зрения их использования в промышленных процессах гидрирования ароматических углеводородов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Shishkovsky I. V.* Porous polycarbonate membranes with Ni and Cu nanocatalytic additives fabricated by selective laser sintering / I.V. Shishkovsky, A.V. Bulanova, Y.G. Morozov // J. of Materials Science and Engineering B. 2012. V.12. P. 634-639.
2. *Эмануэль Н. М., Кнорре Д. Г.* Курс химической кинетики. М: Высш. школа. 1974. 400 с.

УДК 544.723.2

М. В. Кузнецов

ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ АДСОРБЦИИ НЕКОТОРЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НАНОЧАСТИЦАМИ МЕДИ

Аннотация: методом газовой хроматографии с использованием наночастиц меди проведено исследование адсорбции тестовых веществ, принадлежащих к различным классам органических соединений. Были рассчитаны удельные удерживаемые объемы, теплоты адсорбции, а также энтропийные составляющие процесса адсорбции.

Ключевые слова: левитационно-струйный синтез, наночастицы меди, адсорбция наночастицами, обращенная газовая хроматография, энтропийная составляющая.

M. V. Kuznetsov

PHYSICO-CHEMICAL MECHANISMS OF ADSORPTION OF SOME ORGANIC COMPOUNDS BY COPPER NANOPARTICLES

Abstract: the adsorption of test substances belonging to various classes of organic compounds was studied by gas chromatography using copper nanoparticles. Specific retained volumes, adsorption heats, and entropy components of the adsorption process were calculated.

Keywords: levitation-jet synthesis, copper nanoparticles, adsorption by nanoparticles, reversed gas chromatography, entropy component.

Введение

Исследования процессов адсорбции позволяют получить ценную информацию о природе и структуре поверхности материалов. Эта информация открывает новые пути для создания сорбентов для таких важных отраслей, как экология и медицина, а также для разработки сенсорных элементов газочувствительных датчиков и анализаторов. Кроме этого, адсорбция является первой и, зачастую, лимитирующей стадией гетерогенных каталитических реакций.

До настоящего времени были проведены исследования адсорбции стандартных органических соединений на различных материалах, таких как цеолиты, полимеры, а также углеродные материалы. На сегодняшний день одним из наиболее перспективных направлений в области материаловедения неорганических материалов является исследование наноструктур и наноматериалов. Свойства наночастиц существенно отличаются от свойств массивных, а также микроразмерных материалов. Благодаря своей высокоразвитой поверхности нано-

частицы обладают свойствами высокоэффективных адсорбентов и способны поглощать на единицу массы во много раз больше адсорбируемых веществ, чем конденсированные структуры. Наночастицы обладают рядом специфических особенностей с точки зрения их структуры и свойств. Эти особенности открывают пути для создания новых высокоэффективных и селективных катализаторов, элементов газочувствительных сенсоров и др.

Примером уникальных адсорбционных свойств наночастиц может служить адсорбция водорода на наночастицах магния. Из-за минимума дефектов и малых размеров решетка наночастиц магния является более устойчивой к деформации, чем решетка массивного металла. Это открывает широкие перспективы использования магния для создания структур-аккумуляторов водорода, а присутствие кластеров титана заметно облегчает сорбцию водорода на частицах магния.

Добавление наночастиц в качестве модификаторов приводит к значительным изменениям свойств носителя. Например, было установлено, что теплоты адсорбции алканов на частицах оксида циркония, модифицированных наночастицами золота и никеля, выше, чем на чистом носителе; к такому же эффекту приводит нанесение на поверхность частично дегидроксилированного кремнезема наночастиц серебра. Согласно предварительным исследованиям, нанесение наночастиц серебра на поверхность углеродных волокон способствует возрастанию вклада дисперсионных и электроноакцепторных взаимодействий, в которых серебро выступает в роли акцептора электронной плотности молекул сорбатов.

В особую группу можно выделить сорбенты, модифицированные мицеллярными наночастицами металлов. В зависимости от природы носителя наночастицы оказывают разное влияние на его сорбционную способность. При адсорбции на неполярном полимере мицеллярные наночастицы повышают его способность к специфическим взаимодействиям, а при адсорбции на полярном силикагеле – снижают эту способность.

В настоящей работе была исследована сорбционная активность наночастиц меди по отношению к n-алканам, спиртам, непредельным и ароматическим углеводородам. Наночастицы меди были получены с использованием левитационно-струйного метода [1]. Изучение адсорбции на наночастицах меди является актуальной научной задачей, поскольку медь в конденсированном состоянии является катализатором многих химических реакций. В работе [2] была продемонстрирована высокая каталитическая активность наночастиц меди, спеченных с помощью энергии лазера с поликарбонатом в реакциях гидрирования бензола.

Методика эксперимента

Адсорбционные свойства наночастиц меди были изучены с помощью метода обращенной газовой хроматографии. Газовый хроматограф был оснащен детектором теплопроводности, а в качестве газа-носителя использовался гелий. Длина колонки с исследуемым сорбентом (в качестве которого были использо-

ваны наночастицы меди, нанесенные на инертон) составляла 97 см, а ее внутренний диаметр был 3 мм. Хроматографический эксперимент проводили в температурном диапазоне 343–383 К, с шагом 10 К.

Удельные удерживаемые объемы тестовых веществ были рассчитаны по формуле:

$$V_g^T = \frac{(t_R - t_M)F}{W_C \bar{P}_{T_c}}, \quad (1)$$

где V_g^T – удельный удерживаемый объем сорбата; t_R , t_M – времена удерживания сорбата и несорбирующегося вещества; W_C – масса адсорбента в колонке; F_{PTC} – усредненная величина объемной скорости газа-носителя.

Термодинамические параметры определялись по результатам анализов графиков зависимостей логарифмов удельного удерживаемого объема от температуры по формуле:

$$\ln V_g^T = A + \frac{B}{T}, \quad (2)$$

где A – энтропийная составляющая сорбции; $B = \bar{Q}_1/R$ – константа, связанная с дифференциальным мольным изменением внутренней энергии. При условии постоянства объема системы, которое выполняется в газохроматографическом эксперименте, тепловой эффект процесса (\bar{Q}_1) был равен изменению внутренней энергии системы с обратным знаком ($-\Delta U$). Для исследования адсорбционных свойств наночастиц меди были использованы вещества, принадлежащие к разным классам органических соединений, в структурах которых проявляются различные виды межмолекулярных взаимодействий.

Результаты и их обсуждение

Перед проведением эксперимента наночастицы меди были исследованы методом сканирующей электронной микроскопии. На рис. 1 представлена СЭМ-фотография образца наночастиц меди. Из данных рис. 1 видно, что размеры наночастиц находятся в диапазоне от 70 до 97 нм.

По результатам проведенных экспериментов были рассчитаны удельные удерживаемые объемы тестовых веществ, значения которых при температуре 353 К представлены в таблице 1.

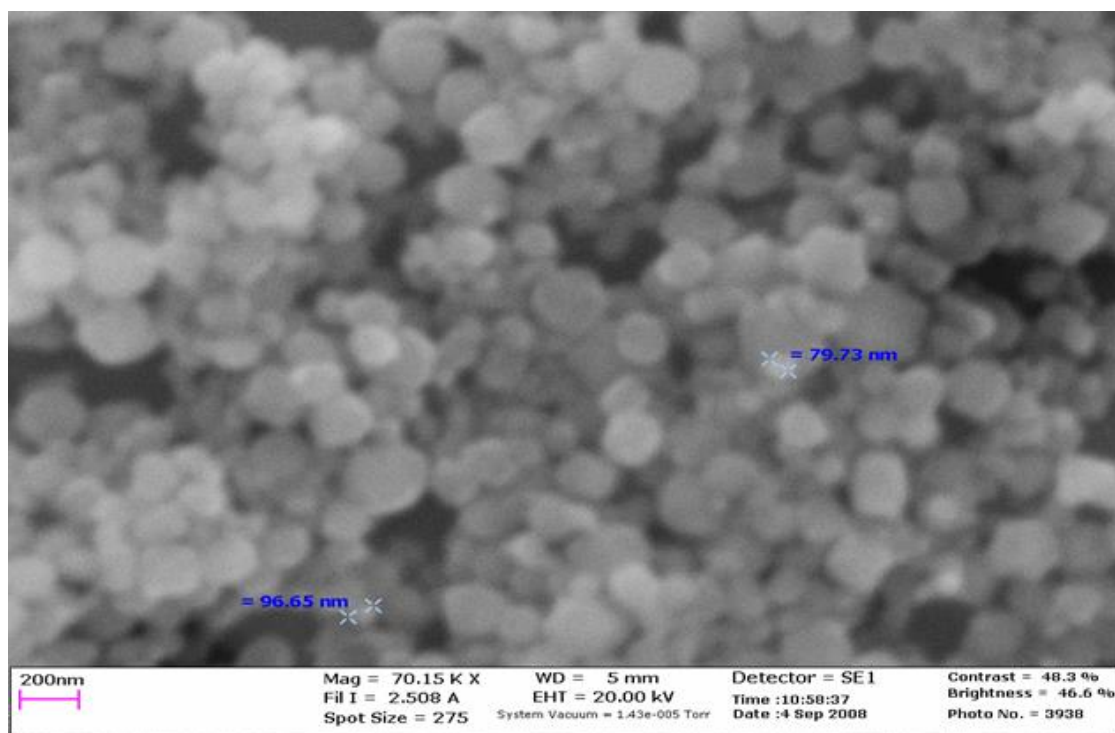


Рис. 1. СЭМ-микрофотография наночастиц меди – продуктов левитационно-струйного синтеза

Теплоты адсорбции были рассчитаны исходя из температурных зависимостей логарифмов удельных удерживаемых объемов соответствующих веществ. В исследуемом диапазоне температур наблюдалась инверсия пиков метанола и этанола, вместе с тем значения их удельных удерживаемых объемов были очень близки.

Значения вычисленных дифференциальных мольных теплот адсорбции и энтропийных составляющих сорбции тестовых веществ приведены в таблице 2.

В гомологическом ряду n-алканов имеет место закономерный рост значений теплоты адсорбции и энтропийной составляющей. Метанол, в отличие от этанола, характеризуется более высокой теплотой адсорбции. Аналогичный эффект наблюдался при адсорбции спиртов на полимерном сорбенте, модифицированном наночастицами платины: n-спирты с большей молекулярной массой адсорбируются слабее.

Таблица 1. Значения удельных удерживаемых объемов (V_g^T) тестовых веществ ($T=356\text{ K}$)

Сорбаты	V_g^T , (мл/г)
н-гептан	0,22
н-октан	0,46
н-нонан	1,17
метанол	0,20
этанол	0,17
бензол	0,38
гексин-1	0,15
гексен-1	0,11

Таблица 2. Дифференциальные молярные теплоты (\bar{Q}_1 , кДж/моль) и энтропийные составляющие адсорбции некоторых органических соединений (-А) на наночастицах меди

Сорбат	\bar{Q}_1 , (кДж/моль)	-А
н-гептан	13,2	5,9
н-октан	18,8	7,1
н-нонан	25,2	8,5
метанол	20,9	8,7
этанол	18,4	8,1
бензол	18,6	7,4
гексин-1	11,4	5,8
гексен-1	7,9	4,8

Значения теплот адсорбции непредельных и ароматических углеводородов увеличиваются в ряду: гексен-1 – гексин-1 – бензол, что свидетельствует о наличии специфических взаимодействий с адсорбентом. Долю вклада специфических взаимодействий ($\Delta\bar{Q}_1$) в общую теплоту адсорбции можно определить после анализа графика зависимости теплоты адсорбции от поляризуемости (α) по формуле:

$$\Delta\bar{Q}_1 = \bar{Q}_1 - \bar{Q}_{1(\text{гип.н-алкана})}$$

где \bar{Q}_1 - теплота адсорбции сорбата; $\bar{Q}_{1(\text{гип.н-алкана})}$ – теплота адсорбции гипотетического алкана, обладающего тем же значением поляризуемости, что и сорбат. Рассчитанные значения вклада специфических взаимодействий непредельных и ароматических углеводородов на исследуемом сорбенте представлены в таблице 3.

Таблица 3. Значение дифференциальных молярных теплот (\bar{Q}_1) адсорбции и вкладов в адсорбцию специфических взаимодействий ($\Delta\bar{Q}_1$) для некоторых тестовых сорбатов

Адсорбат	\bar{Q}_1 , кДж/моль	$\Delta\bar{Q}_1$ кДж/моль	$\Delta\bar{Q}_1/\bar{Q}_1$, %
Гексен-1	7,9	1,4	18
Гексин-1	11,4	8,0	70
Бензол	18,6	15,5	83

Из данных таблицы 3 видно, что рост значений общей теплоты адсорбции при переходе от гексена-1 к гексину-1 был обусловлен резким увеличением величины специфических взаимодействий ($\Delta\bar{Q}_1/\bar{Q}_1$), а значение данной характеристики при взаимодействии бензола с наночастицами меди достигает даже 83%.

Для исследования механизмов сорбции тестовых соединений была графически исследована зависимость между энтропийным вкладом в адсорбцию и теплотой адсорбции, которая называется термодинамической компенсацией. Анализ этой зависимости позволяет сделать вывод о том, что для н-алканов, непредельных и ароматических углеводородов механизмы сорбции схожи, в отличие от спиртов.

Выводы

Теплоты адсорбции исследованных тестовых соединений на наночастицах меди увеличиваются в ряду: непредельные углеводороды- н-алканы –бензол – н-спирты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Morozov Y. G. Preparation of nickel nanoparticles for catalytic applications / Y.G. Morozov, O.V. Belousova, M.V. Kuznetsov // Inorganic Materials. 2011. V.47. N. 1. P. 36-40.*
2. *Shishkovsky I. V. Porous polycarbonate membranes with Ni and Cu nanocatalytic additives fabricated by selective laser sintering / I.V. Shishkovsky, A.V. Bulanova, Y.G. Morozov // J. of Materials Science and Engineering B. 2012. V.12. P. 634-639.*

УДК 66.087.97

А. Г. Липин, А. А. Липин

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

ИЗВЛЕЧЕНИЕ НИТРАТА АММОНИЯ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД В ЭЛЕКТРОМЕМБРАННОМ АППАРАТЕ

Аннотация: Приведены результаты экспериментального исследования процесса извлечения нитрата аммония из раствора в лабораторном трехкамерном электро-мембранном аппарате. Установлен характер влияния режимных параметров на эффективность процесса. Разработана математическая модель процесса электродиализа для установки с циркуляционной схемой потоков. Выполнено сопоставление расчетных и экспериментальных данных. Показано, что предложенная математическая модель позволяет достоверно прогнозировать содержание нитрата аммония в концентрате.

Ключевые слова: электродиализ, раствор нитрата аммония, концентрирование, электромембранный аппарат.

A. G. Lipin, A. A. Lipin

REMOVAL OF AMMONIUM NITRATE FROM WASTEWATER IN AN ELECTROMEMBRANE APPARATUS

Abstract: Results of experimental investigation of ammonium nitrate removal from solution in laboratory scale three-chamber electromembrane device are presented. Laws of influence of the basic technological parameters on process efficiency were established. The mathematical model of electro dialysis for installation with circulation flows was developed. The comparison of calculated and experimental data was accomplished. It is shown that proposed mathematical model allows to reliably predict the content of ammonium nitrate in the concentrate.

Keywords: electro dialysis, ammonium nitrate solution, concentrating, electromembrane apparatus.

Эффективное выделение неорганических солей из водных растворов этих веществ может быть осуществлено посредством электродиализа. Электродиализ исторически развился как метод опреснения воды и позже стал применяться для очистки сточных вод, регенерации технологических растворов, очистки гальваностокос [1, 2].

В производстве аммиачной селитры образуются растворы малой концентрации: это конденсат сокового пара выпарных аппаратов, промывные воды и др. Использование электродиализа для обработки сточных азотсодержащих вод позволяет получить более концентрированный солевой раствор и, тем самым, вернуть в технологический процесс значительную долю нитрата аммония, а также обессоленный раствор, который можно вновь использовать в качестве технической воды. Для внедрения данного метода требуются данные о влиянии режимных параметров на процесс электродиализа раствора нитрата аммония. В работе [3] изучалось поведение ионообменных мембран в растворе нитрата аммония. В данной работе ставилась задача определения условий получения концентрированного раствора, пригодного для дальнейшего его концентрирования методом упаривания.

Исследования проводили на лабораторной установке (рис. 1), состоящей из трехкамерного электродиализатора с анионообменной мембраной МА-40 и катионообменной мембраной МК-40, регулируемого источника постоянного тока, перистальтического насоса и контрольных приборов для измерения силы тока и напряжения. В качестве электродов использованы пластины из титана с оксид-рутениевым покрытием (анод) и нержавеющая сталь (катод). Рабочая поверхность каждой мембраны составляла 112 см². Объем каждой камеры равен 22,5 см³. Процесс организован по циркуляционной схеме (рис. 1).

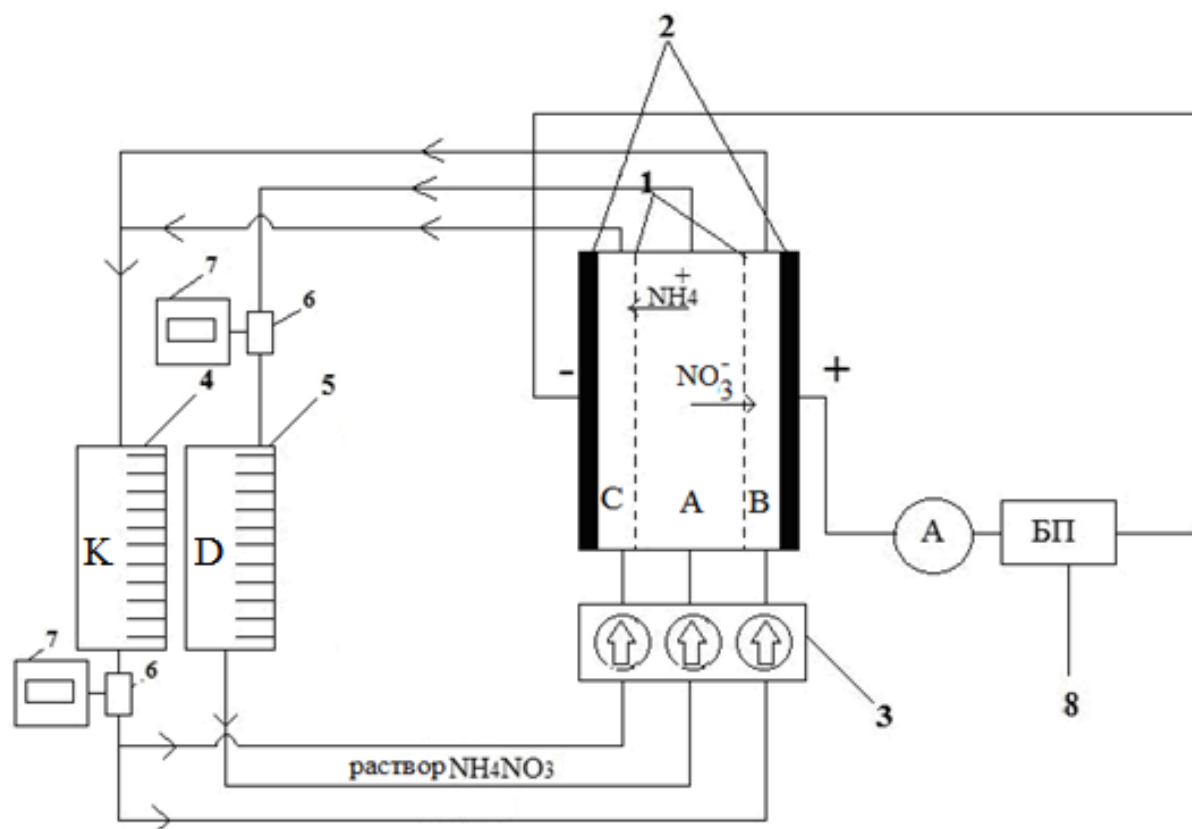


Рис. 1. Схема лабораторной установки: 1 – мембраны, 2 – электроды, 3 – перистальтический насос, 4 – ёмкость концентрата, 5 – ёмкость обессоливаемого раствора, 6 – кондуктометрический датчик, 7 – кондуктометр, 8 – блок питания

Перерабатываемый раствор подавался в среднюю камеру на обессоливание. Через анодную и катодную камеры так же циркулировал раствор нитрата аммония. В средней камере аппарата происходило снижение концентрации соли. Растворы из катодной и анодной камер направлялись в одну емкость концентрата 4. Процесс многократно повторялся. Таким образом, в емкости 4 концентрация нитрата аммония увеличивалась, а в емкости обессоливаемого раствора 5 уменьшалась (рис.2). Объем раствора в каждой из емкостей 4 и 5 составлял 250 мл.

В таблице 1 приведены основные параметры процесса электролиза: τ – продолжительность процесса, U – напряжение на электродах, η – выход по току, $i_{\text{ср}}$ – средняя за время опыта плотность тока, $j_{\text{ср}}$ – среднее значение потока ионов через мембрану, B – степень извлечения нитрата аммония из раствора, $P_{\text{уд}}$ – удельные затраты электроэнергии.

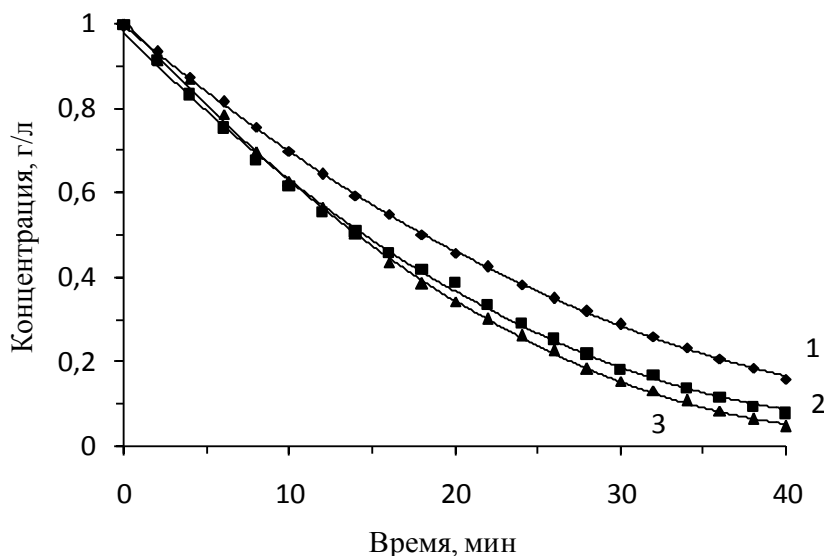


Рис. 2. Зависимости содержания нитрата аммония в обессоливаемом растворе от времени процесса. Разность потенциалов на электродах, В: 1 – 12, 2 – 14, 3 – 16

Таблица 1. Параметры процесса электродиализа

№	U, В	τ , мин	i_{cp} , А/м ²	$j_{cp} \cdot 10^5$, моль/с	В, доли	$P_{уд}$, кВт·ч/м ³	η , %
1	12	40	15,09	8,71	0,841	5,408	73,4
2	14	40	16,83	8,89	0,923	7,355	55,7
3	16	40	17,59	10,29	0,955	8,043	54,4

Анализ данных таблицы 1 показывает, что с повышением разности потенциалов от 12 до 16 В среднее значение плотности тока, удельные затраты энергии и степень извлечения соли возрастают. Выход по току уменьшается.

Были также выполнены эксперименты по исследованию влияния режимных параметров на процесс концентрирования раствора нитрата аммония. Опыты проводились с одинаковыми концентрациями исходного раствора NH_4NO_3 , 13г/л и с объемами раствора нитрата аммония в емкости концентрата $V_K=100$ мл в потенциостатическом режиме при разности потенциалов на электродах 14 В. Объем раствора V_D в емкости дилуата 5 от опыта к опыту увеличивался. Начальный объем раствора в емкости концентрата 4 не изменялся, поэтому конечная концентрация C_K от опыта к опыту возрастала (табл.2).

Таблица 2. Результаты экспериментов

№	V_D , мл	τ , мин	η , %	i_{cp} , А/м ²	$j_{cp} \cdot 10^6$, моль/с	C_K , г/л
1	100	22	50	198.5	12.3	25,5
2	200	38	50	228.8	14.3	38
3	350	58	55.3	239.65	16.34	57.5
4	900	72	62.5	250.7	18.8	97.1

С увеличением объема перерабатываемого раствора усредненные значения концентраций растворов в камерах электродиализатора повышаются, что приводит к увеличению как максимального, так и среднего значения силы тока. Выполненная серия экспериментов показала, что возможно получение концентрированного раствора с содержанием аммиачной селитры 97,1 г/л. Раствор такой концентрации может подвергаться дальнейшему концентрированию методом упаривания.

С целью прогнозирования рациональных режимных параметров процесса в условиях, отличающихся от исследованных, составлена математическая модель процесса электродиализного разделения раствора нитрата аммония в установке циркуляционного типа с трехкамерным электромембранным аппаратом. Были приняты следующие допущения: для потока раствора в каналах электродиализной ячейки принимался режим идеального вытеснения. В приёмных ёмкостях 4, 5 принимался режим идеального смешения.

При высоких степенях концентрирования, когда разность концентраций растворов в камерах обессоливания и концентрирования значительна, появляется существенный осмотический поток воды. Вода переносится через мембраны из камеры обессоливания в камеру концентрирования под действием градиента концентраций. Наличие осмотического потока воды приводит к разбавлению концентрата. Это явление необходимо учитывать при разработке математического описания процесса электродиализа.

Запишем уравнения материального баланса для камер концентрирования и обессоливания, согласно расчетной схеме приведенной на рис. 3.

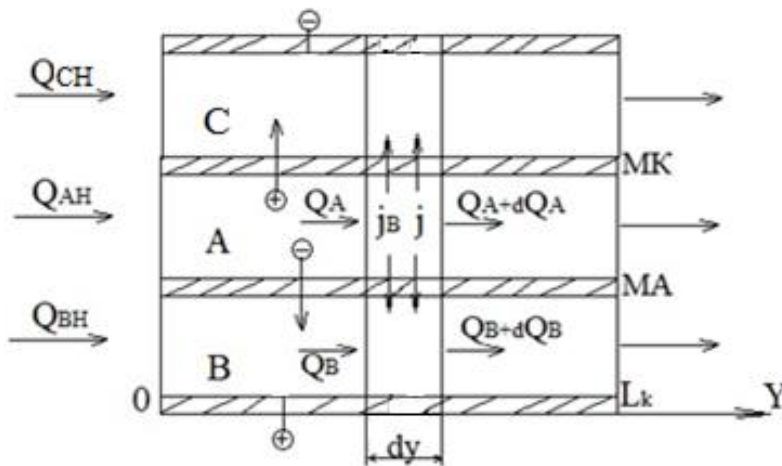


Рис. 3. Расчетная схема потоков

Из камеры А в камеры В и С перемещаются потоки ионов j_1 , j_2 и воды j_w . Запишем уравнения баланса по общему количеству вещества и по компонентам раствора для контрольного объема $dV=S \cdot dy$, длиной dy и площадью поперечного сечения $S=h \cdot b$, где h – расстояние между мембранами, м; b – ширина канала, м.

Уравнение баланса по общему количеству вещества для камеры обессоливания:

$$\rho Q^A - \rho(Q^A + dQ^A) - j_w - j_1 - j_2 = dV \cdot \partial \rho / \partial \tau \quad (1)$$

где Q^A – объемный расход раствора через камеру обессоливания; ρ – плотность раствора.

Принимаем допущение, что скорость изменения плотности раствора во времени пренебрежимо мала $\partial \rho / \partial \tau \cong 0$. На практике уменьшение концентрации соли в малоцентрированном растворе не приводит к заметному изменению плотности раствора.

Массовые потоки ионов соли через единицу площади поверхности мембран составляют:

$$j_1 = t_1 \cdot i \cdot M_1 / (z_1 F), \quad j_2 = t_2 \cdot i \cdot M_2 / (z_2 F), \quad (2)$$

где i – плотность тока, А/м²; $F = 96500 \cdot 10^3$ – число Фарадея, А·с/кмоль; t_1, t_2 – числа переноса для ионов NO_3^- и NH_4^+ ; M_1, M_2 – молекулярные массы, кг/кмоль; z_1, z_2 – зарядовое число иона.

Удельный осмотический поток воды, согласно уравнению диффузии, равен:

$$j_w = M_w D (C_w^A - C_w^B) / \delta, \quad (3)$$

где D – диффузионная проницаемость мембраны по воде, м²/с; δ – толщина мембраны, м; C_w^A, C_w^B – концентрации воды в камерах А и В соответственно, кмоль/м³, M_w – молекулярная масса воды, кг/кмоль.

С учетом выражений (2) и (3) уравнение (1) принимает вид:

$$\rho Q^A - \rho(Q^A + dQ^A) - [M_w D (C_w^A - C_w^B) / \delta + t_1 \cdot i \cdot M_1 / (z_1 F) + t_2 \cdot i \cdot M_2 / (z_2 F)] b \cdot dy = 0. \quad (4)$$

После преобразований получим:

$$dQ^A / dy = - [M_w D (C_w^A - C_w^B) / \delta + t_1 \cdot i \cdot M_1 / (z_1 F) + t_2 \cdot i \cdot M_2 / (z_2 F)] b / \rho. \quad (5)$$

Уравнение (5) характеризует изменение расхода раствора вдоль канала камеры обессоливания. Запишем уравнение материального баланса по растворенному компоненту для камеры обессоливания:

$$Q^A C^A - (Q^A + dQ^A)(C^A + dC^A) - t_1 \cdot i \cdot b \cdot dy / (z_1 F) = hb \cdot dy \cdot (dC^A / d\tau). \quad (6)$$

Величиной второго порядка малости пренебрегаем $dQ^A \cdot dC^A \cong 0$.
После преобразований получаем:

$$\frac{dC^A}{d\tau} = -\frac{dQ^A}{dy} \frac{C^A}{h \cdot b} - \frac{Q^A}{h \cdot b} \frac{dC^A}{dy} - \frac{1}{h} \frac{t_1 \cdot i}{z_1 \cdot F}. \quad (7)$$

Запишем уравнение материального баланса по воде для камеры обессоливания:

$$Q^A C_w^A - (Q^A + dQ^A)(C_w^A + dC_w^A) - D \frac{C_w^A - C_w^B}{\delta} M_w b \cdot dy = hb \cdot dy \frac{dC_w^A}{d\tau}. \quad (8)$$

После преобразований получаем уравнение для расчета концентрации воды в камере А:

$$\frac{dC_w^A}{d\tau} = -\frac{dQ^A}{dy} \frac{dC_w^A}{hb} - \frac{Q^A}{hb} \frac{dC_w^A}{dy} - \frac{M_w D}{h} \frac{C_w^A - C_w^B}{\delta}. \quad (9)$$

Аналогично получают уравнения:

- для расчета концентрации воды в камере В

$$\frac{dC_w^B}{d\tau} = -\frac{dQ^B}{dy} \frac{dC_w^B}{hb} - \frac{Q^B}{hb} \frac{dC_w^B}{dy} + \frac{M_w D}{h} \frac{C_w^A - C_w^B}{\delta}, \quad (10)$$

- для расчета концентрации растворенного компонента в камере В

$$\frac{dC_1^B}{d\tau} = -\frac{dQ^B}{dy} \frac{C_1^B}{hb} - \frac{Q^B}{hb} \frac{dC_1^B}{dy} + \frac{1}{h} \frac{t_1 \cdot i}{z_1 F}, \quad (11)$$

- для расчета общего расхода вещества через камеру В

$$dQ^B / dy = \left[M_w D (C_w^A - C_w^B) / \delta + t_1 \cdot i \cdot M_1 / (zF) \right] b / \rho, \quad (12)$$

- для расчета концентрации воды в камере С

$$\frac{dC_w^C}{d\tau} = -\frac{dQ^C}{dy} \frac{dC_w^C}{hb} - \frac{Q^C}{hb} \frac{dC_w^C}{dy} + \frac{M_w D}{h} \frac{C_w^A - C_w^C}{\delta}, \quad (13)$$

- для расчета концентрации растворенного компонента в камере С

$$\frac{dC_2^C}{d\tau} = -\frac{dQ^C}{dy} \frac{C_2^C}{hb} - \frac{Q^C}{hb} \frac{dC_2^C}{dy} + \frac{1}{h} \frac{t_2 \cdot i}{z_2 F}, \quad (14)$$

- для расчета общего расхода вещества через камеру С

$$dQ^C / dy = [M_w D (C_w^A - C_w^C) / \delta + t_2 \cdot i \cdot M_2 / (zF)] b / \rho, \quad (15)$$

Плотность раствора может быть рассчитана по формуле:

$$\rho = 1 / [1 / (M_w C_w) + 1 / (M \cdot C)], \quad (16)$$

где М – молекулярная масса соли.

Уравнения, позволяющие рассчитать концентрацию растворов в емкостях D и K, имеют вид:

$$dC_V^D(\tau) / d\tau = Q_A (C^A(L_k, \tau) - C_V^D) / V_D, \quad (17)$$

$$dC_{IV}^K(\tau) / d\tau = Q_B (C_1^B(L_k, \tau) - C_{IV}^K) / V_K, \quad (18)$$

$$dC_{2V}^K(\tau) / d\tau = Q_C (C_2^C(L_k, \tau) - C_{2V}^K) / V_K, \quad (19)$$

$$dC_W^D(\tau) / d\tau = Q_A (C_W^A(L_k, \tau) - C_W^D) / V_D, \quad (20)$$

$$dC_W^K(\tau) / d\tau = [Q_B(L_k) \cdot C_W^B(L_k, \tau) + Q_C(L_k) \cdot C_W^C(L_k, \tau) - C_W^K(Q_H^B + Q_H^C)] / V_D. \quad (21)$$

Плотность тока:

$$i = \Delta U / (R_A^m / r_A^m + R_A / \chi_A + R_B / \chi_B + R_C / \chi_C + R_B^m / r_B^m), \quad (22)$$

где R_A, R_B, R_C – толщина слоя растворов, м; χ_A, χ_B, χ_C – удельная электропроводность растворов в камерах А, В, С, $\text{ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$; R_A^m – толщина анионообменной и катионообменной мембран; r_A^m, r_B^m – удельная электропроводность мембран.

Уравнения (5)-(22) описывают процесс электродиализа раствора соли в установке с трехкамерным элетромембранным аппаратом с учетом явления осмоса. В этих уравнениях: C_1^A, C_1^B – концентрация ионов NO_3^- в камерах А и В, $\text{кмоль}/\text{м}^3$; C_2^C – концентрация ионов NH_4^+ в камере С, $\text{кмоль}/\text{м}^3$; у – координата вдоль потока раствора, м; L_K – длина канала, м; А – камера обессоливания; В – анодная камера; С – катодная камера; $C_V^D, C_{IV}^K, C_{2V}^K$ – концентрации соли и ионов в расходных емкостях обессоливаемого раствора (дилюата) D и концен-

трата K , кмоль/ m^3 ; Q^A , Q^B , Q^C – расход раствора через камеры А, В, С электродиализатора, m^3/c .

Начальные условия для системы уравнений (5)-(21): $C^A(y,0) = C_H^A$, $C_1^B(y,0) = C_{1H}^B$, $C_2^C(y,0) = C_{2H}^C$, $C_W^A(y,0) = C_{WH}^A$, $C_W^B(y,0) = C_{WH}^B$, $C_W^C(y,0) = C_{WH}^C$, $C_V^D(y,0) = C_H^A$, $C_{1V}^K(y,0) = C_{1H}^B$, $C_{2V}^K(y,0) = C_{2H}^C$, $C_W^D(0) = C_{WH}^A$, $C_W^K(0) = C_{WH}^B$.

Граничные условия: $C^A(0,\tau) = C_V^D(\tau)$, $C_1^B(0,\tau) = C_{1V}^K(\tau)$, $C_2^C(0,\tau) = C_{2V}^K(\tau)$, $Q^A(0) = C_H^A$, $Q^B(0) = C_H^B$, $Q^C(0) = C_H^C$.

Решение системы уравнений математического описания осуществлялось с помощью математического пакета MathCad. На каждом шаге расчета электропроводность растворов в зависимости от их концентрации определялась путем интерполяции в таблицах экспериментальных данных [4].

На рис. 4 приведены зависимости характеризующие изменение концентрации раствора нитрата аммония в емкостях концентрата и обессоливаемого раствора (дилюата) во времени. Непрерывные линии соответствуют расчету по математической модели, точки – экспериментальные данные.

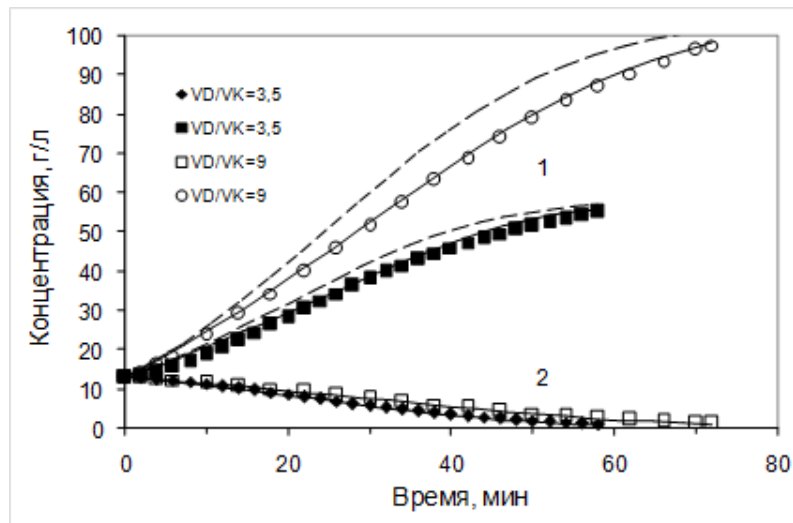


Рис. 4. Зависимости концентраций нитрата аммония от времени процесса электродиализа: 1- в емкости концентрата, 2 – в емкости дилюата; VD/VK – отношение объемов исходных растворов в емкостях дилюата и концентрата

Сопоставление расчетных и экспериментальных данных показало их хорошее соответствие. Средняя относительная ошибка составила 5.2 %. Пунктирные линии характеризуют результаты расчета без учета явления осмоса. В этом случае расчетные значения концентраций раствора в камере концентрата всегда существенно больше экспериментально наблюдаемых значений. Таким обра-

зом, изложенная математическая модель позволяет более достоверно прогнозировать изменение во времени концентрации растворов в электродиализной установке.

Выводы

На электродиализной установке с циркуляционной схемой потоков получен раствор аммиачной селитры с концентрацией 97,1 г/л, который может подвергаться дальнейшему концентрированию методом упаривания. Таким образом, показана возможность возврата нитрата аммония, содержащегося в сточных водах, в технологический цикл.

Составлена математическая модель процесса электродиализного разделения раствора нитрата аммония в установке циркуляционного типа. Предложенная математическая модель отражает наиболее важные особенности процесса и может быть использована при расчете электродиализной установки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пилат Б.В.* Основы электродиализа. М.: Авваллон, 2004. 456 с.
2. *Липин А.Г., Липин А.А., Архипов Н.А.* Очистка сточных вод от моноаммонийфосфата в электромембранном аппарате // Российский химический журнал. 2019. т. LXIII, №№.3-4. с.45-49.
3. *Нифталиев С.И., Козадерова О. А.* Структурно-кинетические параметры ионообменных мембран МК-40 и МА-41 в растворах нитрата аммония // Сорбционные и хроматографические процессы. 2015. Т. 15, № 5. С. 708-713.
4. *Добош Д.* Электрохимические константы: справочник. - М.: Мир, 1980. 365 с.

УДК 614.841

А. С. Михайлов, О. Е. Сторонкина, Т. А. Мочалова

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В ЭКСПЕРТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО ДЕЛАМ О ПОЖАРАХ

Аннотация: в статье рассмотрена возможность применения метода термического анализа в пожарно-технической экспертизе. Представлены частные задачи, которые могут быть решены с использованием термического анализа в экспертных исследованиях текстильных тканей и изделий из них по делам о пожарах.

Ключевые слова: термический анализ, термогравиметрические кривые, пожарно-техническая экспертиза, объекты исследования, текстильные материалы.

A. S. Mihaylov, O. E. Storonkina, T. A. Mochalova

APPLICATION OF THE THERMAL ANALYSIS METHOD IN EXPERT STUDIES OF TEXTILE MATERIALS ON FIRE CASES

Abstract: the article considers the possibility of using the thermal analysis method in fire-technical expertise. Particular problems are presented that can be solved using thermal analysis in expert studies of textile fabrics and products from them in cases of fires.

Key words: thermal analysis, thermogravimetric curves, fire-technical expertise, research objects, textile materials.

После пожара практически всегда, возникает потребность в информации о свойствах пожарной опасности веществ и материалов до пожара и после него. В этом случае нет необходимости использовать разрушающие методы, которые зачастую сложны, и требуют длительного времени их проведения, а возможно применять методы термического анализа.

Термический анализ является одним из наиболее известных и широко применяемых методов исследований, хорошо зарекомендовавший себя при изучении свойств различных органических веществ и материалов в процессе температурного воздействия. Этот анализ имеет ряд преимуществ перед другими методами исследований: гибкость постановки эксперимента, одновременное получение нескольких характеристик материала, быстрое снятие информации, возможность автоматизации при обработке данных, использование малого количества вещества.

Термический анализ (ТА) – разновидность физико-химического анализа, который основан на регистрации тепловых эффектов превращений, протекающих в исследуемом образце при воздействии температуры.

Термический анализ включает в себя:

– термогравиметрический анализ (ТГА), регистрирующий изменение массы образца в зависимости от температуры;

– дифференциальный термический анализ (ДТА), заключающийся в нагревании или охлаждении образца с определённой скоростью и записи временной зависимости разницы температур между исследуемым образцом и образцом сравнения;

– дифференциальную сканирующую калориметрию (ДСК), метод, в котором различие между скоростью теплового потока в образце и скоростью теплового потока в эталоне (стандартном образце) регистрируется как функция температуры и/или времени;

– термомеханический анализ (ТМА);

– динамический механический анализ (ДМА);

– дилатометрия (ДИЛ);

– диэлектрический анализ (ДА) [1].

В работах [2, 3] на конкретных примерах показаны возможности применения термического анализа в пожарно-технической экспертизе.

Одной из многочисленных задач, которая может решаться этим методом, является дифференциация горючих и негорючих веществ и материалов. У твердых органических веществ горение сопровождается термическим разложением с выделением горючих летучих, которые при достижении известной концентрации поддерживают пламенное горение. На термограмме, полученной на воздухе, это проявляется уменьшением массы на термогравиметрической кривой. Одновременно, за счет сгорания горючих летучих, на дифференциально-термической кривой проявляется экзотермический эффект (или несколько) в случае, если термическое разложение происходит в несколько стадий.

У веществ, образующих при сгорании коксовый остаток, по мере повышения температуры сопровождается еще одной стадией пиролиза – выгоранием коксового остатка, проявляющейся в дополнительной убыли массы и еще одним экзоэффектом. И эта стадия обычно заканчивается полным выгоранием органической массы материала (остается зольный остаток).

Чтобы убедиться, что выявленные экзоэффекты характеризуют именно процесс горения и исследуемое вещество действительно горючее, дополнительно снимают контрольную термограмму в инертной атмосфере. В инертной среде тепловые эффекты, связанные с выделением тепла за счет выгорания горючих летучих и коксового остатка, будут отсутствовать.

На практике эксперты испытательных пожарных лабораторий используют термический анализ в основном для проверки качества огнезащитных покрытий. В представленной статье показана возможность применения метода термического анализа для оценки пожарной опасности текстильных материалов и изделий из них.

Практически все текстильные материалы и изделия из них являются горючими и способны воспламеняться при воздействии источников зажигания малой мощности и распространять пламя по своей поверхности. Поэтому часто пожары в помещениях начинаются с воспламенения изделий из текстиля.

Все чаще, при проведении судебной пожарно-технической экспертизы у экспертов стали возникать вопросы не только о причине возникновения и расположении очага пожара, но и о параметрах развития пожара, таких как продолжительность, площадь, скорость распространения. Для определения скоростных параметров развития пожара в помещениях необходимо знать пожароопасные свойства текстильных материалов, к которым относятся - группа горючести веществ и материалов, воспламеняемость, скорость распространения горения, наличие огнезащитной обработки [4].

Термогравиметрический метод исследования и анализа, основан на регистрации изменения массы образца в зависимости от его температуры в условиях программированного изменения температуры среды. Испытания проводились на термическом анализаторе SETSYS Evolution. Общий вид термограви-

метрических кривых для исследуемых образцов текстильных тканей представлен на рис. 1-3. Полученные кривые отображают следующие параметры:

1 – термогравиметрическая зависимость (TG, мг), показывающая потерю массы образца по мере увеличения температуры;

2 – дифференциальная термогравиметрическая зависимость (DTG, мг/мин), характеризующая скорость изменения массы образца с ростом температуры.

Характер полученных термогравиметрических зависимостей (рис. 1-2) свидетельствуют о том, что до температуры 250°C целлюлоза, являющаяся основой хлопка и льна, не претерпевает каких-либо изменений, о чем свидетельствует горизонтальный участок зависимости, идущий параллельно температурной оси.

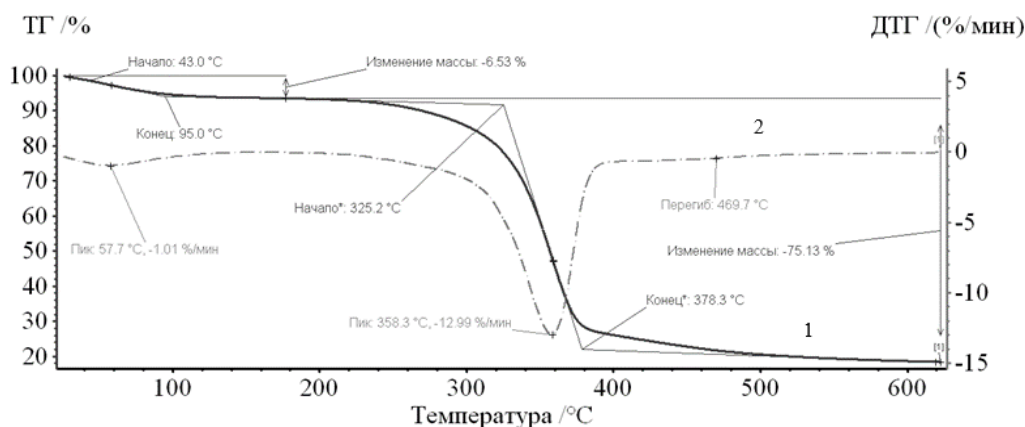


Рис. 1. Общий вид термогравиметрических кривых для образца из хлопкового волокна

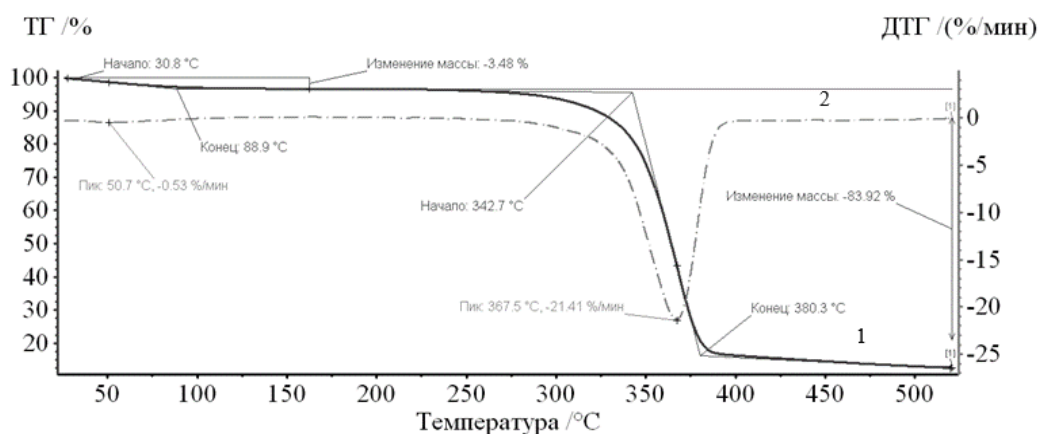


Рис. 2. Общий вид термогравиметрических кривых для образца из льняного волокна

Второй участок начинается с температуры 250°C. Здесь наблюдается резкая потеря массы образцов, что говорит о протекании процессов термической деструкции волокон, т.е. разрушения образцов под действием температуры. При этом в интервале температур 260-350°C разложение идет с высокой скоростью. Однако процесс деструкции заканчивается для целлюлозы хлопка при температуре 350°C, а для целлюлозы льна - при 375°C. Данный факт можно объяснить тем, что целлюлоза льна имеет большую степень полимеризации, т.е. ее макромолекулы значительно длиннее, чем у целлюлозы хлопка, следовательно, для полного разрушения требуются более жесткие условия.

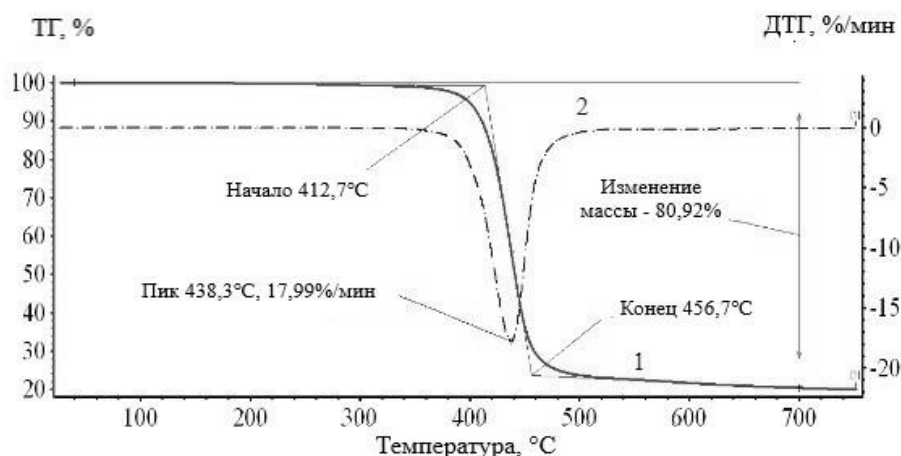


Рис. 3. Общий вид термогравиметрических кривых для образца из синтетического волокна

Для ткани содержащей синтетические волокна (полиэстер) (рис. 3) горизонтальный участок является более длинным и заканчивается при достижении температуры в 400°C, что можно объяснить более высокой термостойкостью синтетического волокна. На втором участке наблюдается резкая потеря массы образцов, что свидетельствует о протекании процесса термодеструкции [5].

Методом термогравиметрии получена информация, дающая представление о характере поведения исследуемых тканей при нагревании, а результаты полученных термограмм показывают принципиальную возможность использования термического анализа для оценки пожароопасных свойств текстильных материалов.

Таким образом, методом термического анализа была получена информация, характеризующая поведение исследуемого материала при нагревании. Показано, что метод термического анализа довольно успешно может применяться в пожарно-технической экспертизе, а также применяться как дополнительный метод исследования материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Моторыгин Ю. Д.* Исследование пожарной опасности материалов с помощью методов термического анализа. – Диссертация на соискание ученой степени, СПбУ ГПС МЧС России. – 2007.
2. *Кондратьев С. А.* Криминалистические проблемы использования термического анализа при расследовании дел, связанных с пожарами: дис. канд. юрид. наук. СПб.: С.-Петербург. ун-т МВД России. 1999.
3. Термический анализ при исследовании объектов судебной пожарно-технической экспертизы: учеб. пособие / М.Ю. Принцева [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2018. 128 с.
4. *Сторонкина О. Е.* Исследование показателей пожарной опасности текстильных материалов в целях судебной пожарно-технической экспертизы / О. Е. Сторонкина, Т. А. Мочалова, Д. В. Калашников // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2021. – № 4(68). – С. 80-85. – DOI 10.6060/snt.20216804.00012.
5. *Сторонкина О. Е.* Оценка пожароопасных показателей интерьерных тканей / О. Е. Сторонкина, Т. А. Мочалова // Современные проблемы гражданской защиты. – 2021. – № 2(39). – С. 96-101.

УДК 537.525

*Д. Б. Мурин, А. А. Малюгин, С. А. Пивоваренок,
Д. В. Ситанов, А. М. Ефремов*

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНЕРТНОЙ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ГАЗОВОЙ ДОБАВКИ НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА ПОСТОЯННОГО ТОКА ТРИФТОРМЕТАНА

Аннотация: проведен сравнительный анализ влияния добавки кислорода и аргона на электрофизические свойства тлеющего разряда постоянного тока трифторметана (CHF_3 , фреон R-23). Получены экспериментальные данные по величине приведенной мощности, температуре газа и приведенной напряженности электрического поля. Показано, что температура газа и приведенная напряженность электрического поля уменьшаются с увеличением доли кислорода и аргона в смеси с трифторметаном.

Ключевые слова: плазма, тлеющий разряд, трифторметан, фреоны, температура газа, приведенная напряженность электрического поля.

*D. B. Murin, A.A. Malyugin, S.A. Pivovarenok,
D.V. Sitanov, A.M. Efremov*

**COMPARATIVE STUDY OF THE INFLUENCE OF A INERT
AND MOLECULAR GAS ADDITIVE ON THE ELECTROPHYSICAL
PROPERTIES OF A DC GLOW DISCHARGE OF TRIFLUOROMETHANE**

Annotation: a comparative analysis of the effect of the addition of oxygen and argon on the electrophysical properties of a DC glow discharge of trifluoromethane (CHF_3 , freon R-23) was carried out. Experimental data on the magnitude of the reduced power, gas temperature, and reduced electric field strength have been obtained. It is shown that the gas temperature and the reduced electric field strength decrease with an increase in the proportion of oxygen and argon in the mixture with trifluoromethane.

Keywords: plasma, glow discharge, trifluoromethane, freons, gas temperature, reduced electric field strength.

На данном этапе развития «плазменных» технологий при формировании топологий широкого круга неорганических материалов, в частности кремния (Si), хорошо зарекомендовали себя смеси фтор-хлор-водородсодержащих (CF_4 , CHF_3 , CF_2Cl_2 , HCl) газов с инертными (Ar, He) и молекулярными (N_2 , O_2 , H_2) газовыми добавками [1, 2]. Использование смесей газов в технологии дает ряд очевидных преимуществ таких, как стабилизация плазмы, увеличения анизотропии процесса (речь идет об улучшении профиля травления), повышения срока службы откачные средства и конструкционных элементов технологических установок, повышению экологической чистоты производства за счет снижения токсичных компонентов в отходящих газах плазмохимических установок [1]. Использование в качестве второго компонента смеси молекулярных газов (например, кислорода – O_2) позволяет достигать специфических эффектов при травлении ряда материалов, которые не достижимы с помощью однокомпонентного плазмообразующего газа (борьба с органическими загрязнениями поверхности и другое). Наряду с внешними параметрами разряда (давление и расход газа, вкладываемая мощность), начальный состав смеси (доля разбавления) также позволяет регулировать конечный результат обработки поверхности. Кроме этого, разбавление химически активных газов аргоном, гелием или азотом оказывает влияние на кинетику плазмохимических процессов и концентрации активных частиц за счет изменения электрофизических свойств плазмы [3–5]. Целью данной работы являлось исследование влияния добавок инертного аргона и молекулярного кислорода на электрофизические свойства плазмы трифторметана в условиях тлеющего разряда постоянного тока.

Для исследования влияния добавки Ar и O_2 на электрофизические свойства тлеющего разряда постоянного тока в трифторметане использовалась экспериментальная плазмохимическая установка проточного типа (рис. 1). Реактор представлял собой трубку из молибденового стекла (марка С-49) длиной

$l = 56$ см и внешним диаметром $= 2.8$ см. Внутренний диаметр реактора при этом составлял 2.5 см. Электроды располагались в боковых отростках и имели вид полых цилиндров из анодированного алюминия. Длина разряда составляла 36 см.

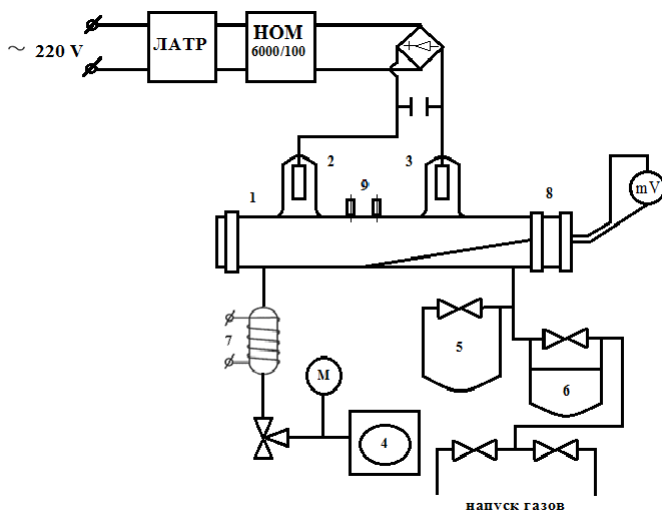


Рис. 1. Схема экспериментальной установки проточного типа:
 1 – реактор, 2 – катод, 3 – анод,
 4 – форвакуумный насос ВН-461,
 5 – масляный манометр,
 6 – расходомер, 7 – медная ловушка для отходящих газов,
 8 – быстросъемное фланцевое соединение, 9 – зонды

Откачка системы до 10^{-2} осуществлялась форвакуумным насосом ВН-461. Контроль давления газов осуществлялся с помощью манометрического терморпарного датчика ПМТ-2, соединенного с вакуумметром ВТ-2. Давление рабочего газа в разрядной трубке измерялось U-образным манометром (рабочей жидкостью выступало силиконовое масло, $\rho = 1.04$ г/см³). После каждого эксперимента реактор чистился в плазме чистого кислорода (время полной очистки реактора составляло более 10 минут). Трифторметан, аргон и кислород набирались в хлорвиниловые емкости, откаченный до предельного остаточного давления ≈ 1 Па, из металлического баллона с маркой "чистый" (содержание основного газа не менее 99.5%). Плазма смесей CHF_3/Ar и CHF_3/O_2 возбуждалась от с помощью трансформатора, первичная обмотка которого питалась от ЛАТРа (данный прибор необходим для плавного регулирования входного напряжения в диапазоне 0÷6 кВ). Выход высоковольтного трансформатора соединен с выпрямительным устройством – диодным мостом и конденсатором для сглаживания пульсации напряжения, питающего разряд. Сила тока в цепи разряда измерялась миллиамперметром электромагнитной системы. В качестве варьируемых параметров плазмы выступали: давление, состав смеси, расход плазмообразующего газа и ток разряда. Диапазоны варьирования параметров приведены в *таблице 1*.

Таблица 1. Диапазоны изменения параметров плазмы

Величина			Диапазон изменений
Давление газа	P	Па	20÷200
Ток разряда	I	мА	10÷25
Температура	T	К	300÷700
Напряжение между зондами	U _к	В	10÷900
Плотность тока разряда	J	мА/см ²	1.6÷5.6
Мощность, вкладываемая в разряд	W	Вт/см ³	0.05÷0.31

В настоящее время термопарные методы [6–9] диагностики плазмы являются наиболее распространенными методами определения температуры газа. В основе данных методов лежит введение остеклованной термопары непосредственно в зону плазмы (так называемые – прямые измерения). Однако при этом возникает необходимость учета дополнительных каналов нагрева и теплоотвода. В частности, на поверхности термопары происходят различные гетерогенные процессы, например, рекомбинации, а также отвод энергии через излучение и теплопроводность конструктивных элементов, вследствие чего невозможно напрямую сопоставить показания термопары и температуру газа. В рамках данного исследования термопара непосредственно в плазму не вводилась, а температура газа определялась при помощи решения уравнения теплового баланса цилиндрического разрядника (при , где) в условиях естественного охлаждения. Аналогичным методом рассчитывается тепловой баланс газоразрядных источников света [10]. Из работы [10] известно, что тепло в объеме газа передается стенкам реактора преимущественно через теплопроводность. Справедливости этого утверждения, была доказана данными работы [11], в которой приводится сравнение эффективности различных каналов нагрева стенки реактора. В упрощенном виде уравнение теплового баланса разрядника может быть представлено в виде $W = iE \approx W_T$, при этом для определения температуры газа достаточно провести измерение температуры наружной стенки реактора [12]. Предполагая, что профили распределения температуры в стенке реактора и в газе вблизи стенки близки к линейным, расчет температуры газа может быть произведен по следующим соотношениям:

$$T_{\text{внут}} = T_{\text{внеш}} + \frac{iE \ln(r_{\text{внеш}}/r_{\text{внут}})}{2\pi\eta_{\text{wall}}} \quad (1)$$

$$T_{0.5r} = T_{\text{внут}} + \frac{iE \ln(2)}{2\pi\eta_{\text{gas}}} \quad (2)$$

где – температура наружной стенки, – температура внутренней стенки, $T_{0.5r}$ – температура газа в точке, соответствующей половине радиуса реактора, $\eta_{\text{wall}} = 0.795 \times 10^{-2}$ Вт/(см·К) – коэффициент теплопроводности стекла и η_{gas} – коэффи-

циент теплопроводности газа, который рассчитывался индивидуально для смесей по соотношению Эйкена:

$$\eta_{gas} = 100 \frac{\chi_{gas} C_V}{M} \left(1 + \frac{9}{4} \frac{R}{C_V} \right) \quad (3)$$

где χ_{gas} – вязкость газа, C_V – теплоёмкость газа, M – молярная масса, R – универсальная газовая постоянная ($R=8.31$ Дж/моль·К). Температура наружной стенки реактора измерялась с помощью предварительно откалиброванной хромель-копелевой термопары. Измерения температуры проводились через 10 мин после зажигания разряда при достижении условия $= const$. Для определения напряженности электрического поля был использован 2-х зондовый метод с компенсационной схемой [6, 13]. Кроме этого, данная схема была снабжена системой очистки зондов (рис. 2).

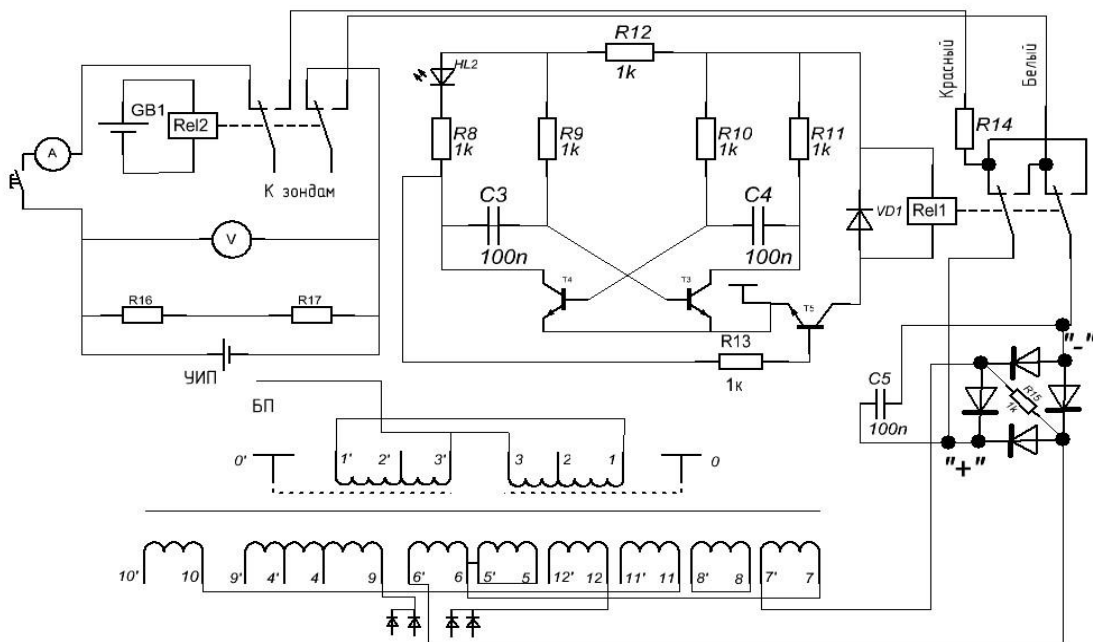


Рис. 2. Электрическая схема очистки зондов

Разность потенциалов между двумя остеклованными зондами (медь, \varnothing 0.05 мм), расположенными на оси разрядной трубки, компенсировалась с помощью универсального источника питания УИП-1. Нуль-индикатор регистрировал отсутствие тока в цепи зондов, а напряжение компенсации определялось по показаниям мультиметра. Величина напряженности электрического поля на оси разряда E определялась по соотношению:

$$E = \frac{U}{l_3} \quad (4)$$

где U – напряжение компенсации зондового тока, а $l_3 = 7.7$ см – расстояние между зондами.

При расчете приведенной напряженности электрического поля E/N (где $N = p/k_B T$ – общая концентрация частиц в реакторе при данном давлении p и температуре газа T) полагалось, что распределение температуры по радиусу трубки подчиняется функции Бесселя первого рода нулевого порядка [6] и использовалась величина температуры, усредненной на полурадиус реактора $T_{0.5r}$. Таким образом, распределение величины E/N по радиусу реактора не учитывалось. Допустимость такого подхода была продемонстрирована в работе [13], а в его основе лежит компенсация радиального падения температуры, констант скоростей пороговых процессов и концентрации электронов и роста концентраций нейтральных частиц. Это позволяет определять средние по объему плазмы скорости процессов и концентрации частиц. При этом величина приведенной напряженности поля может быть найдена по соотношению:

$$\frac{E}{N} = \frac{UkT_{0.5r}}{l_{pr}P} \quad (5)$$

где k – константа Больцмана, P – общее давление плазмообразующего газа.

Эксперименты показали, что рост доли газовой добавки O_2 и Ar при постоянстве силы тока приводит к уменьшению величины напряженности электрического поля (таб. 2, CHF_3/Ar : ~ 3.7 раза (15 мА) и ~ 4.1 раза (25 мА); CHF_3/O_2 : ~ 1.8 раза (15 мА) и ~ 2 раза (25 мА) при увеличении доли Ar и O_2 от 0÷100%) и, как следствие сопровождается линейным спадом удельной мощности, вкладываемой в плазму смесей CHF_3/Ar (рис. 3 а) и CHF_3/O_2 (рис. 3 б).

Таблица 2. Зависимость осевой напряженности электрического поля от давления газа смеси CHF_3/Ar и CHF_3/O_2

$\delta, \%$	CHF_3/Ar		CHF_3/O_2	
	E, В/см (15 мА)	E, В/см (25 мА)	E, В/см (15 мА)	E, В/см (25 мА)
100/0	44	46	42	38
80/20	38	33	37	35
50/50	34	30	36	34
20/80	26	21	32	29
0/100	12	11	24	19

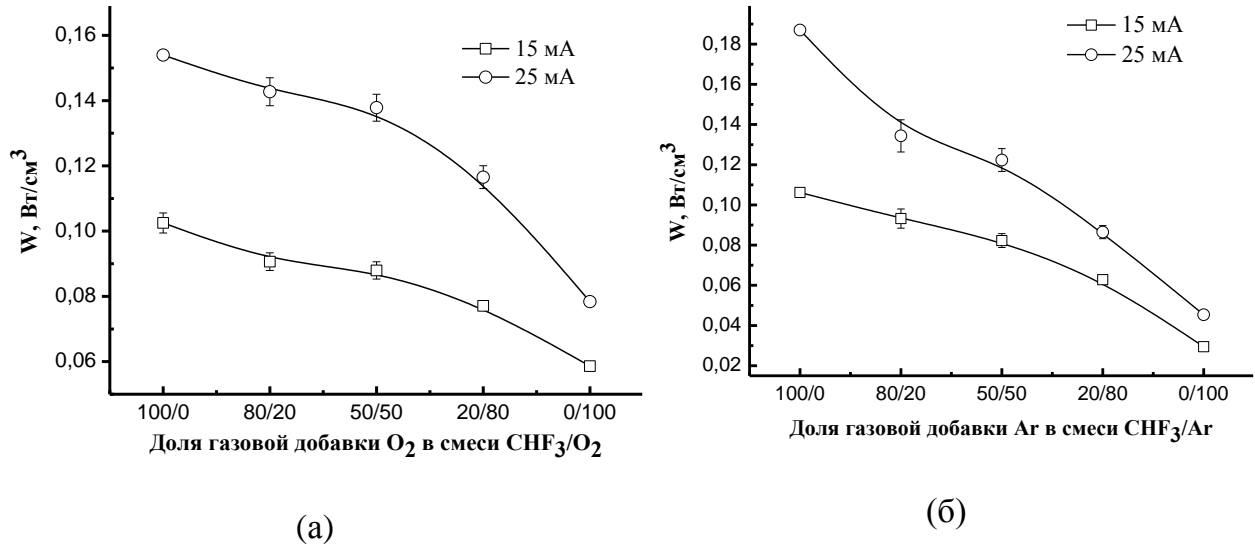


Рис. 3. Влияние газовой добавки аргона (а) и кислорода (б) и тока разряда на величину удельной мощности, вкладываемой в разряд трифторметана

На рис. 4 приведены зависимости влияния газовой добавки аргона (а) и кислорода (б) на величину температуры газа в трифторметане.

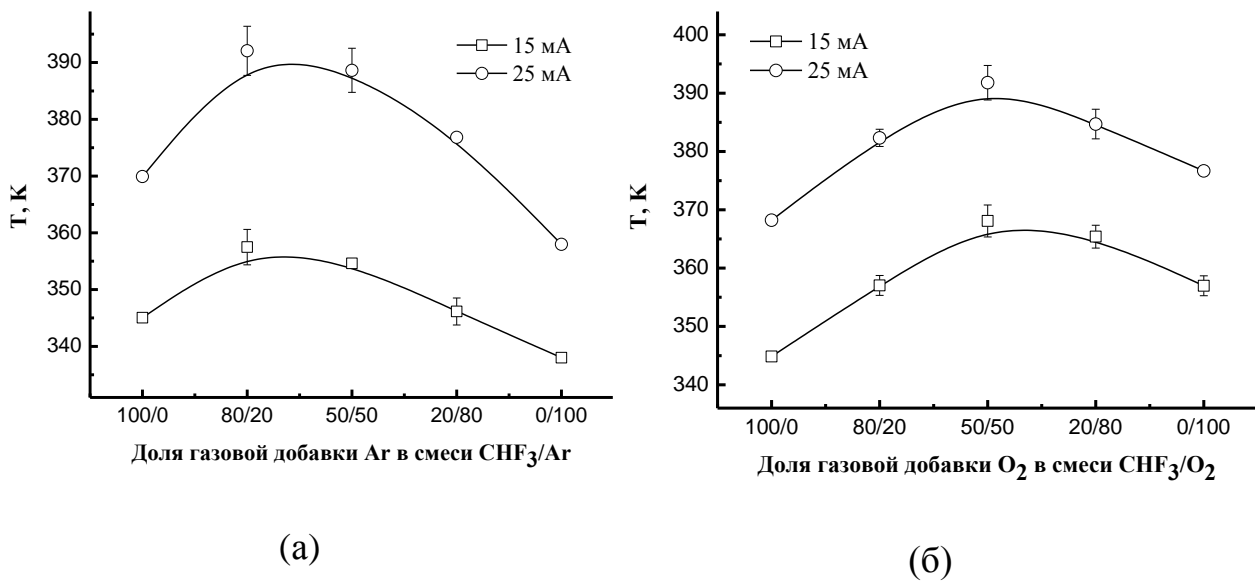


Рис. 4. Влияние газовой добавки аргона (а) и кислорода (б) на величину температуры газа в трифторметане

Из выше приведённых зависимостей видно, что величина температуры проходит через максимум при отметки $\approx 50\%$ газовой добавки в смеси, далее уменьшается до значений температуры соответствующей плазме чистого аргона и кислорода (CHF₃/Ar: в диапазоне 0÷50% аргона в смеси: при $i_p = 15$ mA T

увеличивалась от 345 до 354 К, при $i_p = 25$ мА с 369 по 388 К, в 1.02 и 1.05 раза, соответственно, а при 100% Ar в смеси до 338 и 357 для $i_p = 15$ мА и 25 мА соответственно; CHF_3/O_2 : в диапазоне 0÷50% кислорода в смеси: при $i_p = 15$ мА T увеличивалась от 344 до 368 К, при $i_p = 25$ мА с 368 по 391 К, в 1.06 раза, соответственно, а при 100% O_2 в смеси до 356 и 376 для $i_p = 15$ мА и 25 мА соответственно).

На рис. 5 представлена зависимости влияния газовой добавки аргона и кислорода на величину приведённой напряжённости электрического поля.

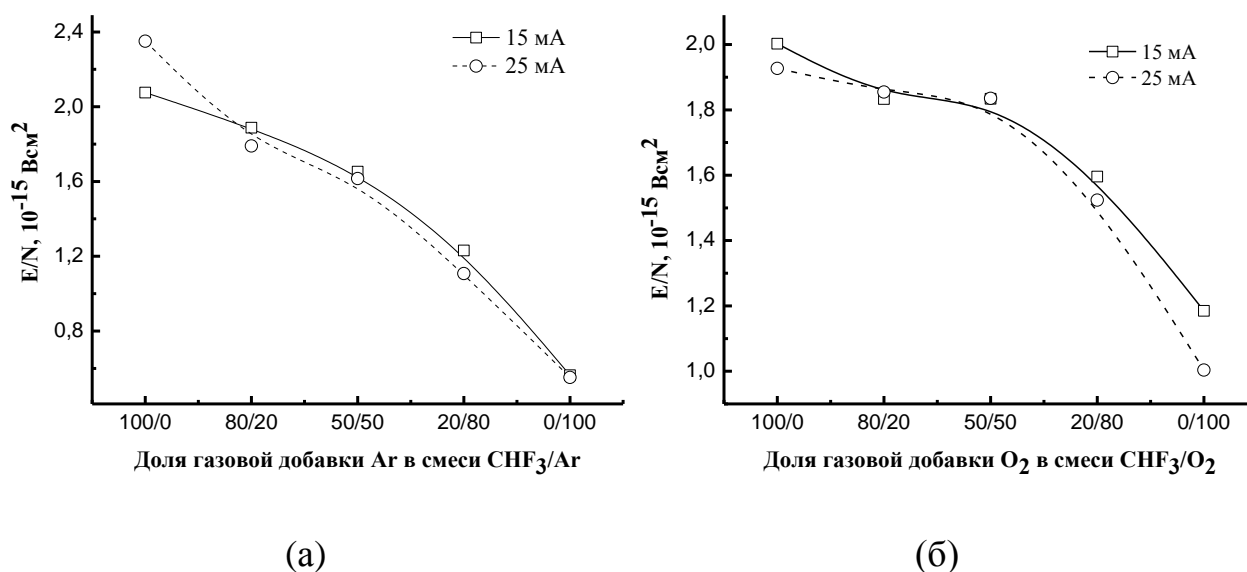


Рис. 5. Влияние газовой добавки аргона (а) и кислорода (б) на величину приведённой напряжённости электрического поля в трифторметане

Из вышеприведённых зависимостей видно, что величина приведённая напряжённость электрического поля E/N в смеси плазмы CHF_3/Ar монотонно снижается до значений соответствующей плазме чистого аргона – 5.630×10^{-16} (15 мА) и 5.517×10^{-16} Всм² (25 мА). В плазме в смеси CHF_3/O_2 величина E/N незначительно изменяется до 50% содержания кислорода в смеси, а далее также снижается до значений соответствующих второму компоненту смеси – 1.180×10^{-15} (15 мА) и 1.004×10^{-15} Всм² (25 мА).

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-29-00216, <https://rscf.ru/project/22-29-00216/>.

Работа выполнена в рамках государственного задания на выполнение НИИР. Тема № FZZW-2020-0009.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Smolinsky G., Chang R. P., Mayer T. M.* Plasma etching of III–V compound semiconductor materials and their oxides // *Journal of Vacuum Science and Technology.* – 1981. – Т. 18. – №. 1. – Р. 12-16.
2. *V.K. Lakdawala, S.T. Ko, S. Albin* // *Bull. Am. Phys. Soc.* – 1988. – V. 33. – P.145.
3. *Ефремов, А. М., Светцов В. И., Рыбкин В. В.* Вакуумно-плазменные процессы и технологии. Иваново : Иван. Гос. Хим.-Технол. Ун-т., 2006. 260 с.
4. *Мурин Д.Б., Ефремов А.М., Светцов В.И., Пивоваренок С.А., Овцын А.А., Шабдаров С.С.* Интенсивности излучения и концентрации активных частиц в плазме тлеющего разряда в смесях хлористого водорода с аргоном и гелием // *Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология.* – 2013. – Т. 56. – № 4. – С. 29-32.
5. *Мурин Д.Б., Ефремов А.М., Светцов В.И., Пивоваренок С.А., Годнев Е.М.* Интенсивности излучения и концентрации нейтральных частиц в плазме тлеющего разряда постоянного тока в смесях HCl-H_2 и HCl-O_2 // *Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология.* – 2013. – Т. 56. – № 8. – С. 41-44.
6. *Лебедев Ю. А., Ю. А. Иванов, Полак Л. С.* Методы контактной диагностики в неравновесной плазмохимии. – М. : Наука, 1981. – 142 с.
7. *Куприяновская А. П., Светцов В. И., Ситанов Д. В.* Влияние условий разряда и температуры стенки на электрические характеристики и излучение положительного столба тлеющего разряда в хлоре. Деп. НИИТЭХИМ, г. Черкассы. – № 59. – хп93.
8. *Максимов А. И., Сергиенко А. Ф., Словецкий Д. И.* Измерение температуры газа в тлеющем разряде термодинамическим методом. *Физика плазмы*, 1978. – Т. 4. – № 2. – С. 347-351.
9. *Пивоваренок С.А., Горбатов А.В., Мурин Д.Б.* Сравнение спектрального и термоэлектрического методов определения температуры газа в плазме // *Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы естествознания».* Иваново, 23 марта 2021 г. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. – С. 95-99.
10. *Рохлин Г. Н.* Разрядные источники света. М. : ЭнергATOMиздат, 1991. 720 с.
11. *Ефремов А. М., Светцов В. И., Балашов Д. И.* Математическое моделирование разряда в хлороводороде. *Известия Вузов. Химия и хим. технология.* – 2003. – Т. 46. – № 3. – С. 118-122.
12. *Пивоваренок С.А., Дунаев А.В., Мурин Д.Б., Ефремов А.М., Светцов В.И.* Электрофизические параметры и эмиссионные спектры плазмы тлеющего разряда в хлористом водороде // *Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология.* – 2011. – Т. 54. – № 9. – С. 48-52.
13. *Ситанов Д. В.* Кинетика образования и гибели атомов хлора в неравновесной плазме хлора и его смесях с инертными и молекулярными газами. 6 Межд. симпозиум по теор. и прик. плазмохимии, ИГХТУ, Иваново, 2005. – Т. 2. – 668 с.

УДК 614.841

В. М. Мустафин¹, С. В. Пузач², Р. Г. Акперов², Р. А. Родионов²

¹ ГУ АГЗ им. М. Габдуллина МЧС Республики Казахстан

² ФГБУ АГПС МЧС России

ОСОБЕННОСТИ КАЛИБРОВКИ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ УСТАНОВКИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

Аннотация: проведены измерения плотности теплового потока на различных расстояниях от электронагревательного излучателя в маломасштабной экспериментальной установке при испытании на дымообразующую способность. Разработана методика проведения калибровки электронагревательного излучателя установки по определению пожарной опасности конденсированных веществ и материалов.

Ключевые слова: экспериментальная установка, расстояние от электронагревательного излучателя, плотность теплового потока.

V. M. Mustafin, S. V. Puzach, R. G. Akperov, R. A. Rodionov

PECULIARITIES OF CALIBRATION OF THE ELECTRIC HEATING REDUCER OF THE INSTALLATION FOR DETERMINATION OF THE FIRE HAZARD OF CONDENSED SUBSTANCES AND MATERIALS

Abstract: the heat flux density was measured at various distances from the electric heating radiator in a small-scale experimental setup when testing for smoke-generating ability. A technique has been developed for calibrating the electric heating radiator of an installation to determine the fire hazard of condensed substances and materials.

Keywords: experimental setup, distance from the electric heater, heat flux density.

1. Введение.

Процесс проведения огневых испытаний в маломасштабном объеме как правило сопровождается нагреванием поверхности образца посредством направленного теплового потока от электронагревательного излучателя. Нагрев производится для воссоздания условий реального пожара и, как правило, согласно следующим схемам:

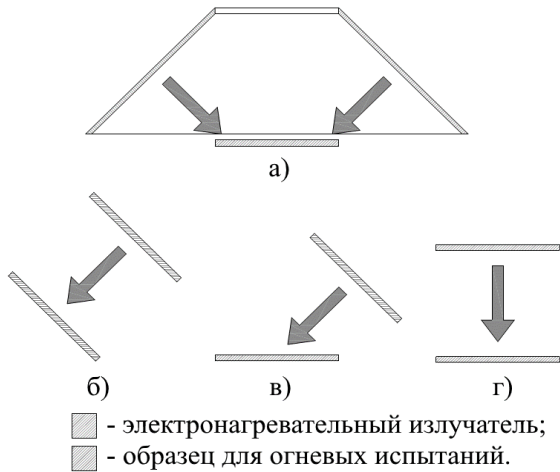


Рис. 1. Схемы взаимного расположения образца для огневых испытаний и электронагревательного излучателя: а) всесторонней обогрев; б) параллельный обогрев под углом 45° ; в) боковой обогрев; г) горизонтальный обогрев

2. Экспериментальная установка для определения пожарной опасности конденсированных веществ и материалов.

Установка по определению пожарной опасности конденсированных веществ и материалов [1], разработанная в рамках научного исследования в Академии ГПС МЧС России с целью изучения термогазодинамических параметров продуктов горения при терморазложении различных веществ и материалов, реализует четвертую схему обогрева – горизонтальную. На рис. 2 представлена схема камеры сгорания.

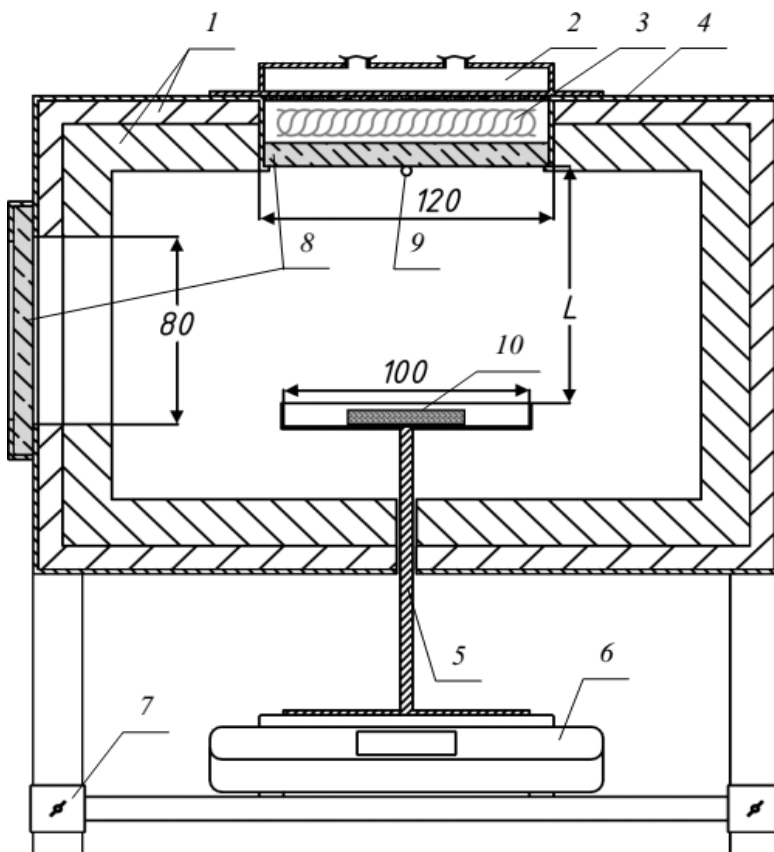


Рис. 2. Схема камеры сгорания установки по определению пожарной опасности конденсированных веществ и материалов: 1 – теплоизоляционный слой; 2 – камера водяного охлаждения; 3 – электронагревательный излучатель; 4 – наружная стенка камеры сгорания; 5 – держатель образца; 6 – электронные весы; 7 – система регулировки расстояния от электронагревательного излучателя до испытуемого образца; 8 – кварцевое стекло; 9 – низкоинерционная термопара; 10 – образец для испытания

3. Результаты экспериментальных исследований.

Согласно проведенным измерениям температуры и плотности теплового потока на поверхности образца [2, 3] было обнаружено, что плотность теплового потока по площади поверхности образца неравномерная, что обусловлено схемой обогрева и формой электронагревательного излучателя. На рис. 3 представлены результаты измерения плотности теплового потока на расстоянии от центральной оси к боковой стенке камеры сгорания на поверхности образца.

Пересчитав полученные значения в средний тепловой поток, приходящийся на обогреваемую площадь, была получена линейная зависимость, представленная на рис. 4.

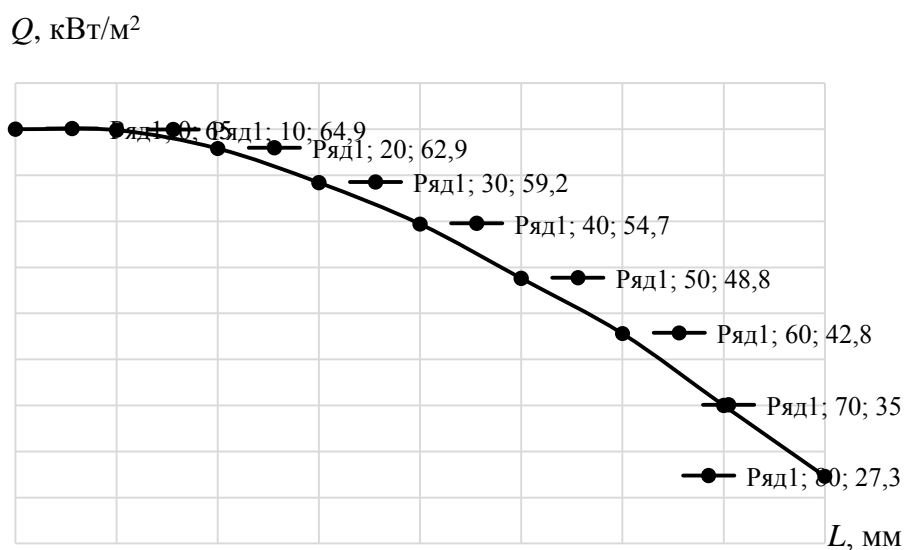


Рис. 3. График плотности теплового потока на расстоянии от центральной оси к боковой стенке камеры сгорания на поверхности образца

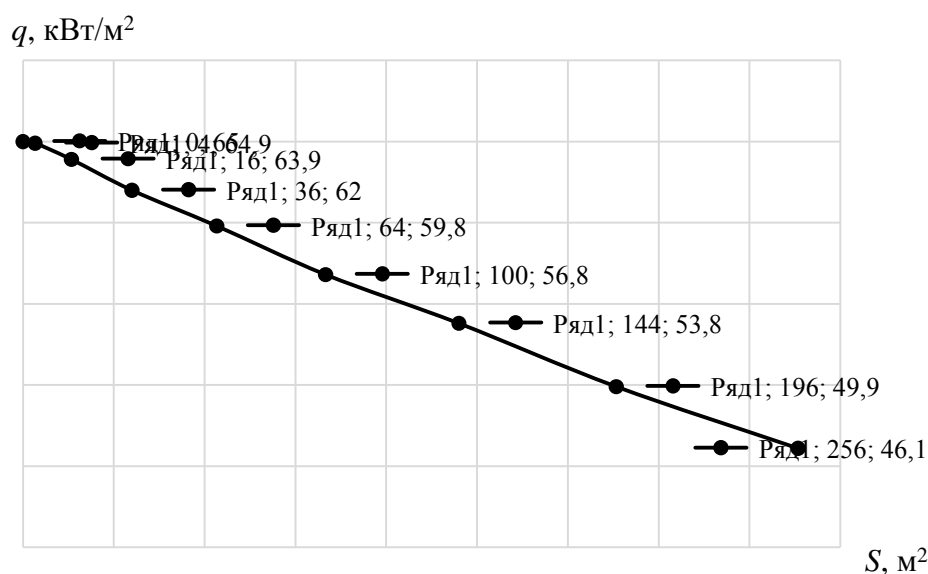


Рис. 4. График зависимости среднего по площади теплового потока от площади обогрева

Учитывая тот факт, что максимальный размер образца для огневых испытаний на данной установке 100×100 мм данное неравномерное тепловое воздействие может привести к расхождениям в значениях результатов огневых испытаний одного и того же вещества или материала при изменении формы, расположения и размера образцов, что подтвердилось при проведении огневых испытаний на образце из поливинилхлорида, представленном на рис. 5 и 6 до испытаний и соответственно после.

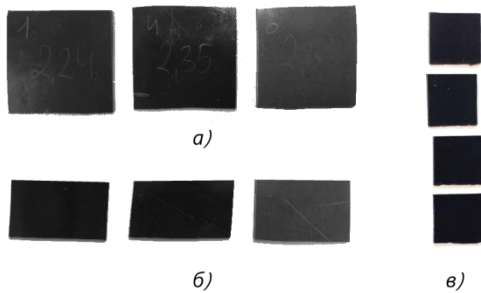


Рис. 5. Образцы поливинилхлорида для огневых испытаний:
 а – образцы размером 40×40×1;
 б – образцы размером 40×20×1;
 в – образцы размером 20×20×1

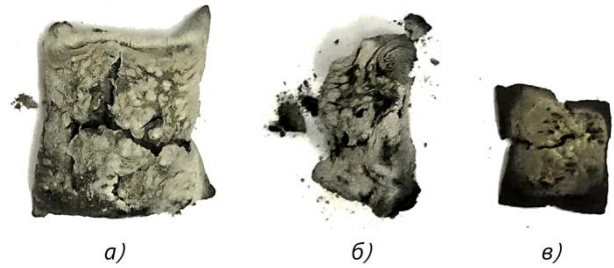


Рис. 6. Образцы поливинилхлорида после огневых испытаний:
 а – образцы размером 40×40×1;
 б – образцы размером 40×20×1;
 в – образцы размером 20×20×1

Значения коэффициента дымообразования, полученные в результате проведения огневых испытаний на образцах поливинилхлорида различной площади и массы соответственно показаны на рис. 7.

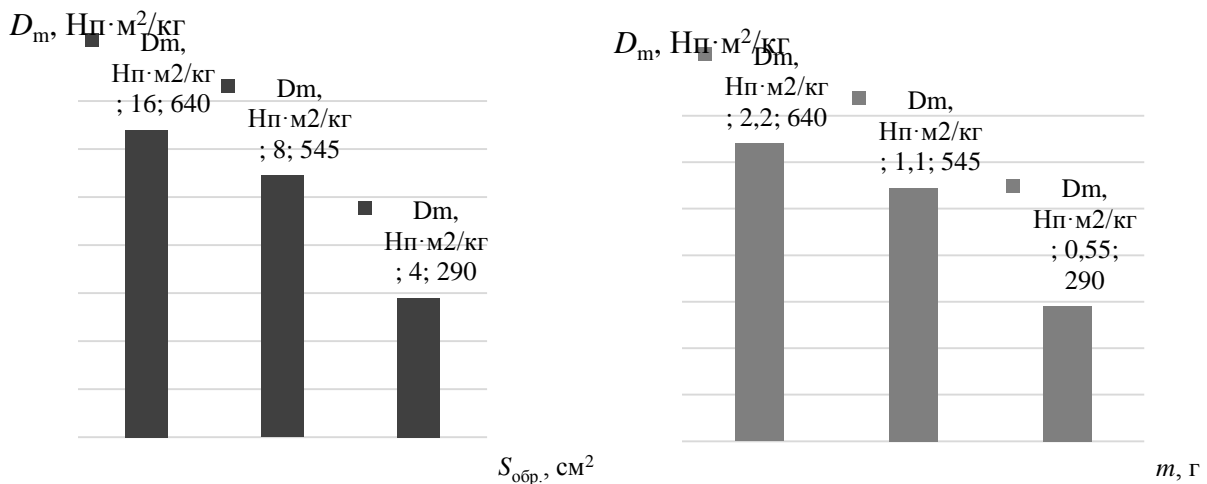


Рис.7. Зависимость коэффициента дымообразования от площади образца и массы поливинилхлорида на установке по определению пожарной опасности конденсированных веществ и материалов

4. Выводы и перспективы дальнейших исследований.

В целях повышения достоверности и сходимости результатов огневых испытаний на установке по определению пожарной опасности конденсированных веществ и материалов была разработана методика калибровки электронагревательного излучателя с учетом особенностей схемы обогрева. Согласно данной методике при калибровке электронагревательного излучателя производятся измерения плотности падающего теплового потока по вертикали и горизонтали на различном расстоянии относительно центральной оси поверхности излучателя. Далее зная форму и размер образца рассчитывается необходимое напряжение на излучателе для получения необходимого значения средней по площади плотности падающего теплового потока на поверхности образца.

Калибровка производится при закрытой дверце камеры сгорания - на электронагревательный излучатель подается максимальное рабочее напряжение. Далее производится измерение датчиком плотности теплового потока с постепенным изменением напряжения на излучателе.

Такой подход позволяет повысить достоверность и сходимость результатов огневых испытаний учитывая среднее по площади образца значение плотности падающего теплового потока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент РФ на полезную модель № 174688. Установка для определения пожарной опасности конденсированных материалов при их термическом разложении / патентообладатели: Сулейкин Е.В., Акперов Р.Г., Пузач С.В.; заявка 20.04.2017; регистрация 26.10.2017; Бюллетень № 30–2017;

2. Пузач С. В., Мустафин В.М., Акперов Р.Г. Влияние условий проведения испытаний в камере сгорания мелкомасштабной экспериментальной установки на дымообразующую способность древесины // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. – 2020. – Т. 29, № 1. – С. 23-31. DOI: 10.18322/PVB.2020.29.01.23-31;

3. Сулейкин Е. В. Анализ полученных данных на экспериментальной установке по определению пожарной опасности конденсированных веществ и материалов // Исторический опыт, современные проблемы и перспективы образовательной и научной деятельности в области пожарной безопасности. Сборник тезисов докладов материалов международной научно-практической конференции – М.: Академия ГПС МЧС России, 2018. – С. 281-285.

УДК: 533.9.07

И. И. Ощенко, С. А. Смирнов

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗА В НЕРАВНОВЕСНЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация: в статье приведен анализ различных методов определения температуры нейтральной компоненты неравновесной плазмы.

Ключевые слова: плазма, распределение частиц по скоростям, температура газа, электронно-колебательные полосы излучения, заселенность вращательных уровней молекул.

I. I. Ochenko, S. A. Smirnov

DETERMINATION OF GAS TEMPERATURE IN NON-EQUILIBRIUM CONDITIONS

Abstract: the article presents an analysis of various methods for determining the temperature of the neutral component of a nonequilibrium plasma.

Keywords: plasma, gas temperature, velocity distribution of particles, vibrational emission bands, population of rotational levels of molecules.

Температура газа является главным термодинамическим параметром. Она характеризует поступательное движение нейтральных частиц плазмы, потому, как правило, измеряется не в градусах, а в электрон-вольтах ($1 \text{ эВ} \approx 11\,600 \text{ К}$).

Стационарное состояние плазмы может быть равновесным или неравновесным. В первом случае компоненты плазмы (электроны и ионы) имеют одну и ту же температуру, а во втором разную. При малых давлениях тепловое равновесие устанавливаться не успевают. Поэтому в тлеющем газовом разряде пониженного давления мы обычно имеем дело с «горячими» электронами и «холодными» ионами. В результате реализуются условия, при которых электроны характеризуются одной более высокой, а ионы другой, более низкой температурой.

Существует множество методов определения газовой температуры, но все они делятся на контактные и бесконтактные. Контактные методы диагностики температуры газа хорошо развиты для равновесных систем. В неравновесных системах они частично, а иногда и полностью теряют свою самостоятельность.

Недостатком всех контактных методов является сложность и неоднозначность интерпретации результатов, несмотря на простоту технической реализации и простоту получения первичных данных. Одной из важных проблем, с которой связана интерпретация результатов измерений, является общий для всех контактных методов диагностики вопрос о возмущениях, вносимых в плазму измерительным устройством.

Наиболее распространенными методами диагностики неравновесной плазмы являются оптические, для них, как правило, требуется стабильная и воспроизводимая плазма, поскольку отношение сигнал/шум часто улучшается путем увеличения числа измерений [1]. К их числу относятся эмиссионная спектроскопия (OES) [2], адсорбционная спектроскопия, лазерно-индуцированная (LIF) и двухфотонная лазерно-индуцированная флюоресценция (TALIF). Эти методы позволяют определять концентрации частиц в возбужденных состояниях, вращательные и колебательные температуры и концентрации частиц в основном состоянии [2 - 4].

Один из важных каналов возбуждения электронных состояний молекул и атомов – прямой электронный удар. При столкновении электрона с атомом происходит изменение скоростей сталкивающихся частиц. Это изменение может сказаться на форме спектральных линий, излучаемых короткоживущими возбужденными частицами, для которых столкновительная релаксация неэффективна.

Из закона сохранения импульса следует, что скорость атома v' после столкновения с электроном равна

$$v' = v - \frac{m_e}{M} \cdot (v'_e - v_e), \quad (1)$$

где v – скорость атома до столкновения, M и m_e – массы атома и электрона, v_e и v'_e – скорости электронов до и после столкновения с атомом.

Для низкотемпературной газоразрядной плазмы, как правило, средняя энергия электронов меньше, чем порог возбуждения излучающих электронных состояний молекул и атомов $v'_e \ll v_e$.

Для оценки соотношения $\Delta v/v$ в качестве v возьмем наивероятнейшую скорость теплового движения, а в качестве v_e – значение скорости электронов, соответствующее порогу возбуждения исследуемых электронных состояний молекул или атомов $v_e^{\text{п}}$. При этом

$$\Delta\omega = \frac{\Delta v}{v_{\text{н}}} = \frac{m_e \cdot v_e^{\text{п}}}{\sqrt{2kTM}}, \quad (2)$$

В таблице 1 даны значения $\Delta\omega$ (в %), $v_e^{\text{п}}$ – соответствует порогу возбуждения состояний, спектры излучения которых часто используются для диагностики плазмы.

Таблица 1. Изменения наивероятнейшей скорости при возбуждении электронных состояний атомов и молекул электронным ударом

Частица	Порог возбуждения, эВ	$v^n \cdot 10^{-8}$, см·с ⁻¹	$\Delta\omega$, % при T=100 К	$\Delta\omega$, % при T=300 К
H(n=4)	12.75	2.12	90	52
H ₂ (d ³ Π)	13.87	2.21	66	38
D ₂ (d ³ Π)	13.88	2.21	47	27
He(3d ¹ D)	23.07	2.85	60	35
N ₂ (C ³ Π)	11.03	1.97	16	9
CO(B ₁ Σ)	10.77	1.88	15	9

Из таблицы видно, что, несмотря на разницу в массах между тяжелыми частицами и электронами в процессе возбуждения атомов и молекул возможно значительное изменение скорости их поступательного движения. Величина $\Delta\omega = \Delta v / v_H$ тем больше, чем меньше масса атомной частицы, чем больше порог возбуждения состояния и ниже газовая температура.

Рассмотрим теперь, что происходит с контурами спектральных линий. Будем считать, что основная причина уширения связана с движением излучающих атомов, т.е. характер уширения линий - доплеровский. В этом случае для определения контура спектральных линий следует найти функцию распределения возбужденных атомов или молекул по компоненте скорости поступательного движения вдоль оси наблюдения O_z . Пусть до взаимодействия с электронами это распределение – максвелловское. В результате взаимодействия с электронами скорость возбуждаемого атома меняется. Пусть время жизни возбужденного состояния атома меньше характерного времени свободного пробега, т.е. возбужденные частицы практически не испытывают газокинетических соударений. Легко показать, что распределение излучающих атомов и молекул описывается формулой

$$\Psi(v'_z) = \int_{-\infty}^{\infty} \Psi_M(v_z) \cdot \Psi_e(v_z v'_z) dv_z, \quad (3)$$

где функция $\Psi_e(v_z v'_z)$ описывает распределение возбужденных атомов по компоненте скорости v'_z , при условии, что до столкновения с электроном эти атомы имели скорость v_z . При изотропном распределении электронов по скоростям для $\Psi_e(v_z v'_z)$, можно получить

$$\Psi_e(v_z v'_z) = \begin{cases} \frac{1}{2\Delta v}, & \text{если } |v'_z - v_z| \leq \Delta v \\ 0, & \text{если } |v'_z - v_z| > \Delta v \end{cases}, \quad (4)$$

$$\Psi_e(v'_z) = \frac{1}{2\sqrt{\pi}\Delta v \cdot v_H} \int_{v'_z - \Delta v}^{v'_z + \Delta v} \exp\left\{-\left(\frac{v_z}{v_H}\right)^2\right\} dv_z, \quad (5)$$

Из этого возможно сделать вывод, что распределение возбужденных атомов по скоростям отличается от аналогичного распределения возбужденных атомов, причем распределение $\Psi(v'_z)$ – немаквелловское.

Таким образом контур спектральной линии будет описываться формулой

$$\varphi(\omega)v\omega = \frac{1}{4\Delta\omega} [\text{erf}(\omega + \Delta\omega) - \text{erf}(\omega - \Delta\omega)]d\omega, \quad (6)$$

$$\omega = \frac{v'}{v_H}. \quad (7)$$

Функция $\varphi(\omega)$ нормирована на единичную площадь, т.е. $\int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\omega)d\omega = 1$.

Основываясь на данном эффекте, возможно, экспериментально определить температуры заселения вращательных уровней по распределению интенсивности в электронно-колебательных полосах излучения двухатомных молекул при неразрешенной вращательной структуре [1]. Метод заключается в расчете профилей полос для ряда температур и последующем сравнении полученных профилей с экспериментальными. Температуру заселения вращательных уровней T_r возможно определить путем сравнения экспериментально измеренных контуров полос с теоретическими. Теоретические контуры предварительно рассчитываются с использованием значений для различных T_r с учетом реальных аппаратных функций приборов и их дисперсионных характеристик. Интенсивность отдельной вращательной линии данной полосы ($v' \rightarrow v''$) определяется выражением:

$$I_{j'j''}^{abc} \sim \frac{q_{v''v'}(j)S(j)}{\lambda^4 k T_v} \exp \left[-\frac{B_{v'}(j'+1)j'}{k T_v} \right]. \quad (8)$$

где j – номер вращательного уровня, v - номер колебательного уровня, $S(j)$ – факторы Хенля-Лондона, λ – длина волны излучения, k – постоянная Больцмана, $q_{v''v'}(j)$ – факторы Франка-Кондона. Штрих относится к верхнему (излучающему) уровню, два штриха – к нижнему.

Обычно $q_{v''v'}$ принимается постоянным для данного перехода. Однако следует иметь в виду, что $q_{v''v'}$ может зависеть от j (как, например, для полос β -системы молекулы NO).

В качестве примера можно рассмотреть определение газовой температуры разряда переменного тока, горящего между металлическими электродами, погруженными в дистиллированную воду. В отличие от часто рассматриваемого газового разряда атмосферного давления в воздухе в спектрах излучения разряда данного типа отсутствуют полосы излучения N_2 (которые чаще всего используются для определения вращательной и колебательной температуры, например [5, 6]), но, доминируют электронно-колебательные полосы $OH(A \rightarrow X)$ (рис. 1), линии атомарного кислорода и водорода.

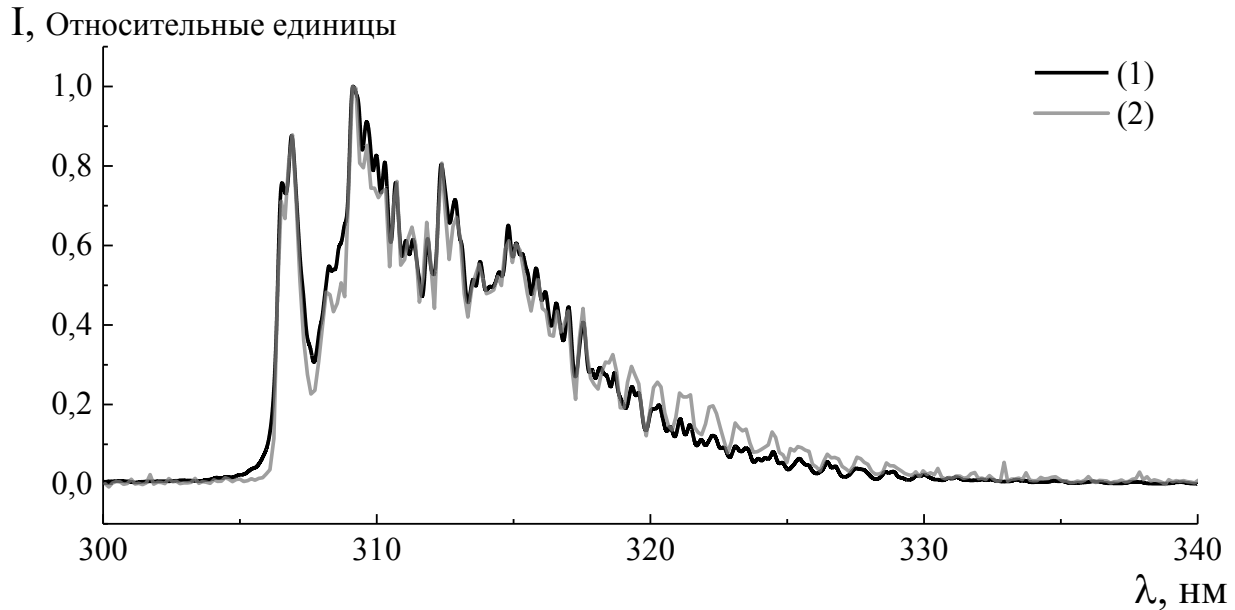


Рис. 1. Фрагмент спектра излучения подводного разряда, горящего между олибденовыми электродами; ток разряда 100 мА; межэлектродное расстояние $L=2,5$ мм, где 1 – расчет по программе [6], 2 – экспериментальный спектр

Нами была разработана собственная программа моделирования профиля полос излучения молекул в неравновесных условиях [7], которая позволяет задать два значения эффективной вращательной температуры для нижних и высоковозбужденных вращательных уровней. Молекулярные константы для ОН были взяты из монографии [8]. Необходимо отметить, что в ряде случаев невозможно описать распределение молекул по вращательным уровням одной температурой. Причины этого подробно изложены в книге В.Н. Очкина [8]. Похоже подобная ситуация не реализуется для подводного разряда, переменного тока, горящего между металлическими электродами. Относительное распределение вращательных линий в полосе с неразрешенной вращательной структурой $OH(A^2\Sigma, V' \rightarrow X^2\Pi, V'')$, можно описать эффективной колебательной и вращательной температурами $OH(A^2\Sigma)$ при различных материалах электрода и межэлектродных расстояниях (L) (таблица 2).

Таблица 2. Вращательная и колебательная температура $OH(A^2\Sigma)$

Электроды Cu-Cu			
$L, \text{ мм}$	0,55	0,78	1,18
T_r	3200 ± 100	3700 ± 100	3500 ± 100
T_v	8000 ± 200	8000 ± 100	7500 ± 100
Электроды Fe-Fe			
$L, \text{ мм}$	0,85	0,97	1,48
T_r	3300 ± 100	3400 ± 100	3400 ± 100
T_v	7800 ± 100	7900 ± 200	7700 ± 200

Электроды Мо-Мо		
L, мм	2,56	3,01
T _r	3500±100	4400±100
T _v	7800±100	5700±100

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Словецкий Д. И., Соколов А. С.* Об определении вращательной температуры по интенсивности электронно-колебательных полос в спектрах с неразрешенной вращательной структурой // Оптика и спектроскопия. - 1974.- Т.36, №3.- С.458-461.
2. *Bruggeman P. J., Schram D. C., Gonzalez M. A.* Optical emission spectroscopy of plasmas in and in contact with liquids // Elementary Processes in Gas Discharges. - 2009. - P. 1–3.
3. *Bruggeman P. J., Verreycken T., Schram D. C.* Measurement of the gas temperature in plasmas in and in contact with liquids. // Conference Paper. - 2009. - P. 1–4.
4. *Zhang G., Shao X., Chang Z.* Spectral diagnosis of gas temperature of atmospheric pressure plasma jet in helium // High Voltage Engineering. - 2013. - №9. - P. 2260–2266.
5. *Shutov, D. A., Smirnov, S. A., Bobkova, E. et al.* Ionization Mechanism and Chemical Composition of an Argon DC Discharge with Water Cathode. //Plasma Chem Plasma Process. -2015. V. 35. P. 107–132
6. *Titov V.A., Rybkin V.V., Smirnov S.A., et al.* Properties of atmospheric pressure glow discharge with liquid electrolyte cathode// High Temperature Material Processes. 2007. V. 11. № 4. P. 515 – 526.
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2021612181 Рос. Федерация. Программа моделирования профиля полос излучения молекул в неравновесных условиях/ *С. А. Смирнов, В. В. Рыбкин*; заявитель и правообладатель Иван. гос. хим.-технол. ун-т». – № 021611307; заявл. от 09.02.2021; опубл. 12.02.2021.
8. *Ochkin V. N.* Spectroscopy of Low Temperature Plasma Wiley-VCH, 2009. 630 p.

УДК 614.484

В. А. Пашинин, П. Н. Косырев
ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКИ КОМПЛЕКТА СРЕДСТВ ДЛЯ ГРУППОВОГО ЭКСПРЕСС-ОБНАРУЖЕНИЯ АГРЕССИВНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ И НА ПОВЕРХНОСТЯХ ОБЪЕКТОВ

Аннотация: рассмотрены научно-методические и технологические подходы к разработке универсального комплекта средств для группового экспресс-обнаружения

агрессивных химических веществ и соединений урана в воде и на поверхностях объектов с помощью аэрозольных устройств с индикаторными рецептурами.

Ключевые слова: аэрозольное устройство, агрессивные химические вещества, групповая идентификация, индикаторная рецептура, соединения урана. экспресс-обнаружение.

V. A. Pashinin, P. N. Kosyrev

DIRECTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF A KIT FOR GROUP RAPID DETECTION OF AGGRESSIVE CHEMICALS IN WATER AND ON THE SURFACES OF OBJECTS

Abstract: scientific, methodological and technological approaches to the development of a universal set of tools for group express detection of aggressive chemicals and uranium compounds in water and on the surfaces of objects using aerosol devices with indicator formulations are considered.

Keywords: aerosol device, aggressive chemicals, indicator formulation, uranium compounds.

Введение

Радиационная, химическая и биологическая (далее – РХБ) защита населения является одним из приоритетных направлений государственной политики в сфере национальной безопасности Российской Федерации и представляет собой совокупность согласованных мероприятий и действий сил гражданской обороны и сил единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, направленных на обеспечение радиационной, химической и биологической защиты населения в условиях угрозы возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также при опасностях, возникающих при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов [1].

В соответствии с пунктом 3.2. Плана мероприятий по реализации актуализированной редакции Концепции радиационной, химической и биологической защиты населения предусмотрена разработка современных методов и эффективных технологий в области РХБ защиты (далее - План).

Планом предусматривается, в частности, разработка и совершенствование методов и средств обнаружения загрязнённости воды и водосточников вредными и агрессивными химическими веществами [1].

В качестве агрессивных химических веществ (далее – АХВ) традиционно рассматриваются вещества кислого и щелочного характера, а также окислители и восстановители.

К окислителям относятся: азотная кислота, концентрированная серная кислота, гипохлорит кальция и другие.

К агрессивным токсичным восстановителям относится ракетное топливо гептил (несимметричный диметилгидразин).

Несимметричный диметилгидразин (далее – НДМГ) высокотоксичное и летучее вещество, обладает сильным токсическим и мутагенным действием. Действие на организм человека: раздражение слизистых оболочек глаз, дыхательных путей и лёгких; сильное возбуждение центральной нервной системы; расстройство желудочно-кишечного тракта (тошнота, рвота), в больших концентрациях может наступить потеря сознания.

Необходимость разработки способа экспресс-обнаружения вышеперечисленных четырех типов агрессивных химических веществ в воде обусловлена тем, что попадание этих веществ в воду и последующее употребление её может привести к отравлению и получению химических ожогов работающего персонала и населения. Необходимость обнаружения типа загрязнения (заражения) воды агрессивными химическими веществами обусловлена также выбором способов и соответствующих рецептур для её обеззараживания.

В настоящее время для обнаружения загрязнённости (зараженности) воды используют полевые химические лаборатории типа АЛ-4М, АЛ-5, ПХЛ-1, ПХЛ-2, ПХЛ-54М, ПЛВС, МПХЛ. Но они разрабатывались, в основном, для обнаружения отравляющих веществ и ядов и в меньшей степени пригодны для обнаружения агрессивных химических веществ. Применяются также мини экспресс-лаборатории, тест-наборы и различные инструментальные методы анализа. Все они, как правило, требуют проведения отбора проб воды с последующим их анализом в специализированных лабораториях. При этом, определяются только отдельные типы агрессивных химических веществ.

Ранее был известен способ обнаружения наличия в воде продуктов кислотного и щелочного характера с помощью набора универсальных индикаторных бумаг.

Известен также способ определения качества дезинфицирующих рецептур окислительного характера в растворах с помощью индикаторных салфеток типа «Дезиконт-хлор». Однако, режимы использования салфеток по данному назначению до настоящего времени не отработаны. Работоспособность индикаторных салфеток сохраняется только при температурах выше плюс 5°C. Срок их хранения в продажной упаковке составляет 12 месяцев, а во вскрытой упаковке они должны быть использованы в течение не более 3 суток.

Известен способ определения наличия НДМГ путем индикации, включающим его контактирование с реагентом, сопровождающееся переходом окраски. Контактирование осуществляют на поверхности путем распыления реагента с использованием аэрозольного устройства с распылительной головкой, выполненного в виде герметичного корпуса, заправленного реагентом. В качестве реагента используют растворы хлорида, нитрата или сульфата кобальта (II) в воде [2].

Таким образом, для экспресс-обнаружения в пробах воды всех четырёх типов агрессивных химических веществ, включающих вещества щелочного, кислого характера, окислители и НДМГ необходимо одновременно использовать универсальные индикаторные бумаги, салфетки на окислители и индикаторную рецептуру на НДМГ.

Недостатками приведенных выше способов обнаружения агрессивных химических веществ с помощью индикаторных бумаг и салфеток являются однократность их использования, ограниченный интервал рабочих температур и срок сохранения работоспособности во вскрытом состоянии, необходимость непосредственного контакта с обследуемой пробой.

Таким образом, существует проблема разработки и совершенствования методов группового экспресс-обнаружения агрессивных химических веществ в воде.

Решение данной проблемы возможно путём совершенствования существующих и разработки новых средств и способов экспресс-обнаружения загрязнённости воды, в первую очередь агрессивными химическими веществами.

Изложение основного материала исследований

В 2021 году в ФБГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) была выполнена научно-исследовательская работа (далее - НИР) «Разработка способа экспресс-обнаружения агрессивных химических веществ и соединений урана в воде» [3].

В ходе проведенных исследований была оценена чувствительность обнаружения агрессивных химических веществ и соединений урана в воде предложенным способом, составившая 0,01-0,005 мг/мл, что удовлетворяет существующим требованиям.

Данные исследования явились логическим продолжением опытно-конструкторской работы (далее – ОКР) «Комплект-8», в ходе которой ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) была разработана Портативная химическая экспресс-лаборатория модульного типа (далее - ПХЛ МТ), предназначенная для обнаружения агрессивных химических веществ на поверхностях объектов [4]. В настоящее время лаборатория ПХЛ МТ принята на снабжение в МЧС России приказом от 28.01.2022 № 45.

По результатам проведенных исследований предложено все комплектующие модулей №№ 1,2 лаборатории ПХЛ МТ разместить в одном кейсе соответствующего размера. Внешний вид кейса для размещения универсального комплекта средств в раскрытом положении приведен на рис. 1.

В состав комплекта средств входят шесть аэрозольных устройств (далее - АУ) для обнаружения агрессивных химических веществ и соединений урана, пять емкостей для отбора проб воды ёмкостью 100 мл, четыре запасных насоса-распылителя, набор обеззоленных фильтров и средства документирования информации (авторучка, фломастер, комплект самоклеющихся закладок и блокнот).

Шестое аэрозольное устройство АУ-9/2 служит для перевода нерастворимых соединений урана в растворимую форму.

Технический результат достигается за счёт использования универсальных аэрозольных устройств с специфичными индикаторными рецептурами, увеличения рабочего интервала температур и срока хранения индикаторных рецептур, обеспечения многократности использования, удобства и безопасности проведения работ.



Рис. 1. Внешний вид кейса для размещения комплекта средств в раскрытом положении

Групповое экспресс-обнаружение агрессивных химических веществ и соединений урана в воде предлагается осуществлять путём отбора проб исследуемой воды объёмом около 50 мл каждой в прозрачную стеклянную или пластиковую тару, последующем распылении в каждую пробу воды одной из индикаторных рецептур с использованием пяти типов аэрозольных устройств, с последующим перемешиванием пробы. При этом, о типе агрессивного химического вещества в пробе необходимо судить по комбинации появляющихся характерных индикаторных эффектов в воде, в соответствии с окраской эталона, нанесённого на этикетку каждого аэрозольного устройства.

Одной заправкой рецептуры аэрозольных устройств обеспечивается проведение до 100 обнаружений загрязнённости воды.

В предлагаемом способе использованы универсальные аэрозольные устройства, в которых распыление индикаторных рецептур осуществляется за счет многократного нажатия на распылительную головку насоса-распылителя. Каждое аэрозольное устройство представляет собой баллончик объёмом 150 мл, снабженный насосом-распылителем и заполненный соответствующей индикаторной рецептурой на агрессивные химические вещества. Аэрозольное устройство изготовлено из материалов, стойких к индикаторным рецептурам.

На поверхность аэрозольного устройства наносится этикетка методом шелкографии, обеспечивающаю сохранение целостности этикетки при попадании на неё различных растворителей. Небольшие массо-габаритные характеристики АУ обеспечивают удобство и безопасность его использования.

На индикаторные составы для обнаружения НДМГ и окислителей ранее в ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) были получены патенты на изобретения [5,6].

Оформлена и подана в Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС) заявка на предполагаемое изобретение [7].

В качестве примера на рис. 2 приведен внешний вид аэрозольного устройства АУ-3 (вид спереди и сзади) на агрессивные химические вещества кислого характера.

характеристики универсального комплекта:

аэрозольные устройства при наличии загрязнённости воды и поверхности АХВ и соединениями урана должны обеспечивать появление наглядного индикационного эффекта в соответствии с эталоном за время не более 2 минут;

обнаружение типа загрязнителя должно подтверждаться характерным цветом индикационного эффекта в соответствии с эталоном, нанесённым на аэрозольном устройстве;

комплект должен обеспечивать обнаружение загрязнённости воды и поверхностей АХВ и соединениями урана в рабочем интервале температур от 0⁰С до 50⁰С;

аэрозольные устройства с индикаторными рецептурами должны обеспечивать проведение не менее 50 обнаружений загрязнённости воды и поверхностей объектов одной зарядкой рецептуры;

назначенный срок хранения комплекта с индикаторными рецептурами должен составлять не менее 2 лет.

Выводы и перспективы дальнейших исследований:

1. Разработан способ группового экспресс-обнаружения типа агрессивных химических веществ и соединений урана в воде, обеспечивающий повышение чувствительности, многократности, безопасности и надежности их обнаружения.

2. Предложен макетный образец универсального комплекта средств для группового экспресс-обнаружения типа агрессивных химических веществ и соединений урана в воде и определены его основные технические характеристики. Предполагается постановка опытно-конструкторской работы по дальнейшему совершенствованию данного комплекта средств.



Рис. 2. а) АУ-3 (вид спереди и сзади) и индикационный эффект от различных концентраций веществ кислого характера (азотной кислоты) вид сверху

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Косырев П. Н., Пашинин В. А., Сергеев И. Ю. Актуализированная редакция Концепции радиационной, химической и биологической защиты населения: основные положения, задачи и перспективы реализации, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), Научно-аналитический журнал «Актуальные проблемы безопасности в техносфере» № 2 (2) – 2021, стр. 33-41.

2. Пашинин В. А., Косырев П. Н., Вайсфельд Д. А., Горупай П. И., Усин В. В., и др. Способ определения наличия несимметричного диметилгидразина, патент на изобретение 2 117 935, Товарищество с ограниченной ответственностью "Фонд Прогресс», Заявка: 97119889/25, 09.12.1997, опубликовано: 20.08.1998.

3. Пашинин В. А., Косырев П. Н., Посохов Н. Н. и др. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка способа группового экспресс-обнаружения агрессивных химических веществ и соединений урана в воде» (заключительный), ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021 г., 80 стр.

4. Портативная химическая экспресс лаборатория модульного типа для индикации наличия токсичных веществ на зараженных поверхностях, ПХЛ МТ 000 ТУ, 2018 г., 30 стр.

5. Посохов Н. Н., Пашинин В. А., Косырев П. Н., Халимова А. С. Индикаторный состав для экспресс-обнаружения несимметричного диметилгидразина и аммиака, патент на изобретение № 2 563 839, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), Дата подачи заявки: 24.03.2014, Опубликовано: 20.09.2015 Бюл. № 26.

6. Посохов Н. Н., Пашинин В. А., Косырев П. Н., Халимова А. С. Индикаторный состав для экспресс-обнаружения окислителей, патент на изобретение № 2 568 585, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), Дата подачи заявки: 24.03.2014, Опубликовано: 20.11.2015 Бюл. № 32.

7. Пашинин В.А., Косырев П.Н., Посохов Н.Н. и др. Заявка на предполагаемое изобретение «Способ экспресс-обнаружения и групповой идентификации типа агрессивных химических веществ и соединений урана в воде и комплект для его осуществления», регистрационный номер заявки 2021127427 от 17.09.2021.

УДК: 62-791.2

**В. А. Пашинин^{1,2}, Д. У. Думболов³, В. Е. Константинов³,
М. А. Суслин⁴, А. А. Зайцева³, А. В. Павлов⁵, В.В. Татаринов^{2,6}**

¹ФГАОУВО РУТ (МИИТ)

²ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

³ФАУ «25 ГосНИИ МО РФ»

⁴ФГКВОУВО ВУНЦ ВВС «ВВА»

⁵ФГБОУВО «МГУ им. М.В. Ломоносова»

⁶ФГБОУВО «МГТУ им. Н.Э. Баумана (НИУ)»

ПРЯМОЙ ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОКОНЦЕНТРАЦИЙ НЕРАСТВОРЁННОЙ ВОДЫ В ЛЁГКИХ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДАХ

Аннотация: в статье представлены исследования, позволившие разработать новый метод контроля качества жидких нефтепродуктов по параметру содержания в них нерастворённой воды. При этом метод обладает высокой чувствительностью, простотой и высокой скоростью выполнения. Разработанный электрометрический метод может применяться не только в лаборатории, но и в полевых условиях.

Ключевые слова: нерастворённая вода, жидкие углеводороды, СВЧ-резонатор, объёмный резонатор, нагруженная добротность.

*V. A. Pashinin, D. U. Dumbolov, V. E. Konstantinov,
M. A. Suslin, A. A. Zaitseva, A. V. Pavlov, V. V. Tatarinov*

DIRECT ELECTROMETRIC METHOD FOR DETERMINING UNDISOLUTE WATER MICROCONCENTRATIONS IN LIGHT LIQUID HYDROCARBONS

Abstract: The article presents studies that have allowed it possible to develop a new quality control method of liquid petroleum products in terms of the undissolved water content in them. At the same time, the method has high sensitivity, simplicity and high speed of execution. The developed electrometric method can be used not only in the laboratory, but also in the field.

Keywords: undissolved water, liquid hydrocarbons, microwave resonator, cavity resonator, loaded quality factor.

Предлагаемый способ определения микроконцентраций нерастворённой воды в лёгких жидких углеводородах основан на резком отличии их диэлектрических свойств. Из литературных данных [1] известно, что для воды наблюдается резкий пик значений диэлектрических потерь в области СВЧ, при этом для жидких углеводородов значения диэлектрических потерь в той же области на несколько порядков ниже. Величиной, функционально связанной с уровнем диэлектрических потерь и, соответственно, с концентрацией нерастворённой воды в смеси, является добротность колебательной системы микроволнового диапазона – цилиндрического объёмного резонатора (ЦОР).

Строение измерительной установки, содержащей ЦОР, представлено на рис. 1, она включает в свой состав компьютер с программным интерфейсом Р2М–18 с детекторной секцией Д42–20–13, работающей в линейном режиме. Измеритель цепей Р2М–18 обеспечивает визуализацию коэффициента передачи по мощности в диапазоне до 18 ГГц, точность измерения мощности составляет 0,001 дБ, а частоты – 0,001 МГц, девиация частоты в эксперименте установлена равной 1 МГц. При этом в Р2М–18 обеспечивается автоматическое слежение за максимумом коэффициента передачи.

Одна торцевая стенка ЦОР выполнена съёмной, вторая – подвижной. У подвижной торцевой стенки отсутствует гальванический контакт с боковой. Этот зазор не влияет на кольцевые токи основного рабочего пространственного колебания H_{011} . При этом продольные токи затекают в область зазора, что приводит к деградации колебаний, которым свойственно наличие этих продольных токов. Такая конструктивная особенность, а также выбранное соотношение длины ЦОР к его диаметру меньше единицы, приводят к фильтрации (устранению) всех пространственных мод кроме основного рабочего H_{011} в широкой полосе частот, достаточной для устранения интерференции колебаний. Приёмная и передающая петли расположены на середине высоты ЦОР, при этом плоскость их раскрытия перпендикулярна его оси. Во внутренней полости ЦОР располагается пластина-основание из пенополистирола марки ПСБ–С15 (плот-

ность 9 кг/м^3) с относительной диэлектрической проницаемостью близкой к единице, в связи с чем, электромагнитное поле в ЦОР можно считать тождественным полю пустого ЦОР.



Рис. 1. Внешний вид экспериментальной установки с использованием скалярного измерителя параметров цепей P2M-18 и ЦОР

Исследования [2] показали, что чувствительность метода сильно зависит от формы капель воды: в случае, когда капля воды имеет шарообразную форму (то есть в случае сферической границы раздела сред), при приложении электрического поля значение напряженности электрического поля внутри капли будет существенно ниже, чем значение напряженности снаружи капли (рис. 2).

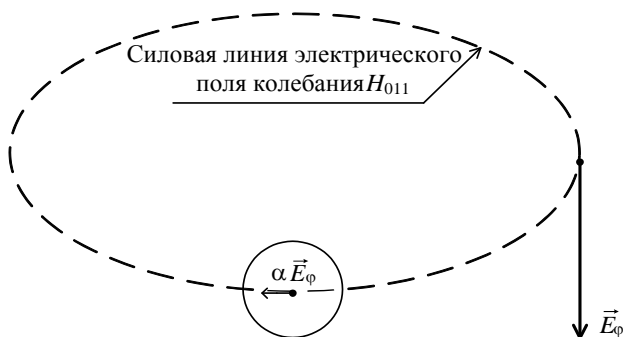


Рис. 2. Силовые линии электрического поля колебания H_{011} , возмущенного каплей воды: \vec{E}_ϕ – напряженность электрического поля вне сферы; $\alpha\vec{E}_\phi$ – напряженность электрического поля внутри сферы

В случае плоских капель силовая линия пространственного электромагнитного колебания H_{011} должна быть касательной к плоскости прижатых капель. При таком положении плоскости прижатых капель и силовой линии со-

гласно граничным условиям (касательная составляющая напряженности электрического поля на границе раздела сред не изменяется) поле вне и внутри объема прижатых капель выравнивается. Таким образом, в объеме прижатых капель значение напряженности электрического поля выше по сравнению со значением напряженности в объеме шарообразных капель и, как следствие, больше чем на порядок увеличивается чувствительность к диэлектрическим потерям при неизменном объеме воды.

Данный эффект был подтвержден экспериментально [2] при помощи прижатия капель диэлектрической пластиной внутри ЦОР. На рис. 3 видно, что в случае прижатых капель на единицу изменения аргумента (объем воды) приходится большее изменение функции (нагруженная добротность ЦОР). Таким образом, для осуществления метода видится целесообразным использовать приспособление, позволяющее собирать всю нерастворенную воду из объема жидкого углеводорода, например – фильтроматериал, который будет удерживать воду в виде плоского слоя, который сам при этом обладает низкими диэлектрическими потерями в СВЧ. Экспериментальные исследования позволили выбрать образец фильтроматериала с необходимыми свойствами: ФПТ – 01 (разработанный компанией ООО «Технологии Электроформования»).

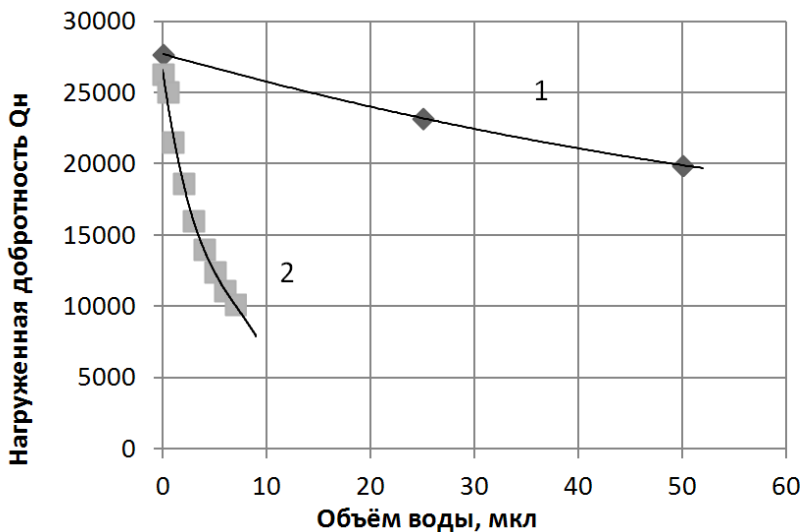


Рис. 3. Зависимость нагруженной добротности ЦОР с резонансной частотой 2,77 ГГц от объема воды внутри ЦОР:
 1 – свободнолежащие шарообразные капли;
 2 – прижатые капли (вода в виде плоского слоя)

Дальнейшие исследования показали, что чувствительность метода зависит от расположения образца фильтроматериала внутри ЦОР. Компьютерное моделирование с помощью программы COMSOL Multiphysics, результаты которого представлены на рис. 4 А, показало, что напряженность поля максимальна на середине высоты ЦОР и на середине радиуса окружности ЦОР, то есть именно в этой области должна наблюдаться максимальная чувствительность метода и именно там, согласно рис. 4 Б, следует располагать образец фильтроматериала с поглощенной нерастворенной водой при проведении измерений.

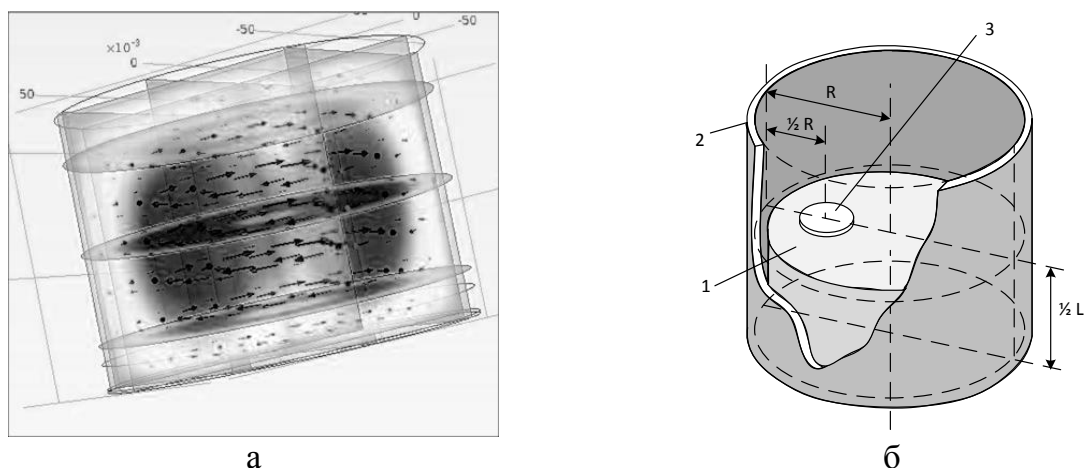


Рис. 4. Расположение зоны максимальной чувствительности прямого электрического метода внутри полости ЦОР

А – Результаты моделирования (изометрия) с геометрией объекта (ЦОР) с использованием программы COMSOL Multiphysics: линии со стрелками показывают направление напряженности электрического поля в пространстве резонатора; тёмные участки соответствуют максимальной напряжённости поля
 Б – Схема расположения фильтроматериала во внутренней полости ЦОР: 1 – пластина-основание; 2 – корпус ЦОР; 3 – положение фильтроматериала на середине радиуса ЦОР

Данный эффект был подтверждён экспериментально, что представлено на рис. 5, где видно, что на единицу изменения аргумента (масса воды в фильтроматериале) приходится большее изменение функции (нагруженная добротность).

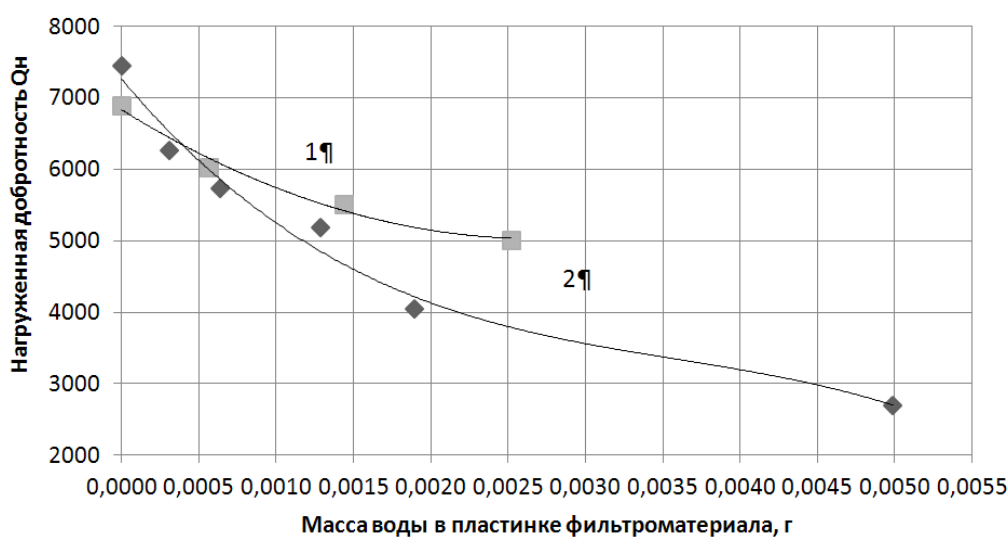


Рис. 5. Зависимость добротности ЦОР с резонансной частотой 5,5 ГГц от массы воды в пластинке фильтроматериала: 1 – пластинка на центральной оси ЦОР; 2 – пластинка на середине радиуса ЦОР и на середине высоты ЦОР

С помощью соотнесения массы воды в фильтроматериале к единице объёма топлива или к единице массы топлива, пропущенного через фильтроатериал при разных температурах можно построить зависимость массовой или объёмной доли нерастворённой воды в пробе топлива от нагруженной добротности ЦОР (см. рис. 6).

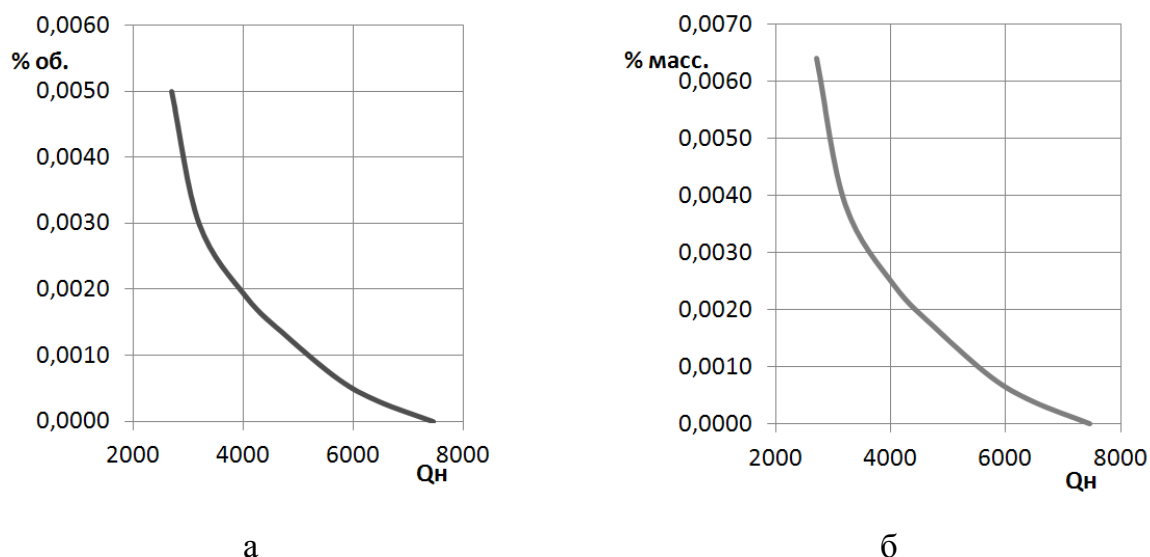


Рис. 6. Зависимость концентрации нерастворённой воды в пробе топлива от нагруженной добротности ЦОР для топлива ТС-1 при 20°C:
 а – зависимость объёмной доли нерастворённой воды в пробе топлива (100 мл) от нагруженной добротности ЦОР;
 б – зависимость массовой доли нерастворённой воды в пробе топлива (100 г, 0,78 г/мл) от нагруженной добротности ЦОР

Таким образом, возможный вариант исполнения прямого электрометрического метода определения микроконцентраций нерастворённой воды в лёгких жидких углеводородах заключается в проведении следующих этапов:

1. Отобрать пробу с помощью пробоотборника, имеющего мерную ёмкость для отбора строго определённого объёма пробы для возможности расчёта объёмной концентрации нерастворённой воды. Возможное строение пробоотборника, встроенного в линию трубопровода представлено на рис. 7 А, за основу взяты технические решения [3, 4]; возможное строение пробоотборника типа «шприца» представлено на рис. 7 Б, за основу взяты технические решения [4, 5].

2. Расположить патрон с водопоглощающим фильтроматериалом во внутреннюю полость ЦОР с резонансной частотой 5,5 ГГц, находящегося в составе портативной измерительной установки, на пластину-основание на середине высоты ЦОР на середину радиуса ЦОР.

3. Определить объёмную долю нерастворённой воды в топливе в автоматическом режиме по построенной зависимости нагруженной добротности ЦОР от объёмной доли воды в 100 мл пробы топлива при соответствующей температуре при помощи соответствующего программного обеспечения.

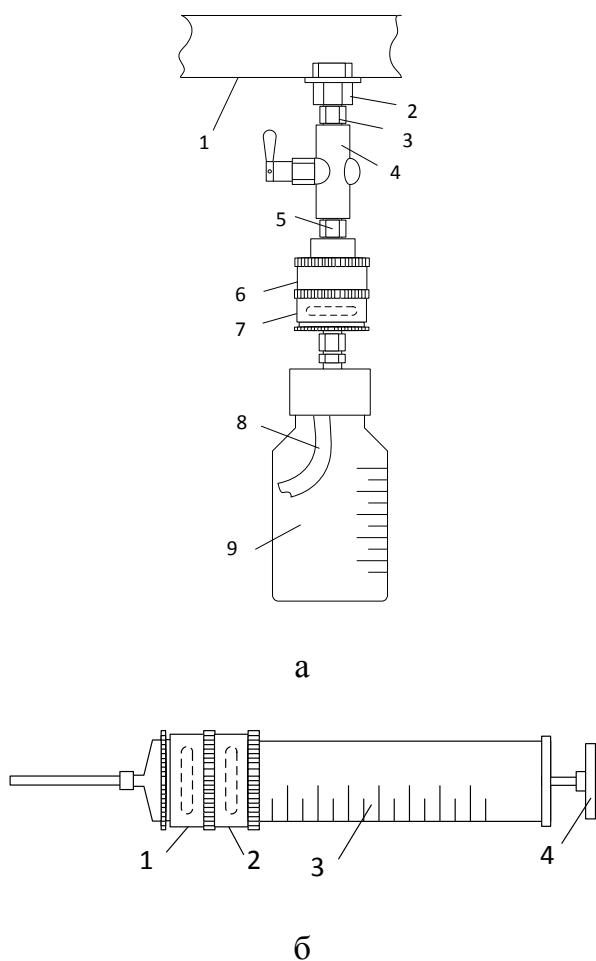


Рис. 7. Строение пробоотборника для определения концентрации нерастворённой воды в лёгких жидких углеводородах: а – Строение пробоотборника, встроенного в линию трубопровода: 1 – участок трубопровода; 2 – быстроразъёмный патрубок с силовым приводом; 3 – патрубок; 4 – переключающий вентиль; 5 – ограничительное отверстие; 6 – патрон с водокоагулирующим материалом; 7 – патрон с водопоглощающим фильтроматериалом; 8 – выходной шланг; 9 – ёмкость для сбора пробы топлива; б – Строение пробоотборника типа «шприца»: 1 – патрон с водокоагулирующим материалом; 2 – патрон с водопоглощающим материалом; 3 – дозатор; 4 – поршень дозатора

Таким образом, разработан новый метод, обладающий необходимой чувствительностью для определения микроконцентраций нерастворённой воды в лёгких жидких углеводородах, который может использоваться при контроле качества нефтепродуктов, в сферах, где использование обводнённых нефтепродуктов недопустимо, например при контроле обводнённости топлив для заправки летательных аппаратов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахадов Я.Ю. Диэлектрические свойства чистых жидкостей /Я.Ю. Ахадов. – М.: Издательство стандартов, 1972. – 413с.
2. Думболов Д.У., Суслин М.А., Зайцева А.А. Применение электрометрического метода для определения содержания свободной воды в топливах для реактивных двигателей // Химия и технология топлив и масел. – 2021 г. № 1. С. 42–45.
3. ASTM D 3240-2015 Standart Test Method for Undissolved Water in Aviation Turbine Fuels / ASTM International. – 5 p.
4. Думболов Д.У., Галко С.А., Константинов В.Е., Зайцева А.А. Усовершенствованная методика испытаний фильтров-водоотделителей по определению качества очистки авиационного топлива от свободной воды // Нефтехимия и нефтепереработка. – 2020 г. №11. С. 41-44.

5. Пат. RU2522207. Устройство для определения качества нефтепродуктов / Нигматуллин Р.Г., Нигматуллин В.Р., Нигматуллин И.Р. и др. / 10.07.2014.

УДК 532.783

Т. В. Пашкова^{1,2}, А. И. Александров²

¹ Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

² ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»

СПЕКТРАЛЬНЫЕ И ЭЛЕКТРОНОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ КРАСИТЕЛЯ ПРЯМОГО ЖЕЛТОГО СВЕТОПРОЧНОГО

Аннотация: Проведены спектральные и электронографические исследования водных растворов красителя прямого желтого светопрочного и пленок, сформированных на стеклянных подложках осаждением молекул красителя из раствора. Установлено, что в растворах красителя любой концентрации образуются молекулярные агрегаты. Предлагается модель структуры пленки, построенная из вытянутых молекул, соединенных в J- агрегаты. Предварительное текстурирование поверхности подложек позволило получить ориентированные пленки со степенью ориентации молекул, равной 0,79.

Ключевые слова: органические красители, тонкие пленки, структура, электронография, электронные спектры поглощения.

T. V. Pashkova, A. I. Alexandrov

SPECTRAL AND ELECTRONOGRAPHIC STUDIES OF FILMS BASED ON DIRECT YELLOW LIGHT-STRONG DYE

Abstract: Spectral and electronographic studies of aqueous solutions of direct yellow light-resistant dye and films formed on glass substrates by deposition of dye molecules from the solution were carried out. It has been established that molecular aggregates are formed in dye solutions of any concentration. A model of the film structure constructed from elongated molecules connected in J-aggregates is proposed. Preliminary texturing of the substrate surface made it possible to obtain oriented films with a degree of orientation of molecules equal to 0.79.

Keywords: strong organic dyes, thin films, structure, electronography, electronic absorption spectra.

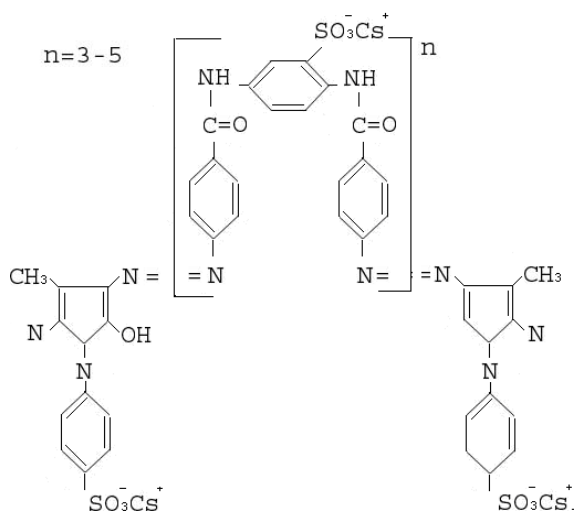
ВВЕДЕНИЕ

Одним из направлений использования лиотропных жидких кристаллов (ЛЖК) красителей является формирование на их основе тонких анизотропных пленок, которые могут найти применение в оптоэлектронике в качестве фильтров и цветных поляризаторов. Установление связи между структурой и свойствами дает возможность получать материалы, обладающие необходимыми свойствами. Качество пленок определяется структурной организацией молекул, её образующих. Поэтому для получения качественных пленок необходимы сведения о структуре (на уровне моделей) как самих пленок, так и растворов, из которых формируется пленка. В этой связи спектральные исследования растворов ЛЖК красителей позволяют сделать вывод о строении как отдельной молекулы красителя, так и агрегатов молекул, которые возникают в растворе. Дифракционные исследования сформированных пленок так же очень важны, так как они по сравнению с исходными ЛЖК фазами красителей дают более богатую дифракционную картину, что позволяет с большей долей достоверности установить их структуру и оценить степень совершенства, что доказывают ранее проведенные дифракционные исследования пленок на основе органических красителей [1,2]. Интересным представляется установление связи между поведением молекул красителя в растворе, из которого формируется пленка, и структурой пленки

МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В работе методами спектрального анализа и электронографии исследовались водные растворы красителя прямого желтого светостойкого ПЖС (концентрация варьировалась от $5 \cdot 10^{-2}$ г/мл до $4,3 \cdot 10^{-2}$ г/мл), а также пленки, сформированные осаждением раствора на стеклянных подложках. Для получения ориентированных плёнок использовалось ориентирующее влияние поверхности. Придание поверхности ориентирующих свойств осуществлялось методом механического текстурирования (метод Шатлена).

Структурная формула красителя ПЖС имеет вид



Спектры поглощения растворов исследуемых соединений и пленок на их основе получены на спектрофотометре СФ-56.

Электроннографические исследования проводились на электронном микроскопе ЭВМ 100Л в режиме электронографа при ускоряющем напряжении 50 кВ ($\lambda=0,0055$ нм). Из дифракционных картин пленочных структур рассчитывались периоды слоевой укладки молекул в пленках по формуле Вульфа-Брегга. Учет аппаратной функции проводили, используя дифракцию от тест-объекта (слюда). Оценку степени ориентации молекул в пленке проводили на основе измерения угла азимутального размытия максимумов на электронограмме α по формуле

$$S = 1 - \frac{3}{2} \overline{\sin^2 \alpha}.$$

согласно методике, изложенной в [4]. Пространственные характеристики молекул, необходимые при анализе данных дифракции электронов и построении моделей структурной организации, определялись с помощью компьютерной программы молекулярного моделирования *Hyper Chemistry* (метод ММ+, геометрическая оптимизация).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

С целью обнаружения агрегирования молекул красителя прямого желтого светопрочного в растворе, были проведены исследования спектров поглощения растворов красителя ПЖС, с различными концентрациями (0,02 г/мл, 0,0043 г/мл, 0,00093 г/мл, 0,0005 г/мл, 0,000005 г/мл), в диапазоне длин волн 200-1200 нм (УФ-, видимая и ближняя ИК- области спектра). Соответствующие спектры представлены на рис. 1-2.

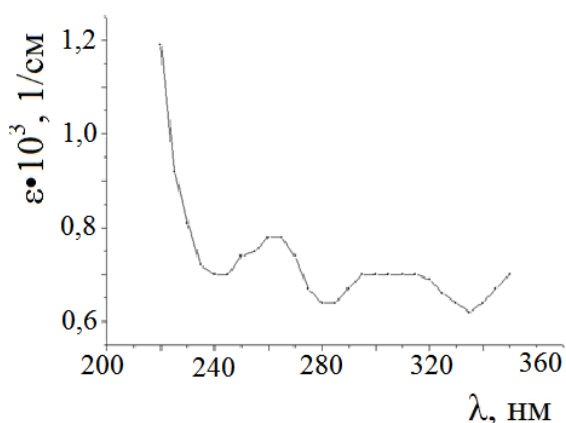


Рис. 1. Спектр поглощения раствора красителя ПЖС концентрацией $C = 0,000005 \text{ г/мл}$ в ультрафиолетовой области

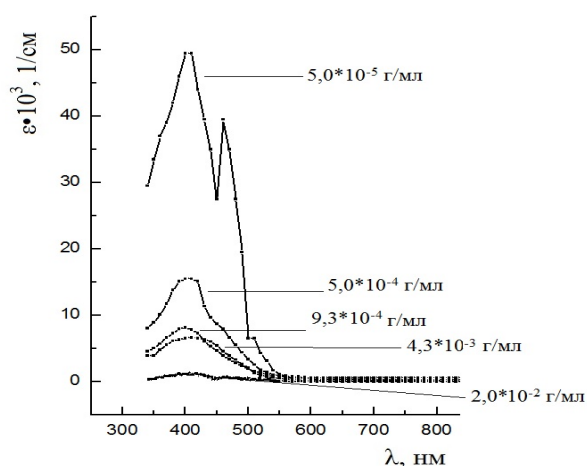


Рис. 2. Спектры поглощения растворов красителя в видимой области длин волн

Известно, что цвет тела является дополнительным к цвету излучения, которое поглощается в области чувствительности человеческого глаза. Поэтому все представленные спектры ПЖС содержат широкий максимум в области $\lambda = 400$ нм.

Молекула красителя ПЖС содержит несколько бензольных колец, атомы водорода у некоторых из них замещены атомной группой SO_3Cs . Бензольные кольца соединены карбонильными и азогруппами. Также в молекуле красителя имеют место несколько пятичленных гетероциклов. Каждая из названных групп является хромофорной группой, поэтому молекула красителя является сопряженным хромофором. Наличие полос поглощения молекулы красителя в видимой и УФ- областях обусловлено $\pi \rightarrow \pi^*$ переходами.

Растворы красителя ПЖС обладают интенсивным поглощением в УФ- области спектра, поэтому удалось получить спектр поглощения только раствора красителя крайне низкой концентрации $c = 0,000005$ г/мл (рис.1). В спектре поглощения раствора с $c = 0,000005$ г/мл содержится два широких максимума, соответствующих $\lambda = 260,310$ нм, каждый из которых, по видимому, является суммой нескольких максимумов. В частности, наличие интенсивного поглощения вблизи 260 нм указывает на присутствие в молекуле более чем двух сопряженных кратных связей $C=O$, $N=N$. Кроме того, за появление максимума в области 260 нм ответственны бензольные кольца. Поскольку молекула содержит несколько бензольных колец, возможен батохромный сдвиг полосы поглощения на 40-70 нм [3, 5, 7]. В нашем случае это максимум $\lambda = 310$ нм. В отличие от бензола пятичленные ароматические гетероциклы не показывают избирательного поглощения бензольного ядра [5, 7]. Поглощение молекулы в целом как сопряженного хромофора приводит к появлению максимума в видимой области спектра $\lambda = 400$ нм.

Известно, что водные растворы красителей склонны к образованию агрегатов (J-агрегатов), вызывающих появление в спектрах поглощения высокоинтенсивной полосы поглощения, смещенной в коротковолновую область. J-агрегаты – объединение органических молекул в более сложные группы. Это подтверждают и проведенные ранее исследования подобных красителей, растворы которых даже малых концентраций оказываются сильно агрегированными [6].

В агрегатах существует сильное межмолекулярное взаимодействие, приводящее к деформациям видимой электронной полосы поглощения. Характер этих изменений следующий: при агрегировании молекул красителя в спектре наряду с максимумом $\lambda = 470$ нм (рис. 2), соответствующим поглощению изолированной молекулы ПЖС появляется и быстро растёт новая коротковолновая полоса ($\lambda = 400$ нм), принадлежащая возникающим в растворе агрегированным молекулам ПЖС. Можно видеть, что уже в крайне разбавленном растворе пик соответствующий поглощению агрегатов более интенсивный. J- агрегирование, по-видимому, осуществляется за счет межмолекулярных связей (O...N и N...N). Известно, что образование межмолекулярных водородных связей может

приводить к батохромному сдвигу полос $\pi \rightarrow \pi^*$ переходов. [3, 5] Интенсивность полос этого типа может меняться при образовании внутри- и межмолекулярных водородных связей. Кроме того, известно, что агрегирование молекул в растворе может происходить и за счет дисперсионного взаимодействия. В нашем случае при увеличении концентрации наблюдается сдвиг полосы поглощения в длинноволновую область спектра на 10-20 нм.

При увеличении концентрации раствора максимум поглощения, соответствующий изолированной молекуле, ослабевает и заметен лишь в виде перегиба на кривой поглощения J-агрегатов. (спектр раствора с $c=0,00093$ г/мл.; рис. 2). При больших концентрациях раствора максимум $\lambda = 450$ нм практически исчезает ($c=0,0043$ г/мл, рис. 2). То есть даже в сильно разбавленном растворе практически все молекулы красителя агрегированы.

Структура пленок красителя прямого желтого светопрочного, сформированных на стеклянной подложке, исследовалась электронографически. Электронограмма пленки представлена на рис. 3.

На электронограмме присутствуют две пары серповидных максимумов в кратных позициях, расположенные вдоль оси текстуры, и две пары максимумов в перпендикулярном направлении (одна пара максимумов соответствует большим периодам, вторая пара диффузных максимумов отвечает малым периодам). Из дифракционных данных рассчитаны периоды, соответствующие максимумам на электронограмме, и степень ориентации по азимутальному размытию рефлексов. Рассчитанные структурные параметры приведены в таблице.

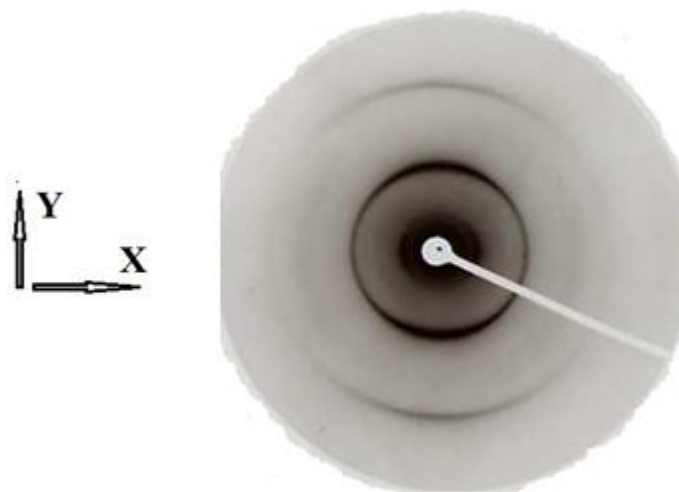


Рис. 3. Электронограмма пленки красителя прямого желтого светопрочного

Таблица. Дифракционные и структурные параметры пленки красителя ПЖС

направление	d, Å	Δd , Å	α , °	S
вдоль y	3,55	$\pm 0,05$	29,5	0,64
	1,80	$\pm 0,05$		
вдоль x	20,3	$\pm 0,8$	22	0,79
	2,13	$\pm 0,05$		

Здесь d – период идентичности, Δd – погрешность определения периода, α - угол азимутального размытия максимумов на электронограмме, S – степень ориентации.

Имеющиеся дифракционные данные можно интерпретировать следующим образом. Учитывая, что молекулы красителя представляют собой олигомеры, то есть обладают внутренней периодичностью, а наблюдаемый большой период сравним с длиной молекулярного звена ($19,5 \text{ \AA}$), можно говорить о том, что пленка строится из вытянутых молекул. Кроме того, присутствие кратных максимумов на электронограмме в направлении y с периодом $d=3.55 \text{ \AA}$, сравнимым с толщиной бензольных колец, также свидетельствует о том, что молекулы красителя плоские. Следует учесть установленный в результате спектральных исследований факт наличия J-агрегатов ПЖС. Таким образом, молекулы красителя, агрегированные между собой водородными связями, при торцевых контактах образуют слои, в которых они располагаются параллельно, но со сдвигом кратным длине мономерного звена (аналог двумерной синботактической нематике), тогда $d=3.55 \text{ \AA}$ есть внутрислойный период. Сдвиг в направлении, перпендикулярном длинной оси молекулы, соседних J-агрегатов должен быть произволен, так как в электронограмме отсутствуют следы трехмерной периодичности. Возможная схема укладки молекул красителя в пленке показана на рис. 4.

Наблюдаемый малый диффузный период имеет, по видимому, внутримолекулярную природу, так как данная олигомерная молекула ПЖС содержит большое число одинаковых конформеров.

Оценивалась степень ориентации молекул по азимутальному размытию малоугловых и широкоугловых рефлексов. Видно, что степень ориентации слоевой структуры, образованной J-агрегатами, оказывается выше и составляет 0,79, чем внутрислойной, связанной с боковой укладкой вытянутых молекул ПЖС.

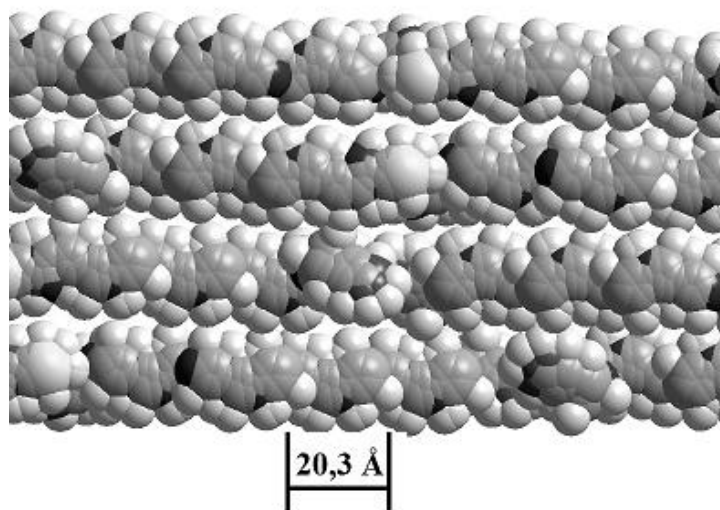


Рис. 4. Схема укладки молекул красителя ПЖС в пленке

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований растворов красителя прямого желтого светопрозрачного и пленок, полученных осаждением раствора на механически текстурированные стеклянные подложки, установлено, что:

- спектр поглощения растворов ПЖС чувствителен к возникновению J-агрегатов молекул красителя в растворе;

- агрегация молекул присутствует в растворах любой концентрации, а начиная с $c=0,0043$ г/мл все молекулы агрегированы;
- предлагается модель структуры пленки, построенная из вытянутых молекул, соединенных в J- агрегаты;
- пленка красителя, полученная на механически текстурированной подложке, является ориентированной, степень ориентации составила 0,79;

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Alexandrov A. I., Bykov V. A., Pashkova T. V.* Structure and films formed from lyotropic liquid crystal phases of dyes. 1. benzopurpurin – 4B // *Mol.Cryst. Liq.Cryst.*1992. Vol.215.PP 169-177
2. *Александров А. И, Быков В. А., Пашкова Т. В.* Дифракционные исследования структуры пленок, сформированных из лиотропных жидкокристаллических фаз некоторых красителей.// *Известия Академии Наук. Серия физическая.* 1995. Т.59, № 3. с. 37-44.
3. *Браун Д., Флорид А., Сейнзбери М.* Спектроскопия органических веществ. Москва: Мир, 1992 г. 305 с.
4. *Вайнштейн Б.К.* Дифракция рентгеновых лучей на цепных молекулах. М.: Издательство АН СССР. 1963. 362 с.
5. *Вилков Л.В., Пентин Ю.А.* Физические методы исследования в химии. Структурные методы и оптическая спектроскопия,. М.: Высшая школа. 1987..367 с.
6. *Пашкова Т.В., Александров А.И., Баженов А.С.* Спектральные исследования УФ полимеризованных пленок красителя. Актуальные вопросы естествознания: Сборник материалов IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Иваново, 25 марта 2019 года. 2019. С.107-111.
7. *Пентин Ю.А., Кураמיшина Г.М.* Основы молекулярной спектроскопии. Москва: Мир, 2008 г. 398 с.

УДК 537.525

В. Ю. Петрикова, Д. В. Ситанов, С. А. Пивоваренок, Д. Б. Мурин
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

О НЕОБХОДИМОСТИ УЧЕТА ГЕТЕРОГЕННОЙ РЕКОМБИНАЦИИ АТОМОВ ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПЛАЗМЫ ХЛОРА

Аннотация: в работе рассмотрены общие подходы к описанию закономерности плазменной обработки материалов и детального описания гетерогенных стадий травления образцов. Получены абсолютные значения констант скоростей процессов гетерогенной рекомбинации атомов хлора на стекле, арсениде галлия и кремнии.

Результаты получены для зоны положительного столба плазмы хлора с использованием релаксационной импульсной методики.

Ключевые слова: плазма, рекомбинация, константа скорости, процесс, стенка реактора, полупроводник, кремний, арсенид галлия.

V. Yu. Petrikova, D. V. Sitanov, S. A. Pivovarenok, D. B. Murin

ON THE NEED TO CONSIDER HETEROGENEOUS RECOMBINATION OF ATOMS IN THE TECHNOLOGICAL USE OF CHLORINE PLASMA

Annotation: the paper considers general approaches to describing the patterns of plasma treatment of materials and a detailed description of the heterogeneous stages of sample etching. The absolute values of the rate constants for the processes of heterogeneous recombination of chlorine atoms on glass, gallium arsenide, and silicon are obtained. The results were obtained for the zone of the positive column of chlorine plasma using the relaxation pulse technique.

Keywords: plasma, recombination, rate constant, process, reactor wall, semiconductor, silicon, gallium arsenide.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время известно большое количество видов газовых разрядов и имеется столь же большое количество способов их практического применения. В зависимости от конкретных целей и задач используют дуговые, искровые, стримерные разряды атмосферного давления как наиболее технологичные, но в определенных областях по-прежнему актуальным остается использование плазмы пониженного давления. Это в первую очередь микроэлектроника и области инноватики, где применяются способы прецизионного травления материалов или изготовление структур сверх малых размеров. Реалии современного мира определяют нам задачи усилить фундаментальные и научно-технические разработки по созданию собственных высокотехнологичных и многопрофильных микросхем с целью реализации принципов импортозамещения во всех сферах их практического применения. Так, возобновляются работы по изучению возможностей различных плазмообразующих сред, среди которых SF_6 (элегаз), всевозможные смеси и виды фреонов и галогенов. Оказывается, что некоторые традиционные плазмообразующие газы, такие как хлор и его смеси с инертными и молекулярными составляющими способны работать на уровне молекулярной модификации материалов. Причем, скорость травления (или модификации структуры) теперь не имеет первостепенного значения. На первый план выступают вопросы селективности и анизотропии обработки, проявляющиеся по отношению к отдельным кластерным структурам или зародышам новой фазы. По сути, это основополагающие аспекты нанотехнологии.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данной работе мы изучали процессы гетерогенной рекомбинации атомов, протекающие в плазме хлора пониженного давления на материалах, ограничивающих зону плазмы.

Известно, что процессы, реализуемые в плазме, представляют собой взаимосвязанные стадии гетерогенной обработки материалов. В связи с этим для обеспечения требуемых результатов обработки необходимо изучить стадии и механизмы, которые обеспечивают этот процесс. Специфика плазмы хлора как достаточно простой плазмообразующей среды заключается в том, что в ней можно независимо изучать процессы гетерогенной рекомбинации атомов хлора и химического взаимодействия атомов хлора с различными образцами, если обеспечить импульсный режим горения разряда. Именно такой режим реализуется при использовании релаксационной импульсной методики (РИМ). В таком режиме горения разряда стационарная концентрация атомов хлора нарабатывается в фазе горения разряда. В паузе импульсов тока механизмы образования химически-активных частиц реализоваться не могут, и создаются условия для изучения гибели радикалов, в частности атомов хлора. При этом под гетерогенной рекомбинацией следует понимать собственно целевой процесс травления материала, приводящий к уменьшению концентрации атомов хлора в реакторе и процесс образования молекулы Cl_2 из атомов хлора, которому часто не придавали большого значения. Ясно, что чем выше концентрация атомов хлора в реакторе, тем больше скорость процесса химического взаимодействия, кроме того, увеличение скорости травления с возрастанием температуры образца тоже представляется весьма закономерным. Имеется достаточное количество работ, посвященных данным исследованиям [1, 2]. При этом часто считается, что вклад процесса



протекающего на стенке реактора, незначителен и учитывается константой (вероятностью процесса) близкой к условиям послесвечения или полученный при температуре горения разряда. В технологии плазменной обработки температура образцов практически всегда выше температуры нейтральной компоненты плазмы, так как технологическое оборудование строится по принципу оборудования с «холодной стенкой» [3]. В связи с этим, в данной работе были экспериментально определены константы скоростей процессов гетерогенной рекомбинации атомов хлора на стекле (это был материал плазмохимического реактора) и на образцах кремния и арсенида галлия. Кремний (Si) и арсенид галлия (GaAs) являются наиболее часто используемыми материалами для производства микросхем и микроэлектронных сборок.

Вакуумная часть экспериментальной установки показана на рис. 1.

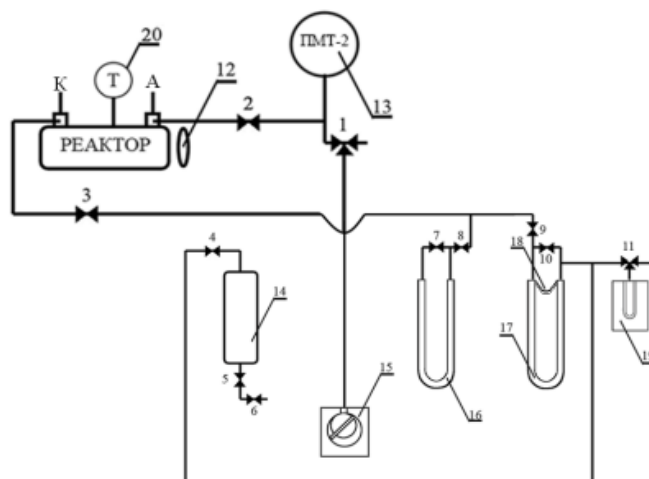


Рис. 1. Схема установки: 1–11 двух- и трехходовые вакуумные краны; 12 – разъемное фланцевое соединение для загрузки образцов в реактор; 13 – манометрическая лампа ПМТ-2; 14 – баллон для плазмообразующего газа; 15 – форвакуумный насос ВН-461; 16 – U-образный масляный манометр; 17 – U-образный масляный реометр для измерения расхода газа; 18 – калиброванный капилляр для контроля расхода газа; 19 – печь для нагревания ампулы с CuCl_2 и получения чистого хлора; 20 – датчик измерения температуры

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Количественной оценкой процесса гетерогенной рекомбинации атомов хлора на различных материалах (процесс 1) является константа скорости этого процесса. Средством для получения этих величин является релаксационная импульсная методика. Она в сочетании с методом абсорбционной спектроскопии была успешно применена нами ранее для изучения гибели активных частиц (атомов хлора) непосредственно в зоне разряда [4–6]. В нашем случае мы зажигаем разряд в периодическом режиме, путем модулирования тока разряда прямоугольными управляющими импульсами от генератора точной амплитуды сигнала. При этом возможности генератора позволяли плавно регулировать скважность управляющих импульсов. Таким образом у нас была возможность задавать времена горения разряда и паузы между импульсами тока, подбирая их так, чтобы реализовать нужные для нас режимы. Действительно, когда разряд горит, у нас происходит формирование стационарных концентраций всех частиц плазмы. После прекращения действия управляющего сигнала плазма распадается, ионная и электронная составляющие гибнут за времена много меньшие по сравнению с временами гибели атомов, и возникают условия для оптимального изучения этого процесса, то есть процесса гетерогенной рекомбинации атомов хлора в поверхностях, ограничивающих зону плазмы. Формализованные (модельные) зависимости, фиксируемые нами в ходе эксперимента, показаны на рис. 2.

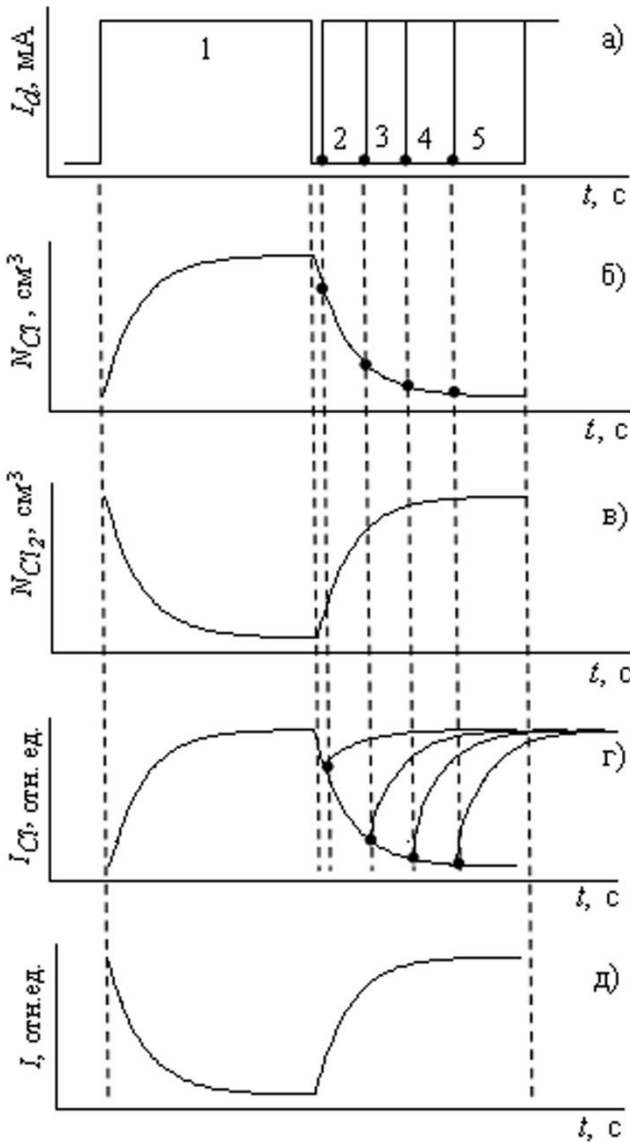


Рис. 2. Модельные зависимости, получаемые в ходе экспериментов:
 а) токовые импульсы;
 б) и в) - изменение концентрации атомов и молекул хлора при включении разряда и его выключении;
 г) и д) – ход концентрации атомов и интенсивности излучения атомов хлора при варьировании временем паузы

Экспериментальные зависимости интенсивности излучения атомарного хлора линеаризовались в координатах:

$$\ln \frac{I_0}{I} = f(t), \quad (2)$$

где I_0 и I относительные интенсивности излучения атомарного хлора (452.6 нм), t – время. Данный факт позволил нам утверждать, что гибель атомов хлора описывается кинетикой первого порядка.

Нормированная интенсивность прошедшего I_{tr} через реактор с плазмой излучения от внешнего источника (лампы ДДС-30) описывалась уравнением:

$$I_{tr} = 1 - e^{-k_p t}, \quad (3)$$

где k_r – константа скорости процесса гетерогенной рекомбинации атомов в плазме хлора. Константа скорости процесса (1) получалась из обработки экспериментальных данных из уравнения (3). В общем случае вероятность процессов гетерогенной рекомбинации атомов хлора на материалах, помещаемых в зону плазмы должна отличаться от константы, полученной на стеклянной стенке.

Учет данного фактора осуществлялся нами путем составления баланса загрузки реактора:

$$k_r^{\text{эф}} S_{\Sigma} = k_r(M) \cdot S(M) + k_r(Gl) \cdot S(Gl), \quad (4)$$

здесь $k_r^{\text{эф}}$ – экспериментально фиксируемая (эффективная) константа скорости процесса гетерогенной рекомбинации атомов хлора на материалах, ограничивающих зону плазмы; S_{Σ} – площадь внутренней поверхности реактора (301.44 см^2); $k_r(M)$ и $k_r(Gl)$ – константы скоростей процессов гетерогенной рекомбинации атомов хлора на изучаемом образце и стекле (Gl) соответственно; $S(M)$ и $S(Gl)$ – соответственно суммарная площадь изучаемого образца, помещаемого в зону плазмы, и площадь внутренней поверхности реактора, не занятой образцом, причем $S(Gl) = S_{\Sigma} - S(M)$.

На рис. 3–5 показаны результаты наших исследований.

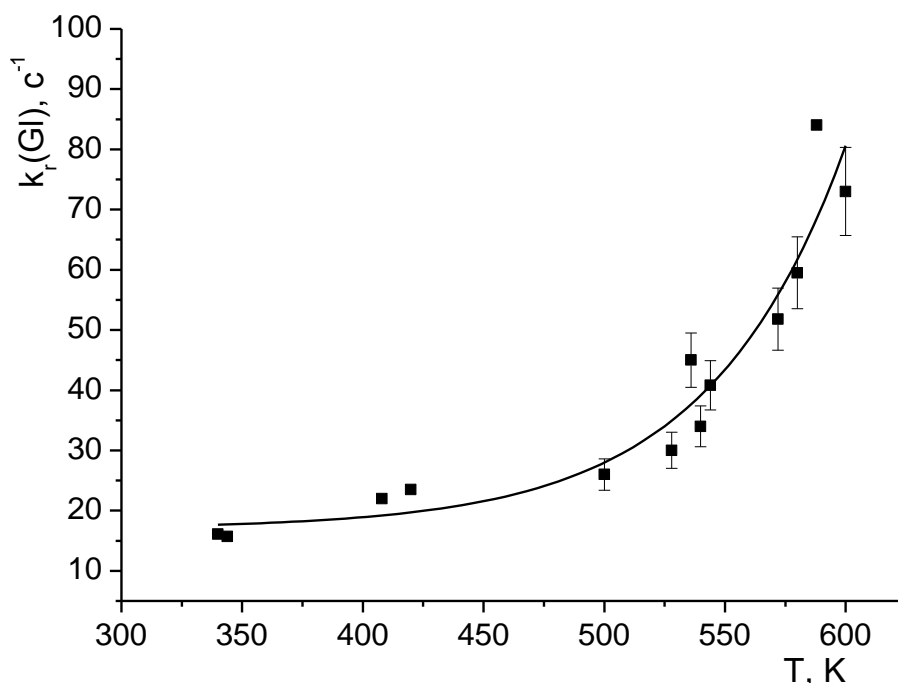


Рис. 3. Зависимость константы скорости процесса гетерогенной рекомбинации атомов хлора на стекле (внутренней поверхности реактора)

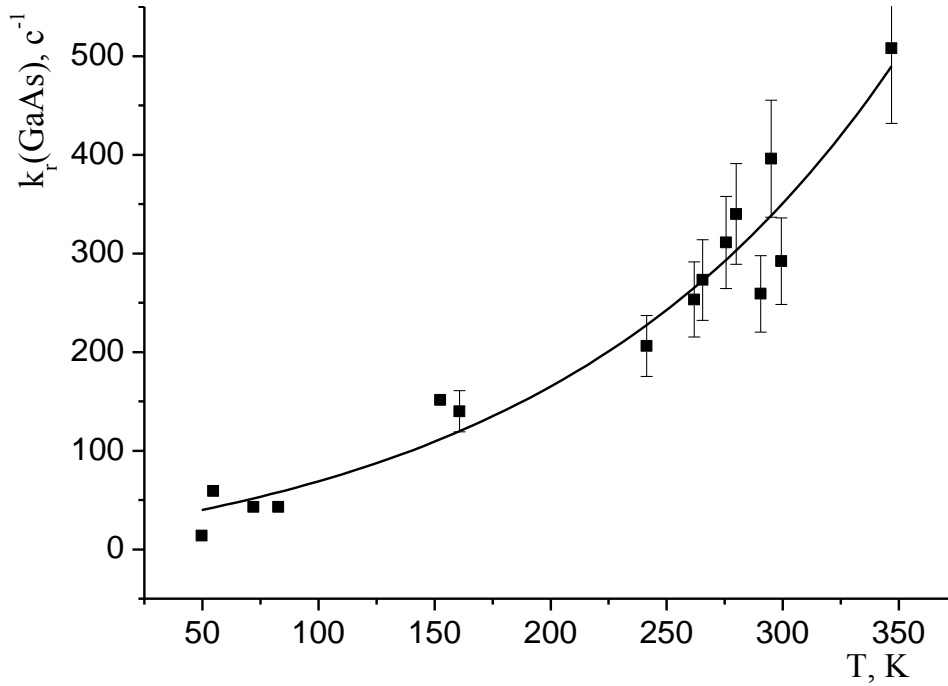


Рис. 4. Зависимость константы скорости процесса гетерогенной рекомбинации атомов хлора на арсениде галлия

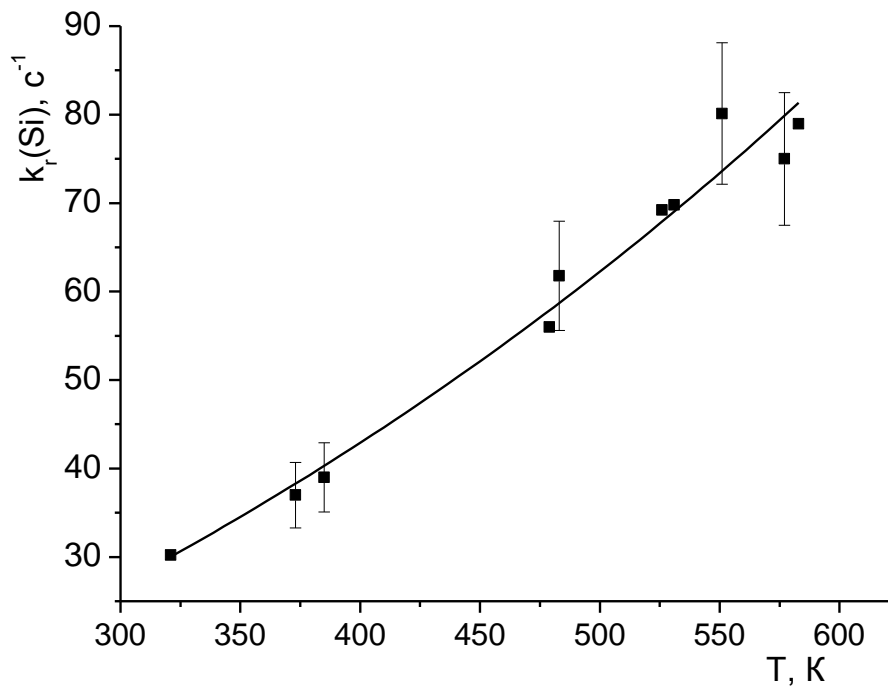


Рис. 5. Зависимость константы скорости процесса гетерогенной рекомбинации атомов хлора на кремнии

ВЫВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Результаты, показанные на рис. 3–5, явно свидетельствуют о необходимости использования значений, полученных в работе, констант скоростей процессов гетерогенной рекомбинации атомов хлора в дальнейших исследованиях, где повышенная точность результатов имеет решающее значение. Это могут быть работы по математическому моделированию или разработке новых технологических процессов травления или модификации полупроводниковых материалов. Так, в работе показано, что с ростом температуры все полученные значения константы возрастают, причем если данные, полученные на стекле (стенке реактора) и на кремнии, соизмеримы между собой, то данные рис. 4 говорят о том, что механизм гетерогенной рекомбинации атомов хлора на арсениде галлия проявляет себя значительно в большей степени.

Работа выполнена в рамках государственного задания на выполнение НИР. Тема № FZZW-2020-0009.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дунаев А.В., Пивоваренок С.А., Капинос С.П., Мурин Д.Б. Влияние температуры на скорость травления и качество поверхности GaAs при обработке в плазме HCl-Ar, HCl-Cl₂, HCl-H₂. Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2014. Т. 57. № 7. С. 50-53.
2. Дунаев А.В., Пивоваренок С.А., Ефремов А.М., Светцов В.И., Капинос С.П., Юдина А.В. Параметры плазмы и механизмы плазмохимического травления GaAs в смесях HCl с аргоном и хлором. Микроэлектроника. 2013. Т. 42. № 4. С. 271.
3. В.Ю. Куреев. Введение в технологии микроэлектроники и нанотехнологии. – М.: ФГУП «ЦНИИХМ», 2008. 428 с.
4. Sitanov D.V., Pivovarenok S.A. Kinetics of atomic recombination on silicon samples in chlorine plasma // Plasma Physics Reports. 2018. V. 44. № 8. P. 713-722.
5. Sitanov D.V., Pivovarenok S.A. Heterogeneous recombination of atoms on aluminum samples in chlorine plasma // High Temperature. 2017. V. 55. № 3. P. 461-464.
6. Sitanov D.V., Pivovarenok S.A. A study of heterogeneous recombination of chlorine atoms on aluminum and copper surfaces in glow discharge plasma // High Energy Chemistry. 2017. V. 51. № 4. P. 292-296.

УДК 537.525

С. А. Пивоваренок, Д. Б. Мурин, Д. В. Ситанов, И. А. Чесноков

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

ТРАВЛЕНИЕ КРЕМНИЯ В ВЫСОКОЧАСТОТНОМ РАЗРЯДЕ

Аннотация: проведено экспериментальное исследование влияния внешних параметров разряда (потенциал смещения, вкладываемая мощность) на скорость травления кремния в смеси CF_4/O_2 . Показано, что процесс травления кремния протекает в стационарном режиме. Установлено, что существенное увеличение скорости травления кремния происходит при использовании потенциала смещения (-100 или -160 В).

Ключевые слова: плазма, травление, кремний, фреоны, активные частицы, концентрации частиц.

*S. A. Pivovarenok, D. B. Murin, D. V. Sitanov, I. A. Chesnokov***ETCHING OF SILICON IN A HIGH FREQUENCY DISCHARGE**

Annotation: an experimental study of the effect of external discharge parameters (bias potential, input power) on the silicon etching rate in a CF_4/O_2 mixture was carried out. It is shown that the silicon etching process proceeds in a stationary regime. It has been established that a significant increase in the silicon etching rate occurs when a bias potential (-100 or -160 V) is used.

Keywords: plasma, etching, silicon, freons, active particles, particle concentrations.

При нормальных условиях газы являются диэлектриками и состоят в основном из электрически нейтральных атомов или молекул. При протекании тока через газ будет происходить ионизация нейтральных частиц и возникнет газовый разряд. Ионизация происходит за счет столкновений электронов, ускорившихся в электромагнитном поле, с атомами (молекулами) газа, причем поле может быть как постоянным во времени, так и переменным: высокочастотным (ВЧ-разряд при частоте в несколько мегагерц), сверхвысокочастотным (СВЧ-разряд при частотах в несколько гигагерц).

Плазма представляет собой частично или полностью ионизированный газ, который характеризуется состоянием квазинейтральности (равенством концентраций положительных и отрицательных зарядов). Это означает, что пространственные заряды ионов и электронов всегда компенсируют или почти компенсируют друг друга. Если это условие нарушается, то возникает сильное электрическое поле, которое перемещает заряды и восстанавливает нейтральность плазмы. Плазма состоит из электронов, ионов и нейтральных частиц (атомов

и/или молекул, находящихся как в основном, так и в возбужденных состояниях).

Используемый плазмообразующий газ в реакторе должен обеспечить необходимую скорость процесса травления, селективность и анизотропию. Рабочие газы должны быть безопасными в работе, химически инертными по отношению к конструкционным элементам установок и откачных средств и др. Необходимость травления широкого ассортимента материалов и обеспечение указанных выше требований привело к использованию большого количества различных газов и их смесей (с помощью второго газа возможно достигать дополнительных эффектов при травлении) в технологии плазменного травления [1–5].

Для реализации подобных эффектов необходим широкий набор варьируемых (задаваемыми оператором) параметров, которые называются внешними параметрами плазмы. В частности, к ним относятся тип плазмообразующего газа, его давление и расход, ток разряда, в случае ВЧ- и СВЧ-разрядов – удельная мощность, вкладываемая в разряд, и геометрия плазмохимического реактора, его конструкционные материалы, находящиеся в непосредственном контакте с зоной разряда и послесвечения. Количественное описание плазменных процессов требует знания концентраций всех типов частиц, а также их энергетических, пространственных и временных распределений.

В качестве плазмообразующего газа был использован тетрафторметан (CF_4) или фреон R-14 и его смесь с кислородом. Фреон R-14 – бесцветный газ, без запаха, относится к озонобезопасным фреонам группы «С». Данный газ инертен в химическом отношении, не горит на воздухе, невзрывоопасен даже при контакте с открытым пламенем и при диссоциации не взаимодействует с озоном. Фреон R-14 играет важную роль в промышленности плазменного травления, так как может легко диссоциировать на химически активные частицы фтора (F) и CF-содержащие радикалы и используется для травления кремния, диоксида кремния или нитрида кремния.

Кремний и германий являются основными материалами для создания изделий микро- и наноэлектроники. Однако в твердотельной электронике основным материалом является кремний, так как обладает рядом преимуществ: является более распространенным в земной коре; простота получения диэлектрического слоя на поверхности, который в дальнейшем будет использоваться как защитная маска; рабочая температура кремниевых приборов выше.

Целью данной работы являлось исследование кинетики травления кремния в ВЧ-плазме фреона R-14 с кислородом.

Эксперименты по исследованию кинетики травления кремния проводились на ICP установке планарного типа Платран –100 ХТ (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид и конструкция установки Платран – 100 ХТ

Данная установка предназначена для высокоскоростного плазмохимического и реактивно-ионного травления материалов, продукты реакций которых с плазмообразующими газами на основе хлора, брома и фтора образуют летучие соединения. Установка Платран – 100 ХТ имеет модульно-блоковую конструкцию и состоит из: 1) плазменного источника с индуктивным возбуждением плазмы и магнитной системой для повышения плотности и однородности плазмы (безэлектродный разряд с ВЧ индуктивным возбуждением плазмы, рабочая частота – 13.56 МГц, подводимая мощность 0 – 1250 Вт); 2) нагреваемого держателя пластин с механическим прижимом и возможностью подачи газообразного гелия под пластину для выравнивания радиального распределения температуры по пластине и улучшения теплового контакта последней с держателем (встроенный управляемый нагреватель, с развязанным контуром охлаждения); 3) вакуумной системы (турбомолекулярный, форвакуумный насосы, масляная ловушка, клапаны для форвакуумной откачки и контроля за рабочим давлением); 4) системы газонапуска (4 независимых канала газонапуска); 5) ВЧ-генератора с устройством согласования для подачи смещения на держатель пластины; 6) системы управления (автоматизированное управление основным технологическим процессом и вспомогательными операциями); 7) поршневого воздушного компрессора, (FUBAG), (сжатый воздух 4 – 6 атм, для работы пневмосистемы установки).

В качестве плазмообразующей среды использовалась смесь тетрафторметана с кислородом. Фреон R-14 и O₂ брали из баллонов с маркой "чистый" (МРТУ 51–77–66), содержание основного газа не менее 99.985%. В качестве

внешних параметров плазмы выступали вкладываемая мощность (550 – 950 Вт), потенциал смещения (0, -100, -160 В) и давление газа (1 – 10 мТорр).

На рис. 2 приведены кинетические зависимости травления кремния в ВЧ-плазме CF_4/O_2 .

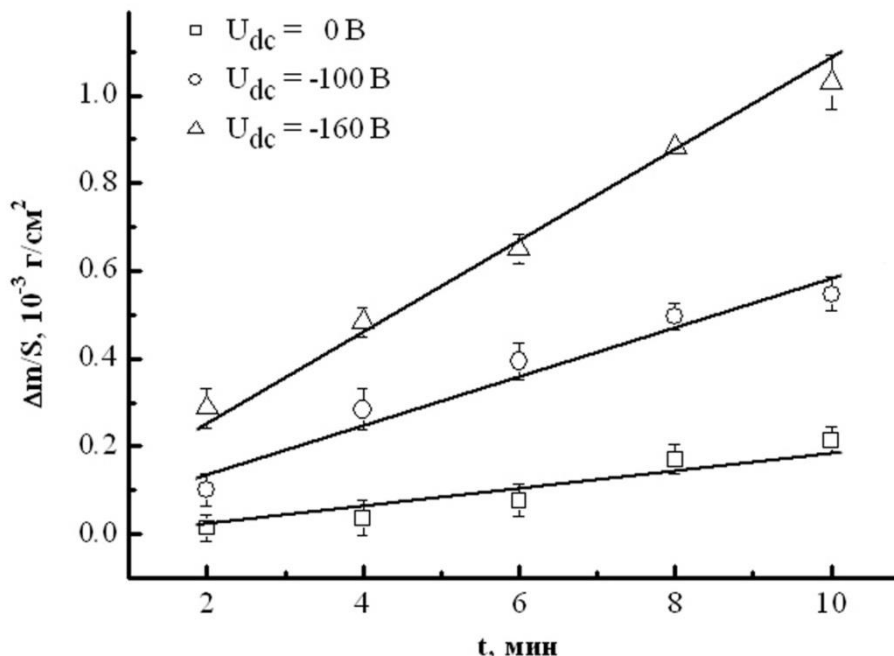


Рис. 2. Кинетические зависимости травления кремния в ВЧ-плазме CF_4/O_2 :
 $W_{RF} = 950$ Вт, $p = 3.6$ мТорр (CF_4/O_2 : $40/12$ см³/мин = $2.8/0.8$ мТорр)

Из рис. 2 видно, что кинетические зависимости носят линейный характер (как с использованием потенциала смещения, так и без него), что свидетельствует о стационарном режиме протекания процесса травления. Данный факт может быть обусловлен следующим:

- на начальном этапе присутствовал небольшой индукционный период, который, по нашему мнению, обусловлен процессом травления оксидной пленки за счет атомно-молекулярных реакций, т. е. происходит деструкция пассивирующей оксидной пленки ($\text{SiO}_2 + \text{CF}_n \rightarrow \text{SiF}_n + (\text{CO}_n, \text{COF}_n)$);
- после удаления оксидной пленки на поверхности кремния образуются летучие соединения вида SiF_n (где, $n = 2, 4$), что в свою очередь приводит к интенсивной газификации продуктов взаимодействия с обрабатываемой поверхностью.

Из полученных зависимостей видно, что при использовании потенциала смещения на подложкодержателе убыль массы образца увеличивается более значительно. Например, при 5 мин обработки убыль массы образца возрастает в 3.6 раза (-100 В) и в 6.7 раза (-160 В), что может быть связано с увеличением роли ионной составляющей (ионы приобретают достаточную энергию для поддержания эффективной скорости ионно-стимулированной десорбции продуктов взаимодействия).

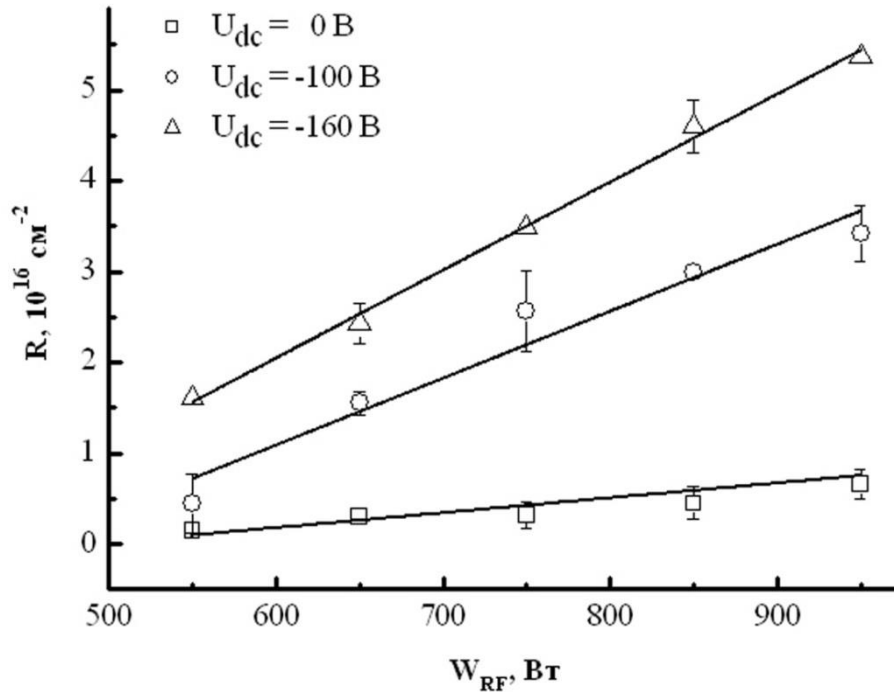


Рис. 3. Зависимости скорости травления кремния в ВЧ-плазме CF_4/O_2 от мощности: $t = 4$ мин, $p = 3.6$ мТорр (CF_4/O_2 : $40/12 \text{ cm}^3/\text{мин} = 2.8/0.8$ мТорр)

Из рис. 3 видно, что при использовании потенциалов смещений -100 и -160 В, увеличение вкладываемой мощности от 550 до 950 Вт приводит к линейному росту скорости травления кремния. Например, скорость травления образца возрастает (при вкладываемой мощности в разряд 950 Вт) в 5.2 раза (-100 В) и в 8.2 раза (-160 В). Данный факт обусловлен тем, что рост мощности, вкладываемой в плазму, приводит к росту как плотности потока нейтральных частиц, так и к росту плотности потока ионов на поверхность обрабатываемого материала, и, как следствие, происходит увеличение скорости травления.

Таким образом, при отсутствии смещения на подложкодержателе скорость травления кремния с ростом вкладываемой мощности в разряд имеет достаточно низкие значения, что свидетельствует о недостаточной энергии ионов для достижения эффективной скорости ионно-стимулированной десорбции продуктов взаимодействия и деструкции пассивирующей пленки.

Работа выполнена в рамках государственного задания на выполнение НИР. Тема № FZZW-2020-0009.

Исследование проведено с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ (при поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-15-2021-671).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мурин Д. Б., Ефремов А. М., Светцов В. И., Пивоваренок С. А., Овцын А. А., Шабдаров С. С. Интенсивности излучения и концентрации активных частиц в плазме тлеющего разряда в смесях хлористого водорода с аргоном и гелием // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2013. Т. 56. № 4. С. 29-32.
2. Мурин Д. Б., Ефремов А. М., Светцов В. И., Пивоваренок С. А., Годнев Е. М. Интенсивности излучения и концентрации нейтральных частиц в плазме тлеющего разряда постоянного тока в смесях HCl-H₂ и HCl-O₂ // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2013. Т. 56. № 8. С. 41-44.
3. Pivovarenok S. A., Bakshina P. I. Effect of mixture composition on electrophysical parameters and emission spectra of dichlorodifluoromethane plasma with oxygen and helium // High Energy Chemistry. 2021. V. 55. № 3. P. 233-237.
4. Pivovarenok S. A. Effect of Ar and He additives on the kinetics of GaAs etching in CF₂Cl₂ plasma // Russian Microelectronics. 2017. V. 46. № 3. P. 211-215.
5. Pivovarenok S. A. The effect of an N₂ additive on the GaAs etching rate in CF₂Cl₂ plasma // Russian Microelectronics. 2019. V. 48. № 4. P. 236-239.

УДК 614.841.332:678.67

О. В. Рева, В. В. Богданова, Д. В. Криваль

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

РАЗРАБОТКА НЕТОКСИЧНЫХ БЕЗГАЛОГЕННЫХ ЗАМЕДЛИТЕЛЕЙ ГОРЕНИЯ ДЛЯ ПОЛИАМИДА-6

Аннотация: исследованы закономерности термодеструкции ряда нетоксичных фосфатных и полифосфатных замедлителей горения и их огнезащитная эффективность по отношению к полиамиду-6. Установлены критерии оптимального состава замедлителя горения, обеспечивающие огнестойкость полученного композиционного материала.

Ключевые слова: огнестойкие композиционные материалы, аммонийные фосфаты, термодеструкция, минеральный каркас, карбонизация.

O. V. Reva, V. V. Bogdanova, D. V. Kryval

DEVELOPMENT OF NON-TOXIC HALOGEN-FREE FLAME RETARDERS FOR POLYAMIDE-6

Abstract: the regularities of thermal degradation of a number of non-toxic phosphate and polyphosphate flame retardants and their fire-retardant efficiency with respect to polyamide-6 have been studied. Criteria for the optimal composition of the flame retardant have

been established, which ensure the fire resistance of the obtained composite material at the level of PV-0.

Keywords: fire-resistant composite materials, ammonium phosphates, thermal degradation, mineral framework, carbonization.

Введение. Полиамид-6 характеризуется высокой прочностью и упругостью, хорошими электроизоляционными свойствами и термостойкостью, химической стойкостью к действию щелочей, углеводов и минеральных масел, что является причиной его широкого применения в разнообразных отраслях, в том числе как конструкционного материала [1]. Однако при воздействии открытого пламени полиамид легко воспламеняется и поддерживает самостоятельное горение, при этом горение полиамида сопровождается активным каплепадением и выделением ядовитых газов.

Для ингибирования процессов горения полиамида разработано достаточно много антипиренов различной природы: во многих литературных источниках упоминаются меламин и его производные, красный фосфор и полифосфат аммония [2]. Также для придания полиамиду огнестойкости применяются синергические системы на основе оксида сурьмы и галогенсодержащих органических соединений [2, 3], хотя их применение небезопасно, поскольку при термодеструкции композитного материала в окружающую среду поступают токсичные продукты разложения антипиренов. Для ряда синтетических полимеров в качестве замедлителей горения перспективно использование неорганических синтетических простых фосфатов двух- и трёхвалентных металлов-аммония [4], которые достаточно просто получают и экологически безопасны. Данные модификаторы содержат смесь аморфных и кристаллических фаз фосфатов металлов и металлов-аммония, причем производные двух- и трехвалентных металлов способны образовывать расплавы и вспененные структуры в широком диапазоне температур.

Согласно литературным данным, фосфорсодержащие замедлители горения способны принимать участие в процессах прекращения горения как в газовой, так и в конденсированной фазах. Механизм действия замедлителей горения на основе фосфора по данным работ [5-7] может включать образование тяжелых паров испаряющихся без разложения термостабильных соединений, которые изолируют горящий полимер от кислорода.

Соединения азота, по мнению авторов [7, 8], проявляют огнегасящий эффект за счет выделения при термолизе и горении полимерного композиционного материала азота и аммиака, разбавляющих газообразные продукты горения. Однако количество выделяемого негорючего газа, необходимое для подавления горения полимерного материала «разбавлением» газовой фазы, не установлено.

В ряде источников [9] высказано мнение, что для придания огнезащитных свойств полимерным материалам антипирены должны эндотермически разлагаться с образованием H_2O или CO_2 при температуре, которая выше температу-

ры переработки полимеров, но близка к температуре их деструкции. Однако имеется множество сведений, не подтверждающих данное положение. До настоящего времени нет ясности относительно общности или различия в характере процессов, обуславливающих эффект потухания в случае применения азот-фосфорсодержащих замедлителей горения не только в полимерах различных классов, но и внутри одного класса. Такая ситуация объясняется отсутствием экспериментальных данных, позволяющих выделить доминирующие процессы, определяющие теплообмен между пламенной зоной и подвергающимися пиролизу в конденсированной фазе горючими материалами в присутствии различных синергетических смесей [10].

На данном этапе исследований невозможно выделить стадии, доминирующие в процессе прекращения пламенного горения, что затрудняет целенаправленное увеличение эффективности известных и создание новых антипиренов для синтетических полимеров. В связи с выше сказанным особую актуальность приобретают исследования качественного и количественного состава продуктов термических превращений замедлителей горения.

Согласно данным работы [8] для подбора антипиренов аддитивного типа проводят дериватографические исследования разложения полимера и веществ, рассматриваемых как потенциальные антипирены. Если представить разложение полимера гипотетической кривой, отражающей потери массы при увеличении температуры, то по сравнению с полимером антипирен должен начать разлагаться раньше примерно на 30-60°. При этом скорость его разложения должна быть сравнительно невысокой, так, чтобы она согласовалась и со скоростью разложения полимера. При несогласованном разложении антипирена и полимера, существенного снижения горючести образцов полимера не наблюдается даже при очень большом содержании антипирена.

Однако известны эффективные огнезащитные композиции синергического действия, состоящие из компонентов, различающихся температурными диапазонами разложения как друг с другом, так и с полимером. Следовательно, механизм огнезащитного действия таких сложно компонентных систем нуждается в более детальном изучении.

Цель данного исследования состояла в определении оптимального химического и гранулометрического состава нетоксичных неорганических антипиренов для придания огнестойкости материалам на основе полиамида-6.

В качестве замедлителей горения для полиамида-6 нами были исследованы три композиции на основе синтетических аморфных металлофосфатов и полифосфатов различного химического и фазового состава (Таблица), в смеси с меламином и пентаэритритом с разными температурами плавления и разложения, содержащие различные количества (до 12 %) азота, заключенного в аммонийную форму, и более 50 % фосфора.

Таблица. Комплексный состав и температуры плавления изученных огнезащитных композиций

1	2	3
аммонийные фосфаты	аммонийные полифосфаты	металлофосфаты
$T_{пл} \sim 120^{\circ} \text{C}$	$T_{пл} \sim 180^{\circ} \text{C}$	$T_{пл} \sim 240^{\circ} \text{C}$

При изучении особенностей их термической деструкции исследуемые антипирены прогревались в муфельной печи в тиглях в течение 30-ти минут. Температуру варьировали от 150 до 500°C через 50°C. По истечении заданного времени образцы взвешивали на аналитических весах и вычисляли потерю массы антипирена. Содержание азота в остатке определяли микрохромовым методом Тюринга. Количество фосфора в твердом остатке определялось с использованием спектрофотометра SPEKOL 21.

Дифференциальный термогравиметрический и калориметрический анализ (ДСК) огнезащитных композиций проводили на приборе NETZSCH STA 449 C с одновременной регистрацией на спектре кривых подъема температуры, потери массы образца и поглощения/выделения теплоты на единицу массы.

Огнезащитные композиции вводили в расплав полиамида механическим экструдированием в количестве 10-25 масс. %, поскольку более высокое содержание наполнителя может привести к ухудшению физико-механических свойств композитного материала. Огневые испытания проводили по условиям ГОСТ 28157-89.

Результаты и обсуждение. При проведении огневых испытаний модифицированных изучаемыми композициями полиамидных пластин установлено, что при содержании замедлителя горения в композиционном материале менее 15 масс. % требуемого уровня огнестойкости не обеспечивает ни одна из изученных композиций. При повышении содержания антипирена до 15-20 масс. % для образцов полиамидных материалов, модифицированных композициями № 1 и № 2, после отнятия пламени горелки пламенного горения и каплепадения не наблюдалось (рис. 1 а). В месте воздействия огня происходило вспучивание полимерных пластин. В то же время, после приложения пламени к образцам полимеров, модифицированных композицией № 3, наблюдалось медленное пламенное горение. По истечении 20-30 с интенсивность пламенного горения полиамидных пластин усиливалась, на 50-й секунде начиналось каплепадение (рис. 1 б). Таким образом, выявлено, что огнезащитные композиции № 1 и № 2 эффективны для полиамида-6, а композиция № 3 обладает недостаточными огнезащитными свойствами.

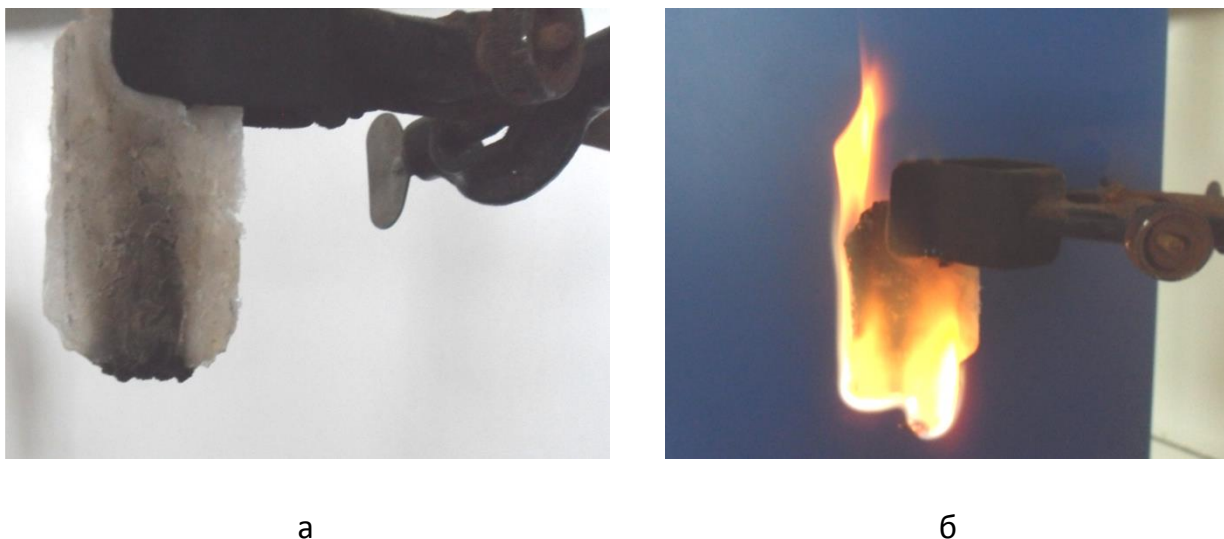


Рис. 1. Огневые испытания полиамида-6, огнезащищенного:
а - композициями № 1 и 2; б - композицией № 3

При изучении влияния размеров частиц металлофосфатов на текучесть и огнестойкость огнезащищенных полиамидных материалов выявлено, что при внесении в полиамид любой из изучаемых огнезащитных композиций в виде частиц размером менее 50 мкм достаточно быстро, через 2-3 секунды от момента воспламенения полимера начинается растекание горящих капель. При размере частиц антипирена более 200 мкм неорганическая фракция плохо вмещивается в расплав полиамида и после неравномерно распределяется в полимерной матрице. Таким образом, оптимальным является использование аммонийно-фосфатных антипиренов с размерами частиц в диапазоне 50-150 мкм. Все дальнейшие исследования проводили именно с данной фракцией порошков.

Таким образом установлено, что металло-фосфатная композиция № 3 с температурой начала разложения ~ 240 °С, перспективная для введения в тугоплавкие полимеры, такие как полиамид-6 (температура плавления полиамида-6 находится в интервале 210-220 °С), обеспечивает огнезащиту только при высоких концентрациях и не всегда блокируют растекание и деформацию композиционного материала. В то время как огнезащитные составы № 1 и № 2, характеризующиеся более низкими температурами начала разложения, проявили более высокую огнезащитную эффективность, несмотря на несовпадение температур плавления с полиамидом-6. Эти составы не только обеспечивают высокую огнестойкость полимера уже при концентрации ~ 15 масс. %, но и полностью блокируют его растекание.

Для выяснения причин обнаруженных закономерностей и более детального изучения механизма действия композиций антипиренов, применяемых для модификации полиамида-6, было проведено исследование закономерностей их термолитического разложения, определены массовое содержание азота и фосфора в остатке и потеря массы в процессе нагревания.

При исследовании потери массы замедлителями горения в процессе их термодеструкции было обнаружено, что потеря массы композициями № 2 и № 3 в начале нагрева происходит более медленно, чем композицией № 1 (в интервале температур до 300 °С). Однако при дальнейшем подъеме температуры уменьшение массы композиции № 2 интенсифицируется и при температуре 500 °С она в среднем составляет 55,9 %, что практически не отличается от интегральной потери массы композицией № 1. Уменьшение массы композиции № 3 происходит менее интенсивно, при температуре 500 °С она в среднем составляет 49,3 %.

Эти данные коррелируют с визуальными наблюдениями за особенностями термодеструкции неорганических замедлителей горения (рис. 2).

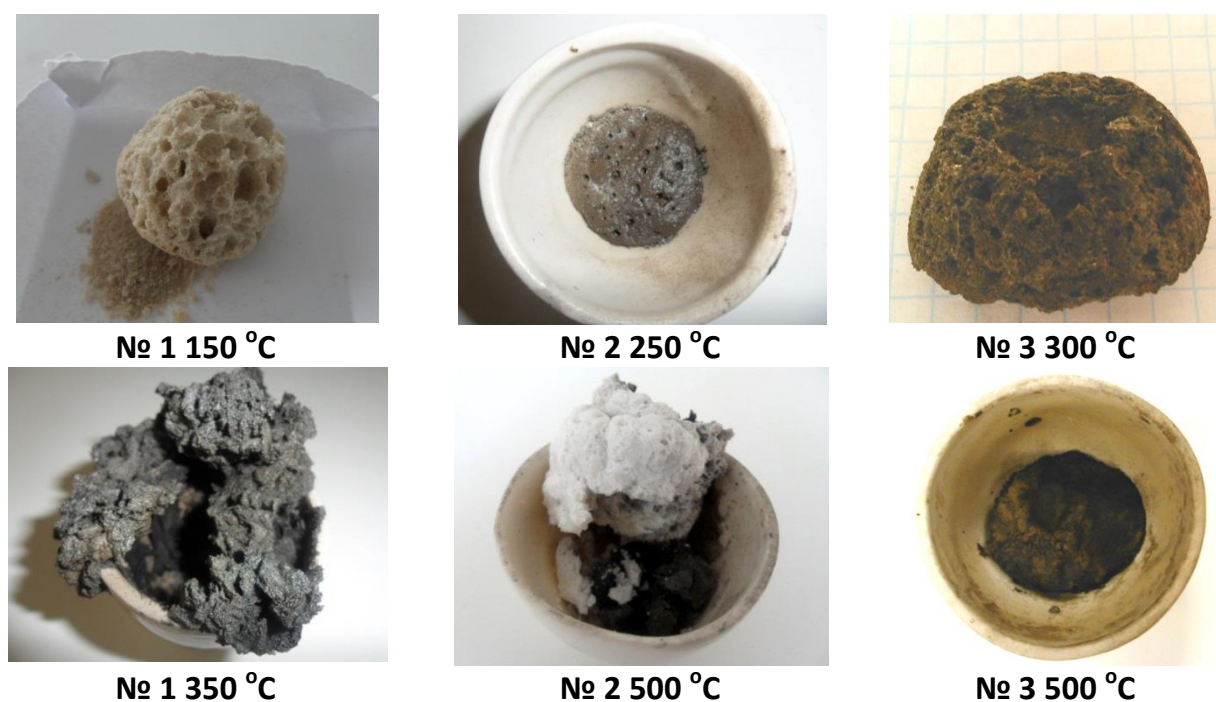


Рис. 2. Композиции неорганических замедлителей горения после прокаливания при различных температурах

Так, активное выделение газов из композиции № 1 начинается уже при 150 °С; происходит ее заметное необратимое вспучивание, объем антипирена увеличивается приблизительно на 50%, образец становится пористым. При 350 °С выделение газообразных продуктов деструкции аммонийно-фосфатного замедлителя горения практически завершено и происходит карбонизация твердого остатка. Огнезащитная композиция № 1 обугливается, пена начинает рассыпаться в виде серо-черных пеплоподобных хлопьев и приобретает более плотную внутреннюю структуру (рис. 2). Композиция № 2 начинает выделять газовую фракцию в заметных количествах только при 250 °С (антипирен имеет плотную структуру с порами диаметром около 1 мм, объем смеси незначитель-

но увеличивается), причем после завершения выхода газов ~ при 450 °С твердый остаток в виде пены превращается в кораллоподобный минеральный каркас. Композиция № 3 начинает выделять газовую фракцию только при 300 °С (композиция имеет плотную структуру с порами диаметром около 1 мм, объем смеси увеличивается в 1,5 раза), однако выделение это незначительное. Карбонизация твердого остатка в виде пены начинается при температуре 500 °С, что подтверждается уменьшением ее объема. Полученные данные позволяют сделать вывод, что термические преобразования исследованных неорганических замедлителей горения происходят не только в разных интервалах температур, но и по несколько различным механизмам.

Этот вывод подтверждается исследованиями зависимости количеств выделившегося азота (рис. 3а) и фосфора (рис. 3б) от температуры прогрева исследованных замедлителей горения.

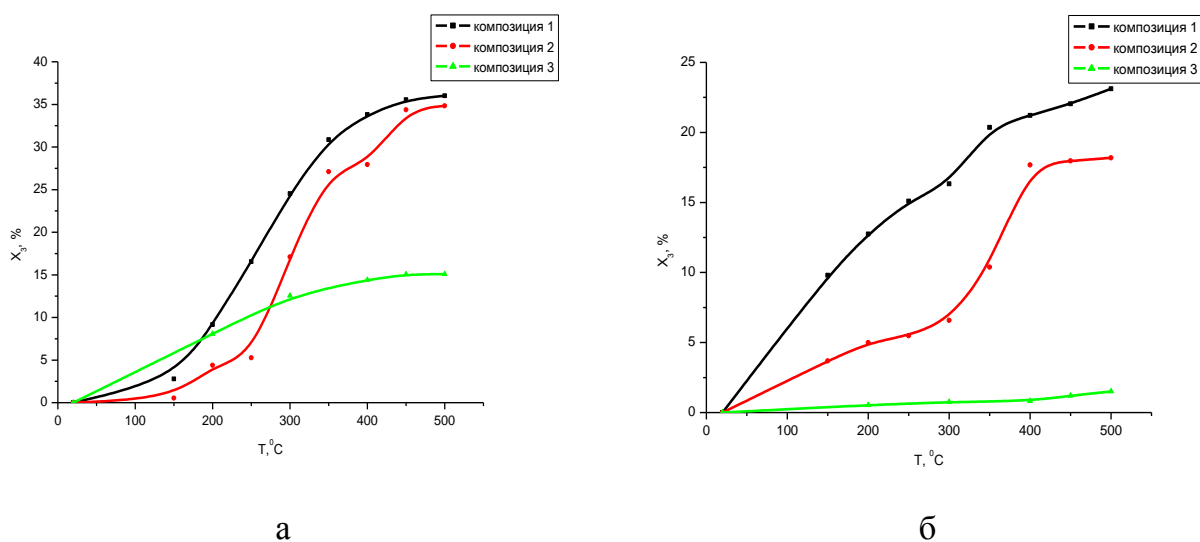


Рис. 3. Относительные количества выделившихся из огнезащитных композиций: а – азота; б – фосфора при различных температурах прогрева

Найдено, что хотя композиция № 1 начинает деструктурироваться при более низких температурах, чем композиция № 2, однако к окончанию процесса термодеструкции суммарные массовые потери азота обеими композициями имеют близкие значения и составляют 34-36 % от исходного содержания элемента. Следует отметить, что на кривых потери антипиреном азота по мере повышения температуры наблюдается по 2 перегиба, и для каждой из 2-х композиций существует линейная область наиболее эффективного выделения азотсодержащих соединений в газовую фазу с разницей приблизительно в 100 °С между композициями. Очевидно, это связано с химическим составом соединений азота, выделяющихся при различных температурах. В области температур 450-500 °С для изученных неорганических композиций наблюдается выход

кривых $\Delta X(T)$ на плато, что является следствием того, что весь сохранившийся в твердой пене или карбонизированном остатке азот находится в прочно связанном состоянии в виде нелетучих соединений.

Массовые потери азота композицией № 3 составляют не более 15%, что связано не только с ее тугоплавкостью, но и поступлением азота в газовую фазу только в результате деструкции меламина, содержание которого в композиции не более 10 масс. %. Композиция № 1 при нагреве выделяет существенно большее количество соединений фосфора, чем композиция № 2. Зависимость $\Delta X(T)$ для первой композиции практически линейна. Для антипирена № 2 наблюдается не только выход кривой на плато при 400 °С, вызванный, очевидно, формированием достаточно химически прочного минерального скелета, в котором соединения фосфора находятся в нелетучем состоянии, но и весьма отчетливый минимум при 300 °С, который, возможно, вызван протеканием в конденсированной фазе антипирена какого-либо эндотермического процесса (например, плавления полимеризованной кристаллической фазы), в результате чего несмотря на повышение температуры деструкции выход летучих соединений фосфора в газовую фазу замедляется. Выделение фосфора композицией № 3 происходит равномерно, однако выход летучих соединений в сравнении с композициями 1 и 2 крайне мал, что при сопоставлении с составом композиции позволяет сделать вывод, что значительное количество высокоплавких комплексных соединений фосфора, содержащихся в композиции № 3 при температурах менее 500 °С нелетучи и находятся в связанном состоянии.

В результате проведенных исследований найдено, что механизмы термических преобразований соединений азота и фосфора в аммонийно-фосфатных и полифосфатных огнезамедлительных композициях имеют существенные различия, и если механизм термодеструкции азотсодержащих соединений в композициях 1 и 2 достаточно схож, то разложение соединений фосфора и, вероятно, продукты этого процесса для огнезащитных смесей 1 и 2 достаточно различны. Механизм термодеструкции композиции 3 принципиально отличается от механизма разложения 1 и 2 композиций. Известно, что для полиамида наиболее эффективны замедлители горения, обеспечивающие ингибирование горения как в твердой, так и в газовой фазе; таким образом композиция № 3, выделяющая очень мало летучих соединений как азота, так и фосфора, не является эффективной, что коррелирует с результатами огневых испытаний.

Исследование дифференциальных тепловых эффектов превращений, протекающих при термолизе неорганических фосфатных и полифосфатных огнезащитных композиций, показало, что для аммонийно-фосфатной композиции № 1 плавление и деструкция достаточно сложны и многостадийны: преобразования начинаются при ~100 °С, при 200 °С наблюдается ярко выраженный эндотермический пик. Сопоставление с результатами гравиметрических исследований и превращениями в процессе прокаливании позволяет предположить, что, вероятно, выделение летучих соединений азота и фосфора из разлагающейся в процессе нагревания легкоплавкой огнезащитной композиции № 1

предотвращает деструкцию полимера, блокируя радикальные процессы в газовой фазе. Однако эта легкоплавкая композиция может оказаться неудобной для применения в производственных условиях многократной переработки полимера.

Для аммонийно-полифосфатной композиции № 2 эндотермический пик смещен к 355 °С, и в ~2 раза меньше по теплопоглощению. Дальнейшая ДТА кривая для композиции № 2 характеризуется экзотермическим пиком при 650 °С, по всей вероятности, соответствующим формированию минерального скелета и постепенной кристаллизации остаточной массы композиции. Полученные данные свидетельствуют о достаточно сложных процессах структурообразования в модифицированном полимере, в том числе с формированием пространственно-сеточных структур и образовании минеральных или твердопеновых каркасов при термодеструкции композита. Таким образом способ синтеза, фазовый состав, соотношение азота и фосфора в аммонийных металлофосфатах и полифосфатах оказывают существенное влияние на закономерности их термодеструкции, особенности физико-химического взаимодействия с полимерной матрицей и, соответственно, огнезащитную эффективность в различных температурных интервалах. Таким образом, разработанный безгалогенный состав на основе смеси полифосфата аммония и синтетических фосфатов металлов-аммония перспективен для использования в качестве огнезамедлительной системы для полиамида-6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энциклопедия полимеров. Т. 2, М., 1974. – С. 735.
2. Костюченко М.А., Ревяко М.М. Влияние триазинового и неорганического фосфорного ингибиторов горения на эксплуатационные свойства и стойкость к горению стеклонеполненного полиамида-6 // Весці НАН Беларусі, № 2, 2013. – стр. 21-24.
3. Богданова В.В. Огнегасящий эффект замедлителей горения в синтетических полимерах и природных горючих материалах // Химические проблемы создания новых материалов и технологий: сб. ст. / Под ред. О.А. Ивашкевича. – Минск: БГУ, 2003. – Вып. 2. – С. 344-375.
4. T Richard Hull, Baljinder K Kandola Fire Retardancy of Polymers. New Strategies and Mechanisms. - The Royal Society of Chemistry – 2009. – 433 p.
5. Халтуринский Н.А., Лалаян В.М., Берлин А.А. Особенности горения полимерных композиционных материалов // Журнал Всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева. – 1989. – Т. 34, № 5. – С. 560-566.
6. Копылов В.В., Новиков С.Н., Оксентьевич Л.А. и др. Полимерные материалы с пониженной горючестью / Под редакцией А.Н. Праведникова. – М.: Химия, 1986. – 224 с.
7. Hirschler M.M. Flame retardant mechanisms // Develop. Polym. Stab. – 1982. – V.5. – P. 107-152.
8. Асеева Р.М., Заиков Г.Е. Горение полимерных материалов. – М: Наука, 1981 – 280 с.

9. *Вэй М. и др.* Безгалогеновые антипирены для оболочек проводов и кабелей // Полимерные материалы. – 2012. – № 10. – С. 38-41; № 11. – С. 41-50.

10. *Богданова В.В.* Огнегасящий эффект замедлителей горения в синтетических полимерах и природных горючих материалах // Химические проблемы создания новых материалов и технологий. – Минск, 2003 – С. 344-375.

УДК: 66.017:549.08

В. Е. Румянцева, В. С. Коновалова, Б. Е. Нармания

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»

СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЙ СОСТАВ БЕЛЫХ ФОСФАТНЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ХОЛОДНЫМ СПОСОБОМ НА СТАЛИ

Аннотация: для получения фосфатных покрытий белого цвета предложено вводить в растворы фосфатирования нитрат цинка или кальция. Исследован структурно-фазовый состав фосфатных покрытий, осажденных холодным способом на поверхности образцов из стали марки Ст3. Изменение цвета фосфатного покрытия с серого на белый обусловлено повышенным содержанием в структуре покрытия фосффиллита, гопеита и парашольцита.

Ключевые слова: фосфатное покрытие, рентгеноструктурный анализ, структурно-фазовый состав, рентгенограмма, дифрактограмма, цветное фосфатирование, белое фосфатирование.

V. E. Rumyantseva, V. S. Konovalova, B. E. Narmaniya

STRUCTURAL AND PHASE COMPOSITION OF WHITE PHOSPHATE COATINGS OBTAINED BY COLD METHOD ON STEEL

Abstract: to obtain phosphate coatings of white color, it is proposed to introduce zinc or calcium nitrate into phosphating solutions. The structural and phase composition of phosphate coatings deposited by cold method on the surface of samples made of steel grade St3 is investigated. The change in the color of the phosphate coating from gray to white is due to the increased content of phosphophyllite, hopeite and parascholzite in the coating structure.

Keywords: phosphate coating, X-ray diffraction analysis, structural and phase composition, radiograph, diffractogram, color phosphating, white phosphating.

Фосфатные покрытия применяются для защиты от коррозии в сочетании с лакокрасочными и полимерными пленками, маслами и восками, облегчения холодной деформации металла, уменьшения коэффициента трения, создания электроизоляционного слоя в электротехнике и др. [1]

Все обычные растворы фосфатирования основаны на разбавленных растворах фосфорной кислоты, содержащих ионы щелочных или тяжелых металлов. Эти растворы в основном состоят из свободной фосфорной кислоты и первичных фосфаты ионов металлов, содержащихся в ванне [2-5]. Введение дополнительных солей металлов в растворы фосфатирования может изменять цвет осаждаемого фосфатного покрытия [6-11]. Разработаны составы растворов холодного фосфатирования с добавками красителей для осаждения синих и зеленых фосфатных пленок [12, 13].

Фосфатные покрытия, нанесенные на сталь, цинк, сталь с цинковым покрытием, алюминий, имеют кристаллическую структуру с размером кристаллов от нескольких до 100 микрон. В состав фосфатных покрытий входит большое количество различных структурно-фазовых компонентов [14, 15]. Обнаружено более 30 структурно-фазовых соединений [16] в фосфатном покрытии. Структурно-фазовые компоненты, входящие в состав кристаллической фосфатной пленки, имеют разный цвет, что также отражается на цвете пленки.

Обычно фосфатные покрытия имеют серый цвет (рис. 1). Для получения фосфатных покрытий белого цвета предложено дополнительно вводить в растворы холодного фосфатирования состава, г/л: препарат «Мажеф» – 35-45, $Zn(NO_3)_2$ – 50-65, $NaNO_2$ – 3-4, глицерин – 1-2, трилон Б – 6-8, препарат ОС-20 – 5-10, нитраты цинка и кальция из расчета 25-30 г/л [17]. Фосфатированию подвергались образцы из стали марки Ст3. Поверхность металла предварительно зачищается мелкозернистой наждачной бумагой и обезжиривается спиртовым раствором. Осаждение фосфатного покрытия проводится погружением металлического изделия в раствор при температуре 20-25 °С на 20 минут. После фосфатирования образцы промываются проточной водой и высушиваются на воздухе.



Рис. 1. Фосфатное покрытие, полученное холодным способом



Рис. 2. Белое фосфатное покрытие из раствора с добавкой нитрата цинка



Рис. 3. Белое фосфатное покрытие из раствора с добавкой нитрата кальция

Анализ рентгенограмм (рис. 4-6) при расчете межплоскостного расстояния по углу 2θ показал, что фосфатные пленки, получаемые на стали из модифицированного раствора на основе препарата «Мажеф», состоят из нескольких групп кристаллов, соответствующих по фазовому составу минералам: фоскоферрит $(\text{Fe, Mn})_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (#), фоскофиллит $\text{Zn}_2\text{Fe}(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (+), реддингит $(\text{Mn, Fe})_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (•), гопеит $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (*), свитцерит $\text{Mn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (□), вивианит $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (○), штрэнгит $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (△).

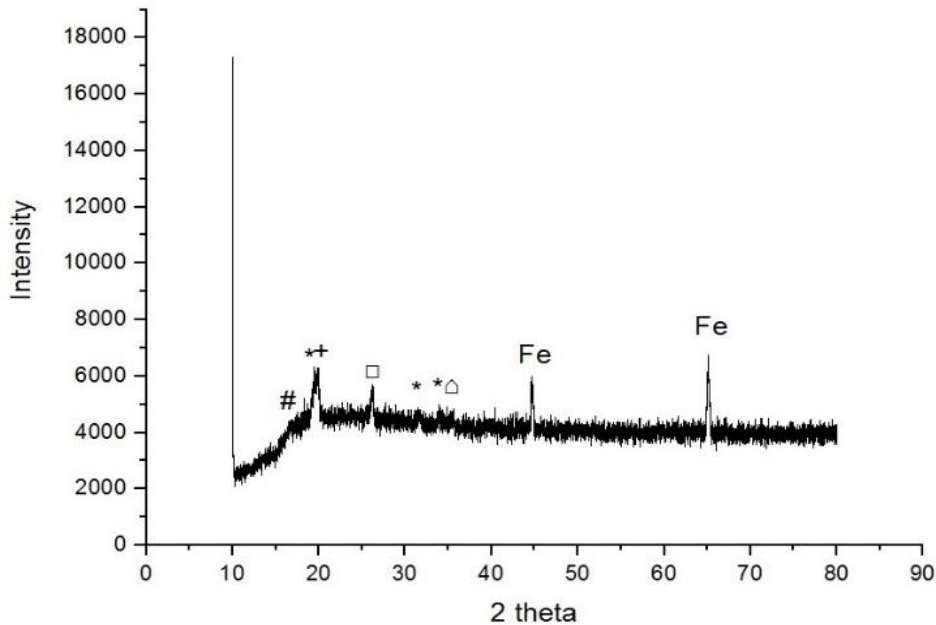


Рис. 4. Рентгенограмма модифицированного фосфатного покрытия

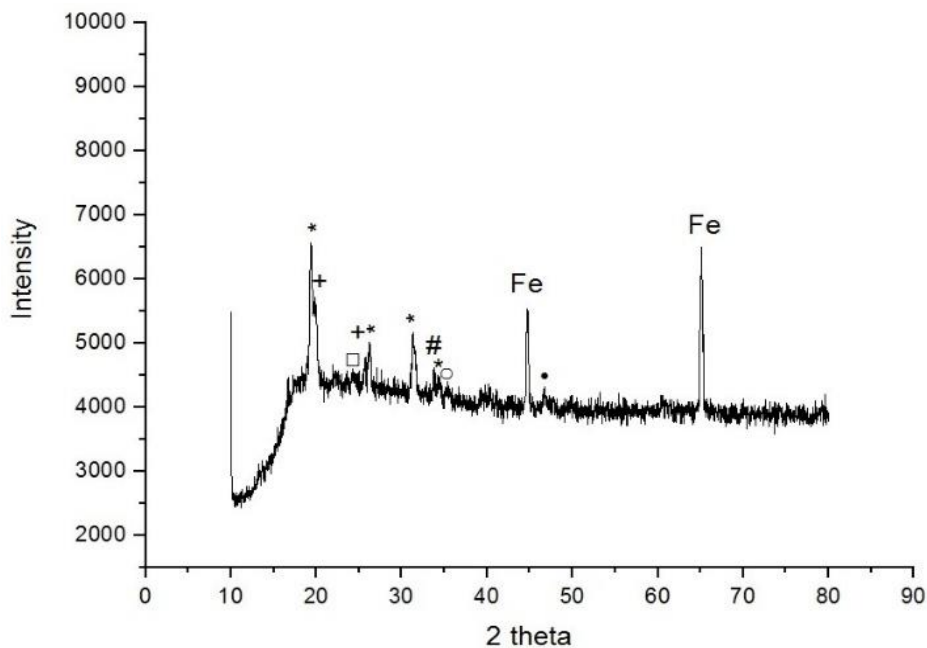


Рис. 5. Рентгенограмма белого покрытия из раствора фосфатирования с добавкой соли цинка

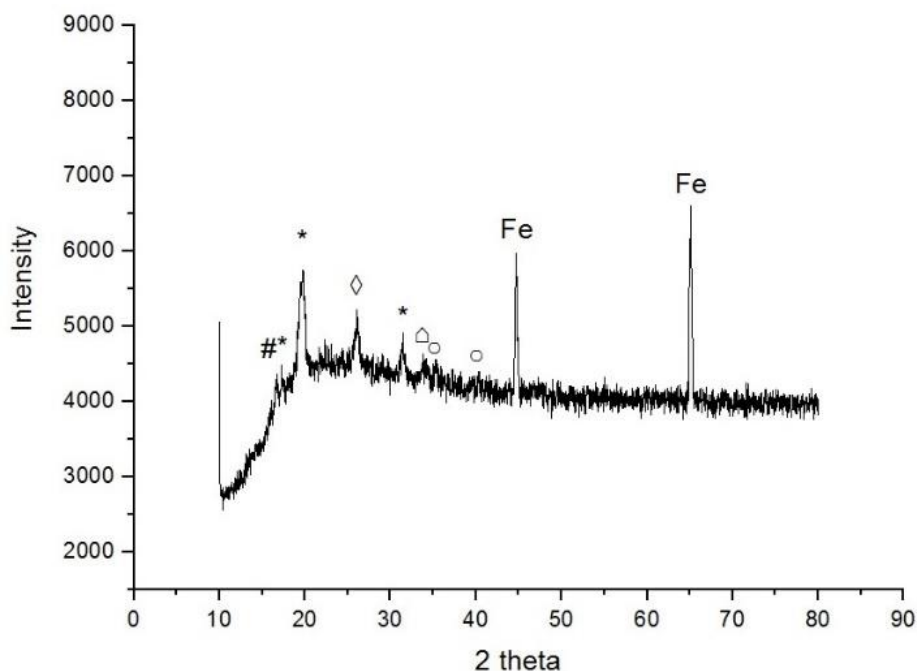


Рис. 6. Рентгенограмма белого покрытия из раствора фосфатирования с добавкой нитрата кальция

В белых покрытиях, полученных из растворов фосфатирования с добавкой соли цинка, повышено содержание фосфофиллита и гопеита. Кристаллы, соответствующие по фазовому составу этим минералам, составляют основу таких покрытий. Минерал фосфофиллит представляет собой прозрачные кристаллы бесцветные или светло-зеленого цвета. Гопеит имеет белый цвет, по видимому, именно он определяет цвет фосфатного покрытия.

В белых покрытиях из растворов с добавкой нитрата кальция повышено содержание вивианита, обнаружен также минерал парашольцит $Zn_2Ca(PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ (◊). Вивианит бесцветен, на воздухе меняет окраску до синезеленой. Парашольцит прозрачен и имеет белесый цвет.

Таким образом, регулируя содержание определенного минерала в структурно-фазовом составе фосфатного покрытия за счет изменения состава раствора фосфатирования, можно менять цвет осаждаемых пленок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Orlov A.G., Antonova I.G., Grechishkin N.N. Rapid, low-temperature phosphating of steel items for consumer goods // Защита металлов. 1998. Т. 34. № 1. С. 62-65.
2. Freeman D.B. Phosphating and metal pretreatment: A guide to mod. processes a. practice. – Cambridge: Woodhead – Faulkner in assoc. with Pyrene chem. services, 1986. IX, 229 p.
3. Rausch W. The Phosphating of Metals. – Finishing Publications Ltd., London, 1990. 416 p.

4. *Гриликес С.Я.* Оксидирование и фосфатирование металлов. – Ленинград: Машиностроение, 1971. 119 с.
5. *Lorin G.* Phosphating of Metals. – Finishing Publications, London, 1974. 229 p.
6. *Хаин И.И.* Теория и практика фосфатирования металлов. – Ленинград: Химия, 1973. 310 с.
7. *Sankara Narayanan T.S.N.* Surface pretreatment by phosphate conversion coatings – a review // *Reviews on Advanced Materials Science*. 2005. Vol. 9. Issue 2. Pp. 130-177.
8. *Акаева Т.К., Акаев О.П., Родин О.Н., Найман Е.А.* Фосфатирование стальных изделий составами на основе фосфорной кислоты // *Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова*. 2013. Т. 19. № 4. С. 8-12.
9. *Li G., Niu L., Lian J., Jiang Z.* A black phosphate coating for C1008 steel // *Surface and Coatings Technology*. 2004. Vol. 176. No. 2. Pp. 215-221.
10. *Pakseresht A., Alizadeh H., Hanaei A., Heidarshenas B., Shahbazkhan A., Ahmadi N.P.* The Effect of accelerator types on the phosphate Zn-%12Ni electrodeposite coating // *Material Science & Engineering International Journal*. 2018. Vol. 2. Issue 6. Pp. 224-229.
11. *James D., Freeman D.B.* Accelerator systems for zinc phosphate processes with particular references to their use before electropaint // *Transactions of the Institute of Metal Finishing Conference*. 1971. Vol. 49. Issue 1. Pp. 79-83.
12. *Konovalova V.S., Rummyantseva V.E.* Production of colored phosphate coatings on steel // *Materials Science Forum*. 2021. Vol. 1037. Pp. 457-463.
13. *Румянцева В.Е., Коновалова В.С., Морозова М.А.* Защита стали от коррозии цветными фосфатными покрытиями // *Комплексные проблемы техносферной безопасности: материалы VI Международной научно-практической конференции*. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2021. Ч. II. С. 243-251.
14. *Neuhaus A., Gebhardt M.* Kristalline Korrosionsschichten und Korrosionsschutzschichten auf Metallen und ihre Beziehung zur Epitaxie // *Werkstoff und Korrosion*. 1966. Vol. 17. Issue 7. Pp. 567-585.
15. *Neuhaus A., Jumpertz E., Gebhardt M.* Über die Natur der schichtbildenden Kristallkomponenten in Fe-, Zn- und Mn-Phosphat-Überzügen auf Eisenblechen // *Korrosion*. 1962. Vol. 66. Issue 7. Pp. 593-601.
16. *Machu W.* Die Phosphatierung. – Verlag-Chemie, Weinheim, 1950. 306 p.
17. *Федотов А.А., Румянцева К.Е., Коновалова В.С.* Применение модифицированных растворов холодного фосфатирования с целью получения цветных фосфатных покрытий // *Молодые ученые – развитию текстильно-промышленного кластера (ПО-ИСК – 2014): сборник материалов межвузовской научно-технической конференции аспирантов и студентов с международным участием*. Ч. 1. – Иваново: ИВГПУ, 2014. С. 92.

УДК: 539.219

Е. А. Русских

АГПС МЧС России

НАНОДИСПЕРСНЫЕ ГРАФИТОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ДАТЧИКОВ ГАЗОВ

Аннотация: представлены результаты экспериментального исследования поверхностной активности углеродных наноструктур: сенсорных пленок на основе нанодисперсного аморфного углерода, углеродных нановолокон и деструктированного нанографита. Показано, что рост электрического сопротивления связано с изменением концентрации электронов проводимости в контактах между структурными элементами пленок.

Ключевые слова: углеродные наноструктуры, сенсорные пленки, нанодисперсный аморфный углерод, нановолокна, деструктированный нанографит.

E. A. Russkikh

NANODISPERSE GRAPHITE MATERIALS AS A PERSPECTIVE MATERIAL FOR GAS SENSORS

Abstract: the results of an experimental study of the surface activity of carbon nanostructures are presented: sensor films based on nanodispersed amorphous carbon, carbon nanofibers, and destructed nanographite. It is shown that the increase in electrical resistance is associated with a change in the concentration of conduction electrons in the contacts between the structural elements of the films.

Keywords: carbon nanostructures, sensor films, nanodispersed amorphous carbon, nanofibers, destructed nanographite.

Датчики газа можно отнести к химическим датчикам, реагирующим на определенные химические реагенты в газовой среде. В настоящее время датчики наличия или концентрации газов являются неотъемлемой частью сложных технических систем и решают задачи детектирования и определения концентрации газов и газовых примесей в воздухе.

Например, для обеспечения безопасной работы газовой турбины необходимо организовать приблизительно до 10 точек детектирования различных газов. Конкретное количество и тип применяемых датчиков газа определяется конструкцией и назначением газовой турбины. Датчики используют для контроля объема воздухозаборного устройства турбины, системы водородного охлаждения, выявления утечек топлива в насосах и резервуарах. В самолете Sukhoi Superjet 100 применена система нейтрального газа предназначенная для

предотвращения образования огнеопасных паров топлива в баках топливной системы. Датчиком проводится определение концентрации кислорода в надтопливном пространстве топливных баков и при необходимости осуществляется снижение ее путём подачи обогащенного азотом воздуха.

В настоящее время наиболее подробно исследованы сорбционные свойства таких нанообъектов, как углеродные нанотрубки, фуллерены и графены, которые являются замкнутыми системами. Вместе с тем интерес представляют и нанодисперсные углеродные материалы с размерами структурных элементов до 100 нм, представляющие собой квазинульмерные объекты с различной структурой. Они характеризуются значительным числом атомов углерода расположенных на поверхности и на краях имеющих свободные связи, что делает их более реакционноспособными и способствует активной адсорбции и абсорбции молекул газов [1, 2, 3].

Таким образом, материалы на основе графита представляют собой новые физические объекты, уникальные свойства которых позволят использовать их в различных областях науки и технологии. Данная работа посвящена исследованию влияния газов на поверхностную активность нанодисперсных графитовых материалов [4,5].

Для исследования сорбционных свойств использовали пленки различных графитовых материалов:

- нанодисперсный аморфный углерод со средним размером частиц 50÷80 нм;
- нановолокна диаметром 10÷80 нм и длиной 500÷2000 нм;
- деструктурированный графит, представляющий собой пористую массу, составленную из тонких слоев толщиной 30÷100 нм, беспорядочно ориентированных друг относительно друга.

Изначально получали суспензии путем растворения нанопорошков в толуоле (ЧДА) с последующей механической диспергацией в течении 30 минут. Полученный раствор в виде капли наносили на подложку из полиамида с четырьмя омическими золотыми контактами, расположенными на расстоянии 1,9 мм. При высыхании на подложке образовывалась сенсорная пленка толщиной 40÷50 мкм. На рис. 1 приведены изображения структур используемых нанопорошков.

Вольтамперные характеристики полученных сенсорных пленок линейны при напряженности электрических полей для образцов из нанодисперсного аморфного углерода до $3 \cdot 10^4$ В/м; нановолокон $2 \cdot 10^4$ В/м; деструктурированного графита до $0,8 \cdot 10^4$ В/м. Величины удельного сопротивления ρ (при $T=398$ К) были равны соответственно 1,7; 0,37 и 0,048 Ом·м.

С ростом температуры сопротивление пленок уменьшалось, что свидетельствует о полупроводниковом характере их проводимости. Из анализа их температурных зависимостей в координатах $\ln \sigma = f(T^{-1})$ [6] проведены оценки энергии активации W , величины которой составили 0,075 эВ для пленок из де-

структурированного графита; 0,13 эВ пленок из нановолокон; 0,11 эВ для пленок из аморфного нанокремнезема.

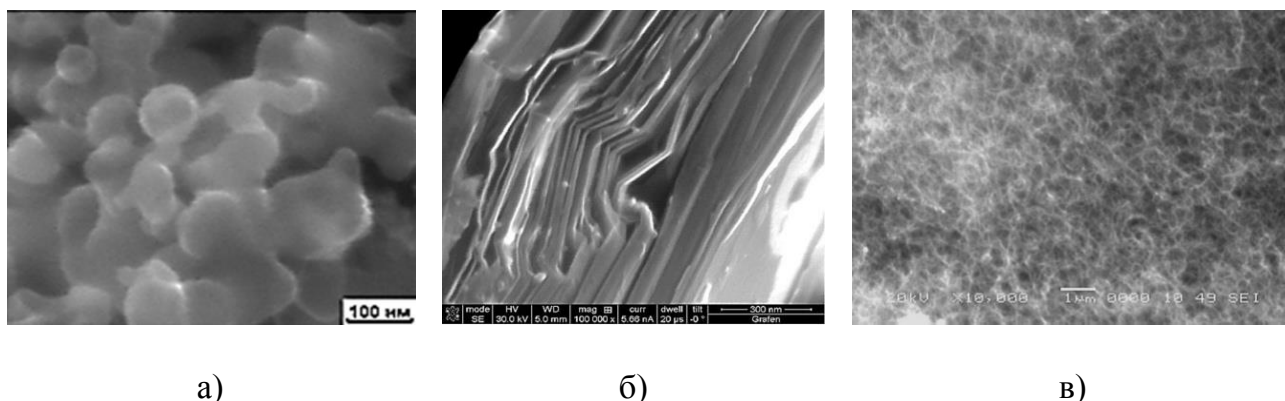


Рис. 1. Структура исследуемых материалов
 а) – нанодисперсный аморфный углерод;
 (б) – деструктурированный графит; (в) – нановолокна

В работе исследовалась зависимость чувствительности сенсорных пленок от концентрации паров ацетона (диметилкетона) C в воздухе:

$$S_g = \frac{\rho(C)}{\rho_0}, \quad (1)$$

где $\rho(C)$ - удельное сопротивление при изменении концентрации исследуемого газа в воздухе, ρ_0 – начальное сопротивление при $C = 0$ (рис. 2).

Видно, что для всех исследуемых образцов характер зависимости $S_g(C)$ одинаков – с ростом концентрации ацетона в воздухе электрическое сопротивление монотонно возрастает. На кривых можно выделить два линейных участка: первый в диапазоне концентраций от 0 до 2000 ppm и второй от 2000 до 12000 ppm, имеющий меньший угол наклона. Отметим, что наибольшее изменение сопротивления характерно для сенсорной пленки на основе нанодисперсного аморфного углерода (рис.2, кривая 1). Величина $S_g(12000)$ при $T = 298 K$ для данного материала составляет 1,04 (увеличение удельного сопротивления на 4%).

Отметим, что в настоящее время наиболее широкое распространение получили газовые сенсоры на основе поликристаллических полупроводниковых оксидов металлов, имеющих большую чувствительность. Например, в работе [7] исследовались образцы тонких пленок на основе композита SnO+(6%)Y с чувствительностью 1,23. Однако, эти структуры имеют существенно большие, по сравнению с исследуемыми, рабочие температуры 550÷750 K.

Особенность электрической проводимости используемых сенсорных пленок объясняется свойствами омических контактов между структурными части-

цами. Принимая во внимание, что для наночастиц углерода характерно наличие большого числа оборванных связей, можно предположить, что при их контакте происходит восстановление связей углерод-углерод. Длина такой связи в алмазе равна 0,142 нм. Структура графита слоистая, а каждый атом образует сильные химические связи с другими атомами, расположенными в плоскости на расстоянии 0,140 нм, в то время как сами плоскости находятся друг от друга на существенно большем расстоянии – 0,335 нм и связаны слабыми ван-дер-ваальсовыми связями.

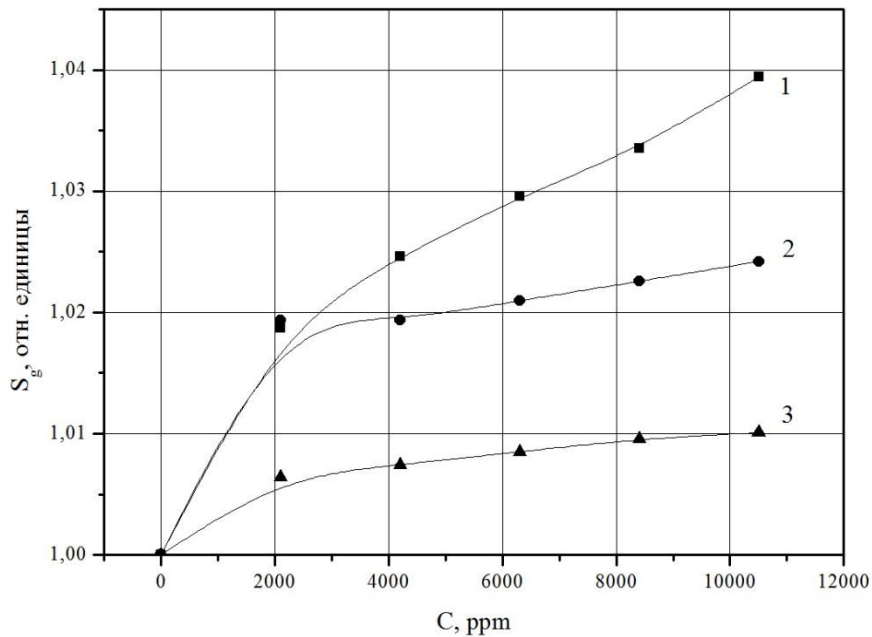


Рис. 2. Зависимость чувствительности (относительного удельного сопротивления) сенсорных пленок от концентрации ацетона в воздухе. $T=298\text{ K}$
 1—нанодисперсный аморфный углерод; 2— нановолокна;
 3 – деструктурированный нанографит

Механические свойства получаемых пленок свидетельствуют о наличии между гранулами последнего типа связей. Следовательно, за величину длины контакта между гранулами можно принять значение $\square = 0,34\text{ нм}$ [8, 9]. Очевидно, что в создании контактов участвуют случайные оборванные связи. Это предполагает наличие в области контакта высокой концентрации дефектов, что и определяет число электронов проводимости в их объеме. Можно предположить, что в силу их большой реакционной способностью, уже при комнатной температуре происходит хемосорбция молекулярного кислорода и ацетона. Это вызывает уменьшение концентрации электронов проводимости и, как следствие, увеличение электрического сопротивления сорбционной пленки.

В случае использования пленок из нанодисперсного аморфного углерода, межструктурные электрические контакты имеют наибольшую площадь раздела

и как показано в [9] наибольшую концентрацию дефектов. Эти факторы способствуют относительно высокой газовой чувствительности.

Для пленок на основе углеродных нановолокон, контакты осуществляются между «тонкими цилиндрами», которые расположены под различными углами друг относительно друга. Для нановолокон нехарактерно наличие большого количества оборванных связей, но, как показано в работе [8,10,11] между ними также возникают ван-дер-ваальсовские силы, которые приводят также к формированию точечных контактов. Очевидно, что эти структуры обладают меньшими значениями K_c , K_p и K_T соответственно меньшей по сравнению с пленками из нанодисперсного аморфного углерода газовой чувствительностью S_g .

Деструктурированный графит представляет из себя массу слоёв графена, беспорядочно ориентированных друг относительно друга (см. рис. 1, в). Величина структурных элементов существенно больше, концентрация дефектов в области контактов существенно меньше. Это объясняет меньшее в 35 раз удельное электрическое сопротивление по сравнению с пленками из нанодисперсного аморфного углерода. В итоге в экспериментах наблюдается малое влияние паров ацетона на электрическое сопротивление пленок из этого материала.

В заключении можно сделать вывод, что сенсорные пленки на основе наноуглеродных структур могут служить перспективным материалом для создания газовых датчиков, имеющих рабочие температуры, по сравнению с используемыми в настоящее время датчиками на основе оксидов металлов. Электрофизические параметры этих пленок и их поверхностная активность определяются межструктурными омическими контактами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Елецкий А. В.* Сорбционные свойства углеродных наноструктур // Успехи физических наук, 2004. Т. 174, № 11, р. 1191- 1231.
2. Исследование взаимосвязи сорбционных свойств и наноструктуры углеродных молекулярных сит из антрацитов Кузбаса / А.В. Бервено, В.П. Бервено, М.А. Бондаренко, Е.О. Пенцак, С.Ю. Лыршиков // Письма в ЭЧАЯ. А. 2011. Т. 8, №10. С.11-14.
3. Новые наноструктуры на основе графена: физико-химические свойства и приложения / Л.А. Чернозатонский, П.Б. Сорокин, А.А. Артюх // Успехи химии. № 83 (3). 2014. С. 251-279.
4. *Булыгина Е. В., Макаруч В. В., Панфилов Ю. В., Оя Д.Р., Шахнов В.А.* Наноразмерные структуры: классификация, формирование и исследование: Учебное пособие для Вузов. –М.: Сайн-Пресс, 2006. Выпуск 1. 80 с.
5. Механизмы сенсорного эффекта в кондуктометрических датчиках на основе диоксида олова для детектирования газов-восстановителей / В. Ф. Громов, Г. Н. Герасимов, Т. В. Бельшева, Л. И. Трахтенберг // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2008. Т. LII, № 5. С. 80-87.

6. Измерение вольт-амперных характеристик тестовых структур на основе тонких пленок SnO₂:1%Si / Е. А. Русских, С.И. Рембеза, Е. С. Рембеза // Вестник Воронежского государственного технического университета. Т. 8. № 10-2. 2012. С. 59 - 62.

7. Структура и электрофизические свойства нанокompозита Sn–Y–O / Е. С. Рембеза, С. И. Рембеза, Е. А. Ермолина, М. В. Гречкина // Нано- и микросистемная техника. 2008. № 6. С. 19-22.

8. Thermoelectric Properties of Compacted Micro- and Nanodisperse Graphite Materials / I.M. Golev, V.N. Sanin // Journal of nano- and electronic physics, Vol. 6, № 3, 03063 (2pp), 2014 г.

9. Проводимость и термоэлектрические свойства компактированных нанографитовых материалов / А.В. Усков., И.М. Голев, И.В. Золотухин // Вестник ВГТУ. 2011. Том 7. №11.1. С.62-65.

10. Электропроводность компактированных нанодисперсных графитовых материалов / И.М. Голев, В.Н. Санин, Е.А. Русских, Д.В. Русских // Известия Юго – Западного государственного университета. 2015. №1 (14), С.66-73.

11. Surface activity of graphite nanomaterials / Golev I.M., Sanin V.N., Russkikh E.A., Russkikh D.V. // Журнал нано- и электронной физики. 2015. Т. 7. № 4. С. 4015.

УДК:614.841.2

А. О. Савичев, Р. Р. Шарапов

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

ПОВЫШЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕПЛЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Аннотация: введение вспененного битума в процесс смешивания позволяет понизить температуру асфальта, что обеспечивает экономию энергии и уменьшение вредного влияния на окружающую природную среду, повышая экологическую и пожарную безопасность на предприятии.

Ключевые слова: Повышение пожарной безопасности, асфальтобетонный завод, асфальтобетонные смеси, вредные выбросы, битум, теплые асфальтобетонные смеси.

A. O. Savichev, R. R. Sharapov

IMPROVING FIRE SAFETY IN THE PRODUCTION OF WARM ASPHALT CONCRETE MIXTURES

Abstract: the introduction of foamed bitumen in the mixing process allows you to lower the temperature of asphalt, which saves energy and reduces the harmful impact on the environment, increasing environmental and fire safety at the enterprise, while improving the properties of asphalt concrete.

Keywords: Improving fire safety, asphalt plant, asphalt concrete mixes, harmful emissions, bitumen, warm asphalt mixes.

В процессе изготовления традиционной горячей асфальтобетонной смеси инертные материалы (песок, щебень) в сушильном барабане прогревается до температур +180-200 градусов с одновременным перемешиванием. В процессе нагрева используются большое количество воздуха из атмосферы. На рукавный фильтр поступают частицы пыли, имеющие температуру около 140-200 градусов, что может привести к воспламенению фильтрующих элементов в фильтровальной станции (металлический бункер, состоящий из фильтровальных рукавов, рис 1.) Для фильтрации отходящих от сушильных барабанов газов применяются специальные высокотемпературные арамидные фильтровальные материалы, рабочие температуры которых достигают 180-240 градусов. Большинство асфальтобетонных заводов и установок комплектуются фильтрами из нетканого материала под названием мета-арамид, а также полиимида Р84.

Для снижения рисков воспламенения фильтрующих элементов, связанную с низким качеством и разной температурной стойкости у различных поставщиков поставляемых фильтрующих элементов для асфальтобетонных заводов и установок, предлагается современная технология производства теплых асфальтобетонных смесей с использованием вспененного битума, производимая при более низких температурах прогрева инертных материалов (от 120 °С...140 °С), что приведет к снижению температуры отходящих газов 110...130° С, тем самым сохранит фильтрующие элементы от пиковых температур до 160-200° С. [1].

Система вспенивания битума, предназначена для приготовления низкотемпературного асфальта, при этом температура асфальта находится в пределах 110...130° С. Весь битум будет поступать в смеситель во вспененном виде [2, 3, 4, 5].

Сегодня более 50% энергии, необходимой для производства АБС, расходуется на нагрев и сушку каменных материалов, поддержание требуемой температуры битума. Снижение температуры исходных материалов для производства АБС позволяет получить значительную экономию энергоносителей и существенно сократить выбросы CO₂ (рис.2).



Рис. 1. Фильтровальная станции АБЗ, превышение пиковой температуры

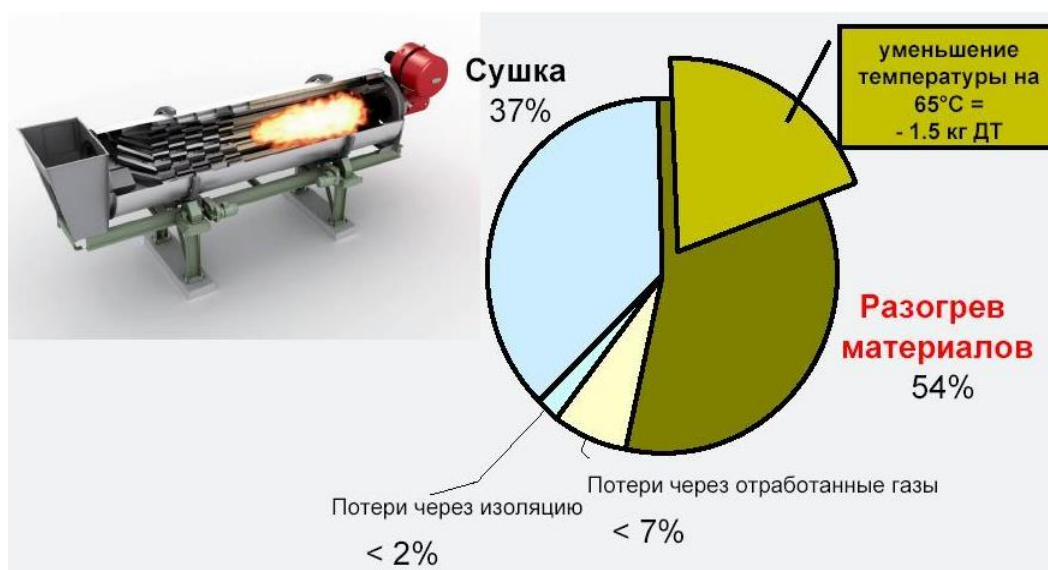


Рис. 2. Экономия энергоносителей при снижении температуры разогрева минеральных материалов

В мире существует несколько производителей специализированного оборудования для технологии производства теплых асфальтобетонных смесей, например Wirtgen, Ammann, Astec, NFLG, Lintec, Marini, Amomatic и др. Принцип работы специализированного оборудования не отличается, но данное оборудование имеет значительные конструктивные особенности (рис.3, рис.4).

Система вспенивания битума, предназначена для приготовления низко-температурного асфальта, при этом температура асфальта находится в пределах 110...130° С. Весь битум будет поступать в смеситель во вспененном виде.



Рис. 3. Механическое вспенивание битума пеногенератором AMMANN

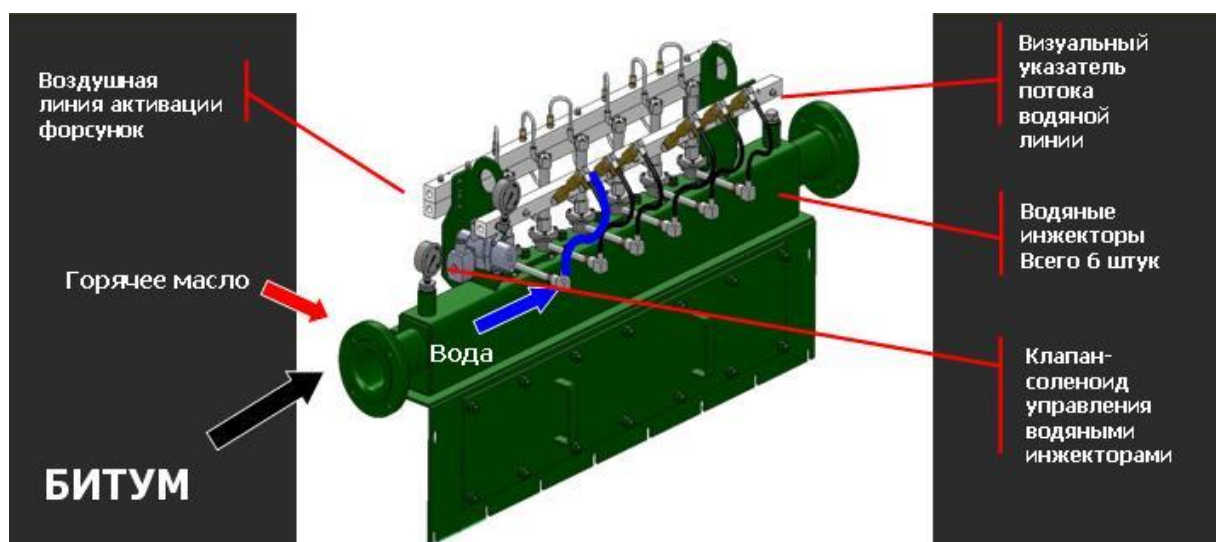


Рис. 4. Механическое вспенивание битума пеногегератором ASTEC

Предлагаемое на рынке оборудование для вспенивания битума ведущих мировых производителей имеет довольно высокую цену, порядка 100 тыс. EUR и используется крупными дорожно-строительными компаниями, производящими в смену не менее 2000 т асфальтобетонных смесей. Использование этого оборудования экономически не целесообразно для большинства отечественных дорожно-строительных компаний.

Вспененный битум образуется при смешивании 2-3 % холодной воды с битумом, нагретым примерно до 180 °С (рис. 5). Вода мгновенно доводится до точки кипения, испаряется и битум охватывает пузырьки водяного пара. Во время вспенивания битум теряет примерно 10 °С на процент распыляемой воды. Полученная смесь подается в смеситель. Образуется пена – то есть вспененный битум. Благодаря вспениванию, вязкость битума будет снижена настолько, что поверхности заполнителя (щебень, песок и минеральный порошок) будут равномерно обволакиваться битумной пленкой заданной толщины, также и при низких температурах. Таким способом можно производить низко-температурный асфальт, без ухудшения физико-механических свойств теплой асфальтобетонной смеси [4-5]. При добавлении большего количества воды или при температуре битума ниже 130 °С пена не образуется. Причинами являются низкие температуры и высокая вязкость битума.

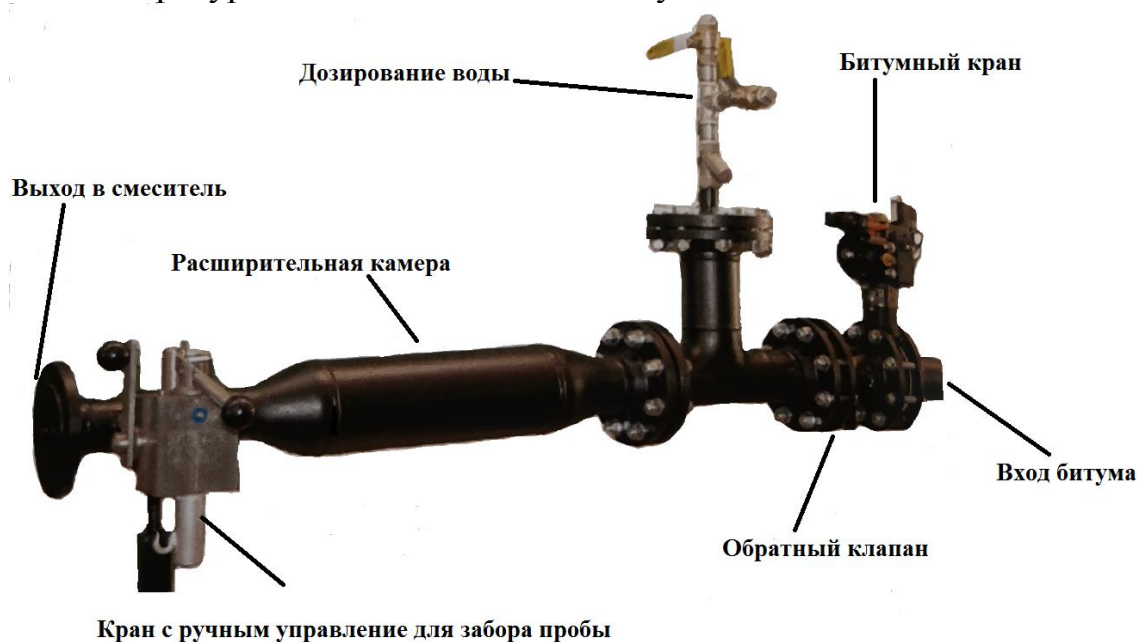


Рис. 5. Узел вспенивания битума

После прохождения битума через узел впрыска воды (рис. 6), он попадает в расширительную камеру в котором планируется произвести эксперименты с изменением сечения трубопровода и с использованием перегородок с различными видами отверстий (круглые, овальные, квадратные, треугольные), для обеспечения более равномерного соотношения битумно-водяной смеси.

Так же рассматриваются варианты с установкой в расширительную камеру неподвижные обтекаемые элементы - кавитаторы. Принцип действия основан на изменении скорости потока битума и интенсивном перемешивании, во время которого оно становится более однородным, за счет сдвигового течения и за счет разделения и переориентации потоков. На основании этих данных формируется компьютерная и математическая модель процесса течения потока жидкостей.

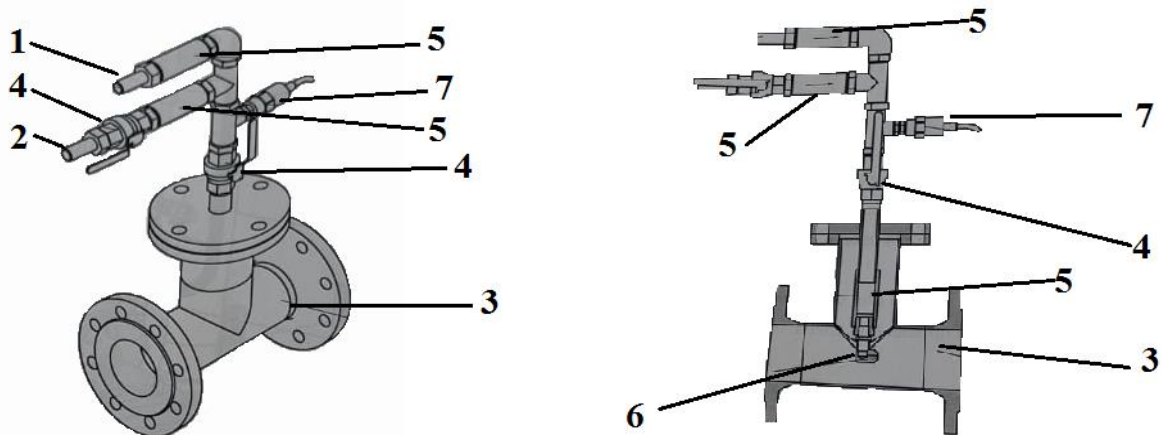


Рис. 6. Узел впрыска воды в битум: 1- штуцер к водяному насосу; 2- штуцер обратного потока в емкость; 3- трубопровод; 4- шаровой кран; 5- обратный клапан; 6- осевое конусное сопло; 7- датчик давления

Установка вспененного битума позволяют производить вспененный битум с различным процентным соотношением битумно-водяной смеси, в зависимости от особенностей асфальтовых материалов и объемов партии согласно рецептуре, контролируется процесс автоматически [7].

Было выявлено, что физико-механические свойства полученных асфальтобетонных смесей на вспененном битуме удовлетворяют требованиям ГОСТ 9128-2013, что отражено в примере представленном в таблице 1, а также соответствует европейским и американским требованиям к асфальтобетонным смесям [8-12].

Таблица 1. Физико-механические свойства полученных асфальтобетонных смесей

Наименование показателей	Показатели		
	ГОСТ 9128-2013	Горячая асфальтобетонная смесь типа А марки II	Теплая асфальтобетонная смесь типа А марки II
Плотность, гр/см ³	не норм.	2.39	2.39
Водонасыщение, % по объему	от 2.0 до 5.0	2.2	2.1
Предел прочности при сжатии, МПа, 0°С 20°С 50°С	не более 10.0 не менее 2.2 не менее 0.8	4.9	5.8
		2.9	3.0
		1.1	1.3
Водостойкость	не менее 0,95	0.95	0.95
Водостойкость при длительном водонасыщении	не менее 0,90	0.91	0.91
Сдвигоустойчивость по коэффициенту внутреннего трения, МПа	не менее 0,80	0.91	0.93
Сдвигоустойчивость сцеплению при сдвиге при температуре 50°С, МПа	не менее 0,32	0.32	0.33
Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при 0°С и скорости деформации 50 мм/мин	от 2,5 до 5,5	3.2	2.8

Эффект от применения системы вспенивания битума на АБЗ

1. Температура готового асфальта может быть снижена на 20-40°С. В результате происходит экономия на энергоресурсах на 20-25%.
2. В 2 раза увеличивается расстояние транспортировки готовой смеси.
3. Укладка асфальта со вспененным битумом становится возможна при более низкой температуре, чем у обычного асфальта.
4. Снижение выбросов вредных веществ в окружающую среду.
5. Снижения рисков воспламенения фильтрующих элементов в фильтровальной станции, в связи с понижением температуры нагрева инертных материалов.

Разработке инновационной отечественной недорогой технологии производства теплых асфальтобетонных смесей на вспененных битумах и рекомендаций по аппаратному оснащению процесса должны предшествовать обстоятельные теоретические исследования

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ПНСТ 184-2016 Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Технические условия.
2. Паршин М. Н., Баринев Е. Н., Корневский Г. В. Вспененный битум в дорожном строительстве. - М.: Транспорт, 1989. – 80 с.
3. Баринев Е. Н. Основы теории и технологии применения асфальтобетонной на вспененных битумах. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1990. – 180 с.
4. Гегузин Я. Е. Пузыри. – М.: Наука, 1985. – 173 с.
5. Колбановская А. С., Михайлов В. В. Дорожные битумы. – М., 1973. – 264 с.

6. *Силкин В. В.* Приготовление теплых асфальтобетонных смесей / В.В. Силкин, А.П.Лупанов, Э.Ю. Васильев и др. // Строительная техника и технологии. – 2013. – № 5. – С. 120–125.
7. *Радовский Б. С.* Журнал «Дорожная Техника», 8 выпуск, С. 24–28.
8. *Доценко А. И.* Комплексная автоматизация производства асфальтобетонной смеси с учётом влияния факторов её транспортировки, укладки и уплотнения: Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора технических наук. – М., 2005.
9. *Шарапов Р. Р., Уваров В. А., Орехова Т. Н.* Теория наземных транспортно-технологических машин. Учебное пособие / Белгород, 2014.
10. *Шарапов Р. Р., Шантала В. Г., Алфимова Н. И.* Прогнозирование дисперсных характеристик высокодисперсных цементов. Строительные материалы. 2007. № 8. С. 24-25.
11. *Gridchin A. M., Yadykina V. V., Trautvain A. I., Sharapov R. R., Zhukova A. A.* Stone mastic asphalt and stabilizing additives for its production. Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 12. С. 1053-1058.
12. *Ханин С. И., Шарапов Р. Р., Богданов В. С.* Механическое оборудование специального назначения и технологические схемы производственных комплексов предприятий строительных материалов. Атлас конструкций: учебное пособие с грифом УМО.

УДК: 621.31

К. В. Семенова¹, А. И. Тихонов², А. А. Каржевин², М. С. Фадеева²

¹Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

²ФГБОУ ВПО Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ MATLAB SIMULINK ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ПРИРОДЫ

Аннотация: рассмотрена технология моделирования произвольных физических процессов на основе теории цепей с использованием математического пакета MatLab Simulink. На примере двигателя постоянного тока показано, каким образом можно комбинировать модели различных по природе процессов в рамках единой имитационной модели, позволяющей осуществлять всестороннее исследование данного технического устройства в режиме численного эксперимента. Показано, каким образом можно свести моделирование физических процессов произвольной природы к единому аппарату электрических схем замещения.

Ключевые слова: цепные модели, имитационное моделирование, электрические схемы замещения, MatLab Simulink SimScape.

K. V. Semenova, A. I. Tikhonov, A. A. Karzhevin, M. S. Fadeeva

USING MATLAB SIMULINK IN MODELING PHYSICAL PROCESSES OF ARBITRARY NATURE

Abstract: the technology of modeling arbitrary physical processes based on the theory of circuits using the MatLab Simulink mathematical package is considered. On the example of a DC motor, it is shown how it is possible to combine models of processes of different nature within the framework of a single simulation model that allows a comprehensive study of this technical device in the numerical experiment mode. It is shown how it is possible to reduce the modeling of physical processes of an arbitrary nature to a single apparatus of electrical equivalent circuits.

Keywords: circuit models, simulation modeling, electrical equivalent circuits, MatLab Simulink SimScape.

Моделирование является одним из самых мощных инструментов научных исследований, особенно при решении научно-технических задач. При этом следует отметить, что речь идет, в первую очередь, именно о математическом моделировании физических процессов. По мере увеличения наших знаний о природе, растет точность математического описания изучаемых физических явлений. Это приводит к снижению роли физического моделирования и практически полной замене его математическими моделями.

Развитие компьютерных технологий привело к росту возможностей численного моделирования. Численные модели в настоящее время становятся определяющим классом моделей, способных отобразить любые процессы в любых технических системах. Рост быстродействия современных компьютеров приводит к тому, что численные модели переходят в разряд имитационных моделей, повторяющих принцип функционирования во времени реальных устройств. Это выводит научный эксперимент на принципиально новый уровень, получивший название имитационного эксперимента.

Одним из лучших пакетов численной математики, в котором воплотились достижения всего научного мира, является математический процессор MatLab. Наличие в нем приложения Simulink, позволяющего разрабатывать и исследовать имитационные модели для практически неограниченного класса научно-технических задач, делает данный пакет незаменимым инструментом инженерного творчества. Комбинация возможностей MatLab Simulink с инструментом PDETool, входящим в состав MatLab, расширяет спектр решаемых задач на область проблем, связанных с моделированием нестационарных физических полей. При необходимости MatLab может комбинироваться с функционалом пакета инженерного анализа COMSOL Multiphysics, что выводит данную технологию в разряд одной из наиболее мощных технологий численного моделирования.

В данной статье мы остановимся на возможностях использования для мультифизического моделирования технических систем библиотеки SimScape, являющейся одного из наиболее интересных для физики приложений MatLab Simulink, ориентированным на моделирование физических процессов на основе теории цепей.

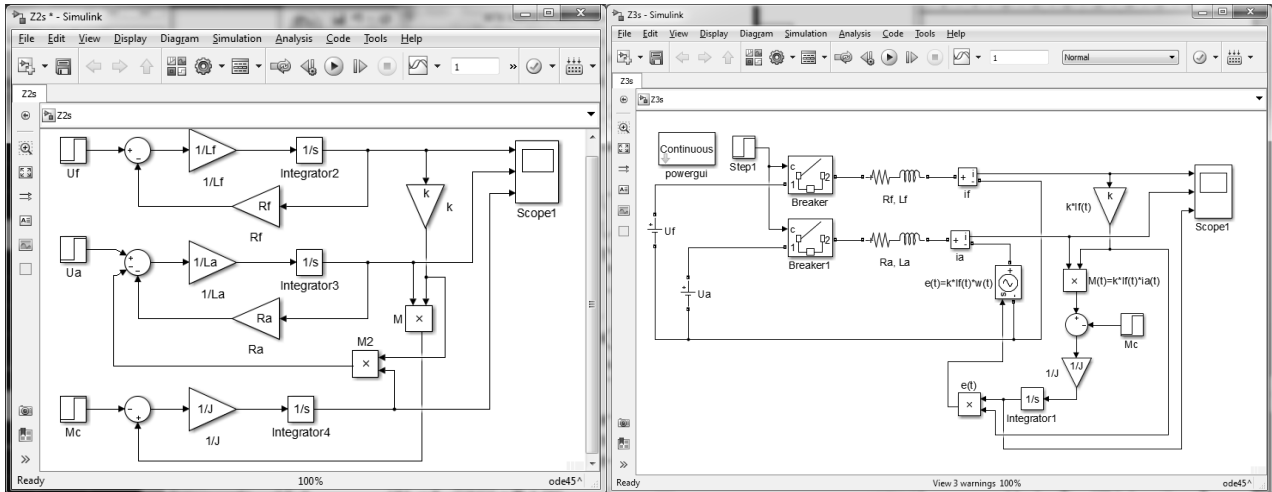
Как известно, физические явления различной природы описываются одинаковыми по форме уравнениями. Это свойство уравнений физики называется изоморфизмом [1, 3]. Именно оно позволяет использовать один и тот же математический аппарат для описания физических явлений произвольной природы. Одним из наиболее часто используемых для описания физических явлений математических аппаратов строится на основе теории обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Так как данная теория в приложении к техническим системам нашла наибольшее развитие в теории электрических цепей, то математические модели, построенные на основе данного математического аппарата, иногда называют цепными моделями, а теорию, на основе которой строятся данные модели называют теорией цепей. При этом имеет смысл говорить не только об электрических цепях, но и магнитных, тепловых, гидравлических, пневматических и прочих цепях. Именно к моделированию физических цепей произвольной природы адаптирована библиотека MatLab Simulink SimScape.

В качестве примера рассмотрим систему ОДУ, описывающую динамические режимы в двигателе постоянного тока (ДПТ). Данная система имеет вид

$$\begin{cases} U_f = L_f \frac{d i_f(t)}{d t} + R_f i_f(t), \\ U_a = L_a \frac{d i_a(t)}{d t} + R_a i_a(t) + k \cdot i_f(t) \cdot \omega(t), \\ J \frac{d \omega(t)}{d t} = k \cdot i_f(t) \cdot i_a(t) - M_c. \end{cases} \quad (1)$$

Здесь индекс f соответствует обмотке возбуждения (ОВ), а индекс a – обмотке якоря (ОЯ); U – напряжение, В; i – ток, А; L – индуктивность, Гн; R – сопротивление цепи, Ом; k – константа машины; ω – частота вращения, 1/с; J – момент инерции на роторе, кг·м²; M – момент на валу, Н·м.

Достоинством такого подхода является простота расширения функционала модели, не требующая обращения к абстрактным математическим моделям, аналогичным рис. 1, а. Например, на рис. 2 приведена расширенная модель физических процессов в ДПТ, где помимо электрической цепи, реализованной библиотекой SimScape SimPowerSystems, присутствует два варианта механической цепи машины, реализованные библиотеками SimScape Mechanical и SimScape SimMechanics а также тепловые цепи индуктора и якоря, реализованная средствами библиотеки SimScape Thermal.



а)

б)

Рис. 1. Структурная схема решения системы уравнений, описывающей работу ДПТ (а) и цепная модель ДПТ, выполненная с использованием библиотеки MatLab Simulink SimScape SimPowerSystems

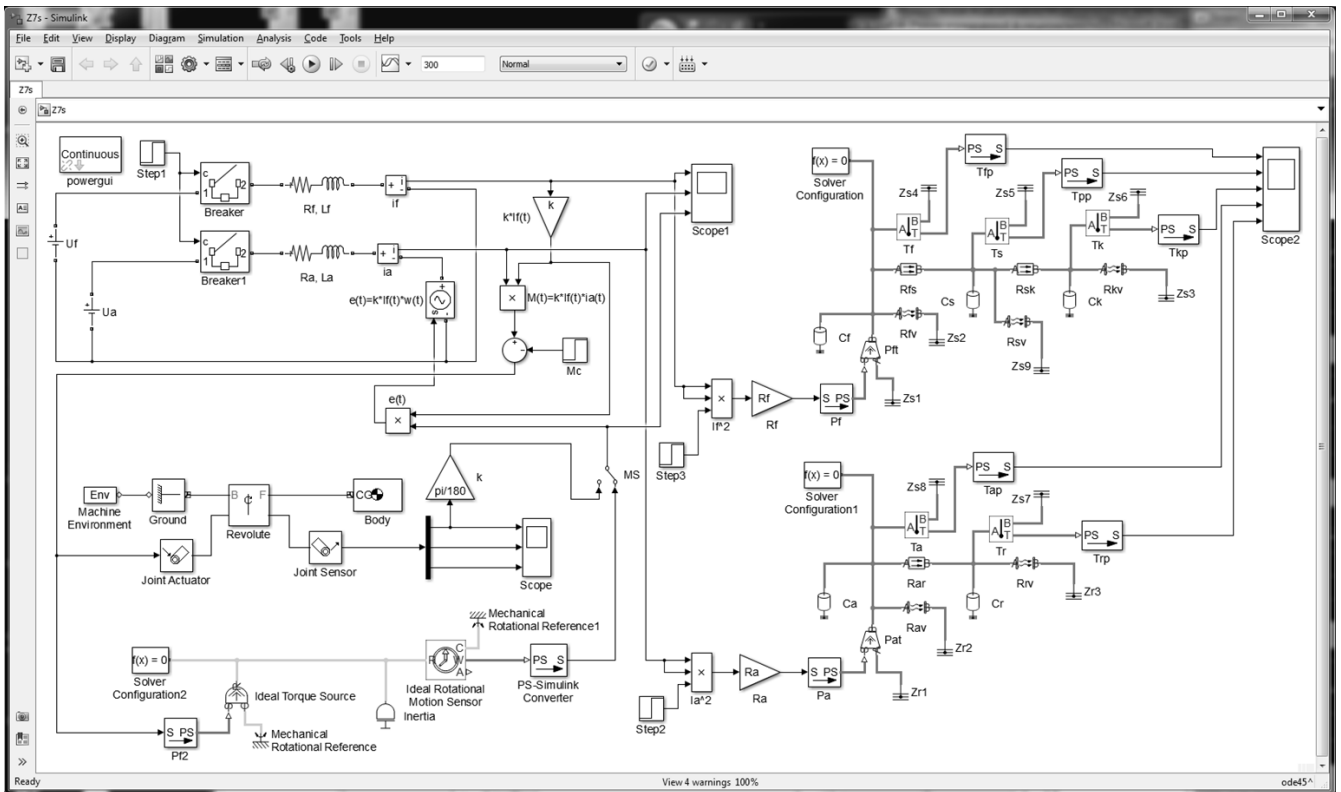


Рис. 2. Мультифизическая цепная модель ДПТ

Типовые элементы физических цепей произвольной природы во многом аналогичны типовым элементам электрической цепи. В частности, в модели тепловой цепи на рис. 2 использованы тепловые сопротивления теплопровод-

ности и теплоотдачи, аналогичные электрическим сопротивлениям, а также теплоемкости, аналогичные электроемкостям, источник теплового потока, аналогичный источнику электрического тока, измерители температуры, аналогичные вольтметрам. Умение понимать и пользоваться такими аналогиями позволяет по-новому взглянуть на единство законов физики и существенно расширить спектр моделируемых явлений. При этом вовсе не обязательно задействовать все возможности библиотеки SimScare, касающиеся явлений различной природы. Изучив досконально один из компонентов библиотеки, можно свести к нему практически любую задачу мультифизики. Так на рис. 3 приведена та же самая модель ДПТ, но выполнена она только с использованием библиотеки моделирования электрических цепей SimScare SimPowerSystems и базовых блоков структурного моделирования Simulink. Здесь тепловые и механические цепи заменены электрическими схемами замещения соответствующих физических процессов.

Результатами моделирования пуска ДПТ являются кривые изменения во времени токов ОЯ и ОВ, а также кривые зависимости от времени частоты вращения якоря и температур разных узлов машины [2].

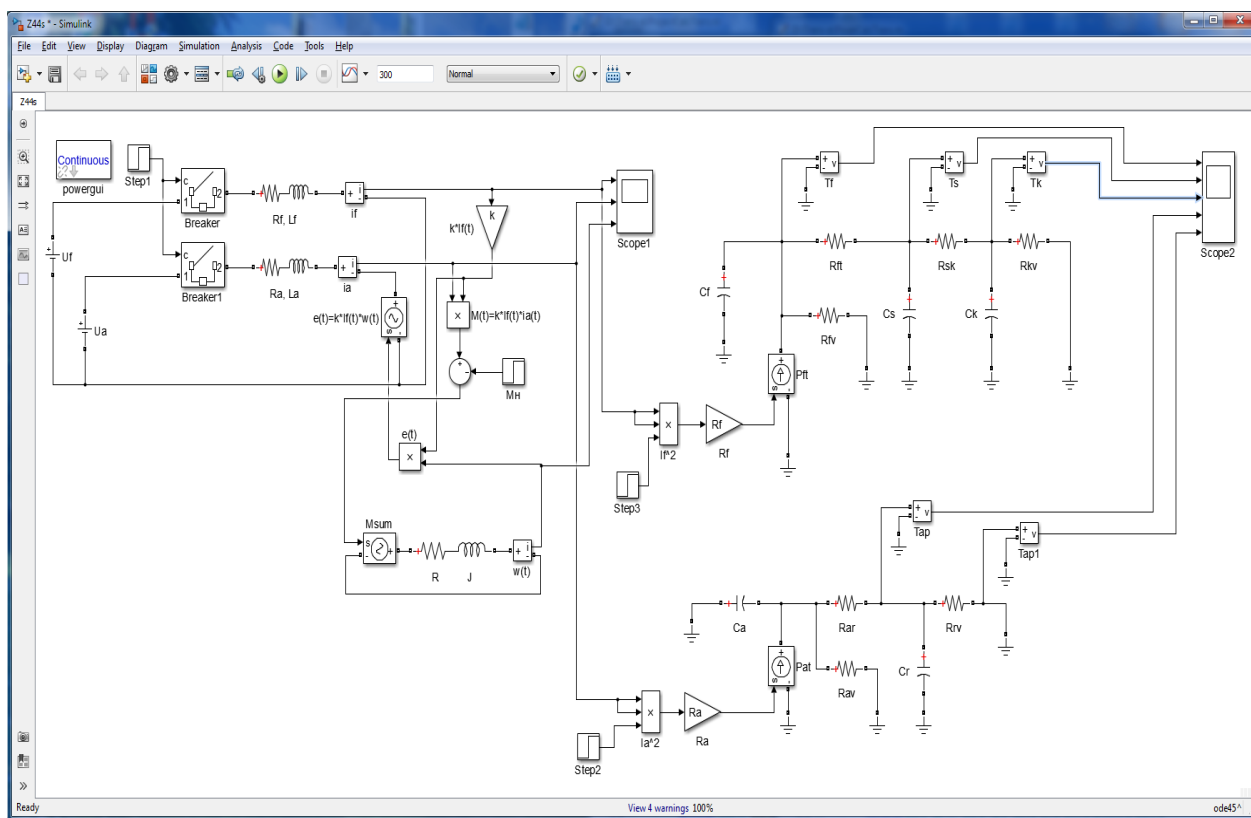


Рис. 3. Модель ДПТ с использованием электрических схем замещения физических процессов

В настоящее время имеются замечательные возможности уйти от физических аналогов изучаемых физических явлений в технических системах в сторону их имитационных моделей. Это не только ускоряет процесс изучения данных явлений, но и позволяет решить конкретные технические задачи с высокой точностью. В частности, приведенная в данной статье технология имитационного моделирования была успешно опробована при проектировании и оптимизации машин постоянного тока, асинхронных двигателей и силовых трансформаторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Веников В. А., Веников Г. В.* Теория подобия и моделирования (применительно к задачам электроэнергетики): учебник для вузов по спец. «Кибернетика электр. систем». – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1984. – 439 с.
2. Тихонов А. И., Мизонов В. Е., Стулов А. В., Фадеева М. С. Моделирование тепловых процессов с использованием электрических схем замещения в цифровых двойниках технических устройств // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2021. – Вып. 5. – С. 51-59.
3. *Тихонов А. И.* Основы теории подобия и моделирования: учеб. пособие / 2-е изд. доп. и перераб. / ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2016. – 116 с.

УДК: 614.841.1

**С. А. Сырбу^{1,2}, А. Х. Салихова¹, О. Г. Циркина¹,
Н. Н. Кузьмина², З. А. Кудряшова², М.Р. Киселев³**

¹Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

²ФГБОУ ВО МИРЭА – РТУ

³ФГБУН ИФХЭ РАН

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ КРЕМНИЯ В ОГНЕЗАЩИТНЫХ СОСТАВАХ ДЛЯ ДЕКОРАТИВНЫХ ТКАНЕЙ

Аннотация: в результате проведенных исследований для декоративной ткани гобелен, состоящей из хлопкового волокна с добавлением металлизированной нити, разработаны составы огнезащитных композиций на основе коммерческого препарата Пекофлам с добавлением кремнийорганической смолы и диоксида кремния марки «Ковелос». Предложены методики нанесения огнезащитных композиций на образцы тканей. Методом динамической термогравиметрии показана термостойкость предложенных композиций.

Ключевые слова: гобелен, антипирлирующие составы, диоксид кремния, кремнийорганическая смола, Пекофлам, термогравиметрический анализ, минимальная энергия активации, карбонизованный остаток.

*S. A. Syrbu, A. H. Salikhova, O. G. Tsirkina,
N. N. Kuzmina, Z. A. Kudryashova, M. R. Kiselev*

POSSIBILITIES OF SILICON COMPOUNDS USING IN FIRE PROTECTIVE COMPOSITIONS FOR DECORATIVE FABRICS

Abstract: as a result of the research for the decorative fabric tapestry, consisting of cotton fiber with the addition of a metallized thread, compositions of fire-retardant compositions based on the commercial preparation Pecoflam with the addition of organosilicon resin and silicon dioxide of the Kovelos brand were developed. Methods for applying flame retardant compositions to fabric samples are proposed. The method of dynamic thermogravimetry shows the thermal stability of the proposed compositions.

Keywords: tapestry, flame retardants, silicon dioxide, silicone resin, Pecoflam, thermogravimetric analysis, minimum activation energy, carbonized residue.

Текстильные материалы отличаются по составу, способу изготовления, структуре и строению волокон, а также плотности и толщине полотен, что влияет на выбор способа и средства огнезащиты [2].

Одной из основных задач, которую необходимо решать как производителям текстильных материалов, так и их потребителям является снижение пожарной опасности указанной продукции.

В результате обработки эффективными средствами огнезащиты исключается возможность загорания текстильных материалов от малокалорийных источников зажигания, снижается способность распространения пламени по поверхности, снижается дымообразующая способность, токсичность продуктов горения.

Обработка огнезащитными составами текстильных материалов обеспечивает снижение пожарной опасности волокон, нитей, тканей, нетканых материалов и изделий из них, а также ковровых текстильных покрытий.

Огнезащита текстильных материалов должна осуществляться в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

Основной целью нашей работы явилась разработка огнезащитных композиций для ткани декоративного назначения – гобелена, применяемой для отделки мебели и салонов автотранспорта, и исследование их свойств методом термогравиметрического анализа.

В работе получены огнезащитные составы для гобеленовой ткани на основе коммерческого препарата Пекофлам с добавлением кремнийорганической смолы марки RUT 3010 и диоксида кремния (коммерческий препарат Ковелос).

Актуальность данной работы определяется тем, что снижение показателей пожарной опасности обивочных текстильных материалов, с учётом их свойств и структурных особенностей позволит обеспечить уменьшение скорости распространения пожара в местах размещения мягкой мебели: жилых помещениях, театральных залах, помещениях ресторанов, отелей.

Разрабатываемая огнезащитная композиция не должна ухудшать основных потребительских свойств обивочной ткани: поверхностной плотности в пределах от 250 до 350 г/м²; красоты и прочности узоров; фактурности и долговечности; внешней привлекательности и практичности; высоких тактильных свойствах и функциональности.

Для испытаний были взяты образцы хлопчатобумажной ткани гобелен с металлизированной нитью. Для исследования было подготовлено две огнезащитные композиции на основе коммерческого препарата Пекофлам:

1. Пекофлам – 30 мл, вода – 100 мл, кремнийорганическая смола марки RUT 3010 (далее – КОС) – 5 мл, раствор уксусной кислоты СН₃СООН 10%-ой – 0,5 мл, ПВА – 1 мл.

2. Пекофлам – 30 мл, вода – 100 мл, порошок диоксида кремния марки «Ковелос» - 1 г, раствор уксусной кислоты СН₃СООН 10%-ой – 0,5 мл.

Контрольные образцы обрабатывались для сравнения водным раствором Пекофлама (Пекофлам – 30 мл, вода – 100 мл).

Рассмотрим свойства предлагаемых к использованию компонентов антипирюющего состава.

Препарат Пекофлам является азотно-фосфорным органическим соединением, не содержащим галогенов. Препарат проникает внутрь нити и за счет прочных ковалентных связей с хлопком придает ткани уникальные огнезащитные свойства, в то же время не нарушая структуры красителя.

Кремнийорганические полимеры (иначе называемые силиконами) – это соединения, содержащие цепочку атомов –Si–O–Si–O–, модифицированную различными органическими группами. Продукты на основе силоксановых каучуков обеспечивают высокую термическую стойкость, атмосферостойкость, стойкость к действию кислорода и озона при повышенных температурах, радиационную стойкость, нетоксичность и биологическую инертность, хорошие изоляционные свойства. Серьезным преимуществом силоксановых эластомерных материалов является морозостойкость, а также способность длительно сохранять высокие эксплуатационные свойства при длительном воздействии агрессивных сред и высоких температур. Именно эти свойства вещества и вызвали научный интерес использования смолы в качестве компонента огнезащитного состава.

Диоксид кремния – высший, четырехвалентный кислотный оксид кремния. Он обладает идеальной устойчивостью к действию кислорода, различных кислот (при температуре плавления, равной 600 °С, растворяется плавиковой кислотой, щелочами). Диоксид кремния не растворяется в воде, является диэлектриком. Пока уникальные свойства вещества не были изучены, оно глав-

ным образом применялось для изготовления строительных материалов, таких как бетон и цемент. Но по мере исследования указанного соединения учеными, медиками, физиологами, химиками стали известны и другие его признаки. Вещество стали применять в радиотехнике, в производстве огнеупорных материалов и резины [1].

Для испытаний были изготовлены образцы размером 220x170 мм, восемь - в направлении основы (по длине) и восемь - в направлении утка (по ширине) для каждого состава.

Перед нанесением огнезащитных композиций образцы тканей в течение 72 часов выдерживали в воде, меняя ее через каждые 24 часа. Высушивали в условиях атмосферного воздуха.

Описание способов нанесения составов.

Состав №1 после нескольких подборов условий было решено наносить на ткань путем погружения в ванну при температуре 70-80°C. Это обусловлено тем фактом, что при комнатной температуре кремнийорганическая смола не растворялась в воде, а при более высокой температуре давала осадок в виде суспензии. Нагревание повышает также степень пропитки ткани. Поскольку гобелен является плотной и многослойной тканью, нити внутренних слоев могут остаться необработанными антипиреном, что ухудшает процесс огнезащиты.

Состав №2 после нескольких подборов условий было решено наносить на ткань путем погружения в ванну при температуре 30-40°C. Необходимость нагревания обусловлена необходимостью увеличения степени пропитки ткани.

Контрольные образцы гобелена обрабатывались при условиях, аналогичных обработке составом № 2.

Далее образцы с нанесенными составами подвергались плюсованию, сушке при температуре атмосферного воздуха и термофиксации при температуре 150°C в течение 15 минут [3]. Перед испытаниями образцы кондиционировались при температуре (20±2) °C и относительной влажности (65±2) % в течение 24 ч.

Как было ранее отмечено, обработка огнезащитным составом не должна ухудшать потребительские свойства ткани. В среднем привес обработанной ткани составил 37%. Следует отметить, что ткань, обработанная составом с добавлением кремнийорганической смолы, приобрела еще и защиту от загрязнений, что является немаловажным при эксплуатации.

Для определения термостойкости обработанных образцов гобелена нами были использованы данные динамической термогравиметрии.

Кривые термогравиметрии были получены на дифференциальном сканирующем калориметре Q 500 фирмы ИНТЕС. Измерения проводились в режиме нагревания в диапазоне температур от 0 °C до 700 °C. При обработке результатов дифференциально-термического анализа (ДТА) делались допущения, подробно рассмотренные в работе [4]. Обработка кривых проведена методом модуляционных стандартов.

Термогравиметрический анализ проводился при следующих условиях:

1. среда-воздух;
2. скорость нагрева 3 °С/мин.;
3. масса исследуемого образца 6-9 миллиграммов.

Для обработки данных термогравиметрического анализа (ТГА) применялось программное обеспечение с использованием элементов статистической обработки данных и расчета характеристик ТГА.

По кривым ТГА фиксировались максимально возможные характеристики:

1. потеря массы в % при фиксированных значениях температуры (50,100,150...450 °С);
2. температуры (°С) потери 5, 10, 20, 50 % массы;
3. карбонизированный остаток, (%) при температуре окончания процесса деструкции;
4. точки максимумов ТГ кривой (Т °С, А %/мин); лучше изменения угла наклона, т.к. максимумов нет;
5. температуры начала разложения (°С) [5].

На основе данных термического анализа была построена зависимость потери массы исследуемых образцов гобелена без обработки и с обработкой предложенными составами от температуры (рис. 1 - 4).

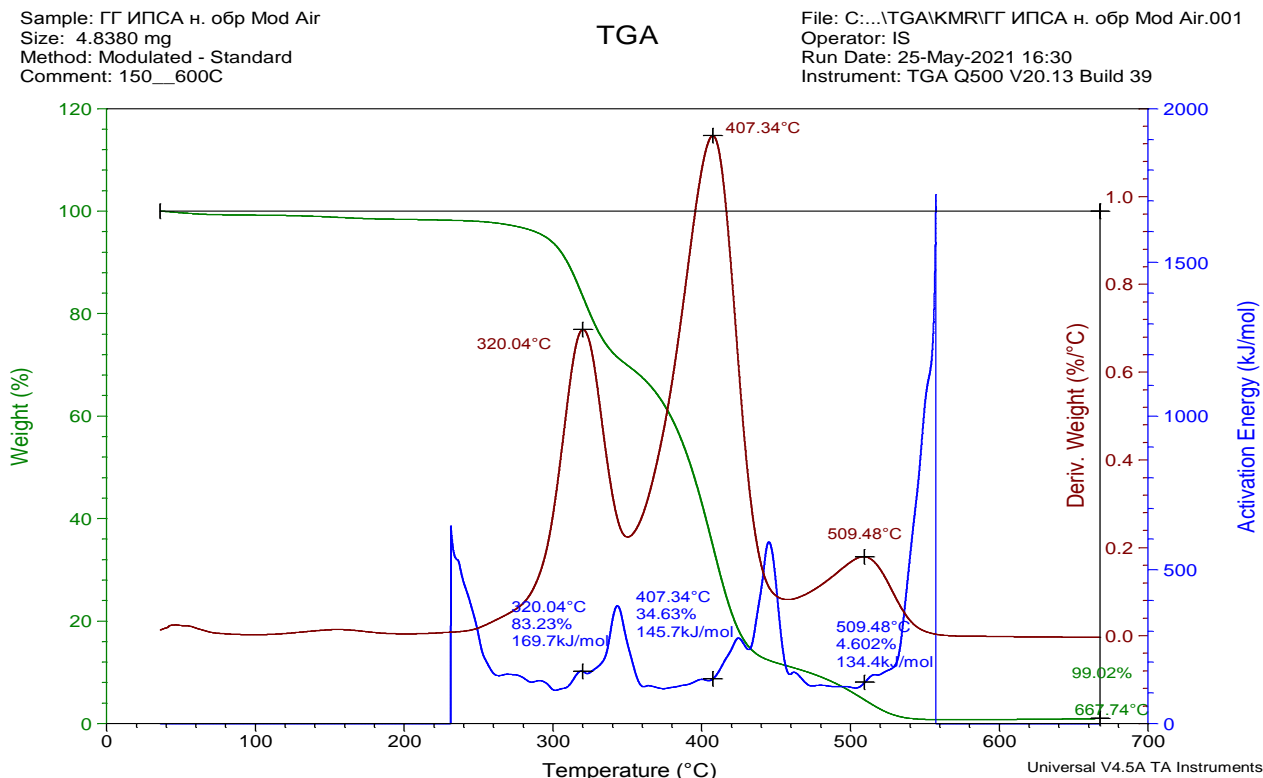


Рис. 1. Термограмма для необработанного гобелена

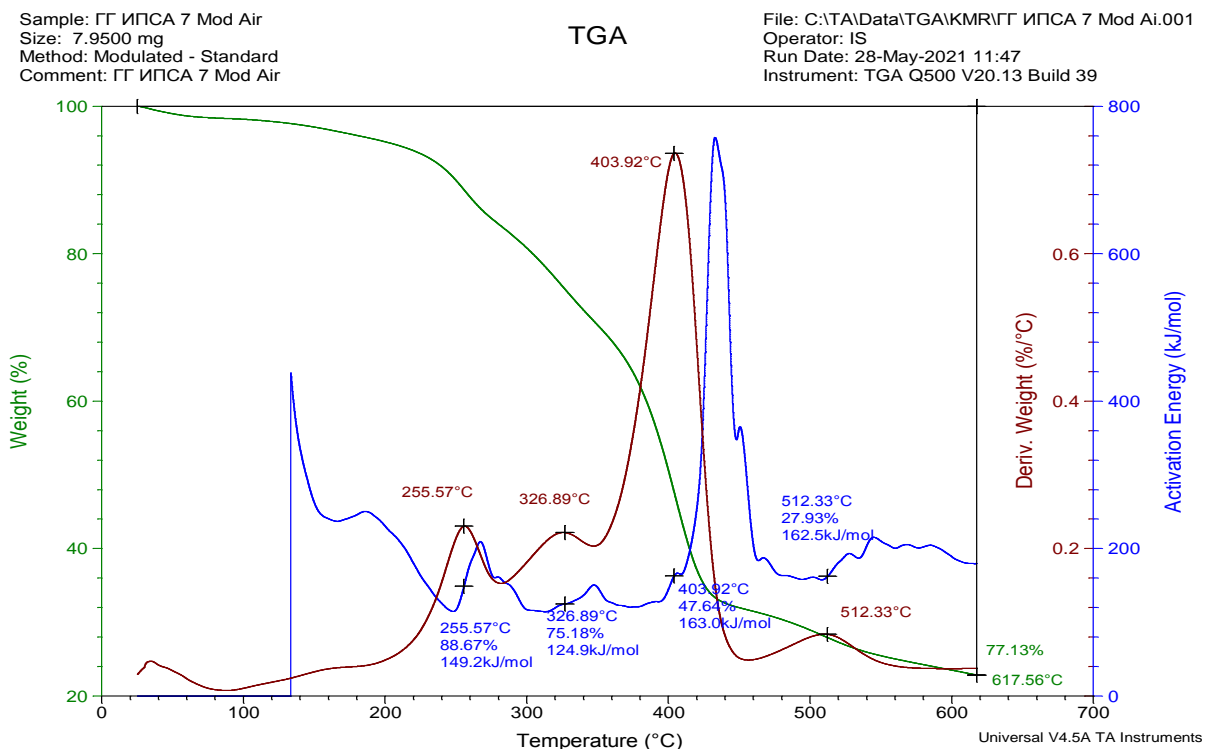


Рис. 2. Термограмма для гобелена, обработанного раствором Пекофлама

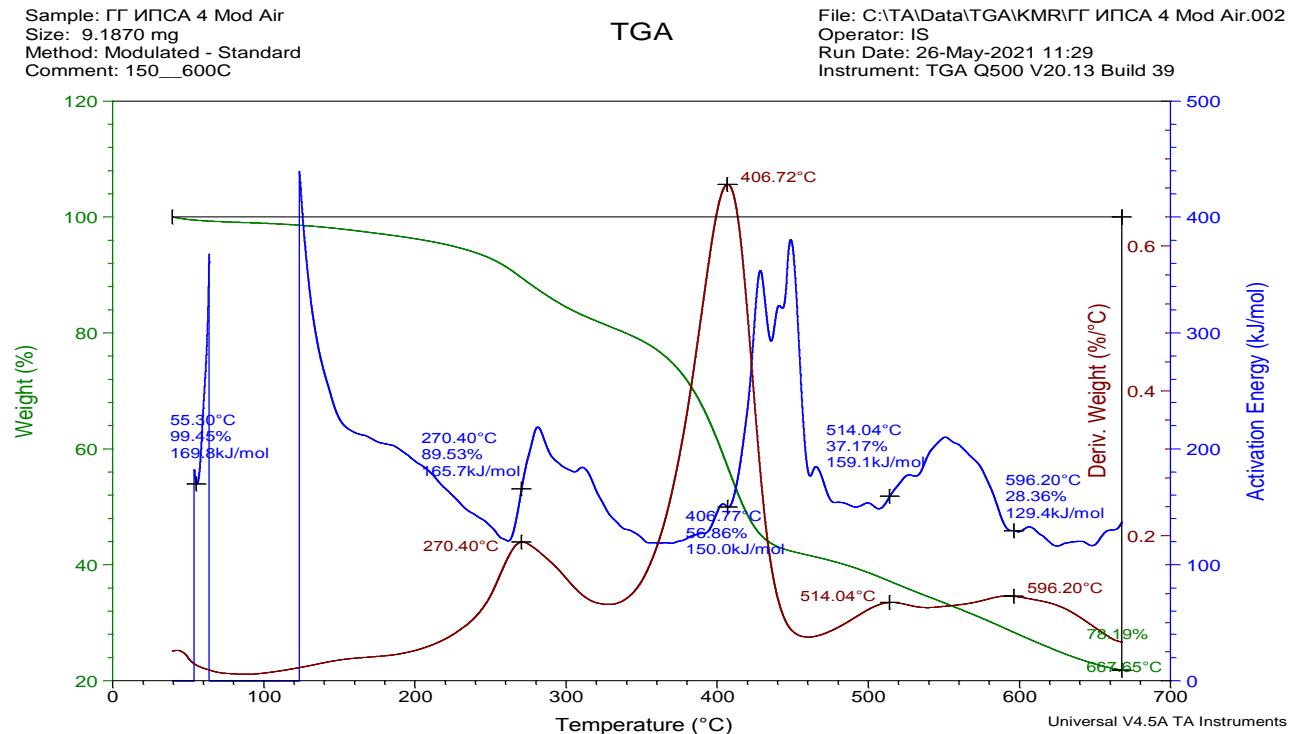


Рис. 3. Термограмма для гобелена, обработанного раствором Пекофлама с добавлением кремнийорганической смолы (составом 1)

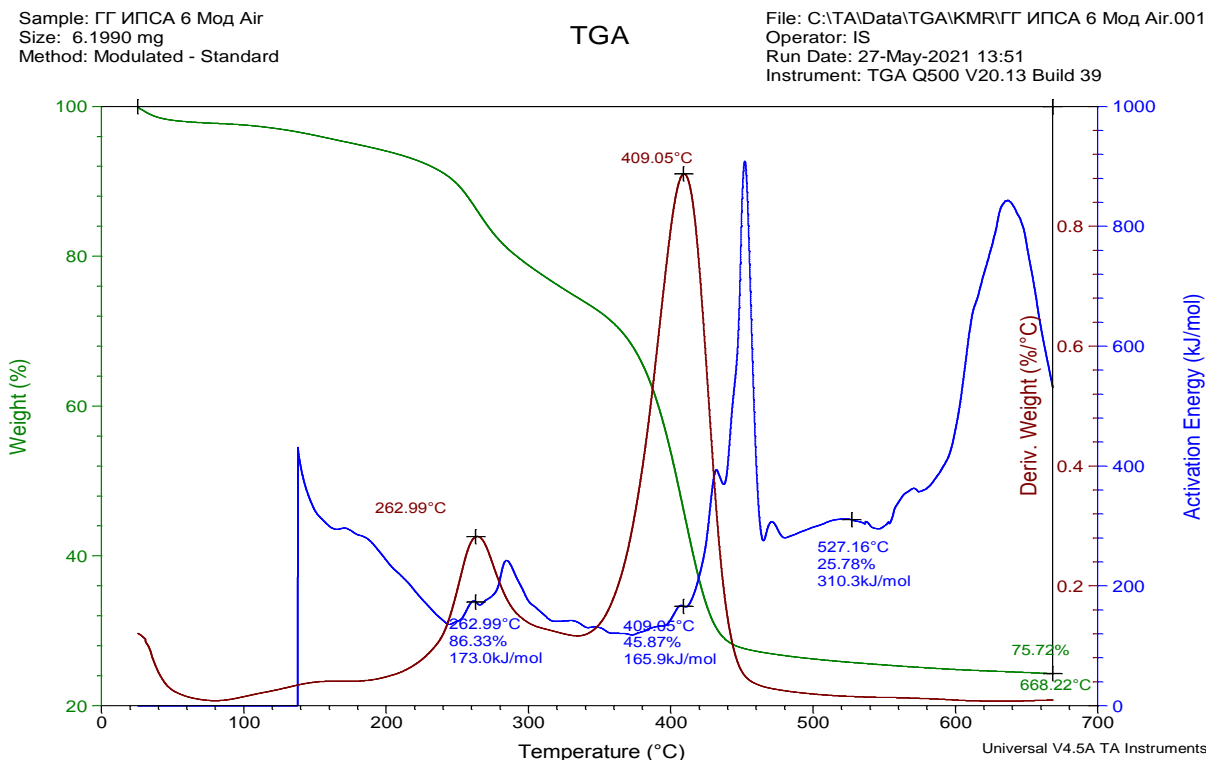


Рис. 4. Термограмма для гобелена, обработанного раствором Пекофлама с добавлением диоксида кремния марки «Ковелос» (составом 2)

По кривой потери массы можно довольно точно определить температурные интервалы происходящих процессов. Так деструкция тканого материала протекает в атмосфере воздуха в трех температурных диапазонах:

1-й диапазон 30 - 200 °С потеря сорбционной влаги, которая составляет 4-7 % масс. в зависимости от плотности ткани и структуры волокон.

Следует отметить, что процентное содержание воды несущественно отличалось для исследуемых образцов и составляло 1.5 – 2.0 % при температуре 170 - 180°С.

2-й диапазон 200 - 350 °С - термоокислительная деструкция макромолекул целлюлозы (с потерей < 60 % массы) с максимумом скорости потери массы при 320-340 °С.

Для необработанной ткани потеря массы при температуре 340.01 °С составляет – 20.84%.

Для образца, обработанного составом «Пекофлам + кремнийорганическая смола», потеря массы при температуре 318.19°С составляет – 14.29%.

Для образца, обработанного составом «Пекофлам + диоксид кремния «Ковелос», потеря массы при температуре 308.06 °С составляет – 17.36%.

3-й диапазон 400-500°C - термоокисление (образование карбонизованного остатка, величина которого для ткани зависит, в основном, от нанесенных на поверхность органических и неорганических примесей).

После выделения влаги характерно резкое увеличение потери массы, связанное с началом термодеструкции в диапазоне температур от 300-350°C для материалов на основе целлюлозы, не обработанными замедлителями горения.

Термодеструкция тканых материалов, обработанных замедлителями горения, сопровождается двумя пиками ДТА (рис. 2 – 4) максимумами ДТГ скоростей потери массы при 512 - 596°C. Процессы протекают с выделением горючих газов, при этом максимумы скорости потери массы близки или совпадают с максимумами тепловыделения и выделения горючих газов, что свидетельствует о термоокислении материала.

Для необработанной ткани карбонизированный остаток при температуре 667.74 °C составляет – 0.98%.

Для образца, обработанного составом «Пекофлам + кремнийорганическая смола», карбонизированный остаток при температуре 667.65 °C составляет – 21.81%.

Для образца, обработанного составом «Пекофлам + диоксид кремния «Ковелос», карбонизированный остаток при температуре 688.22 °C составляет – 24.28%.

Для образца, обработанного раствором Пекофлама, карбонизированный остаток при температуре 617.56 °C составляет – 22.87%.

Как показывает анализ рис. 1 – 4, усредненная температура начала термического разложения составляет: для базового образца – 407.34°C; для образца, обработанного составом «Пекофлам + кремнийорганическая смола», - 406.72°C; для образца, обработанного составом «Пекофлам + диоксид кремния «Ковелос», - 409.05°C, для образца, обработанного раствором Пекофлама, - 403.92°C.

Анализ полученных данных показал, что для огнезащищенных материалов характерна сглаженность пиков ДТГ кривых термодеструкции. Это связано с более плавной потерей массы. Малый пик наблюдается в области 250-270°C, при этом скорости окисления по сравнению с незащищенными целлюлозными тканями выше, но сам процесс термоокисления сдвигается в область более высоких температур. А после температуры 300°C скорость термического разложения необработанного материала резко возрастает, и в интервале 420-520°C происходит полное термическое разложение тканого материала, не обработанного антипиреном.

Следует отметить, что в случае использования состава с добавкой Ковелоса наблюдается увеличение энергии активации процесса образования карбонизованного остатка в два раза по сравнению с остальными композициями.

Таким образом, в результате проведенных исследований для декоративной ткани гобелен, состоящей из хлопкового волокна с добавлением металлизированной нити, разработаны составы огнезащитных композиций на основе

коммерческого препарата Пекофлам с добавлением кремнийорганической смолы и диоксида кремния марки «Ковелос». Предложены методики нанесения огнезащитных композиций на образцы тканей. Методом динамической термогравиметрии показана термостойкость предложенных композиций. Показано, что использование указанных композиций не снижает физико-механических и декоративных свойств гобелена. При обработке составом с содержанием кремнийорганической смолы декоративной ткани придаются дополнительные свойства влагоустойчивости и грязеотталкивания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрюсов В. Ф., Андрюсова М. В., Рыжков Л. С. Отделка текстильными изделиями различного назначения / Экспресс-информация, серия А. Текстильная промышленность. - М.: ЦНИИТЭИ лёгкой промышленности 2014. - 31 с.
2. Болодьян Г. И. Комплексный подход к созданию пожаробезопасных текстильных материалов и изделий: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03. Москва, 2003. 177 с.
3. Силигин П. А. и др. Защитные пропитки текстильных материалов / Шминин, М.Н. Зусман, Ф.И. Рахлин, - М.: Легпомиздат, 2014 - 301 с.
4. Сырбу С. А., Федоринов С. А., Салихова А. Х. Сшивающие агенты для огнезащитных композиций на основе азотно-фосфорных антипиренов // Современные проблемы гражданской защиты. 2020. Вып. 3 (36). С. 115 – 124.
5. Шестак Я. Теория термического анализа. - М.: Мир, 1987. 456 с.

УДК: 699.887.3

Д. С. Тучин, В. А. Серебряков, Д. Н. Дюнова
ФГБВОУ ВО АГЗ МЧС России

К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕТОНА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ РАДИАЦИИ

Аннотация: выполнен анализ эффективности бетона для создания биологической защиты от радиации. Приведены данные по составу и особенностям его структуры на предмет устойчивости материала к радиоактивному излучению. Показана роль водорода в улучшении его защитных свойств. Рассмотрены перспективы применения кремнийорганических соединений для повышения гидрофобных показателей бетона.

Ключевые слова: бетон, радиация, радиоактивное излучение, биологическая защита, кремнийорганические гидрофобизаторы, гидрофобность, радиолиз.

D. S. Tuchin, V. A. Serebryakov, D. N. Dyunova

ON THE ISSUE OF THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF CONCRETE FOR PROTECTION AGAINST RADIATION

Abstract: the article analyzes the effectiveness of concrete for creating biological protection against radiation. Data on the composition and features of its structure for the stability of the material to radioactive radiation are given. The role of hydrogen in improving its protective properties is shown. The prospects of using organosilicon compounds to increase the hydrophobic properties of concrete are considered.

Keywords: concrete, radiation, radioactive radiation, biological protection, organosilicon hydrophobizers, hydrophobicity, radiolysis.

Важнейшим компонентом любой ядерной установки является эффективная биологическая защита, предохраняющая всё живое от влияния радиоактивных излучений. Она способствует безопасному использованию ядерных установок и позволяет в полной мере реализовывать задачи, стоящие перед исследователями. Наиболее опасными для живых природных объектов являются радиоактивные гамма-лучи и нейтронное излучение. Они характеризуются наивысшей способностью к проникновению, уничтожая при этом не только живую природу, но и возведённую для её безопасности защиту.

При строительстве атомных электростанций, всевозможных ядерных энергоустановок, исследовательских реакторов и ускорителей заряженных частиц необходимо выполнение решения задачи по созданию дешёвой биологической защиты. Сама конструкция и состав материалов, используемых для её производства, помимо минимальной стоимости, должны быть достаточно прочными и иметь минимальные вес или габариты. Также она должна удовлетворять требованиям экспериментальной физики и обеспечивать надёжную эксплуатацию.

Для эффективной защиты от вредных радиационных излучений используется такой материал как бетон.

В связи с тем, что он обеспечивает максимальную защиту от проникновения радиации из источника излучения, проблема изготовления бетона с высокой степенью радиационной защиты представляется весьма актуальной.

Целью данного исследования являлось проведение оценки эффективности применения бетона при строительстве биологической защиты от радиационных излучений.

В соответствии с целью решались задачи:

1. Изучить состав бетона на предмет устойчивости материала к радиации;
2. Оценить роль водорода в улучшении защитных свойств бетона;
3. Определить перспективы применения кремнийорганических соединений для решения проблемы улучшения гидрофобных свойств бетона.

Бетон – это искусственный материал, состоящий из смеси окислов элементов с лёгким и средним атомным весом. Этих компонентов может быть от 5 до 15. Такие элементы, как водород, кислород, алюминий, кремний, кальций, железо, присутствуют почти во всех бетонах. В некоторых из них в очень ограниченных количествах можно обнаружить калий, натрий, магний, марганец, углерод, фосфор, серу, а также бор, барий, титан, хром [5].

Заполнители в бетоне связаны между собой затвердевшим тестом из цемента и воды. Этот материал обладает достаточной прочностью, хорошими теплофизическими и технологическими показателями, поэтому чаще других эффективно используется в строительстве биологической защиты.

Даже при двадцатисантиметровой толщине стен из обычного бетона проникающая радиация уменьшается в два раза.

При вычислении устойчивости материалов к радиации важно учитывать такие характеристики, как плотность потока частиц, интенсивность излучения и поглощенную дозу излучения. При этом поглощающие качества материалов прямо пропорциональны их плотности и толщине, а также находятся в прямой зависимости от состава.

Ионизирующее излучение, оказывая влияние на бетон, может привести к изменению его структуры. Степень этого воздействия зависит от эксплуатационных характеристик и вида материалов, а также дозы облучения.

Конструируя биологическую защиту важно подобрать необходимый тип бетона и максимально точно подойти к расчётам ослабления выбранной защиты под воздействием различных излучений, которые могут возникнуть в установке.

Под влиянием радиации и в условиях увеличивающейся до 350 °С температуры начинают происходить различные радиационно-химические реакции.

Химически связанная, адсорбционная и свободная вода подвергается процессу радиолиза. При этом в виде газов выделяются кислород и водород. Радиолиз и преобразование минералов из кристаллического в аморфное состояние приводит к ослаблению прочности, деформации и термической усадке цементного камня.

По данным из литературных источников известно, что большие дозы радиационного облучения приводят к снижению важных параметров бетона. Наблюдается изменение в 4 раза в сторону уменьшения предела его прочности на сжатие, а показатель на растяжение снижается в 2 раза [3].

А. Е. Десов считает, что бетоны с оставшимся содержанием влаги менее 5% вообще недопустимы в защитных конструкциях [4].

В качестве основной защиты и с целью снижения толщины барьеров прибегают к использованию особо тяжелых максимально плотных радиационно стойких гидратных бетонов. Их средний показатель плотности колеблется от 2500 кг/м³ до 7000 кг/м³. При их получении в качестве включений эффективно используются тяжелые природные или искусственные наполнители.

Это материалы типа дробы из свинца, металлического скрапа, серпентинита, барита, магнетитовой, гематитовой или лимонитовой железных руд. И если плотность на наполнителе из песка и щебня составляет от 2600 кг/м³ до 4000 кг/м³, на отходах из чугуна, стали, крупного лома она увеличивается до 5000 - 7000 кг/м³, то при заполнении баритом плотность бетона повышается уже до 38000 кг/м³ [3].

Именно коэффициент плотности является основным показателем того, что затвердевший бетон имеет высокое качество. Улучшить этот показатель позволяет более плотное заполнение пор в крупном наполнителе. Для этого необходимо использовать более мелкий [1].

Гидратные бетоны обладают не только высокой плотностью, но и значительным содержанием химически связанной воды. Как свободная, так и связанная вода - это неотъемлемый составляющий компонент всех типов бетона. Вода, находящаяся в свободном состоянии, заполняет поры и пустоты материала. В случае, когда температура увеличивается и нарастает возраст бетона она испаряется за сравнительно короткое время.

К разновидностям воды, находящейся в связанном состоянии, относится химически связанная, адсорбционно связанная и механически связанная вода.

Первая формируется в следствие химических реакций между цементом и водой. Вторая тонкими пленками адсорбируется на поверхности твердых частиц бетонной массы. Эта адсорбционно связанная вода не вступает в химические реакции с цементом. Она не удаляется из бетона при простом высушивании при температуре 100 °С.

На третью - механически связанную воду, оказывают влияние капиллярные силы. Её удаление из бетонной массы возможно в условиях 100 °С [2].

Известно, что объём воды, содержащейся в бетоне уменьшается со временем и с повышением температуры.

Анализируя показатели экспериментов на бетонах по изучению уменьшения из них количества воды, можно утверждать, что при углублении на расстояние от 0,02 м. до 0,1 м. обезвоживание бетона происходит быстро. Этот процесс занимает время от считанных часов до нескольких суток. Из слоёв, расположенных глубже вода испаряется годами. Биологическая защита толщиной 2,4 м. за период от 30 до 80 лет теряет до 50% воды, находящейся в связанном состоянии.

При нарастании температуры обезвоживание бетона увеличивается и ведёт к тому, что его структура нарушается.

Подвергающийся нагреванию до 100 °С бетон теряет заполняющую его поры свободную воду. В случае нагрева до 200 °С из бетона начинает выделяться физически и частично химически связанная вода.

Потеря воды из цементного раствора влечёт за собой трансформацию пространственной решетки кристаллогидратов. Вследствие этого происходят изменения в объёмных показателях цементного камня, и он становится менее прочным [2].

Спаду нейтронного потока в монолите способствуют элементы с малой атомной массой. К их числу относится водород. Таким образом, улучшить защитные свойства гидратных бетонов, используемых при производстве защитных экранов позволяет использование компонентов, которые увеличивают количество водорода.

К ним относятся добавки, содержащие в своём составе легкие элементы, такие как карбид, бор, хлорид лития и др. К тому же бетон, применяемый в устанавливаемых экранах реакторов, должен иметь и другие не менее важные характеристики. Он должен обладать максимально высокими показателями термостойкости и теплопроводности, иметь небольшие величины коэффициента термического расширения и усадки.

Для снижения повреждений в структуре бетонной массы в процессе нагревания, производится особый жаростойкий бетон. Составы жаростойких бетонов эффективно применяются при температурах от 800 °С до 1700 °С.

На достижение высокой твёрдости бетона влияет как особый минеральный состав цементной массы, так и количество тонкомолотой добавки, а также её активность. Под влиянием нагрева до 200 - 250 °С и дополнительной гидратации с участием не полностью испарившейся свободной воды происходит увеличение прочности жаростойкого бетона.

При повышении температуры до 600 °С происходит химическая реакция, участниками которой являются свободная окись кальция и кремнезёма, а также алюминат тонкомолотой добавки. В начале твёрдой фазы она протекает медленно, а в последствии происходит её ускорение.

Постепенно в бетонной массе формируется керамический материал, и как следствие усиливается твёрдость бетона [2].

Можно уверенно заявить, что применение бетона экономически оправдано, так как он наиболее дешёвый и самый часто используемый материал для защиты. Его цена существенно зависит от стоимости наполнителей.

Экономически обосновано использование бетонов на заполнителях из железной руды. В 2–4 раза дороже них обходятся бетоны, заполненные стальным скрапом.

В том случае, когда защита не подвергается действию высоких температур или есть способ сохранить нужный объём водорода при повышенных температурах, то предпочтение следует отдавать гидратным бетонам.

При работе защиты в ситуации, когда температура высока, дефицит водорода возможно компенсировать введением бора. Однако стоимость этой процедуры намного превышает затраты на введение водорода.

Из этого следует, что водород целесообразно вводить в бетоны, которые задействованы при нормальных или не превышающих предел потери водорода температурах, а бор использовать в производстве жаростойких бетонов. Поэтому необходимо очень грамотно подходить к подбору бетонных компонентов.

По причине того, что цементное тесто может отличаться по плотности, особо тяжелые бетонные смеси имеют тенденцию расслаиваться. В целях недопущения этого целесообразно для их перевозки использовать автобетоносмесители, а при работах осуществлять раздельное бетонирование.

При транспортировке и укладке бетона для радиационной защиты требуется следовать правилам и ограничениям. В частности: высота сбрасывания особо тяжелой смеси не должна превышать одного метра; смесь необходимо укладывать слоями с уплотнением внутренними вибраторами.

Вполне перспективным в плане повышения надёжности и функционала может быть включение в состав бетона кремнийорганических соединений. Это, во-первых, придаёт свойства гидрофобности, а во-вторых, образует мелкопористую структуру бетона. Это способствует усилению однородности цементной массы и улучшает воздухозадерживающие характеристики раствора.

Кремнийорганические гидрофобизаторы состоят из полярной силоксановой цепи, которая с одной стороны окружена неполярными углеводородными радикалами, а с противоположной - легко вступающими в реакцию с водой активными группами или атомами. Под действием гидрофобизаторов внутренние стенки пор и капилляров, а также все частицы бетонного материала покрываются тончайшей водоотталкивающей пленкой и начинают обладать гидрофобностью. К тому же увеличивается его механическая прочность, газо- и водонепроницаемость [5].

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Наибольшая радиационно-защитная эффективность бетона достигается при условии удачного сочетания таких качеств, как его высокая плотность, большое содержание водорода в материале и сравнительно низкая стоимость.

2. Важно учитывать ещё на стадии планировки и проектирования влияние облучения на различные компоненты, используемые в качестве добавок для бетона. Это позволит избежать нарушений в его составе, которые могут привести к повреждению всей конструкции.

3. В условиях облучения наиболее эффективно использование мелкозернистых бетонов с высоким содержанием в них кремнийорганических компонентов.

Результаты исследования показали, что в процессе строительства атомных реакторов на быстрых нейтронах и предприятий по производству изотопов именно применение радиационностойких бетонов позволит обеспечить максимальную конструкционную защиту от действия радиации и обеспечит безопасность персонала, работающего возле ядерных реакторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Болтышев С. А.* Серные бетоны для защиты от радиации: моногр. / С.А. Болтышев, А.М. Данилов, Е.В. Королев. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 174 с.
2. *Бродер Д. Л., Зайцев Л. Н., Комочков М. М., Мальков В. В., Сычен В. С.* Бетон в защите ядерных установок М.: Атомиздат, 1960. 264 с.

3. Дворкин Л. И. Специальные бетоны / Дворкин Л. И., Дворкин О. Л. – М.: Инфра-Инженерия, 2012. - 368 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972900466.html> (дата обращения: 15.03.2022).

4. Десов А. Е. Тяжелые и гидратные бетоны [Текст]: (Для защиты от радиоактивных воздействий) – М.: Госстройиздат, 1956. 88 с.

5. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.chem21.info/info/456961/> (дата обращения: 10.03.2022).

УДК 502.36, 544.55, 533.922, 544.43

К. А. Тюканова, В. П. Родионов, А. А. Гуцин

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕСТРУКЦИИ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ, НА ПРИМЕРЕ 2,4-ДИХЛОРФЕНОЛА, В СОВМЕЩЕННЫХ ПЛАЗМЕННО-КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Аннотация: в данной работе рассматривается очистка газовых выбросов от хлорорганических соединений, а именно от 2,4-дихлорфенола, в совмещенных плазменно-каталитических системах. Начальным этапом очистки является процесс адсорбции загрязняющего вещества на поверхности катализатора, с последующей очисткой под воздействием плазмы ДБР. Полученные результаты исследований показывают эффективность очистки в максимуме порядка 100%. Доля выхода конечных продуктов деструкции (CO₂) составляла 69-95 %, что свидетельствует о высокой эффективности плазменно-каталитической деструкции. Выявлено, что плазменно-каталитический метод примерно на 20 % энергетически более эффективен по сравнению с плазменной обработкой.

Ключевые слова: летучие органические соединения, 2,4-дихлорфенол, плазмохимический метод очистки, диэлектрический барьерный разряд, катализатор.

К. А. Tyukanova, V. P. Rodionov, A. A. Gushchin

INVESTIGATION OF PROCESSES OF DESTRUCTION OF ORGANOCHLORINE COMPOUNDS, ON THE EXAMPLE OF 2,4-DICHLOROPHENOL, IN COMBINED PLASMA-CATALYTIC SYSTEMS

Abstract: this paper considers the purification of gas emissions from organochlorine compounds, namely from 2,4-dichlorophenol, in combined plasma-catalytic systems. The initial stage of purification is the process of pollutant adsorption on the catalyst surface, followed by purification under the influence of DBD plasma. The obtained research results show the purification efficiency at a maximum of about 100%. The share of the yield of fi-

nal degradation products (CO₂) was 69-95%, which indicates a high efficiency of plasma-catalytic destruction. It was found that the plasma-catalytic method is approximately 20% more energy efficient than plasma treatment.

Keywords: volatile organic compounds, 2,4-dichlorophenol, plasma-chemical cleaning method, dielectric barrier discharge, catalyst.

В современном мире проблема очистки воздуха от токсичных соединений является весьма актуальной. Развитие производственной деятельности человека и растущая урбанизация ведут к усилению загрязнения окружающей среды химическими веществами. К таким веществам относятся летучие органические соединения (ЛОС), такие как альдегиды, кетоны, углеводороды, ароматические углеводороды, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ); неорганические соединения, такие как СО, NO_x, O₃ и тяжелые металлы. ЛОС вредны для здоровья населения и вносят свой вклад в изменение климата и озонового слоя нашей планеты [1, 2]. Наибольшую опасность представляют хлорированные летучие органические соединения (ХОС), так как они повсеместно распространены, обладают повышенной биологической активностью и оказывают негативное воздействие на живые организмы, попадая в них ингаляционным путем, даже в незначительных количествах.

Один из возможных путей борьбы с загрязнением атмосферы – это организация эффективной системы очистки промышленных выбросов. Выбор метода очистки производится на основе большого количества параметров, к которым в свою очередь относят начальную концентрацию загрязняющих соединений (она определяет необходимую степень очистки), расход газовой смеси, подаваемой на очистку, температуру газо-воздушной смеси, а также экономические и энергетические показатели.

К современным технологиям защиты окружающей среды относятся методы химии высоких энергий (ХВЭ), в частности методы низкотемпературной плазмы [3, 4]. Низкотемпературная плазма сочетает в себе физическое (тепловое и УФ-излучение, электронный удар) и химическое (активные окислительные частицы (АЧ)), и находит широкое распространение в системах очистки от ЛОС [5, 6]. Одним из возможных путей повышения эффективности процессов деструкции ЛОС, в частности ХОС, является комбинирование плазменных систем, таких как диэлектрический барьерный разряд (ДБР) и каталитических систем [7].

В качестве объекта исследования был выбран 2,4-дихлорфенол. 2,4-ДХФ – это бесцветное кристаллическое вещество с характерным запахом. Он представляет собой замещенный фенол, широко используемый при производстве промышленных и сельскохозяйственных продуктов. Токсичность 2,4-ДХФ, его способность к биоаккумуляции, устойчивость к разложению (связанная с наличием связи С-Сl), возможный канцерогенный эффект позволяют отнести данное вещество к числу приоритетных загрязнителей окружающей среды [8].

Для проведения экспериментов был выбран реактор ДБР, так он обладает рядом преимуществ по сравнению с другими реакторами, такими как способность работать при высоких уровнях мощности, сравнительно простое технологическое оформление и возможность достижения высокой эффективности очистки [9].

В качестве катализатора использовался термомодифицированный вермикулит, на поверхность которого был нанесен оксид циркония (содержание ZrO – 5 %). Катализатор помещался в разрядную зону реактора ДБР, после чего в систему подавалась модельная парогазовая смесь.

Таким образом, целью данной работы являлось исследование процессов деструкции парогазовых смесей, содержащих 2,4-дихлорфенол (2,4-ДХФ), в совмещённых плазменно-каталитических системах.

Все исследования проводились на лабораторной установке, представленной на рис. 1.

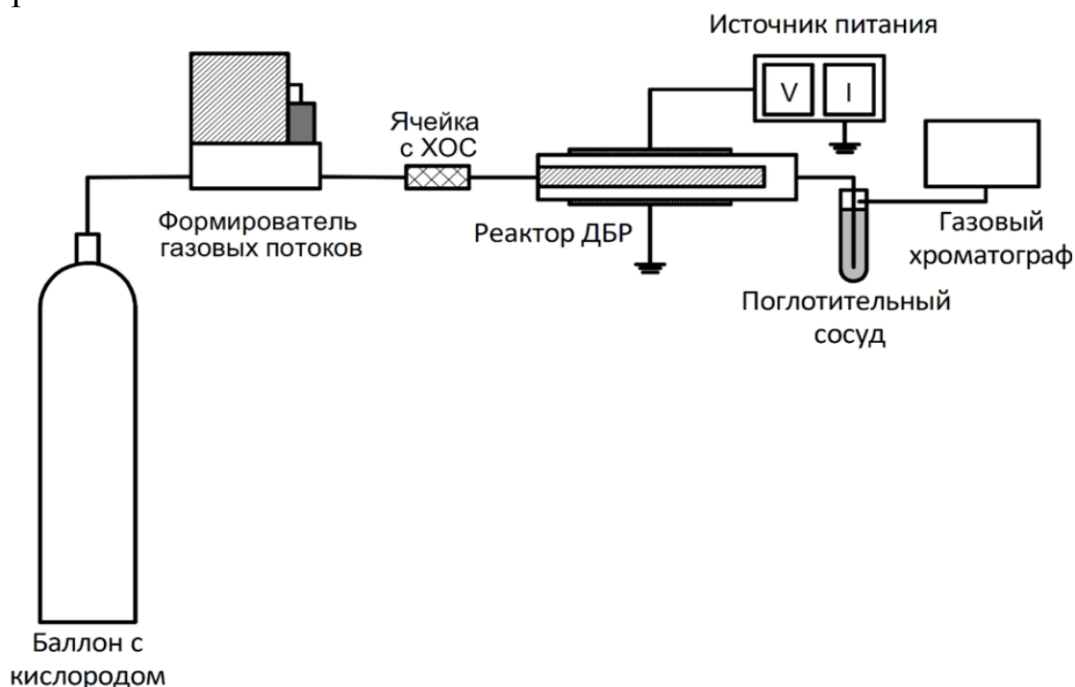


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Основным элементом установки являлся реактор ДБР с коаксиальным расположением электродов. Реактор ДБР представлял собой пирексную трубку с внутренним диаметром 22 мм, которая являлась диэлектрическим барьером для разряда. Снаружи трубка была покрыта алюминиевой фольгой, являющейся внешним электродом, определяющим длину реакционной зоны – 80 мм. Внутри трубки был помещен электрод диаметром 16 мм, выполненный из алюминия. Расстояние между электродами составляло 4 мм. Газ-носитель, в качестве которого использовался технический кислород (99,8 %), служил для возбуждения барьерного разряда, который проходя через емкость с 2,4-ДХФ формировал га-

зо-воздушную смесь с определенной концентрацией загрязнителя, которая поступала в разрядник. Начальную концентрацию 2,4-ДХФ создавалась путем разбавления подаваемого потока загрязнителя техническим кислородом перед подачей в реактор. Для возбуждения разряда использовался источник питания высокого напряжения, создающие ток с частотой 1000 Гц. Напряжение варьировалось в диапазоне 8-11 кВ. Разряд возбуждался после установления в разрядном устройстве стационарной концентрации ХОС (через ~10-15 мин). Контроль эффективности работы данного устройства осуществлялся по изменению концентрации 2,4-ДХФ на входе и выходе из реактора, т.е. до и после обработки методом газовой хроматографии, на хроматографе «Хроматек 5000.2», с использованием детектора электронного захвата (ДЭЗ).

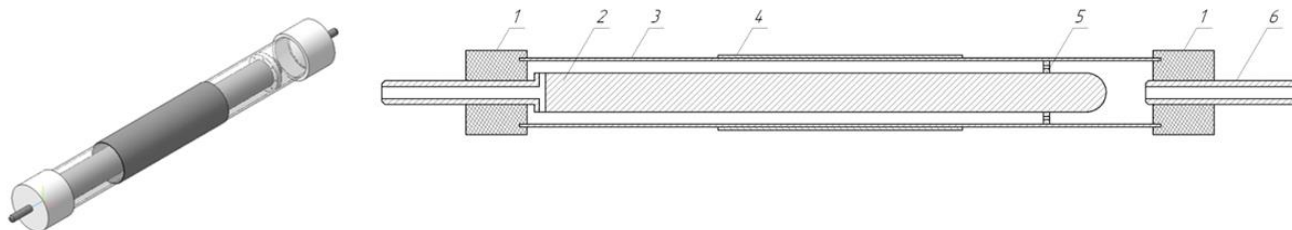


Рис. 2. Реактор с коаксиальным расположением электродов:

- 1 – фторопластовые втулки; 2 – внутренний электрод; 3 – стеклянная трубка; 4 – внешний электрод; 5 – удерживающие кольцо; 6 – выходной патрубок

Первоначальным этапом исследований являлась оценка сорбционных процессов на катализаторе, осуществленных с целью определения условий проведения экспериментов в плазменно-каталитической системе. На рис. 3 приведена кривая адсорбции 2,4-ДХФ на катализаторе в зависимости от времени контакта исследуемого вещества.

Математическое описание сорбции молекул 2,4-ДХФ, адсорбированных на поверхности катализатора, выражает зависимость изменения концентрации органического соединения в газе от его времени нахождения в реакторе.

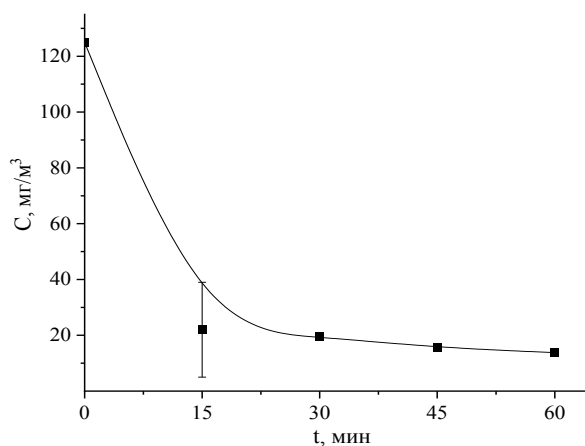


Рис. 3. Изменение концентрации 2,4-ДХФ в газовой смеси за счет сорбционных процессов на поверхности катализатора

За основу математической модели взяли основное кинетическое уравнение Вигнера-Поляни [10]:

$$-\frac{dC}{dt} = kC^n = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}C^n, \quad (1)$$

где C - поверхностная концентрация адсорбированных молекул, k - константа скорости сорбции, A - предэкспоненциальный множитель, определяющий характер изменения движения частиц при переходе из газовой фазы в адсорбированное состояние, E_a - энергия активации, R - универсальная газовая постоянная, T - термодинамическая температура, n - порядок процесса.

Температура в реакторе, куда поступает модельная газовая смесь, составляет 20 °С. Нормальное значение предэкспоненциального множителя A , для порядка реакции молекулярности $n=1$, равно 10^{13} с^{-1} [11]. Обработка кинетической кривой сорбции показала, что константа процесса составляет $0,0915 \text{ мин}^{-1}$, а характеристическое время сорбции – 10,9 мин.

Таким образом, энергия активации для рассматриваемого процесса составит около 70 кДж/моль, что характерно для хемосорбции. Можно предположить, что 2,4-ДХФ связывается с поверхностью катализатора из-за образования химических связей, например, водородной, которая является слабой, что в дальнейшем приведет к процессу десорбции органического соединения. Однако, так как время контакта парогазовых смесей с разрядной зоной плазмохимического реактора составляет не более 12 с, то связывание 2,4-ДХФ с поверхностью катализатора может привести к росту эффективности окислительной деструкции, как раз за счет увеличения времени нахождения исследуемого вещества в системе, что приведет к большему числу взаимодействий 2,4-ДХФ с активными компонентами плазмы.

На рис. 4 приведена зависимость эффективности деструкции 2,4-ДХФ в ДБР от его начальной концентрации в парогазовой смеси как в присутствии катализатора, так и без него.

В исследуемом диапазоне концентраций ХОС (от 0,02 до 1,0 г/м³) степень превращения 2,4-ДХФ в ДБР уменьшается с 95 до 60 %, то есть при изменении концентрации в 5 раз степень разложения снижается только в 1,3 раза, а наличие катализатора в системе приводит к снижению эффективности разложения лишь до 80 % (при максимальной степени разложения – 100 %).

Экспериментальные данные, описывающие кинетические закономерности деструкции 2,4-ДХФ в плазме ДБР, могут быть описаны кинетическим уравнением псевдопервого порядка (рис.5):

$$n_c = n_{in} \times \exp(-K \times t), \quad (2)$$

где n_{in} – начальная концентрация 2,4-ДХФ в ПГФ, мкмоль/л, K – константа скорости, с⁻¹, t – время обработки в ДБР, с.

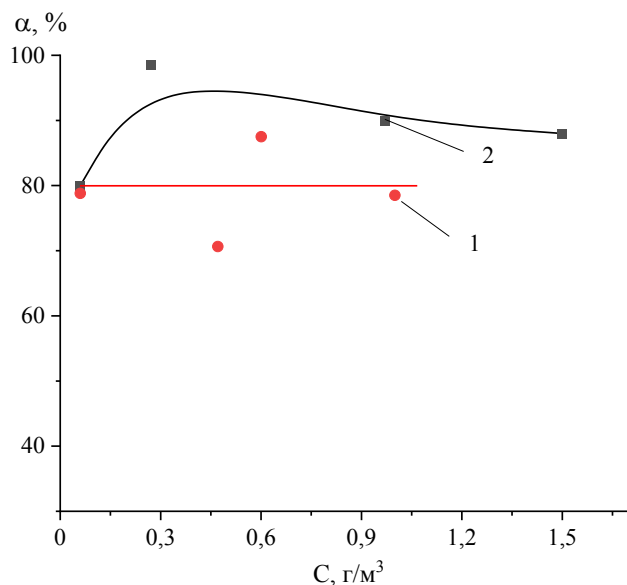


Рис. 4. Изменение эффективности деструкции 2,4-ДХФ в ДБР без катализатора (1) и с катализатором (2) в среде кислорода в зависимости от его начальной концентрации

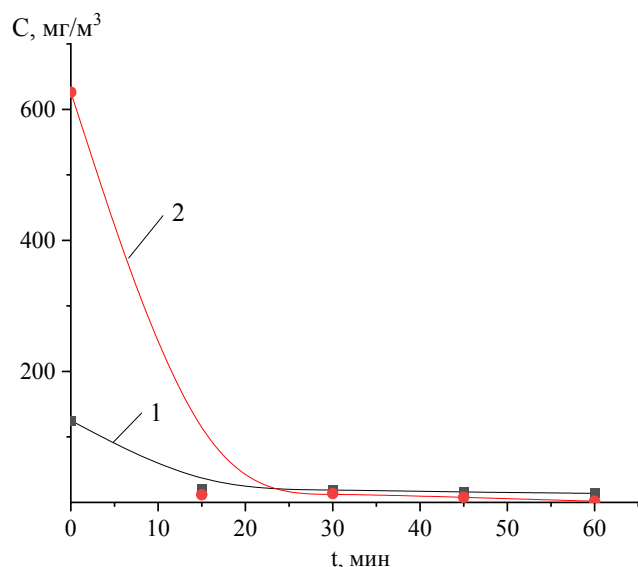


Рис. 5. Кинетика деструкции 2,4-ДХФ в сорбционном (1) и плазменно-каталитическом процессе (2)

Значение величин скоростей разложения 2,4-ДХФ (W_0) и энергетические затраты на деструкцию (Y) оценивались при времени контакта модельной газовой смеси с зоной плазмы $\tau_k \rightarrow 0$ по формулам:

$$W_0 = K \times C_0, \quad (3)$$

$$Y = \frac{W_0 \times \alpha \times e \times V}{P}, \quad (4)$$

где K – значение константы скорости, с^{-1} ; C_0 – начальная концентрация 2,4-ДХФ, $\text{молекул}/\text{см}^3$; α – эффективность разложения 2,4-ДХФ, %; V – объем разрядной зоны, см^3 ; P – мощность, вкладываемая в разряд, Вт; e – заряд электрона, Кл.

Эффективные константы скорости, скорости разложения и энергетические выходы разложения, рассчитанные на основе экспериментальных данных (рис. 5), приведены в табл.

Таблица. Скорости, эффективные константы скорости и энергетический выход разложения 2,4-ДХФ

Процесс очистки ПГФ от 2,4-ДХФ	Начальная концентрация, мг/м ³	Скорость разложения, г·м ⁻³ ·с ⁻¹	Эффективные константы скорости, мин ⁻¹	Энергопотребление при деструкции с эффективностью 90 %, кДж/л
Сорбция	125	0,011	0,09	-
ДБР	1650	15,84	9,60	14,5
Совмещенный плазменно-каталитический процесс	626	0,165	0,26	3,6

Доля выхода конечных продуктов деструкции (CO₂) составляла 69-95 %, что свидетельствует о высокой эффективности плазменно-каталитической деструкции.

Основным хлорсодержащим продуктом деструкции 2,4-ДХФ в совмещенных плазменно-каталитических процессах является Cl₂ - баланс по хлору соблюдается не менее чем на 60 %.

Для подтверждения снижения токсичности парогазовых смесей после обработки в совмещенных плазменно-каталитических системах нами были проведены исследования при помощи метода биотестирования. В качестве тест-организмов были выбраны *Daphnia Magna*. Полученные результаты методом биотестирования свидетельствуют о снижении токсичности, обработанных в реакторе ДБР с засыпным слоем катализатора, газовых смесей, содержащих 2,4-ДХФ по сравнению с исходными модельными пробами.

Выявлено, что плазменно-каталитический метод примерно на 20 % энергетически более эффективен по сравнению с плазменной обработкой. Таким образом, можно предположить, что плазмохимические процессы приводят к активации катализатора, что приводит к значительному улучшению эколого-экономических показателей процесса очистки парогазовых смесей, содержащих 2,4-ДХФ.

Из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что сочетание плазменных технологий с каталитическими процессами позволяет достигать высоких степеней очистки газовых выбросов, за счёт адсорбционных и каталитических свойств катализатора, а также воздействия на смеси плазмы ДБР.

В дальнейшем мы планируем изучить взаимодействие плазмы с другими катализаторами и провести эксперименты не только в среде кислорода, а так же в среде воздуха.

Работа выполнена в рамках государственного задания на выполнение НИР – тема № FZZW-2020-0010.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ojala, S.; Pitkääho, S.; Laitinen, T.; Koivikko, N.N.; Brahmí, R.; Gaálová, J.; Matejova, L.; Kucherov, A.; Päivärinta, S.; Hirschmann, C.; et al.* Catalysis in VOC abatement. *Top. Catal.* 2011, 54, 1224.
2. *Burn, J.; Henk, J.; Bloemen, T.* Chemistry and Analysis of Volatile Organic Compounds in the Environment; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 1993.
3. *Schiavon M., Torretta V., Casazza A., Ragazzi M.* Non-thermal plasma as an innovative option for the abatement of volatile organic compounds: a review // *Water, Air, & Soil Pollution.* – 2017. – Т. 228, № 10. – С. 1-20.
4. *Gomez E., Rani D. A., Cheeseman C., Deegan D., Wise M., Boccaccini A.* Thermal plasma technology for the treatment of wastes: a critical review // *Journal of hazardous materials.* – 2009. – Т. 161, № 2-3. – С. 614-626.
5. *Li S., Dang X., Yu X., Abbas G., Zhang Q., Cao L.* The application of dielectric barrier discharge non-thermal plasma in VOCs abatement: A review // *Chemical Engineering Journal.* – 2020. – Т. 388. – С. 124275.
6. *Gushchin A. A., Grinevich V. I., Izvekova T. V., Kvitkova E. Y., Tyukanova K. A., Rybkin V. V.* Decomposition of carbon tetrachloride under the action of a dielectric barrier discharge of atmospheric pressure in an oxygen atmosphere // *Chemosphere.* – 2021. – Т. 270. – С. 129392.
7. *Butman M. F., Gushchin A. A., Ovchinnikov N. L., Gusev G. I., Zinenko N. V., Karamysheva S. P., Krämer K. W.* Synergistic Effect of Dielectric Barrier Discharge Plasma and TiO₂-Pillared Montmorillonite on the Degradation of Rhodamine B in an Aqueous Solution // *Catalysts.* – 2020. – Т. 10, № 4. – С. 359.
8. *Olaniran A. O., Igbínosa E. O.* Chlorophenols and other related derivatives of environmental concern: properties, distribution and microbial degradation processes// *Chemosphere.* – 2011. – Vol. 83. – №. 10. – P. 1297–1306.
9. *Mustafa M. F., Xindi Fu, Yanjun Liu, Yawar Abbas, Hongtao Wang, Wenjing Lu* Volatile organic compounds (VOCs) removal in non-thermal plasma double dielectric barrier discharge reactor // *Journal of hazardous materials.* – 2018. – Vol. 347. – P. 317–324
10. *Попова Н. М., Бабенкова Л. В., Савельева Г. А. и др.* О современном методе термодесорбции и его использовании в адсорбции и катализе. – Алма-Ата: Наука, 1985 – 85 с.
11. *Воронцов А. В., Окунев А. Г.* Основные понятия и формулы химической кинетики: Методическое пособие. – Новосибирский государственный университет, 2009 – 118 с.

УДК 548.736.372

Н. В. Филатова, Н. Ф. Косенко, И. И. Зонина

ФГБОУ ВО «Ивановский химико-технологический университет»

ДЕГИДРАТАЦИЯ ОСАЖДЕННОГО АММИАКОМ БАЙЕРИТА

Аннотация: получен гидроксид алюминия в виде байерита осаждением аммиаком. рН осаждения определен методом потенциометрического титрования. На основании данных термического, рентгенофазового и ИК-спектрального анализа установлена последовательность превращений байерита в интервале температур до 800 °С. По данным адсорбции-десорбции азота для образующихся бемита и γ - Al_2O_3 определена удельная поверхность, объем и средний размер пор.

Ключевые слова: байерит, бемит, γ - Al_2O_3 , осаждение, термолиз, дифрактограммы, термический анализ, удельная поверхность, пористость.

*N. V. Filatova, N. F. Kosenko, I. I. Zonina***DEHYDRATION OF BAYERITE PRECIPITATED BY AMMONIA**

Abstract: aluminum hydroxide in the form of bayerite by precipitation with ammonia was obtained. The precipitation pH was found by the potentiometric titration. Based on the data of thermal, X-ray diffraction and IR-analysis it was identified the sequence of bayerite transitions up to 800 °C. The study of nitrogen adsorption-desorption allowed to determine a specific surface, a volume, and dimensions of pores for boehmite and γ - Al_2O_3 .

Key words: bayerite, boehmite, γ - Al_2O_3 , precipitation, thermolysis, diffractograms, thermal analysis, specific surface, porosity.

Оксидные соединения алюминия имеют огромное практическое значение. Их применяют в керамике, огнеупорах, в каталитических и фотокаталитических процессах, в электронике и др. Как следствие, материалам на основе оксидов и гидроксидов алюминия посвящено большое число статей. В последние годы существенно возросла роль наноматериалов, в том числе наноразмерных порошков оксида алюминия, получаемого преимущественно термолизом гидроксидов [1, 6, 7]. Гиббсит и байерит – наиболее важные гидроксиды алюминия. Дегидратация гиббсита тщательно изучена [2, 4, 5, 8-10], тогда как байериту уделено значительно меньшее внимание [3].

Целью настоящей работы было изучение дегидратации байерита $\text{Al}(\text{OH})_3$, полученного осаждением аммиаком, а также характеристика бемита AlOOH и γ - Al_2O_3 , образующихся при термолизе.

В работе был использован 0,25 М раствор нитрата алюминия, приготовленный из кристаллогидрата $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$. Осаждение осуществляли 6 М раствором гидроксида аммония при непрерывном перемешивании в течение 1,5 ч до достижения pH 9,1–9,3. Осадок отфильтровывали, промывали, сушили при 100–105 °С и растирали в ступке.

Термолиз изучали в условиях нагревания в воздушной атмосфере муфельной печи со скоростью 10 °С/мин. Дифрактограммы получали, используя прибор DRON-6 с медным анодом. Термический анализ выполняли на компьютерно-контролируемом приборе TGA/SDTA851°/LF/1600. ИК-спектры проб снимали на спектрометре Avatar 360-FT-IR (Nicolet). Измерения адсорбции-десорбции азота прокаленными пробами осуществляли на анализаторе SorbiMS. Величины удельной поверхности рассчитывали методом BET, а распределение пор по размерам – методом ВЖН.

Скачки потенциала (pH) при осаждении гидроксида $\text{Al}(\text{OH})_3$ аммиаком из раствора нитрата алюминия, соответствующие началу и окончанию полного осаждения, составили 3,62 и 9,06, соответственно. Осадок гидроксида представлял собой байерит, что было подтверждено рентгенофазовым анализом. Все основные пики соответствовали байериту (JCPDS No 21-1307). Пики для гиббсита (JCPDS No 21-1307) и бемита (JCPDS No 76-1871) были незначительными.

Термолиз байерита является сложным и протекает в несколько стадий (рис. 1).

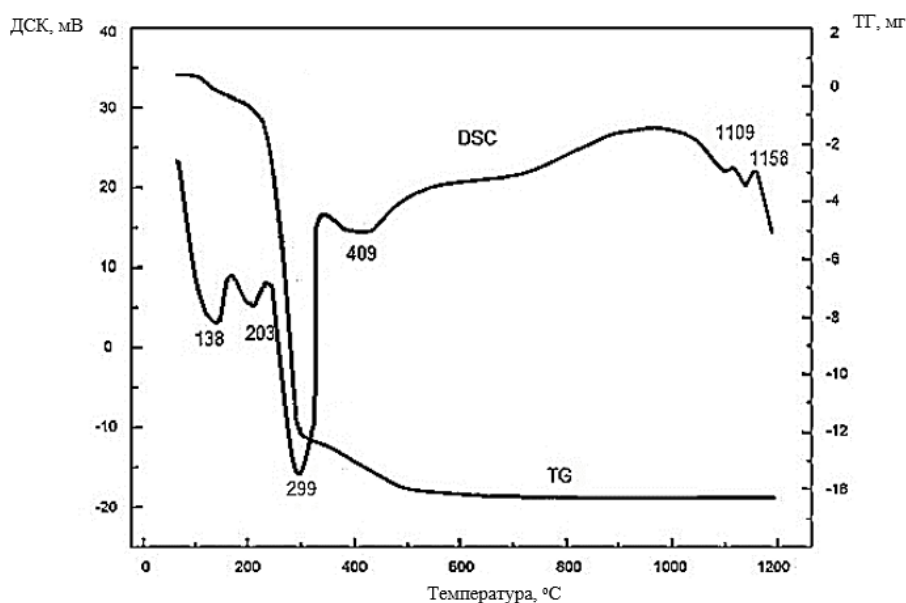


Рис. 1. Термограммы для байерита

Эндотермические пики при 138 и 203 °С на кривой ДСК относятся к удалению физической и межслоевой воды, находящейся в небольшом количестве. Резкая потеря массы (~23,5 %) и интенсивный эндотермический пик наблюдались при

~300 °С. Они соответствовали частичной дегидратации $\text{Al}(\text{OH})_3$ до моногидрата в виде бемита $\gamma\text{-AlOOH}$. Затем следовало растянутое удаление воды с образованием $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ из бемита (потеря массы 14,8 %). Все последующие изменения протекали без изменения массы, поэтому плавное тепловыделение в области 500–1000 °С и экзотермические пики при 1109 и 1158 °С были отнесены к полиморфным превращениям оксида алюминия вплоть до $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (возможно, через δ - и θ -фазы). Примерное молярное содержание воды было рассчитано равным: 0,89 (300 °С), 0,19 (450 °С) и 0,07 (600 °С). Экзопик, появившийся в самом конце кривой ДСК (1158 °С) соответствовал переходу в $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$.

Полученный байерит обрабатывали при разных температурах. Дифрактограммы показали, что до 250 °С продукт существовал в аморфном виде. При 300 °С наблюдались отчетливые рефлексы (рис. 2), соответствующие бемиту, которые при дальнейшем нагревании (до 400 °С) уменьшались с последующим появлением пиков для $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, что указывало на термолиз бемита.

ИК-спектры показаны на рис. 3. ИК-спектр бемита имел характерные полосы для продольных колебаний $\nu_s(\text{Al})\text{O}-\text{H}$ и $\nu_{as}(\text{Al})\text{O}-\text{H}$ или $\text{O}-\text{H}$ колебаний с двумя максимумами при 3380 и ~3050 cm^{-1} . Сильное уширение полосы происходило благодаря водородным связям между гидроксогруппами в бемите. Это подтверждено наличием полосы при 1640–1650 cm^{-1} , происходящей от изгибающе-ножничных колебаний, типичных для молекул воды. Для бемита характерна большая интенсивность полос в области от 1050 до 1640 cm^{-1} . Пропускание в спектре $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ в этом диапазоне является очень слабым. Полосы ~1160 cm^{-1} (плечо) и 1050 cm^{-1} соответствовали плоским изгибающе-ножничным колебаниям OH в $\text{Al}-\text{O}-\text{H}$. Вторая полоса при 1050 cm^{-1} относилась к бемиту.

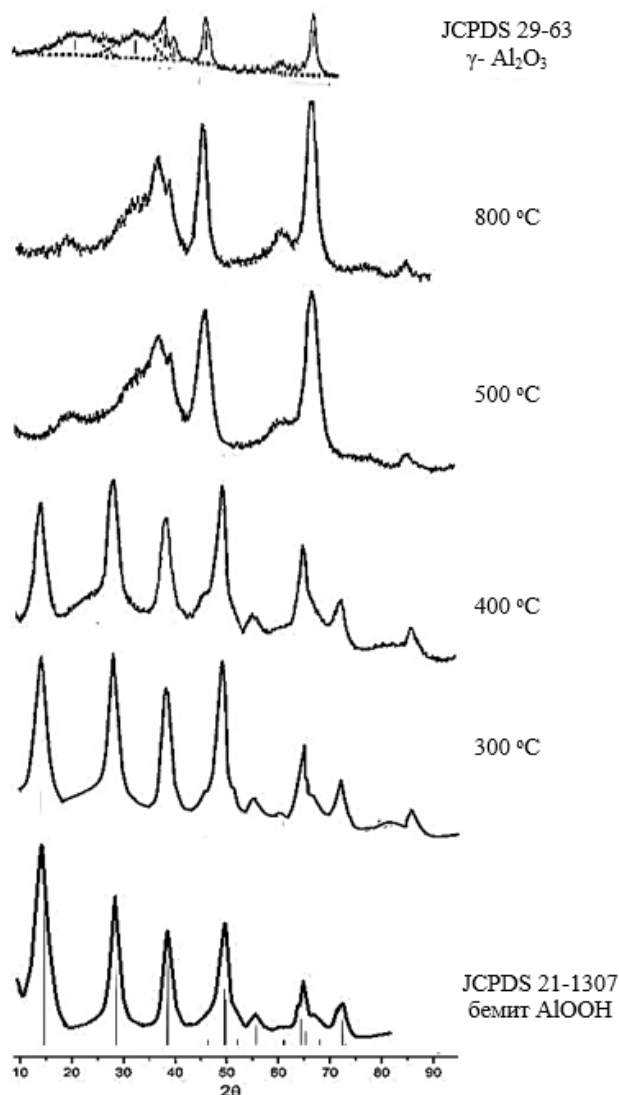


Рис. 2. Дифрактограммы байерита, обработанного при различных температурах

Дегидроксилирование бемита сопровождалось уменьшением деформационных мод гидроксила. Область $1000\text{--}400\text{ см}^{-1}$ соответствовала колебаниям Al-O для $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. Полосы при 668, 555 и 461 см^{-1} могут быть приписаны продольным и изгибающе-ножничным колебаниям в октаэдрических группах алюминия AlO_6 , тогда как полоса 998 см^{-1} относилась к продольным колебаниям алюминия в тетраэдрической координации AlO_4 .

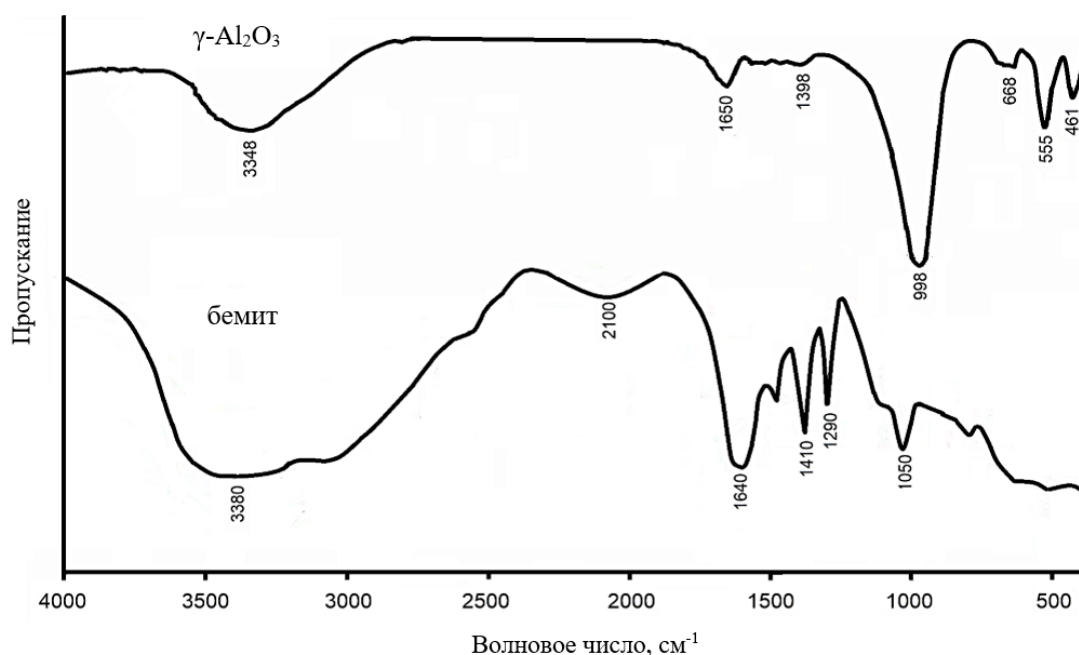


Рис. 3. ИК-спектры байерита, обожженного при $300\text{ }^\circ\text{C}$ (бемит) и $800\text{ }^\circ\text{C}$ ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$)

Для определения характеристик пор (диаметр, объем, распределение пор по размерам) была измерена адсорбция и десорбция азота. Рис. 4, а показал, что для образцов бемита и $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ характерны изотермы IV типа с петлей гистерезиса N_2 согласно классификации IUPAC с подъемом капиллярной конденсации при $p/p_0 = 0,4\text{--}0,5$. Это указывает на мезопористый характер обоих материалов с наличием пор цилиндрического типа. Выгнутые начальные участки кривых свидетельствуют о сильном взаимодействии адсорбата с адсорбентом.

Размеры пор иллюстрирует рис. 4, б. Полученные пики характерны для сравнительно монодисперсных порошков с узким распределением пор по размерам. Поры имеют преимущественный размер 2–5 нм. Средний размер пор для бемита и $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ составили 1,7 и 3,8 нм, соответственно. Удельная поверхность по BET определена равной: 135 ± 2 и $238\pm 10\text{ м}^2/\text{г}$. Объем пор составил примерно 0,38 and $0,51\text{ см}^3/\text{г}$, соответственно.

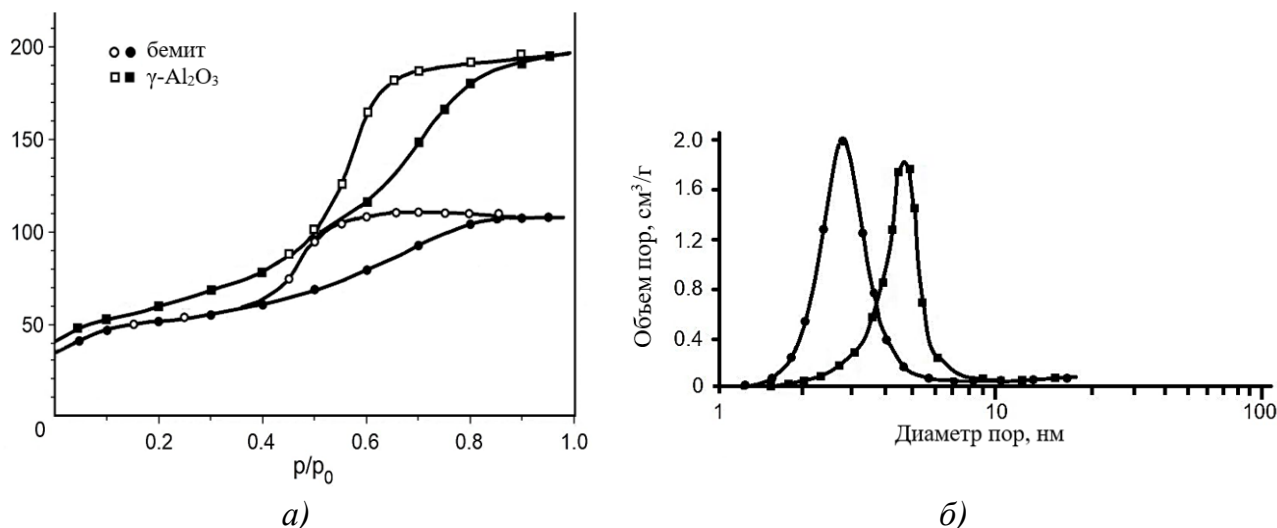


Рис. 4. Изотермы адсорбции-десорбции азота (а) и распределение пор по размерам (б) для образцов бемита и $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$

Исследование проведено с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ (при поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-15-2021-671)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Behera P. S., Bhattacharyya S.* Thermal decomposition, phase evolution and morphology study of combustion synthesized alumina powder – Influence of precursor pH. *Materials Chemistry and Physics* 2021. Vol. 259, 124030. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2020.124030>
2. *Carstens S., Meyer R., Enke D.* Towards Macroporous $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ —Routes, Possibilities and Limitations. *Materials* 2020. Vol. 13(7), 1778. <http://dx.doi.org/10.3390/ma13071787>
3. *Du X., Su X., Wang Y., Li J.* Thermal decomposition of grinding activated bayerite. *Materials Research Bulletin* 2009. Vol.44(3), P. 660–665. <http://dx.doi.org/10.1016/j.materresbull.2008.06.031>
4. *Malki A., Mekhalif Z., Detriche S., Fonder G., Boumaza A., Djelloul A.* Calcination products of gibbsite studied by X-ray diffraction, XPS and solid-state NMR. *Journal of Solid State Chemistry* 2014. Vol. 215, P.8-15. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jssc.2014.03.019>
5. *Perić J., Krstulović R., Vućak M.* Investigation of dehydroxylation of gibbsite into boehmite by DSC analysis. *Journal of Thermal Analysis* 1996. Vol. 46, P. 1339–1347. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01979247>
6. *Rahmati M., Mozafari M.* Biocompatibility of alumina-based biomaterials – A review // *J. Cellular Physiology*, 2018, 234 (24), DOI: 10.1002/jcp.27292.

7. Singh A. K., Sarkar R. High alumina castables: effect of alumina sols and distribution coefficients. *Transactions - Indian Ceramic Society* 2016. Vol 74(4), P. 225-231.

8. Van Gog H. First-principles study of dehydration interfaces between diasporite and corundum, gibbsite and boehmite, and boehmite and γ -Al₂O₃: Energetic stability, interface charge effects, and dehydration defects. *Applied Surface Science* 2021. Vol. 541, 148501. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2020.148501>

9. Wang X., Liu G., Qi T., Huang W., Li X., Zhou Q., Peng Zh. Quantitative relationship between the density and structural unit of alpha alumina prepared from gibbsite and boehmite. *Ceramics International* 2021. Vol. 47(8), P. 14464-14474. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2021.02.025>

10. Zhu B., Fang B., Li X. Dehydration reactions and kinetic parameters of gibbsite. *Ceramics International* 2010. Vol. 36(8), P. 2493–2498. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ceramint.2010.07.007>

УДК 544.723:546.302:547.458.5

В. А. Фуфаева, Т. Е. Никифорова

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

АДСОРБЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ НА КОМПОЗИЦИОННОМ ГИДРОГЕЛЕВОМ БИОСОРБЕНТЕ

Аннотация: в данной статье проанализированы закономерности адсорбции тяжелых металлов из водных растворов на гидрогелевом хитозановом биосорбенте. Представлены экспериментальные изотермы адсорбции ионов меди(II), кадмия(II) и хрома(III) из водных растворов различной концентрации. Оценены главные адсорбционные характеристики и степень эффективности биосорбента.

Ключевые слова: хитозан, тяжелые металлы, сорбция, композитный сорбент, степень эффективности, сорбционная емкость, биосорбция.

V. A. Fufaeva, T. E. Nikiforova

ADSORPTION OF HEAVY METALS FROM AQUEOUS SOLUTIONS ONTO COMPOSITE HYDROGEL BIOSORBENT

Abstract: this article exhibited the adsorption behavior of heavy metal removal from aqueous solutions on the hydrogel chitosan biosorbent. Experimental adsorption isotherms of copper(II), cadmium(II), and chromium(III) ions from aqueous solutions of various concentrations are presented. The main adsorption characteristics and the efficiency of the biosorbent were evaluated.

Key words: chitosan, heavy metals, sorption, composite sorbent, removal efficiency, sorption capacity, biosorption.

Введение

Критичность проблемы распространения тяжелых металлов с водными потоками, обуславливает необходимость разработки эффективных технологических мероприятий по снижению их концентрации. Для извлечения тяжелых металлов из водных сред используются различные «классические» методы. Среди них: химическое осаждение, флотация и коагуляция, ионный обмен, мембранные и электрохимические технологии, адсорбция. Также набирают популярность частные случаи адсорбции и ее ответвления, являющиеся «неклассическими», передовыми методами очистки, такие как биосорбция и адсорбция на функциональных и гибридных материалах [4].

Адсорбция и адсорбционные методы являются наилучшими для очистки воды от широкого спектра загрязнителей, включая тяжелые металлы. Среди преимуществ можно выделить высокую производительность и эффективность удаления, относительно низкое энергопотребление и щадящие технические требования к эксплуатации, а также возможность избежания значительного вторичного загрязнения [1]. Частные случаи сорбционной водоочистки, например, биосорбция, выделяются многими авторами как новейшие и перспективные методы очистки сточных вод. В последние годы биосорбция признается эффективной и экологически чистой альтернативной удалению тяжелых металлов из сточных вод, образующихся в различных отраслях промышленности (нефтепереработка, гальваника, тонкий органический синтез и т.п.). Основным преимуществом биосорбции является использование недорогих и в то же время эффективных биосорбентов. Относительно новыми сорбентами, отвечающими данному критерию, являются композиционные сорбенты на основе хитозана [2]. Введение в матрицу хитозана различных модифицирующих компонентов посредством сшивки или объемного наполнения приводит к количественному улучшению сорбционных характеристик (по сравнению с нативным хитозаном и хитином), а также вносит корректировки в природу адсорбционных сил и естественных причин взаимодействия адсорбата с поверхностью сорбента. То есть необходимо систематизировать зависимость сорбционных характеристик с совокупностью качественно-количественного состава и физико-химических свойств биоадсорбентов на основе хитозана для установления закономерностей, механизмов и движущих сил процесса адсорбции относительно конкретного материала с индивидуальным составом [3].

Цель работы – установление и изучение природы движущей силы адсорбции тяжелых металлов из водных растворов на композиционном гидрогелевом сорбенте, полученном методом объемного наполнения гидрогеля сшитого хитозана пирогенным диоксидом кремния и обработанном при низких температурах ($T < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Основная часть

В данной работе, объектом исследования являлся гидрогелевый композиционный сорбент на основе хитозана и пирогенного диоксида кремния (CS/SiO₂). Композит получали в три этапа: приготовление гидрогеля сшитого

хитозана [3], введение в гидрогель несuspendированного диоксида кремния при соблюдении массового соотношения хитозан:SiO₂ = 1:2.5, формирование гидрогелевых гранул в 1 М NaOH [3], выдерживание полученного биоадсорбента при T < 0 °С в течение 2 часов. Адсорбцию тяжелых металлов (ионов меди(II), кадмия(II) и хрома(III)) проводили из водных растворов сульфатов этих металлов различной концентрации в статических условиях [5], модуль раствор/сорбент равен 200. Расчет адсорбционных характеристик проводили на основании данных изменения концентрации тяжелых металлов в растворе до и после сорбции, которую фиксировали с помощью атомно-абсорбционного спектрометра 210 VGP.

Микрофотографии гидрогелевого композита CS/SiO₂ получены методом сканирующей электронной микроскопии с помощью VEGA Tescan 3 SBH и представлены на рис. 1.

Обработка композита в условиях низких температур (T < 0 °С) приводит к образованию «каналов» в твердой фазе. В свою очередь, это облегчает доступ сорбата к адсорбционным центрам, распределенным в объеме гранул. Использование в качестве наполнителя пирогенного диоксида кремния, видимо, увеличивает удельную поверхность и снижает расход хитозана, используемого в целевом процессе адсорбции.

Композиционный гидрогелевый сорбент на основе хитозана и пирогенного диоксида кремния был протестирован в условиях статической адсорбции ионов меди(II), кадмия(II) и хрома(III) из водных растворов при температуре 298 К в диапазоне концентраций 5 · 10⁻³ – 0.1 моль/л (рис. 2).

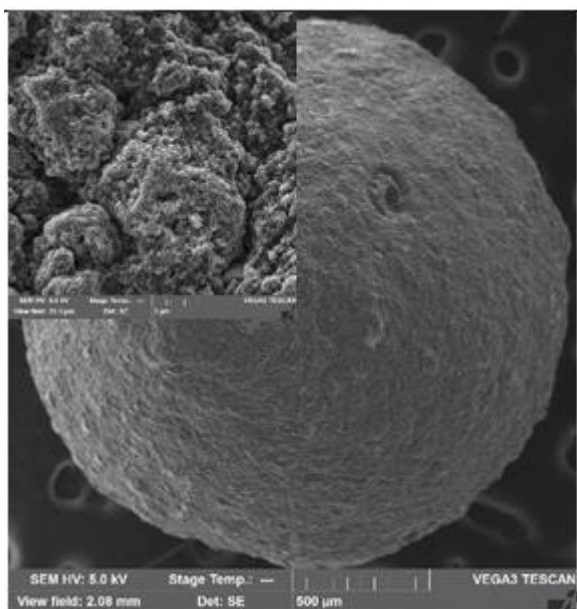


Рис. 1. Микрофотография поверхности гидрогелевого биоадсорбента CS/SiO₂

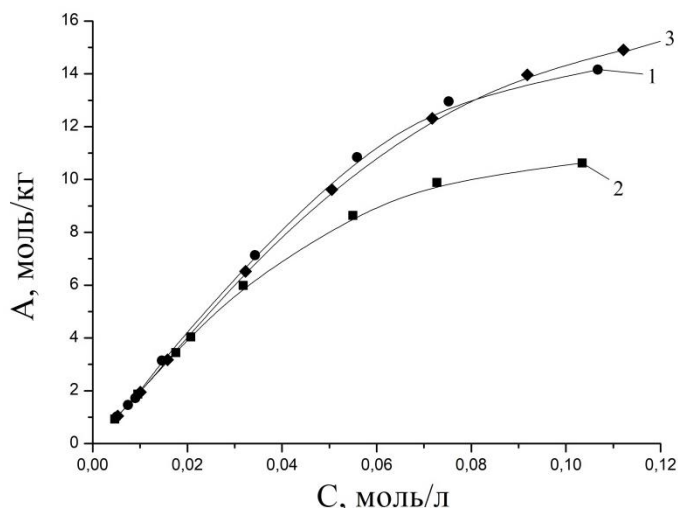


Рис. 2. Экспериментальные изотермы адсорбции ионов 1 - Cu(II), 2 - Cd(II), 3 - Cr(III). T = 298 К, pH_{нач} = 5.3

Величины предельной адсорбции (A), полученные в ходе эксперимента, по ионам Cu(II) , Cd(II) и Cr(III) , составляют 14.1, 12.2 и 15 моль/кг соответственно. Обработку экспериментальных изотерм адсорбции тяжелых металлов проводили в линейных координатах изотерм Лэнгмюра, Фрейндлиха и ТОЗМ [6]. Рассчитанные адсорбционные характеристики сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Константы процесса адсорбции ионов Cu(II) .
 R^2 – коэффициент корреляции

Образец	ΔG_a , кДж/моль	θ	A , моль/кг	Лэнгмюр			Фрейндлих			ТОЗМ		
				A_m , моль/кг	K_L , л/моль	R^2	n	K_F , (мг/г)/(л/мг) ^{1/n}	R^2	A_m , моль/кг	E , кДж/моль	R^2
Cu (II)	-16.48	0.95	14.1	14.8	795.2	0.87	2.17	1.48	0.99	9.67	6.37	0.98
Cd (II)	-15.69	0.87	10.6	12.2	561.8	0.85	3.54	1.27	0.99	6.79	5.75	0.97
Cr (III)	-16.7	0.96	15.0	15.5	815.2	0.86	2.08	1.51	0.99	9.59	7.2	0.98

Как показано в таблице 1, рассчитанные по Лэнгмюру величины предельной адсорбции тяжелых металлов (A_m) CS/SiO_2 значительно превышают таковые для некоммерческих аналогов, приведенных в литературе [2]. Значения характеристической энергии адсорбции (E), полученные в линейных координатах ТОЗМ, могут указывать на физическую природу адсорбционных сил, то есть имеют место дисперсионные взаимодействия, хорошо описываемые константой Фрейндлиха (K_F), по физическому смыслу являющейся константой неоднородности системы. Отследить аффинность тяжелых металлов к поверхности сорбента можно с помощью константы Фрейндлиха, K_F . Константа Фрейндлиха хорошо согласуется с константой распределения сорбата в растворе электролита, поскольку она по физическому смыслу является константой неоднородности системы [6]. Зависимость адсорбционного процесса от K_F является прямой, исходя из оснований теорий о растворимости (следует отметить, что растворимость сульфатов меди кадмия и хрома, при равных условиях, убывает в ряду: CdSO_4 CuSO_4 $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$) и распределении адсорбата, то есть, чем выше K_F , тем менее однородная система, тем легче она поддается разделению (в данном случае разделение водных растворов и ионов тяжелых металлов). В совокупности с константой Фрейндлиха, маркером эффективности адсорбции является степенной показатель $1/n$, представленный в линейных координатах изотермы Фрейндлиха [5, 6] как коэффициент пропорциональности, связанный с логарифмом сорбционной емкости. По физическому смыслу $1/n$ является показателем интенсивности процесса адсорбции в неравновесной высоконеоднородной системе. Особенно актуальны данные величины в растворах электролитов с концентрациями ионов, приближающихся к максимально возможным для конкретного вещества. Следуя предположению относительно роли константы

неоднородности Фрейндлиха (таблица 1) в описании зависимости адсорбционной емкости (предельной адсорбции) от природы адсорбата, адсорбционная способность ионов убывает в ряду Cr(III)>Cu(II)>Zn(II)>Cd(II) в согласии с величинами констант неоднородности при постоянном одинаковом анионном окружении. Тем не менее, процесс извлечения тяжелых металлов является термодинамически самопроизвольным ($\Delta G_a < 0$), а максимальная степень заполнения (θ) достигает 0.96.

Выводы и перспективы исследования

Получен гидрогелевый композиционный биоадсорбент на основе хитозана и пирогенного диоксида кремния для для эффективной очистки водных растворов от тяжелых металлов различной валентности. Описана природа движущей силы адсорбции тяжелых металлов на композиционном хитозановом сорбенте с высоким массовым содержанием пирогенного диоксида кремния. Главным результатом сочетания обработки композита при низких температурах и жидкофазной сшивки хитозана при получении композита CS/SiO₂ является увеличение его сорбционной емкости по ионам меди, кадмия и хрома, в среднем, в 2.98 раза, по сравнению с гидрогелевыми гранулами хитозана, и в 10 раз, по сравнению с необработанным порошком хитозана [1, 2]. Таким образом, полученный композиционный сорбент на основе хитозана и пирогенного диоксида кремния является перспективным сорбционным материалом для извлечения d-металлов из сточных вод различной природы, например, переработки углеводородов и гальваники, и может быть использован для глубокой доочистки указанных отходов.

В дальнейшем будет рассмотрено влияние различных физико-химических параметров очищаемых водных растворов на эффективность извлечения тяжелых металлов композиционным гидрогелевым биосорбентом CS/SiO₂. В числе факторов водных сред, влияющих на полноту их очистки от тяжелых металлов: pH, присутствие фонового электролита и конкурентных ионов, природа анионного окружения, присутствие органических примесей, температура. Будет оценена возможность многократного использования полученного биоадсорбента путем регенерации.

Работа выполнена в рамках государственного задания на выполнение НИР (Тема № FZZW-2020-0010).

Исследование проведено с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ (при поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-15-2021-671).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Arora R. Adsorption of Heavy Metals—A Review // Materials Today: Proceedings. 2019. V. 18. P. 4745–4750.

2. *Chakraborty R.* Adsorption of heavy metal ions by various low-cost adsorbents: a review // *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 2022. V. 102. N 2. P. 342-379.

3. *Fufaeva V. A.* Preparation of ZIF/Chitosan Composite beads for highly efficient removal of Copper(II) / V.A. Fufaeva, T.E. Nikiforova // *International Journal of Advanced Studies in Medicine and Biomedical Sciences*. 2020. N 2. P. 3-6.

4. *Zamora-Ledezma C.* Heavy metal water pollution: A fresh look about hazards, novel and conventional remediation methods // *Environmental Technology & Innovation*. 2021. V. 22. P. 101504.

5. *Филиппов Д. В.* Сорбция ионов тяжелых металлов из водных растворов мезоопористым 2-этилимидазолом никеля // *Журнал неорганической химии*. 2022. Т. 67. С. 397-402.

6. *Фуфаева В.А.* Высокоэффективное извлечение ионов меди (II) из водных растворов с использованием 2-этилимидазола никеля // *Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология*. 2021. Т. 64. №. 5. С. 24-29.

УДК: 53.087

И. В. Холодков, Н. В. Холодкова, И. А. Чесноков

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ БЕСКОНТАКТНЫМ МЕТОДОМ

Аннотация: в статье рассмотрены общие вопросы регистрации инфракрасного излучения испускаемого с поверхности твердого тела и применимости данного явления для измерения температуры. Отмечается, что точность измерений зависит от излучательной способности поверхности. Рассмотрены основные конструктивные особенности бесконтактных инфракрасных термометров. Показано влияние параметров и характеристик элементов входной оптической системы на результаты измерений температуры датчиком MLX90614.

Ключевые слова: температура, датчик, инфракрасное излучение, спектр поглощения.

I. V. Kholodkov, N. V. Kholodkova, I. A. Chesnokov

BASIC ASPECTS OF SURFACE TEMPERATURE CONTROL BY NON-CONTACT METHOD

Abstract: the article deals with general issues of registration of infrared radiation emitted from the surface of a solid and the applicability of this phenomenon for temperature measurement. It is noted that the accuracy of measurements depends on the emissivity of the surface. The main design features of contactless infrared thermometers are considered.

The influence of the parameters and characteristics of the elements of the input optical system on the results of temperature measurements by the MLX90614 sensor is shown.

Keywords: temperature, sensor, infrared radiation, absorption spectrum.

Каждое тело с температурой выше абсолютного нуля ($-273,15\text{ }^{\circ}\text{C} = 0\text{ K}$) испускает электромагнитное излучение со своей поверхности, которое пропорционально его внутренней температуре. Частью этого так называемого внутреннего излучения является инфракрасное излучение, которое может быть использовано для бесконтактного измерения температуры тела (рис. 1).

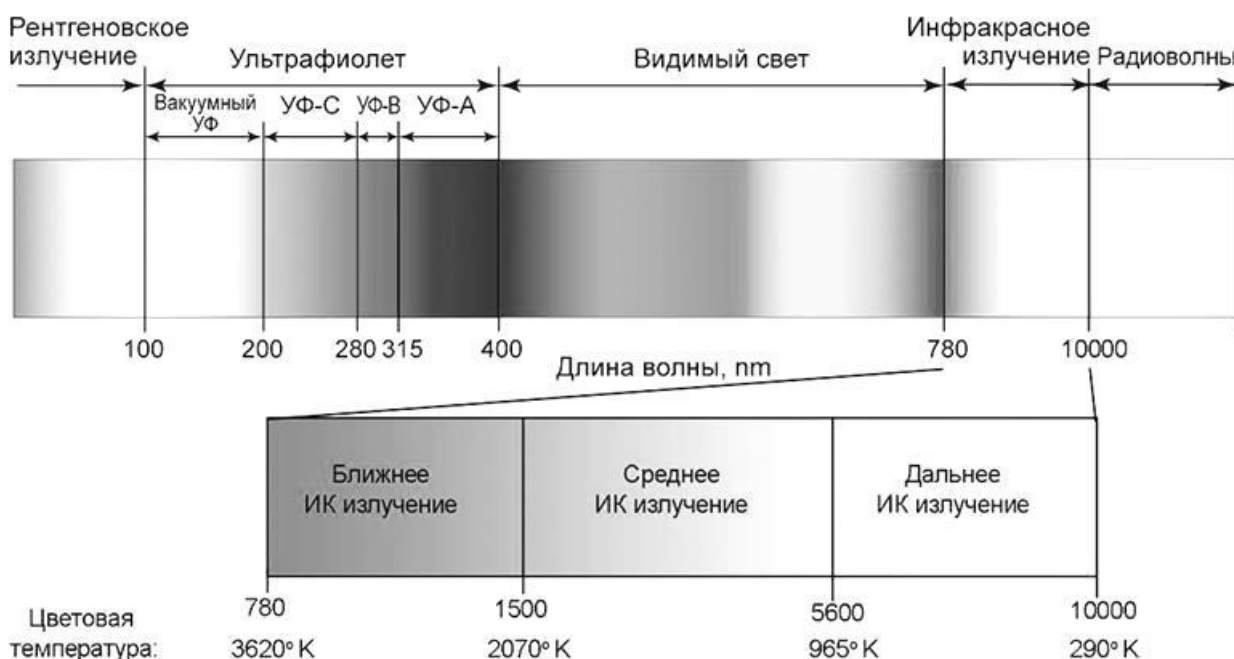


Рис. 1. Спектр электромагнитного излучения

Преимущества бесконтактного измерения температуры очевидны [1]:

- возможность измерения температуры движущихся или перегретых объектов и объектов, находящихся во взрывоопасной среде;
- очень быстрая реакция на изменение температуры и малое время экспозиции;
- отсутствие механического воздействия на поверхность объекта.

Теоретически излучательная способность зависит от материала, состояния его поверхности, температуры, длины волны, угла измерения. Многие объекты, состоящие из неметаллического материала, демонстрируют высокую и относительно постоянную излучательную способность, независимо от состояния их поверхности, по крайней мере, в длинноволновых спектральных диапазонах. В тоже время металлические материалы обладают низкой излучательной

способностью, которая сильно зависит от состояния поверхности и падает при более высоких длинах волн. Таким образом, для измерения температуры тела следует выбирать длину волны, соответствующую максимальной излучательной способности. Для металлов оптимальная длина волны при высоких температурах составляет от 0,8 до 1,0 мкм, что находится на границе видимой области. Кроме того, используются длины волн 1,6 мкм, 2,2 мкм и 3,9 мкм. Особенностью пластмасс является прозрачность для излучения отдельных длин волн. Наиболее точные измерения могут быть проведены с длинами волн, где коэффициент пропускания практически равен нулю. Если проводить измерения, работающим в области прозрачности материала, то будет измерена температура не поверхности, а объектов, находящихся за ней. Для полиэтилена, полипропилена, нейлона и полистирола оптимальной длиной волны является 3,43 мкм; полиэстер, полиуретан, PTFE, FEP и полиамид обладают наибольшей поглощающей способностью при 7,9 мкм. При измерении температуры стеклообразных предметов следует также учитывать возможность отражения ИК излучения других объектов и соответствующего искажения результатов.

Базовая схема строения бесконтактного инфракрасного термометра приведена на рис. 2.

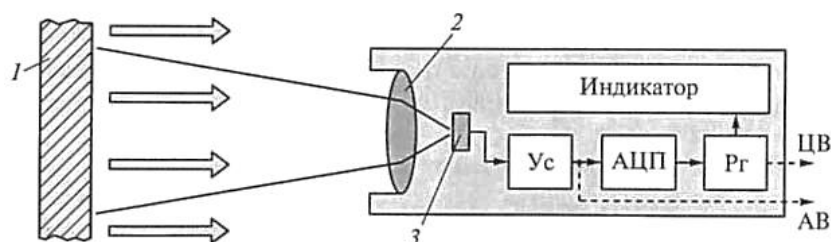


Рис. 2. Схема бесконтактного ИК термометра: 1 – излучающая поверхность, 2 – входная линза, 3 – ИК детектор

Регистрируемое ИК излучение собирается входной линзой и фокусируется на поверхности детектора. Далее сигнал с датчика поступает в блок усиления (Ус), после чего может быть передан во внешние цепи в аналоговой форме (АВ) или преобразован в цифровой вид в блоке аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и помещен в буферный регистр хранения (Рг) для последующей передачи в цифровом виде (ЦВ) или вывода на встроенный индикатор.

Определение температуры объекта измерения выполняется в три основных этапа:

- преобразование детектором принятого инфракрасного излучения в электрический сигнал;
- компенсация фонового излучения от устройства и объекта;
- цифровая обработка сигнала вывод информации о температуре.

Благодаря встроенной цифровой обработке измерений большинство используемых в настоящее время инфракрасных датчиков и термометров оснащены стандартными цифровыми интерфейсами (USB, RS485, Ethernet) для вывода данных и обеспечения доступа к параметрам настройки устройства.

Входная оптическая система является одним из основных элементов системы инфракрасных термометров, так как она формирует поле зрения прибора – область пространства, в пределах которой измеряют температуру [2]. Для корректного проведения измерений необходимо, чтобы объект полностью перекрывал поле зрения прибора. В противном случае, во-первых, поток теплового излучения, попадающий на приемник (датчик) пирометра от объекта измерения, уменьшится пропорционально сокращению перекрываемой объектом площади. Во-вторых, на приемник будет попадать излучение заднего фона (объектов, расположенных за объектом измерения). Таким образом, измерения, основанные на этой технологии, могут быть правильными только в том случае, если площадь поверхности измеряемого объекта больше площади оптического окна детектора. Для количественной характеристики данной взаимосвязи используется показатель визирования (η), равный отношению диаметра поля зрения к расстоянию до точки измерения. Точность измерений температуры улучшается с увеличением значений показателя визирования. Важное значение имеет прозрачность оптической системы для регистрируемого ИК излучения [3]. В зависимости от материала входной линзы их можно использовать только для определенного диапазона длин волн. На рис. 3 представлены спектры пропускания типичных материалов для оптических систем инфракрасных термометров. Наиболее оптимальными материалами для оптических систем ИК детекторов являются германий (Ge) и селенид цинка (ZnSe).

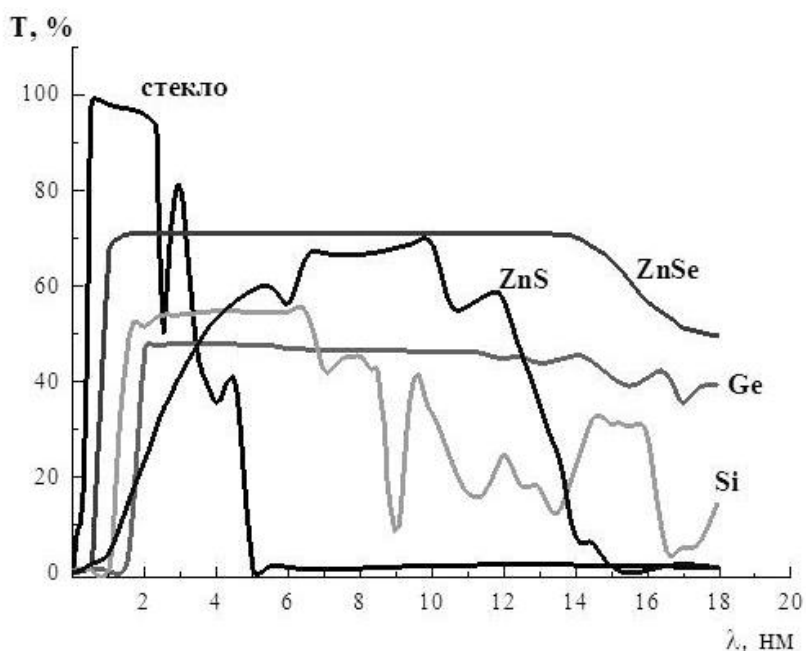


Рис. 3. Спектры пропускания оптических систем ИК детекторов

В настоящее время выпускается большое количество разновидностей ИК датчиков и термометров. Одним из широко распространенных датчиков является MLX90614. Это интегральный инфракрасный термометр для бесконтактного измерения температуры в диапазоне от -70 до 380 °С. В корпусе объединены ИК детектор и микросхема обработки сигнала. Датчик оснащен германиевым окном ввода с просветляющим покрытием. Благодаря применению малошумящего усилителя, 17-битного АЦП и мощного DSP процессора датчики имеют высокую точность и разрешение. Результатом измерений является усредненная температура всех объектов, попадающих в рабочую область датчика. Точность стандартных моделей составляет $0,5$ °С. Необходимо учитывать, что указанная точность может быть достигнута только в том случае, если прибор находится в состоянии термического равновесия.

Датчик MLX90614 откалиброван на заводе-изготовителе с возможностью использования с системной шиной управления (SMBus) на основе аппаратного протокола I²C (Inter-Integrated Circuit Bus), являющегося протоколом синхронной связи, это означает, что обмен данными происходит по общему для всех связанных устройств сигналу синхронизации и существует возможность управлять несколькими устройствами от одного ведущего. Таким образом, датчик MLX90614 позволяет разрабатывать на его основе различные варианты автоматизированных систем контроля и измерения температуры объектов. В тоже время, конструктивно, ряд разновидностей датчика MLX90614 не имеет входной фокусирующей линзы. В связи с этим, целью исследования являлось экспериментальное изучение влияния расстояния между датчиком и излучающей поверхностью на результаты измерения температуры.

На рис. 4 представлена схема экспериментальной установки. В качестве излучающей поверхности использовался плоский керамический нагревательный элемент площадью 40 см².

Сравнительный контроль температуры осуществлялся пирометром GM 550E и предварительно откалиброванной термопарой. Система позволяла проводить измерения при различных расстояниях (L) между датчиком и нагревательным элементом.

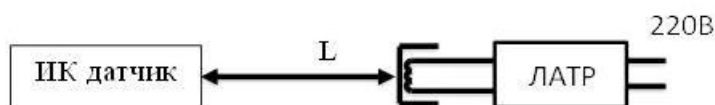


Рис. 4. Схема измерения температуры

На рис. 5 представлен результат измерений температуры ИК-датчиком MLX 90614 и пирометром GM 550E на различных расстояниях от источника теплового излучения с температурой 190 °С. Полученные данные свидетельствуют о значительном влиянии расстояния от объекта с излучающей поверхностью ограниченной площади на результаты измерений ИК-датчиком MLX 90614. Такой результат объясняется большим значением угла поля зрения данного датчика и, как следствие, невозможностью измерений температуры поверхностей с небольшой площадью на расстояниях более нескольких сантиметров.

ров. Исходя из рис. 5 видно, что оптимальным расстоянием для измерения датчиком MLX 90614 будет являться расстояние равное 2 см, при котором полученные значения температуры наиболее согласуются с истинной температурой поверхности. Сравнение результатов измерения температуры поликарбоната марки Lexan с помощью датчика MLX 90614 и пирометра пирометра GM 550E представлен на рис. 6 (расстояние между ИК - датчиком и объектом составляет 2 см).

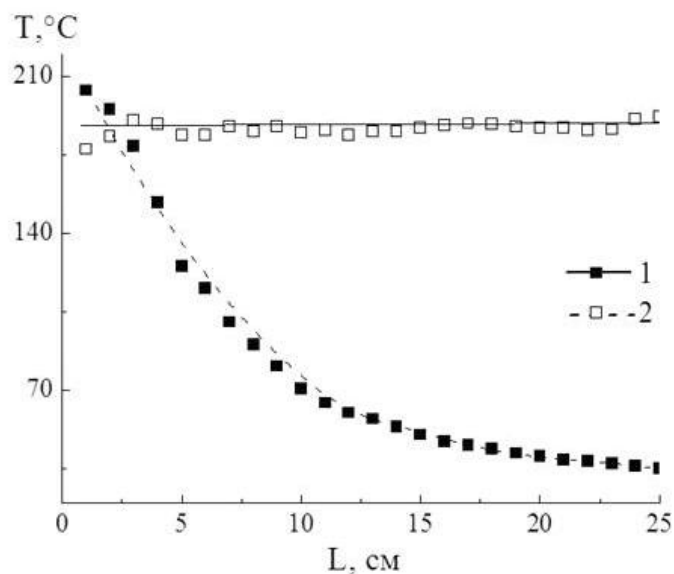


Рис. 5. Экспериментальные данные измерения температуры источника тепла на разных расстояниях: 1 – ИК-датчик MLX 90614, 2 – пирометр GM 550E

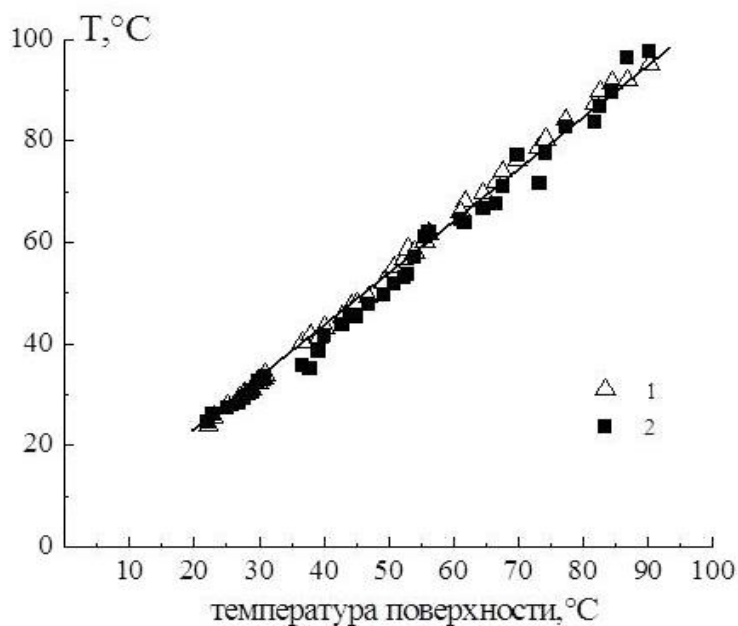


Рис. 6. Результат измерения температуры источника тепла: 1 – ИК-датчик; 2 – пирометр GM 550E

Исходя из рис. 6 следует, что значения температуры, полученные с помощью ИК датчика и промышленного пирометра, практически совпадают, что говорит о возможности использования датчика MLX 90614 для контроля температуры поверхности при проведении научных исследований, связанных с исследованием процессов модификации поверхности полимерных материалов. Преимуществом данного датчика является возможность его стационарного расположения непосредственно в структуре установки, а также возможность одновременного использования нескольких датчиков и возможность реализации автоматизированного сбора данных при использовании в качестве устройства, сопряженного с датчиками, системы на основе микроконтроллера ATmega.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Марукович Е. И., Марков А. П., Сергеев С. С.* Бесконтактная термометрия. – Минск: Беларуская навука, 2014, 252 с.
2. *Неделько А.* Преимущества и недостатки бесконтактного измерения температуры. – Фотоника, 2013, № 1, С. 102-109.
3. *Рогалин В. Е., Каплунов И. А., Кропотов Г. И.* Оптические материалы для THz диапазона. – Оптика и спектроскопия, 2018, Т. 125, Вып 6, С. 851-863.

УДК: 533.9.082

И. В. Холодков^{1,2}, Н. В. Холодкова¹, А. О. Милегина¹

¹ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

²ФГБУН Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДИАГНОСТИКИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ПРИКАТОДНОЙ ОБЛАСТИ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

Аннотация: в статье рассмотрены методы измерения энергетических распределений ионов, образующихся в плазме. Показана возможность применения электростатического цилиндрического анализатора секторного типа для измерения функции распределения ионов по энергиям в прикатодной области тлеющего разряда смеси Ar-O₂.

Ключевые слова: плазма, ион, тлеющий разряд, функция распределения ионов по энергиям, анализатор.

I. V. Kholodkov, N. V. Kholodkova, A. O. Milegina

METHODOLOGICAL ASPECTS OF DIAGNOSTICS OF CHARGED PARTICLES IN THE CATHODE REGION OF A GLOW DISCHARGE

Abstract: The article discusses methods for measuring the energy distributions of ions formed in plasma. The possibility of using a sector-type electrostatic cylindrical analyzer to measure the ion energy distribution function in the cathode region of the glow discharge of the Ar-O₂ mixture is shown.

Keywords: plasma, ion, glow discharge, function of ion energy distribution, analyzer.

Методы плазмохимической обработки и травления нашли широкое применение для наноструктурирования поверхности в различных областях науки и техники. Как правило, при плазменном травлении одновременно происходят как химические, так и физические процессы, что отличает его от традиционного жидкостного химического травления. Плазма представляет собой частично ионизированный газ, содержащий широкий спектр активных частиц – ионы, электроны, радикалы, возбужденные частицы, фотоны и т.д., которые способны вступать в реакцию с обрабатываемыми материалами, что приводит к разрушению поверхности материала и образованию летучих продуктов [7].

В большинстве случаев в производственных системах реализуется смешанный режим плазмохимического и реактивного ионного травления. Высокая степень анизотропии травления при реализации ионных процессов является одним из уникальных преимуществ плазменного травления по сравнению с классическими химическими методами. Примечательно, что физическое травление, обеспечиваемое направленным потоком ионов, может дополнительно стимулировать реакции между реагирующими частицами и обрабатываемым материалом и обеспечивать высокие значения скоростей травления. Поскольку в процессе реактивного ионного травления в основном используются высокоэнергетические частицы плазмы, контроль скорости травления, селективности, профиля боковой стенки, шероховатости травления и т.д. может быть достигнут путем варьирования параметров обработки, таких как напряжение, мощность, температура, давление в камере и расход плазмообразующего газа [3]. При этом важной задачей является экспериментальная диагностика заряженной компоненты плазмы.

Ионы и электроны, образующие исследуемую плазму, можно регистрировать или непосредственно (по переносимому заряду), или, пользуясь такими процессами, как вторичная эмиссия или удельная ионизация. Анализ частиц производится по их взаимодействию с электрическими и магнитными полями. Если в объеме содержатся также и нейтральные частицы, то после предварительной ионизации их анализ и регистрация могут быть осуществлены аналогичными методами.

В большинстве применяемых методов основные трудности, возникающие при анализе частиц, заключаются в интерпретации полученных данных, а не в аппаратных ограничениях. В частности, измерение энергии частиц и их потока можно выполнить с точностью до $\sim 1\%$, во всяком случае, для достаточно горячей плазмы. Однако часто можно лишь очень грубо учесть такие факторы, как ограниченность области фазового пространства, представленной в результатах измерений, как усреднение по объему той области, из которой производится отбор изучаемых частиц, а также влияние разности потенциалов между плазмой и детектором и различные крупно- и мелкомасштабные турбулентные процессы, которые находят свое отражение в высокочастотных колебаниях.

Для получения из экспериментальных данных истинных, усредненных во времени и пространстве функций распределения ионов и электронов в объеме плазмы, необходимо знать следующее:

- точную форму спектров энергий и величины потоков вылетающих ионов;
- поправки, учитывающие кинематику механизма потерь, а также влияние силы Лоренца (с учетом электрических полей, обусловленных потенциалом плазмы и поверхностными слоями) на протяжении всего пути, проходимого частицей до детектора.

При выполнении корпускулярных измерений необходимо иметь надежную гарантию того, что наблюдаемый сигнал действительно обусловлен измеряемыми частицами, а не вызывается светом, рентгеновскими лучами или другими побочными эффектами. Для устранения последних детектор обычно помещается внутри экрана, защищающего его от высокочастотных наводок, магнитных возмущений и рентгеновских лучей.

Наиболее распространенные и точные методы измерения энергии и импульса заряженных частиц основаны на определении их отклонения в заданных электрических и магнитных полях. Устройства, в которых создаются необходимые поля, и имеется некоторая апертура для отбора частиц с определенным импульсом или энергией, называются анализаторами или спектрометрами [4-5,9].

Обычно при анализе частиц плазмы по энергиям и импульсам выделяется хорошо коллимированный пучок (соответствующий, как правило, очень небольшой области фазового пространства). Таким образом, используя свойство пространственной избирательности анализатора, можно исследовать плотность частиц в источнике и распределение их скоростей и возможности ориентации анализатора ограничивают возможности выбора исследуемых участков фазового пространства. Обобщение полученных таким образом результатов на все занимаемое плазмой фазовое пространство должно производиться с учетом всех возможных упорядоченных движений.

Магнитные анализаторы. Магнитные анализаторы позволяют производить пассивные измерения импульсов частиц, вылетающих из плазмы. Магнитная система, применяемая для получения однородного поперечного поля в этих

типах анализаторов, обычно представляет собой массивное ярмо из мягкого железа, между полюсными наконечниками которого проходит пучок. Анализирующее поле можно получить также с помощью постоянных магнитов, однако, использование таких магнитов в большинстве случаев не позволяет простым способом менять поле и получать развертку спектра импульсов падающих частиц. В ряде случаев [1] магнитный анализатор ставится перед анализатором другого типа для предварительного разделения ионов по типу.

Электростатические анализаторы. Электрические поля, действующие на заряженную частицу, также можно использовать для определения энергии частицы. При произвольной ориентации электрического поля относительно скорости частицы ϑ уравнение движения получается довольно сложным и энергия частицы W может меняться. Однако в системах, построенных так, что $E \cdot \vartheta = 0$, выполняется условие $W = \text{const}$. Простым примером такого поля служит радиальное электрическое поле цилиндрического конденсатора, в котором электрические силы уравнивают центробежную силу, действующую на частицу, если центр кривизны траектории совпадает с центром поля. Электроды, создающие такое поле, имеют форму дуг окружности. Электростатические анализаторы обычно строят с расчетом на угол отклонения 90° или на угол $127^\circ 17'$. Электростатические анализаторы обладают хорошим разрешением, однако требуют точной настройки, что может сказаться на результатах измерений [8]. Возможность электрического пробоя между пластинами также накладывает определенные ограничения. Пробой может быть вызван слишком большим давлением или при наличии в камере остаточной плазмы распылением цилиндрических электродов.

Анализаторы с задерживающей сеткой. Анализаторы с сеткой, на которую подается переменное смещение, широко используется при диагностике плазмы [2]. Они просты по конструкции и могут работать в диапазоне энергий приблизительно от нуля до, по меньшей мере, 10 кэВ (в зависимости от вакуума и конструкции электродов). Нижний предел энергий определяется наличием рассеянных магнитных полей, не позволяющих частицам проходить через коллиматор, если он недостаточно точно ориентирован вдоль силовых линий. Обычно в анализаторах с задерживающим потенциалом делается три сетки и на среднюю сетку подается смещение. Первая и последняя по направлению пучка сетки заземляются. Частицы, знак заряда которых одинаков со знаком смещения, не смогут пройти через сетку, тогда как частицы с противоположным зарядом будут проходить беспрепятственно. Такой анализатор может работать с любым типом детектора. Точность анализатора определяется точностью установки напряжения смещения и распределением электрического поля вблизи сетки с задерживающим потенциалом. Главная трудность работы с таким анализатором связана с вторичной эмиссией из центральной сетки, на которую подается смещение [6].

Целью настоящего исследования было изучение энергетического распределения ионов по энергиям в прикатодной области тлеющего разряда в смеси Ar-O₂ с помощью электростатического анализатора Юза-Рожанского.

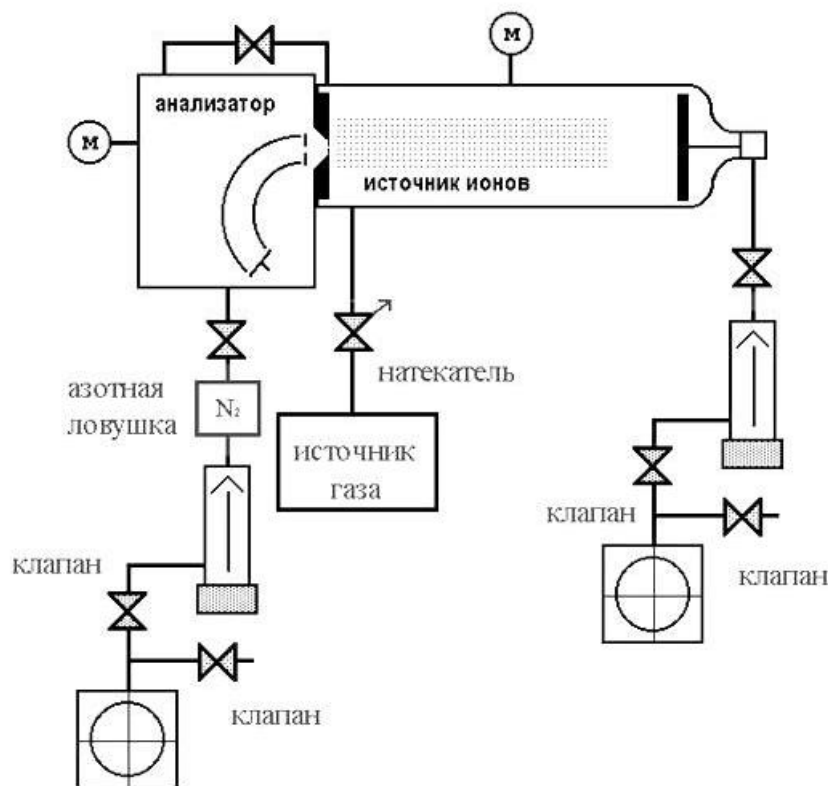


Рис. 1. Вакуумная схема установки

Эксперимент проводился на вакуумной установке, схема которой представлена на рис. 1. Внутри стеклянного плазмохимического реактора диаметром 125 мм располагались полированные алюминиевые катод и анод на расстоянии 250 мм между собой. Положительные ионы, образующиеся в области аномального тлеющего разряда, через тонкую диафрагму диаметром 0,65 мм и толщиной 0,2 мм проникают в область цилиндрического электростатического анализатора (анализатор Юза-Рожанского).

Схема экспериментального получения функции распределения ионов по энергиям (ФРИЭ) представлена на рис. 2. Измерения ионного тока проводились с помощью экранированного коллектора – цилиндра фарадея, что позволяло избежать вторичной ионной эмиссии. Поскольку ток ионов, попадающих на коллектор через диафрагму, не превышал 10^{-7} А, использовался усилитель постоянного тока ЭК 1601. Для регистрации коллекторного тока использовали систему сбора данных на основе микроконтроллера ATmega328P.

Давление газа в системе изменяли в диапазоне от 1 до 3 Па при токе разряда 20 мА. Важно отметить, что при данных давлениях практически все ионы, прошедшие через диафрагму, доходили до коллектора без столкновений.

На рис. 3-4 приведены результаты экспериментального исследования прикатодной области тлеющего разряда в смеси $Ag - O_2$. Функция распределения ионов по энергии представляет собой экстремальную зависимость максимального значения коллекторного тока от энергии ионов, соответствующей этому току. Вид наблюдаемых зависимостей можно объяснить, если предположить, что резкий максимум кривой определяется ионами, прошедшими без столкновений область катодного падения потенциала и получившими наибольшую энергию, а плавный спад кривой в сторону малых энергий обуславливается ионами, претерпевшими столкновения внутри области катодного падения потенциала в процессах перезарядки.



Рис. 2. Схема получения ФРИЭ

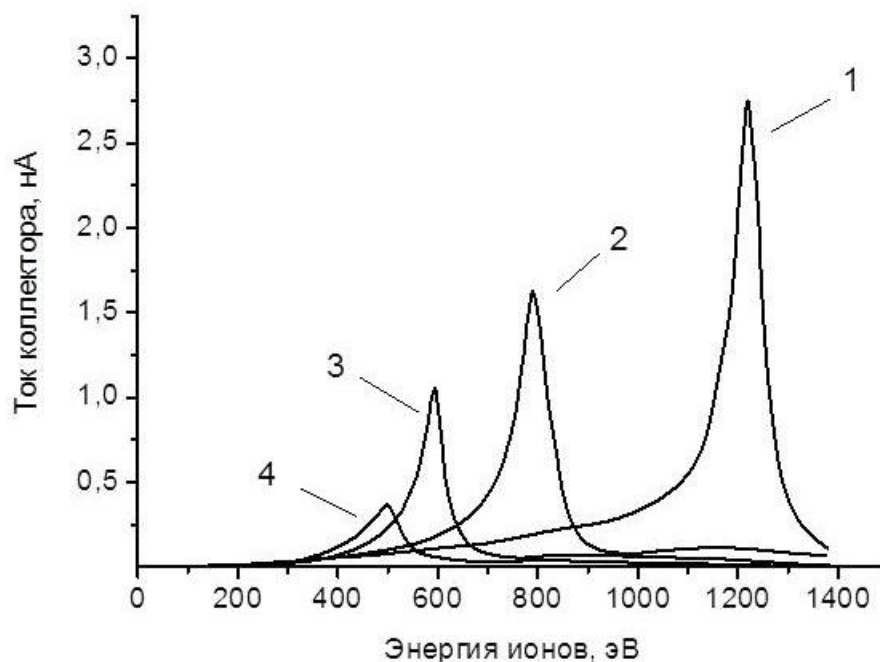


Рис. 3. Функции распределения ионов по энергиям: Ag , 20 мА, 1 – 1 Па, 2 – 1,5 Па, 3 – 2 Па, 4 – 3 Па

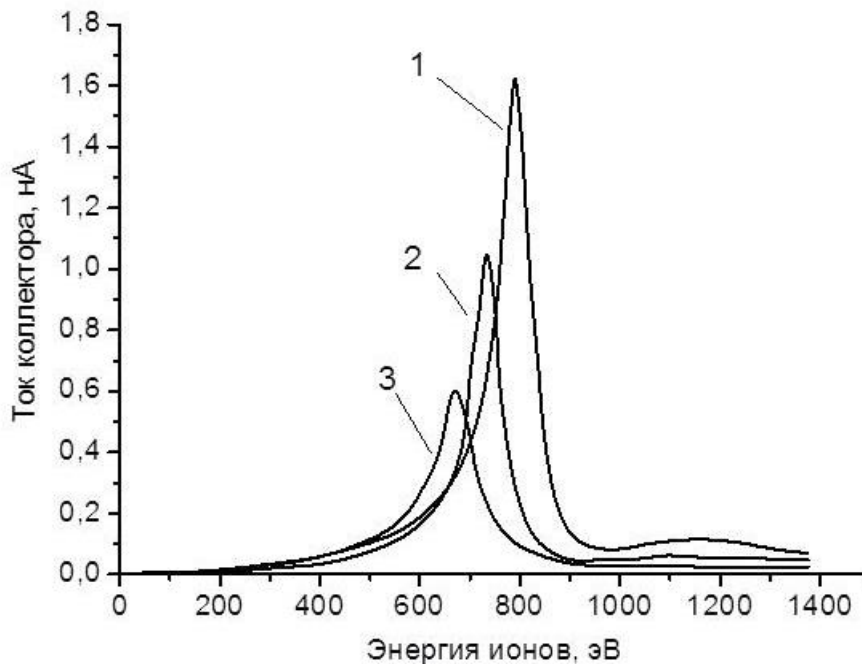


Рис. 4. Функции распределения ионов по энергиям: 1,5 Па, 20 мА.
1 – 100% Ar, 2 – 10% O₂, 3 – 100% O₂

Анализ ФРИЭ (рис. 3) показал, что увеличение давления плазмообразующего газа приводит не только к смещению положения максимума, но и снижению коллекторный ток, соответствующий максимуму.

Таким образом, разработанная установка, оснащенная электростатическим анализатором Юза-Рожанского, позволяет исследовать энергетическое распределение ионов в тлеющем разряде постоянного тока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Davis W.D., Vanderslice T.* Ion Energies at the Cathode of a Glow Discharge. – *Physical Review*, 1963, V. 131, №4, P. 219 – 228.
2. *Healy D., Brandt W.W.* Ion extraction from the cathode-fall region of Ar, N₂ and O₂ discharges. – *Int. J. Mass. Spectrom. Ion Proc.*, 1986, V. 70, P. 267 – 275.
3. *Nikiforov A., Ma Ch., Choukourov A., Palumbo F.* Plasma technology in antimicrobial surface engineering. – *Journal of Applied Physics*, 2022, V. 131, P. 1102-01 – 1102-35.
4. *Вилков Л.В., Пентин Ю.А.* Физические методы исследования в химии. Структурные методы и оптическая спектроскопия. – М.: Высш. шк., 1987, 367 с.
5. *Вудраф Д., Делчар Т.* Современные методы исследования поверхности. – М.: Мир, 1989, 564 с.
6. *Хаддлстоун Р., Леонард С.* Диагностика плазмы. – М.: Мир, 1967, 516 с.

7. Пророкова Н.П. Модифицирование поверхностно-барьерным разрядом полиэфирных волокнистых материалов в целях улучшения их гидрофильности. – Журнал прикладной химии, 2016, Т. 89, Вып. 1, С. 119-127.

8. Соколов В.Ф. Измерение энергетического распределения положительных ионов, бомбардирующих катод. – Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, 2004, № 8, С. 77-80.

9. Фелдман Л. Основы анализа поверхности и тонких пленок. – М.: Мир, 1989, 344 с.

УДК: 66.084.8

А. В. Шибашов

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ ПОЛИМЕРНОЙ ПЛЕНКИ, ПОЛУЧАЕМОЙ ПУТЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО РАСПЫЛЕНИЯ РАСТВОРА ПРЕДКОНДЕНСАТОВ МОЧЕВИНОФОРМАЛЬДЕГИДНОЙ СМОЛЫ НА ПОВЕРХНОСТЬ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА

Аннотация: в настоящей работе проведено исследование возможности нанесения пленок мочевиноформальдегидной смолы на поверхность сыпучего материала путем обработки материала туманом. Туман получается в процессе ультразвукового распыления раствора предконденсатов мочевиноформальдегидной смолы. Изучено влияние количества инициатора полимеризации на параметры тумана и на массу образующейся смолы в течение различного времени обработки сыпучего материала туманом. Определено содержание остаточного карбамида в мочевиноформальдегидных пленках.

Ключевые слова: капсулирование, распыление, мочевиноформальдегидная смола, ультразвук, предконденсаты, смолообразование, туман.

A. V. Shibashov

INVESTIGATION OF POLYMER MEMBRANE FORMATION PROCESS OBTAINED BY ULTRASONIC SPRAYING OF UREA FORMALDEHYDE RESIN PRE-CONDENSATES SOLUTION ONTO SURFACE OF LOOSE MATERIAL

Abstract: In the present paper, the possibility of applying urea-formaldehyde resin membranes to the surface of a loose material by mist treatment has been investigated. Mist is obtained during ultrasonic spraying of urea-formaldehyde resin pre-condensate solution. Influence of amount of polymerization initiator on mist parameters and on mass of formed resin during different time of treatment of loose material by mist is studied. The residual carbamide content of the urea-formaldehyde membranes was determined.

Keywords: encapsulation, spraying, urea-formaldehyde resin, ultrasound, pre-condensates, resin formation, mist.

Перспективной и быстро развивающейся областью использования дисперсных систем различной природы являются процессы капсулирования сыпучих материалов и капель жидкости. Капсулирование существенно улучшает технологические свойства самых различных продуктов и значительно расширяет область их применения. Научный и практический интерес к процессу капсулирования заключается в возможности управлять размерами капсул, а также составом активного вещества в капсуле. Защитные оболочки, которые получают из полимерных материалов, позволяют осуществлять контролируемую доставку активных компонентов по месту их назначения.

С развитием науки и технологии увеличивается потребность в выработке новых, более эффективных и экологичных подходов к капсулированию различных активных веществ. Последние годы характеризуются не только расширением ассортимента выпускаемых промышленностью капсулированных продуктов, но и развитием новых механизмов формирования капсулярных структур.

В сельском хозяйстве использование капсулированных удобрений обеспечивает замедленное поступление их в почву и более равномерную подкормку растений. Капсулирование позволяет наносить на семена защитные оболочки, содержащие питательные вещества, удобрения и ядохимикаты. Применение кормовых добавок и концентратов, в состав которых входят аминокислоты, белки, жиры, соли, витамины и антибиотики, требует строгой дозировки, обеспечения совместимости и достаточной стабильности, что достигается использованием капсулированных компонентов.

Основная трудность при нанесении полимерных пленок на поверхность гранул минеральных удобрений заключается в неравномерности таких покрытий и получении капсул с большим количеством дефектов. Новый способ образования пленок на гранулах удобрений, заключается в ультразвуковом формировании аэрозоля (другими словами тумана) компонентов полимера, с дальнейшим процессом поликонденсации этих компонентов на поверхности гранул в виде тонкой пленки смолы.

Способы диспергирования жидкостей через форсунки обеспечивают получение капель жидкости порядка 10^{-3} – 10^{-4} м, что сравнимо с размерами самих гранул и не дает возможности равномерно распределить компоненты полимерной пленки по поверхности удобрений. Ультразвуковое распыление жидких сред позволяет получить микроскопические капли (диаметром порядка 10^{-5} – 10^{-6} м) образующие туман с очень большой удельной поверхностью, что может обеспечить большую равномерность покрытия гранул и уменьшить количество дефектов получаемых капсул.

Нанесение пленки мочевиноформальдегидной смолы на поверхность подготовленного сыпучего материала, производилось в экспериментальной установке, схема которой изображена на рис. 1.

Подготовка сыпучего материала к нанесению пленок мочевиноформальдегидной смолы осуществлялась путем промывки и сушки до постоянного веса зерен гороха. Затем подготовленный материал помещался на сетчатую перегородку в камере, где происходило образование тумана из раствора предконденсатов мочевиноформальдегидной смолы. Камера состоит из корпуса (1), крышки (6) и ультразвукового излучателя (3), предназначенного для распыления жидкости. На дне камеры находится раствор предконденсатов (5), который полностью закрывает мембрану ультразвукового излучателя. Граница раствора располагается на 1–1,5 см выше излучателя.

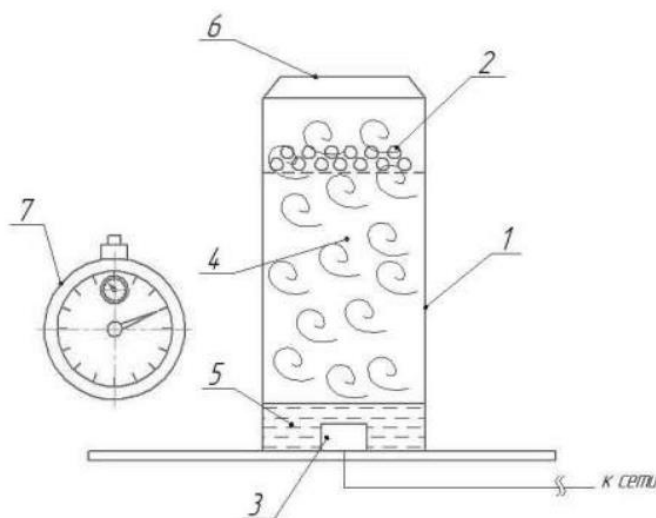


Рис. 1. Схема экспериментальной установки
 1 – корпус камеры; 2 – сыпучий материал;
 3 – ультразвуковой излучатель;
 4 – туман; 5 – раствор предконденсатов;
 6 – крышка; 7 – секундомер

При включении излучателя происходит образование тумана, который поднимается по камере, проникая через сетчатую перегородку, окутывает гранулы сыпучего материала. В каплях раствора, осаждающихся из тумана на поверхности гранул материала, протекает реакция поликонденсации карбамида и формальдегида в присутствии инициатора (серной кислоты). В результате протекающих процессов происходит образование пленки мочевиноформальдегидной смолы на поверхности гранул.

Осаждение капель тумана, содержащих предконденсаты, на поверхности материала сопровождается полимеризацией и образованием пленки смолы. Количество образующейся смолы можно оценить по увеличению относительной массы образцов до и после обработки туманом. Исследование массы пленки, образующейся на поверхности сыпучего материала, проводилось в тумане растворов с различной добавкой инициатора полимеризации.

Для первой серии опытов использовался раствор предконденсатов без добавки химического инициатора полимеризации. Процесс образования смолы инициируется под действием ультразвука в процессе распыления раствора и образования тумана. Навески сыпучего материала помещали в камеру экспериментальной установки, где они подвергались обработке туманом в течение различного времени. Экспериментальные данные по измерению массы образцов сыпучего материала представлены в таблице 1.

Таблица 1. Масса образцов сыпучего материала, обработанного туманом из раствора без добавки инициатора

Время обработки	Начальная масса образцов, г	Масса образцов после обработки туманом, г	Привес, г	Относительное увеличение массы образцов, %
6 минут	1,0286	1,0578	0,0292	2,84
8 минут	0,9942	1,0272	0,033	3,32
10 минут	1,0244	1,0618	0,0374	3,65
12 минут	1,0117	1,0464	0,0347	3,43
14 минут	0,9907	1,0213	0,0306	3,09
16 минут	0,9998	1,04	0,0402	4,02
18 минут	1,0192	1,058	0,0388	3,81

Анализируя данные таблицы 14, можно сказать, что увеличение времени обработки образцов приводит к росту массы, образовавшейся пленки смолы. Чем дольше образцы прибывают в тумане, тем больше капель успевают осесть на поверхность сыпучего материала, а соответственно увеличивается масса пленки мочевиноформальдегидной смолы.

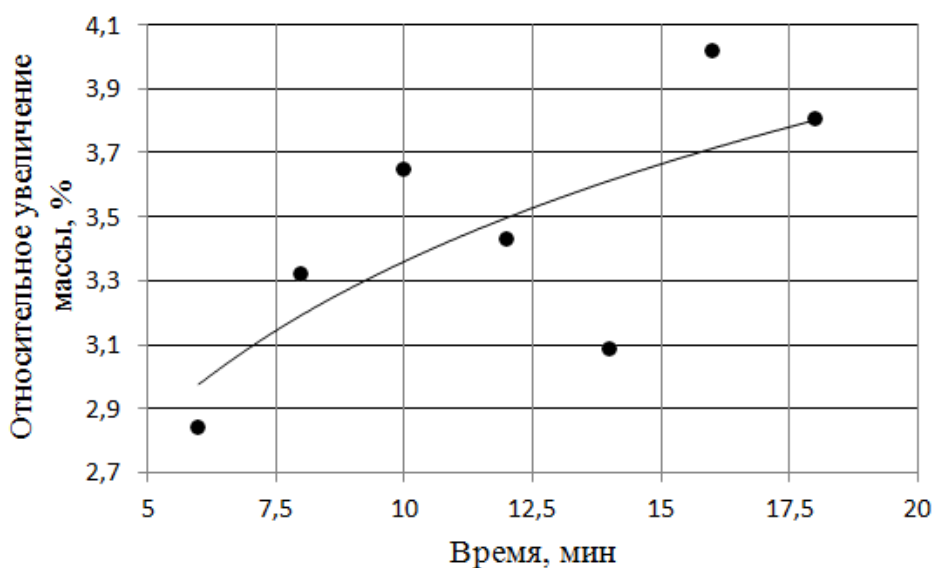


Рис. 2. Зависимость массы образцов от времени обработки туманом (бездобавки инициатора)

Для второй серии опытов использовался раствор предконденсатов с добавкой 0,2 мл серной кислоты в качестве инициатора полимеризации. Экспериментальные данные по измерению массы образцов сыпучего материала представлены в таблице 2.

Таблица 2. Масса образцов сыпучего материала, обработанного туманом из раствора с добавкой инициатора 0,2 мл

Время обработки	Начальная масса	Масса образцов после обработки туманом, г	Привес	Относительное увеличение массы образцов, %
6 минут	1,017	1,036	0,019	1,87
8 минут	1,0022	1,022	0,0198	1,98
10 минут	0,9476	0,9731	0,0255	2,69
12 минут	1,0099	1,0389	0,029	2,87
14 минут	0,9964	1,0256	0,0292	2,93
16 минут	1,0319	1,0628	0,0309	2,99
18 минут	1,0062	1,038	0,0318	3,16

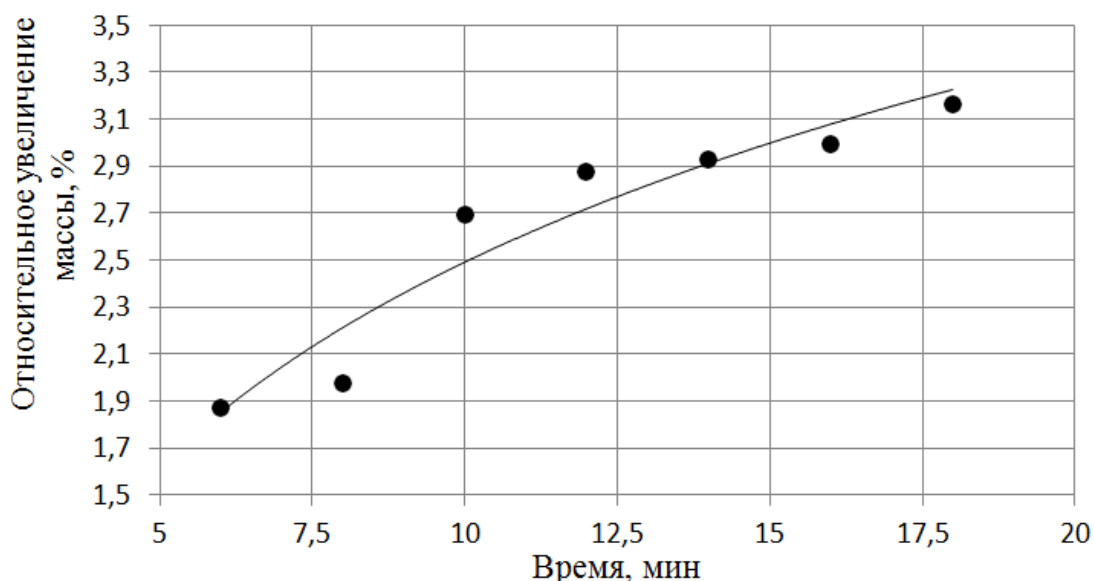


Рис. 3. Зависимость массы образцов от времени обработки туманом (с добавкой инициатора 0,2 мл)

Для третьей серии опытов использовался раствор предконденсатов с добавкой 0,3 мл серной кислоты в качестве инициатора полимеризации. Экспериментальные данные по измерению массы образцов сыпучего материала представлены в таблице 3.

Для первых трех серий опытов сохраняется тенденция увеличения массы, образующейся пленки смолы, при увеличении длительности пребывания сыпучего материала в тумане раствора предконденсатов.

Таблица 3. Масса образцов сыпучего материала, обработанного туманом из раствора с добавкой инициатора 0,3 мл

Время обработки	Начальная масса	Масса образцов после обработки туманом, г	Привес	Относительное увеличение массы образцов, %
6 минут	1,0248	1,0778	0,053	5,17
8 минут	1,0309	1,0844	0,0535	5,19
10 минут	1,0369	1,0899	0,053	5,11
12 минут	1,0058	1,0556	0,0498	4,95
14 минут	1,0046	1,0597	0,0551	5,49
16 минут	1,0092	1,0551	0,0459	4,55
18 минут	1,0284	1,1048	0,0764	7,43

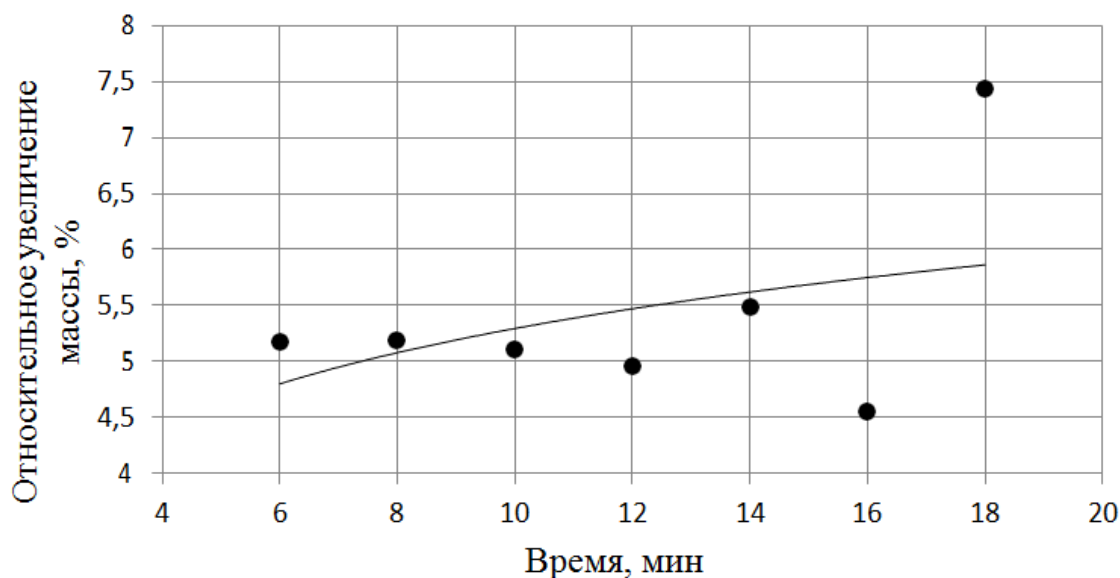


Рис. 4. Зависимость массы образцов от времени обработки туманом (с добавкой инициатора 0,3 мл)

Сравнивая данные графиков на рис. 2, 3 и 4 можно сделать вывод, что относительное увеличение массы сыпучего материала после нанесения пленки мочевиноформальдегидной смолы имеет наименьшее значение в опыте с добавкой 0,2 мл инициатора полимеризации. Относительное увеличение массы образцов во второй серии опытов находится в пределах 1,9–3,2 % в течение 18 минут обработки туманом.

Анализируя данные графика на рис. 4 видно, что относительное увеличение массы сыпучего материала имеет значение в пределах 4,8–6 % в течение 18 минут обработки туманом.

Для четвертой серии опытов использовался раствор предконденсатов с добавкой 0,4 мл серной кислоты в качестве инициатора полимеризации. Экспериментальные данные по измерению массы образцов сыпучего материала представлены в таблице 4.

Таблица 4. Масса образцов сыпучего материала, обработанного туманом из раствора с добавкой инициатора 0,4 мл

Время обработки	Начальная масса	Масса образцов после обработки туманом, г	Привес	Относительное увеличение массы образцов, %
6 минут	1,0006	1,0277	0,0271	2,71
8 минут	0,9321	0,9645	0,0324	3,48
10 минут	0,9748	1,0018	0,027	2,77
12 минут	0,9951	1,0276	0,0325	3,27
14 минут	1,0019	1,0268	0,0249	2,49
16 минут	1,0306	1,0521	0,0215	2,09
18 минут	0,9917	1,012	0,0203	2,05

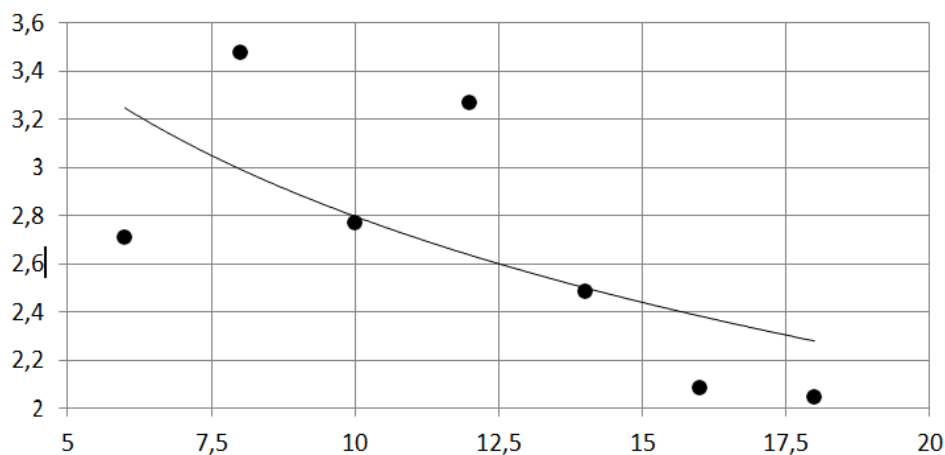


Рис. 5. Зависимость массы образцов от времени обработки туманом (с добавкой инициатора 0,4 мл)

Из рис. 5 видно, что относительное увеличение массы сыпучего материала снижается с течением времени и имеет значение в интервале 3,2–2,3 % в течение 18 минут обработки туманом. Данные графика на рис. 5 имеют близкие значения с данными графиков зависимости относительного увеличения массы сыпучего материала после нанесения пленки мочевиноформальдегидной смолы в опыте с добавкой 0,2 мл инициатора полимеризации и в опыте без добавки инициатора.

На основании этого можно сделать заключение, о том, что максимальное значение относительного увеличения массы сыпучего материала достигается в опыте с добавкой 0,3 мл инициатора полимеризации.

Масса образующейся пленки мочевиноформальдегидной смолы на поверхности сыпучего материала возрастает по мере увеличения длительности обработки материала туманом. Такая тенденция наблюдается у образцов, которые обрабатывались туманом, полученным распылением растворов без добавки инициатора полимеризации и растворов с добавкой 0,2 и 0,3 мл инициатора. При обработке сыпучего материала туманом из раствора с добавкой 0,4 мл инициатора наоборот наблюдается уменьшение массы образующейся пленки. Это связано с тем, что процесс полимеризации протекает очень интенсивно в растворе и образуется густая вязкая масса незастывшей смолы, которую практически невозможно подвергать ультразвуковому распылению. Капли образующегося тумана не содержат достаточного количества предконденсатов, которые могли бы полимеризоваться на поверхности сыпучего материала.

Распыление растворов с добавкой инициатора полимеризации в малых и больших количествах приводит к образованию тумана с незначительным количеством предконденсатов смолы. А значит, оседающие на поверхности материала капли не образуют полимерную пленку. Это подтверждают экспериментальные данные по измерению массы пленки. При добавке 0,2 и 0,4 мл инициатора результаты опытов близки с результатами опытов без добавки инициатора. Наилучшие значения массы пленки получены в опыте с добавкой 0,3 мл инициатора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Овчинников Л.Н.* Капсулирование минеральных удобрений во взвешенном слое: монография / Л.Н.Овчинников, А.Г.Липин Иван. гос. хим.- технол. ун-т. – Иваново, 2011. – 140 с.–ISBN 978-5-9616-0426-2
2. *Чекман И.С.* Аэрозоли – дисперсные системы: Монография / Чекман И.С., Сырвая А.О., Андреева С.В., Макаров В.А. – Х: «Цифрова друкарня №1», – 2013.– 100 с.
3. *Щукин Е.Д.* Коллоидная химия / Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. – М.: Высш.шк., 1992. – 414 с.

УДК 544.588

Т. Г. Шикова

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПЛЕНОК ПЭТФ В ПЛАЗМЕ ПОНИЖЕННОГО ДАВЛЕНИЯ И ПОСЛЕСВЕЧЕНИЯ РАЗРЯДА АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ В СМЕСИ АРГОН-КИСЛОРОД

Аннотация: приведены результаты исследования смачивания, химического состава и топологии поверхности пленок полиэтилентерефталата (ПЭТФ) после обработки в положительном столбе разряда пониженного давления и в послесвечении разряда атмосферного давления в аргоне, кислороде и их смесях. Показано, что в обоих случаях достигаемые эффекты модифицирования (смачиваемость, состав поверхности) близки. В то же время обработка при атмосферном давлении приводит к более значительным изменениям микрорельефа поверхности, что может быть связано с более высокими потоками активных частиц, взаимодействующих с полимером.

Ключевые слова: плазма, модифицирование полимеров, полиэтилентерефталат (ПЭТФ), ИК спектроскопия, АСМ, шероховатость, смачиваемость.

T. G. Shikova

COMPARISON OF MODIFICATION RESULTS FOR PET FILMS IN REDUCED PRESSURE PLASMA AND AFTERGLOW OF ATMOSPHERIC PRESSURE DISCHARGE IN ARGON-OXYGEN MIXTURE

Abstract: results of studying the wetting, chemical composition and topology of the surface of polyethylene terephthalate (PET) films after treatment in the positive column of a low-pressure discharge and in the afterglow of an atmospheric pressure discharge in argon, oxygen, and their mixtures are presented. It was shown that in both cases the achieved modification effects (wettability, surface composition) are close. At the same time, the treatment at atmospheric pressure leads to more significant changes in the surface morphology, which may be associated with higher fluxes of active particles interacting with the polymer.

Keywords: plasma, polymer modification, poly-ethylene terephthalate (PET), FTIR-spectroscopy, AFM, roughness, wettability.

Введение

Неравновесная плазма является эффективным инструментом модифицирования свойств поверхности синтетических и натуральных полимерных материалов. Обработка в плазме позволяет повысить адгезию полимеров к нанесенным слоям, улучшить смачиваемость, окрашиваемость волокон и тканей, придать поверхности бактерицидные свойства, повысить биосовместимость с живыми тканями, регулировать транспортные характеристики мембран.

Модифицирование полимеров можно проводить как с использованием плазмы пониженного давления, так и атмосферного. Обработка при атмосферном давлении имеет ряд преимуществ перед процессом при пониженном давлении: отсутствие необходимости в вакуумной системе, более низкая стоимость проведения процесса, более высокие концентрации активных частиц и, соответственно, большие скорости целевого процесса и т.п. Целью настоящей работы являлось сравнение результатов воздействия плазмы пониженного давления и обработки в послесвечении разряда атмосферного давления в смеси аргон - кислород на поверхностные свойства пленок полиэтилентерефталата (ПЭТФ).

Методика эксперимента

Объектами исследования являлись пленки полиэтилентерефталата толщиной 60 мкм. Принципиальная схема экспериментальной установки для обработки полимеров в послесвечении разряда атмосферного давления показана на рис. 1. Разряд постоянного тока атмосферного давления возбуждали между анодом (игла с диаметром отверстия ~ 470 мкм, через которую подавался газ) и катодом. В качестве катода применялась заостренная пластина из нержавеющей стали толщиной ~ 1 мм. Для фиксирования расхода газа использовался капиллярный расходомер. Образцы полимера с размерами 2×5 см² размещали перпендикулярно потоку газа ниже разряда на расстоянии 7 мм от катода. Эксперименты проводились при постоянном токе 15 мА. Скорость потока газа составляла 105 м/с. Время обработки полимера - 30 с.

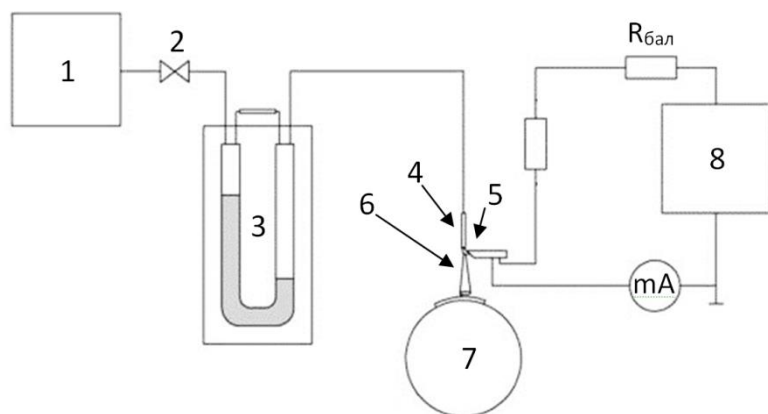


Рис. 1. Схема установки для обработки полимеров в послесвечении разряда атмосферного давления: 1 - компрессор; 2 - натекающий клапан; 3 - капиллярный расходомер; 4 - анод; 5 - катод; 6 - область послесвечения; 7 - вращающийся барабан; 8 - источник питания

При обработке в плазме пониженного давления пленки полимеров размещали в виде кольца по образующей на внутренней поверхности стеклянного реактора диаметром 3 см в зоне положительного столба разряда в воздухе (рис. 2). Плотное прилегание образца к стенке достигалось за счет упругости материала. Тлеющий разряд постоянного тока зажигали при давлении плазмообразующего газа 100 Па и токе 80 мА. Время обработки – 300 секунд. Времена обработки полимеров в обоих случаях обеспечивали достижение стационарных значений краевых углов смачивания и химического состава поверхности.

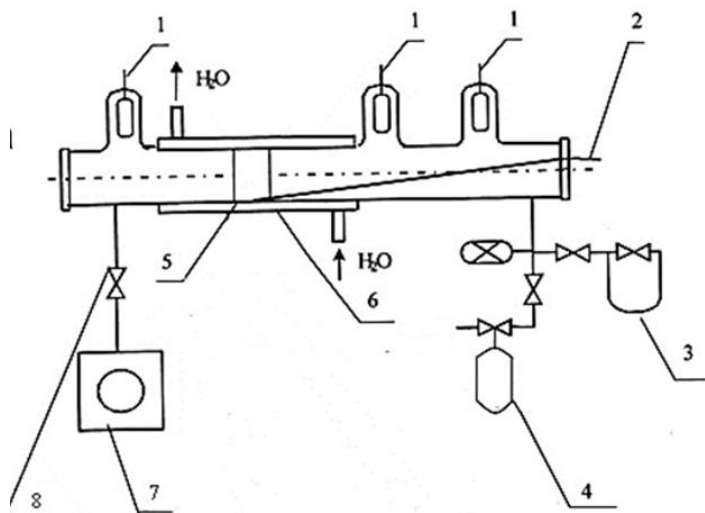


Рис. 2. Схема экспериментальной установки для обработки полимеров в плазме пониженного давления 1 – электроды, 2 – медь-константановая термопара, 3 – масляный манометр, 4 – емкость с рабочим газом, 5 – образец полимера, 6 – термостатирующая оболочка, 7 – форвакуумный насос, 8 – вакуумный кран

Поверхность полимера исследовали методом Фурье ИК-спектроскопии НПВО. Использовали спектрофотометр фирмы «Nicolet» типа «Avatar-360». Элементом НПВО служил кристалл селенида цинка, угол падения луча 42° , с однократным отражением, применяли режим накопления сигнала по результатам 32 сканирований, разрешение составляло 2 см^{-1} .

Топологию поверхности исследовали методом атомно-силовой микроскопии на приборе СЗМ SOLVER P47-PRO в полуконтактном режиме. Статистическая обработка полученных изображений проводилась в программе Nova (фирмы NT-MDT).

Краевые углы смачивания поверхности образцов дистиллированной водой определяли по фотографиям капель, которые обрабатывали в программе ImageJ.

Экспериментальные результаты

Модифицирование полимеров как в плазме пониженного давления, так и в послесвечении тлеющего разряда атмосферного давления приводит к улучшению смачиваемости поверхности пленок. Достижимые результаты в обоих случаях близки (рис.3). В результате обработки наблюдается снижение краевых углов смачивания от $78 \pm 3^\circ$ для исходного образца до $17 \pm 3^\circ$ у обработанного.

Одной из причин улучшения смачивания в результате модифицирования полимеров с использованием плазмы является образование на поверхности образцов новых полярных функциональных групп. ИК НПВО спектры пленок ПЭТФ указывают на окисление поверхности: наблюдается сдвиг максимума и уширение полосы поглощения связей $\text{C}=\text{O}$ в эфирной группе ($1590 - 1780 \text{ см}^{-1}$) и рост поглощения в области валентных колебаний связей $\text{O} - \text{H}$ ($3000 - 3400 \text{ см}^{-1}$) (рис.4). В табл. 1 приведены результаты измерений оптических плотностей на ряде волновых чисел из указанных диапазонов, отнесенные к значениям для полосы 871 см^{-1} (деформационные колебания связи $\text{C}-\text{H}$ в бензольном кольце) и приведенные к исходному образцу (приведенные оптические плотности полос в спектрах необработанных полимеров приняты за единицу).

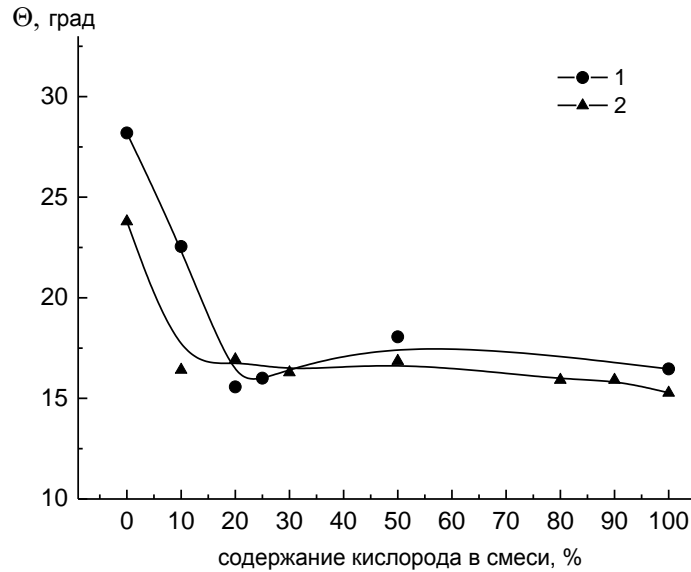


Рис. 3. Изменение краевого угла смачивания водой пленки ПЭТФ в зависимости от состава плазмообразующего газа
 1 – обработка в послесвечении разряда атмосферного давления,
 2 - обработка в плазме пониженного давления

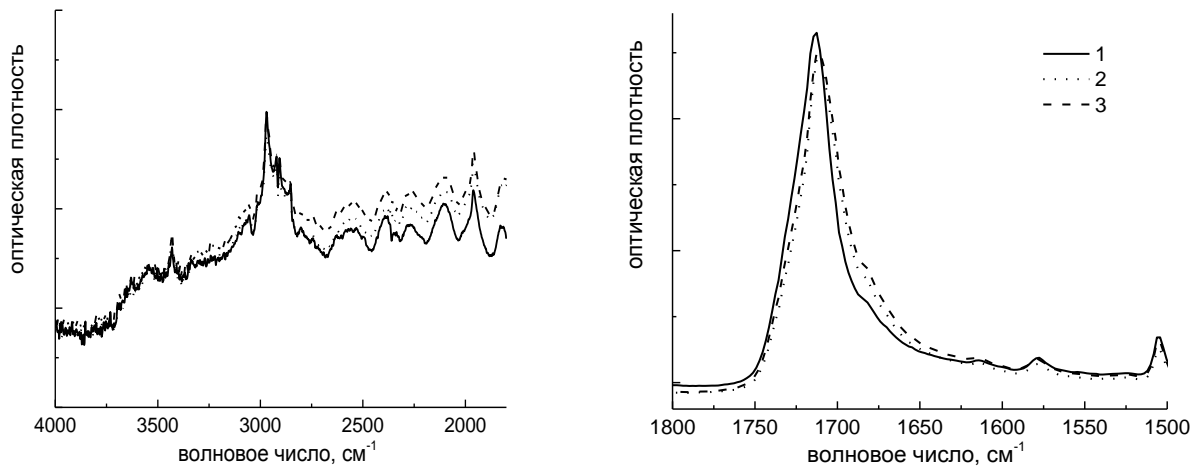


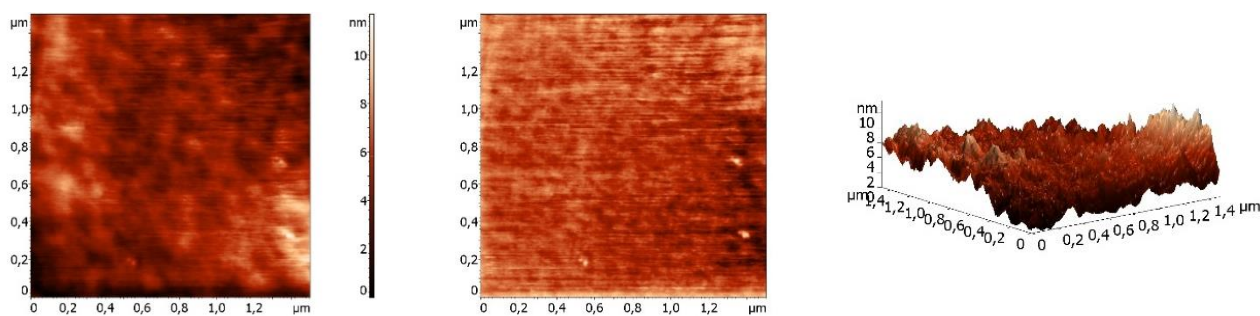
Рис. 4. ИК НПВО спектр пленки ПЭТФ
 1 – исходный образец; 2 – образец, обработанный в послесвечении разряда атмосферного давления, 3 – образец, обработанный в плазме пониженного давления

Приведенные результаты показывают, что концентрации карбонильных групп при обоих способах обработки близки, а концентрация O – H связей несколько выше при использовании для модифицирования полимера разряда атмосферного давления. В итоге общая концентрация полярных групп на поверхности полимера при использовании разряда атмосферного давления может быть выше, чем при пониженном давлении.

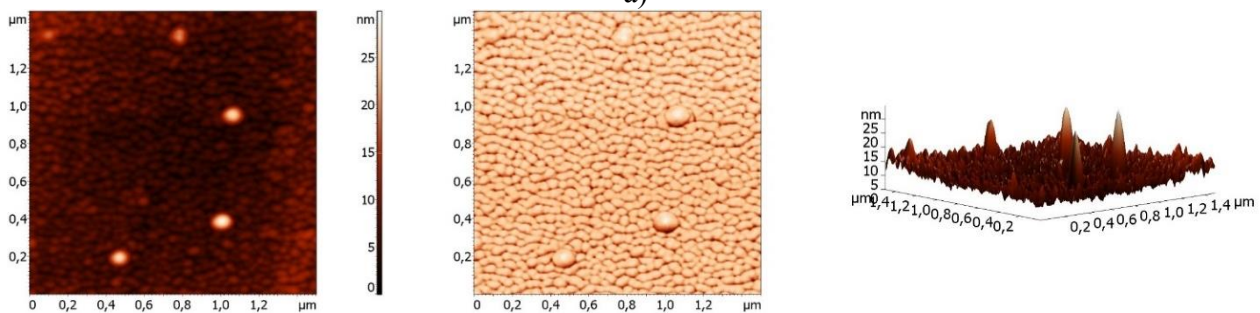
Таблица 1. Состав поверхности пленок ПЭТФ

Содержание кислорода в смеси, %	D_{3300}/D_{871}		D_{1713}/D_{871}		D_{1683}/D_{871}	
	пониженное давление	атмосферное давление	пониженное давление	атмосферное давление	пониженное давление	атмосферное давление
0	1,36	1,31	0,95	0,99	1,12	1,24
10	1,11	1,28	0,96	0,98	1,24	1,19
20	1,24	1,30	0,95	0,98	1,12	1,07
50	0,90	1,38	0,97	0,99	1,27	1,28
75	1,08	1,34	0,99	0,97	0,96	1,09
100	0,93	1,09	1,02	0,98	1,04	1,00

Исследование пленок ПЭТФ методом атомно-силовой микроскопии показало, что обработка полимера с использованием разряда как пониженного, так и атмосферного давления изменяет микрорельеф поверхности. В обоих случаях происходит травление поверхности активными частицами плазмы, в результате которого удаляется поверхностный слой и проявляется зернистая кристаллическая структура полимера (рис. 5), увеличивается шероховатость поверхности (рис. 6). На АСМ изображении пленки ПЭТФ после обработки в послесвечении разряда атмосферного давления наблюдается более глубокое травление, укрупнение и сглаживание образующихся на поверхности выступов, что наиболее наглядно представлено на трехмерном изображении и изображении в фазовом контрасте. Мы предполагаем, что в этом случае происходит локальное подплавление или размягчение поверхности образца, и наблюдаемые крупные образования могут быть застывшими «каплями» полимера на таких участках.



а)



б)

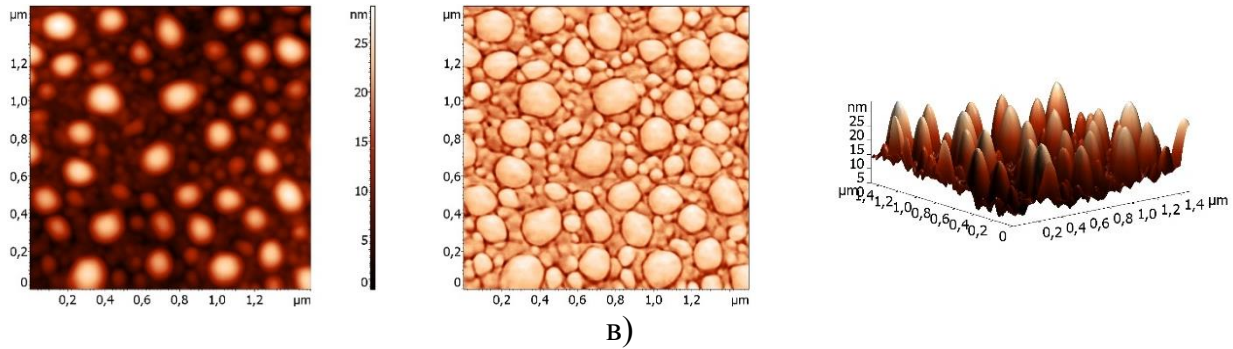


Рис. 5. Изображения поверхности пленок ПЭТФ, полученные методом атомно-силовой микроскопии: 2D – изображение, изображение в фазовом контрасте, 3D – изображение а) – исходный образец; б) – образец, обработанный в плазме аргона пониженного давления; в) – образец, обработанный в послесвечении разряда в аргоне атмосферного давления

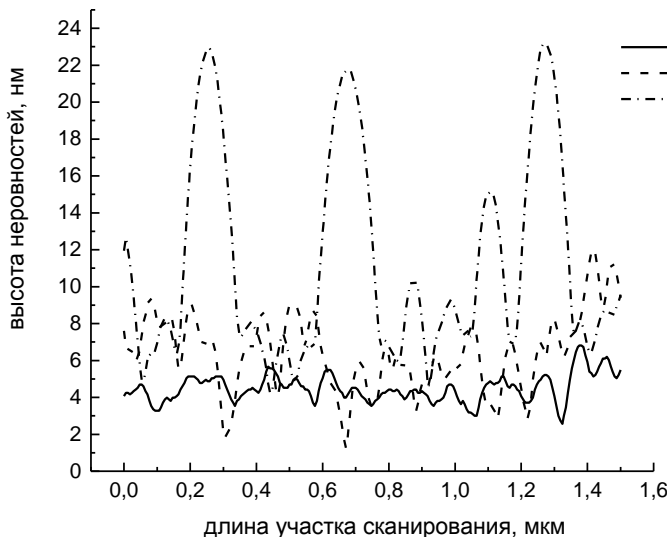


Рис. 6. Профиль поверхности пленки ПЭТФ
1 – исходный образец; 2 – образец, обработанный в плазме аргона пониженного давления;
3 – образец, обработанный в послесвечении разряда в аргоне атмосферного давления

Расчеты потоков активных частиц в зоне разряда в смеси аргон-кислород при пониженном и атмосферном давлении, приведенные в работе [1], показывают, что основными активными частицами плазмы смеси аргон-кислород, приводящими к окислению поверхности полимеров, могут быть атомы кислорода, метастабильные электронно возбужденные и колебательно возбужденные молекулы кислорода. При обработке полимеров в послесвечении разряда атмосферного давления к этим частицам добавляются гидроксил-радикалы, образующиеся при диссоциации паров воды окружающего воздуха.

В табл. 2 представлены диапазоны величин потоков этих частиц для смесей аргон – кислород различного состава. Обработка полимеров при атмосферном давлении проводилась на расстоянии 7 мм от зоны разряда. В результате рекомбинационных и дезактивационных процессов потоки активных частиц, достигающих образца, будут ниже, чем в зоне плазмы. Используя оценочное

значение времени жизни активных частиц, инициирующих процессы модифицирования полимеров в зоне послесвечения, приведенное в работе [2] для аналогичных условий эксперимента в воздухе и составляющее $1,3 \cdot 10^{-4}$ с, мы оценили величину уменьшения потоков этих частиц на расстоянии 7 мм от зоны плазмы. Полученное значение составляет ~ 2 раза. Это значит, что в условиях нашего эксперимента потоки активных частиц, взаимодействующих с полимером при атмосферном давлении, на несколько порядков величины больше, чем при пониженном давлении. Несмотря на это, наблюдаемые эффекты модифицирования поверхности ПЭТФ (изменение смачиваемости, окисление поверхности) в обоих случаях близки. В то же время значительно более высокие потоки активных частиц, достигающие полимера при обработке при атмосферном давлении, более высокая температура газа (1500 ± 50 К, согласно данным работы [2] для разряда атмосферного давления в воздухе) могут привести к локальному сильному нагреву поверхности полимера вследствие рекомбинации и дезактивации активных частиц, переноса тепла из зоны плазмы и теплового эффекта реакции окисления. Все это может быть причиной наблюдаемых изменений в топологии поверхности пленки ПЭТФ при обработке ее в послесвечении разряда атмосферного давления.

Таблица 2. Величины потоков активных частиц в зоне разряда в смеси аргон-кислород при пониженном и атмосферном давлении [1]

Активные частицы плазмы	Потоки активных частиц в зоне разряда, $\text{см}^{-2}\text{с}^{-1}$	
	Плазма пониженного давления Ar – O ₂ , давление газа 100 Па, ток разряда 80 мА, скорость потока газа 30 см/с	Плазма атмосферного давления Ar – O ₂ , ток разряда 15 мА, скорость потока газа 105 м/с
O(³ P)	$(5,0 - 25,1) \cdot 10^{16}$	$(2,9 - 38,9) \cdot 10^{20}$
O ₂ (b ¹ Σ _g ⁻)	$(1,8 - 11,6) \cdot 10^{16}$	$(1,8 - 19,1) \cdot 10^{20}$
O ₂ (V>0)	$(1,1 - 4,0) \cdot 10^{16}$	$< 1,0 \cdot 10^{18}$
ОН	-	$(0,2 - 4,3) \cdot 10^{20}$

Таким образом, несмотря на значительно более высокие потоки активных частиц, воздействующих на полимер при модифицировании с использованием разряда атмосферного давления, достигаемые результаты в изменении поверхностных свойств полимера (изменение смачиваемости, окисление поверхности) близки тем, что наблюдаются при обработке в плазме пониженного давления. В то же время обработка при атмосферном давлении приводит к более значительным изменениям микрорельефа поверхности.

Исследование проведено с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ (при поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-15-2021-671).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зайцева П. А., Смирнов С. А.* Низкотемпературная плазма как высоко эффективный источник активных частиц // Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием "Актуальные вопросы естествознания", 26 марта 2021 года. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. – С. 25 – 32.

2. *Петров А. Е., Шикова Т. Г., Титов В. А., Федорова А. Д.* Модифицирование поверхности полимерных пленок в послесвечении разряда атмосферного давления в потоке воздуха // Известия высших учебных заведений. Сер. Химия и химическая технология, 2012, т.55, вып.4, С.51-56.

УДК: 534.1

С. В. Шлычков, Ф. С. Шлычков

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»

ИДЕНТИФИКАЦИЯ УПРУГИХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация: представлена экспериментальная методика оценки упругих свойств образцов из различных материалов. Апробация происходит на примере образцов из древесины. На основании натурального эксперимента определяется величина первой собственной частоты образца, по которой определяется модуль упругости материала. Результаты сопоставляются с данными статических и численных экспериментов.

Ключевые слова: упругие свойства, модуль упругости, собственная частота.

S. V. Shlychkov, F. S. Shlychkov

IDENTIFICATION OF ELASTIC PROPERTIES OF STRUCTURAL MATERIALS

Abstract: an experimental method for assessing the elastic properties of samples from various materials is presented. Approbation takes place on the example of wood samples. On the basis of a full-scale experiment, the value of the first natural frequency of the sample is determined, according to which the modulus of elasticity of the material is determined. The results are compared with the data of a static and computation experiments.

Keywords: elastic properties, modulus of elasticity, eigenfrequency.

Введение

Идентификация упругих свойств древесины осуществляется разными способами: вибрационный, акустический, ультразвуковой, статический [1]. Настоящая работа ставит своей целью развитие вибрационного подхода. С этой целью можно использовать представленный достаточно доступный прибор в сочетании с персональным компьютером [2]. Он позволит в ряде случаев избежать использования дорогостоящих испытательных машин. В данном исследовании рассматриваются и решаются следующие задачи:

- Экспериментальное определение модуля упругости древесины.
- Масштабный фактор.
- Сопоставление результатов натуральных экспериментов с данными численных расчетов.

Описание методики эксперимента

Для проведения экспериментальных исследований использована специальная методика [3]. Она предполагает исследование упруго-диссипативных характеристик на стержневых образцах из древесины (1, рис.1). Выявляется собственная частота при возбуждении изгибных колебаний образца посредством детерминированного электромагнитного сигнала с изменяющейся частотой. Для обеспечения связи между неметаллическим образцом и электромагнитным датчиком использован металлический колпачок массой 0,5 г. (2, рис.1), плотно надетый на свободный конец образца. Принципиальная схема устройства изображена на рис.2.

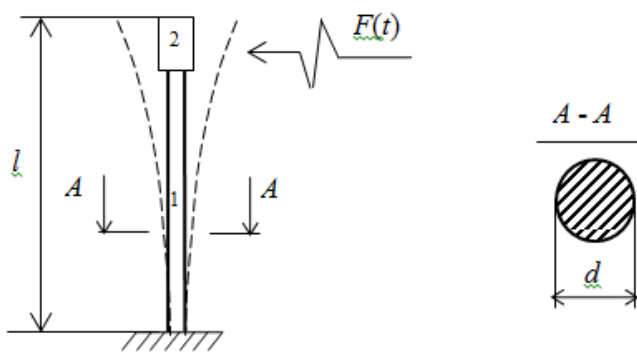


Рис. 1. Модель образца (1) с «колпачком» (2)

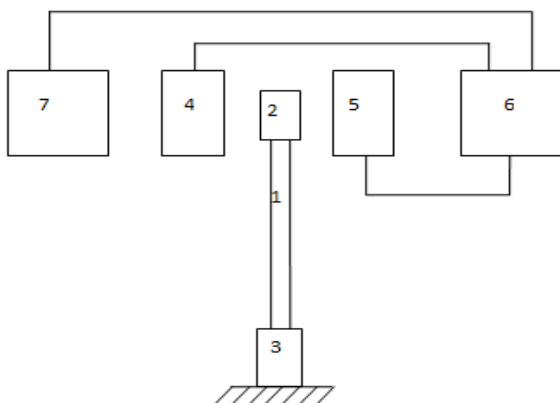


Рис. 2. Схема установки для определения упруго-диссипативных свойств образцов из древесины

Один конец образца закрепляется в станине прибора с помощью зажимного устройства 3. На электромагнитный датчик 4 подается гармонический сигнал заданной частоты с выхода звуковой платы 6 компьютера. Сигнал от колеблющегося вместе с образцом колпачка поступает на вход звуковой платы 6, и колебательный процесс отображается на экране монитора 7 посредством графопостроительной программы. При совпадении частоты вынуждающей силы с собственной частотой, происходит возрастание амплитуды колебаний, которое фиксируется на мониторе.

В случае прекращения подачи сигнала на электромагнитный вибратор 4 образец переходит в режим затухающих колебаний.

Экспериментальное исследование упругих характеристик

Для установления возможности идентификации модуля упругости материалов с помощью описанной выше установки (рис. 2) был поставлен и проведен ряд динамических экспериментов. Использованы четыре геометрически подобных образца из древесины сосны (№ 1 - 4), образец №5 более тонкий и длинный – из древесины сосны, №6 – из стекла. Характеристики образцов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Физические и геометрические параметры образцов

	№ Образцов					
	1	2	3	4	5	6
Материал	Древесина					Стекло
Масса [г]	0,72	0,88	1,08	0,93	0,91	6,47
Длина [мм]	150	150	152	150	200	165
Диаметр [мм]	33	31	31,5	33	25	42

Первые четыре образца сделаны подобными, а пятый и шестой отличны, как по типоразмерам, так и по материалам. Это сделано для проверки адекватности разрабатываемой методики. По экспериментально зафиксированной низшей собственной частоте образцов посредством методики [3] определен модуль упругости древесины. Для этого использовано известное соотношение для низшей собственной частоты, полученное методом Рэля для консольного образца с сосредоточенной массой на свободном конце (рис. 1).

$$f_1 = \sqrt{\frac{3EI}{ml^3 + \frac{33}{140}m_0l^4}} \quad (1)$$

Здесь I - момент инерции поперечного сечения образца, m - масса колпачка, m_0 - погонная масса, рассчитываемая для конкретного образца. Обладая сведениями по частоте колебаний и размерам образца, из формулы (1) получается выражение для модуля упругости

$$E = \frac{f_1^2 \cdot l^3 \cdot (m + 0,24m_0 l)}{3 \cdot I} \quad (2)$$

С помощью данного соотношения (2) были определены модули упругости для шести образцов. Результаты представлены в графе «динамика» табл. 2.

Другая серия экспериментов состояла в нахождении статического прогиба v в середине шарнирно-опертой балки – образца (см. рис. 3). Образец устанавливался на опоры, к его середине подвешивался груз, прогиб фиксировался посредством индикатора часового типа.

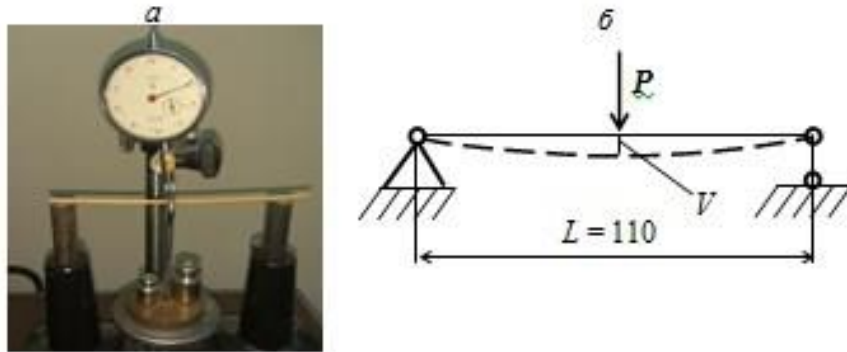


Рис. 3. Статический прогиб. а – Натурный эксперимент. б – Расчетная схема

Согласно [5] прогиб определяется выражением

$$v = \frac{P \cdot L^3}{48EI} \quad (3)$$

Используя формулу (3) для балки с круглым поперечным сечением модуль упругости определяется выражением

$$E = \frac{4P \cdot L^3}{3v\pi d^4} \quad (4)$$

Результаты экспериментов представлены в графе «статика» табл.2.

Таблица 2. Модули упругости [ГПа]

	№ образцов					
	1	2	3	4	5	6
Статика	22	15,4	20,3	17,9	11,9	57,6
Динамика	17,2	15,6	23,9	16,9	10,8	50,7

На основании полученных данных можно констатировать, упругие характеристики материала можно достаточно точно определять с помощью разработанного прибора [3]. Имеются некоторые расхождения, в пределах инженерной

точности, с результатами статического эксперимента. Это объясняется недостаточно качественной постановкой статических экспериментов.

Масштабный фактор. С целью оценки влияния геометрических размеров образца на его упругие свойства проведена серия опытов. Использовано два геометрически одинаковых образца длиной 180 мм и диаметром 5, вырезанных вдоль волокон древесины. Они последовательно исследованы посредством прибора [3]. В каждом случае определялся модуль упругости. После первой серии экспериментов диаметр образцов уменьшили, равномерно снимая материал с его поверхности до 4 мм, и провели вторую серию испытаний. Затем до 3 мм и эксперименты повторились в третий раз для каждого образца. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3. Упругие и динамические свойства образцов

№ образца	Диаметр образца [мм]		
	5	4	3
	Собственные частоты [Гц]		
1	88	69	40
2	72	55	43
	Модуль упругости [ГПа]		
1	16	20	18
2	12	14	13

Из табл. 3 видно, что величина модуля упругости существенным образом не зависит от размеров образца. Небольшие отклонения можно объяснить недостаточно равномерным снятием материала образца по его длине при уменьшении его размеров, что могло отразиться на его динамических свойствах.

Численные исследования. Для проверки адекватности разработанной экспериментальной методики в SolidWorks была создана дискретная конечно-элементная модель образца согласно реальным размерам (см. рис.4).

Для образца из древесины рассчитаны низшие собственные частоты и сопоставлены с результатами экспериментов. При этом моделировалось положение колпачка, как сверху – на конце образца 1 (см. рис. 1), так и посередине образца 1.

Результаты расчета и эксперимента представлены в табл. 4.

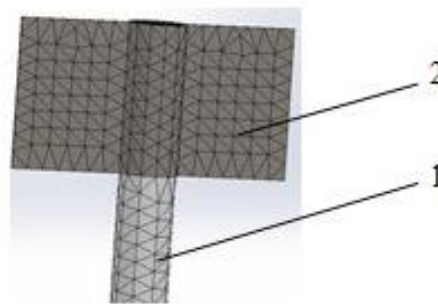


Рис. 4 Конечно-элементная модель образца с «колпачком» 2 сверху

Таблица 4. Собственные частоты образцов [Гц]

Положение «колпачка»	Расчет SolidWorks	Эксперимент
Сверху	163	153
Посередине	227	220

Следовательно, разработанная методика позволяет определять упругие свойства материалов с достаточно высокой степенью точности. Это подтверждается результатами натуральных и численных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Салдаева Е.Ю., Цветкова Е.М., Шлычков С.В. Идентификация упругих свойств древесины// Фундаментальные исследования. – 2013, №10, часть 12 – С.2625-2629. URL: www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=10002109
2. ГОСТ 16483.31-74. Древесина. Резонансный метод определения модулей упругости и сдвига и декремента колебаний.
3. Шлычков С.В. Методика оценки упруго-диссипативных характеристик материалов/ Сб. мат. Всерос. научн. конф. «Механика композиционных материалов и конструкций сложных и гетерогенных сред». Москва, 2015 г. – М.: ИПРИМ РАН, 2015. – С.311-313.
4. Светлицкий В.А., Стасенко И.В. Сборник задач по теории колебаний. Учебное пособие для вузов. Высшая школа, М. 1973. – С.156-157.
5. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. – Киев Наук. Думка, 1988. – 736 с.

УДК 614.841

А. Р. Якупова, Т. А. Мочалова, О. Е. Сторонкина

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩЕГО МАТЕРИАЛА «K-FONIK P» В ИСХОДНОМ ВИДЕ И ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ ОГНЕЗАЩИТНЫМ СОСТАВОМ «ОГРАКС-В-СК»

Аннотация: в статье описаны результаты исследований на определение пожарно-технических характеристик звукопоглощающего материала K-Fonik P, используемого в помещениях организации, до и после обработки огнезащитным терморасширяющимся составом Огракс-В-СК.

Ключевые слова: звукопоглощающий материал K-Fonik P, огнезащитный состав Огракс-В-СК, группа воспламеняемости, группа распространения пламени по поверхности, группа горючести.

A. R. Yakupova, T. A. Mochalova, O. E. Storonkina

STUDY OF THE FIRE HAZARD INDICATORS OF THE K-FONIK P SOUND-ABSORBING MATERIAL IN ITS STATE AND AFTER TREATMENT WITH THE OGRAKS-V-SK FIRE PROTECTIVE COMPOSITION

Abstract: the article describes the results of studies to determine the fire-technical characteristics of the sound-absorbing material K-Fonik P, used in the premises of the organization, before and after treatment with the flame retardant thermal expansion compound Ograks-V-SK.

Keywords: sound-absorbing material K-Fonik P, flame retardant composition Ograks-V-SK, flammability group, surface flame propagation group, flammability group.

В последние десятилетия мировое сообщество стало уделять особое внимание, воздействию шума на человека. Были проведены многочисленные исследования, разработаны жесткие нормативные требования для обеспечения, безопасной жизни и деятельности человека.

Чтобы оградить жилье от всевозможных шумов принимаются меры по звуко- и шумоизоляции. Особенно это актуально для тех, кто проживает в плотно заселенных районах или в центре города. Вопрос о пожарной безопасности является одним из главных в выборе звукопоглощающих и теплоизоляционных материалов, как для промышленного строительства, так и для обустройства жилых помещений.

Одним из материалов, используемых для шумоизоляции помещений, является звукопоглощающий материал K-Fonik P. Он имеет пирамидальную, волнистую поверхность, изготовлен из гибкого пенополиуретана с плотностью от 30-35 кг/м³ [4]. Наличие в составе материала пенополиуретана ставит вопрос о его пожароопасности.

С одной стороны, большинство марок пенополиуретана (ППУ) относится к сильногорючим веществам – классу Г4, в частности, такой класс имеют самые дешевые виды ППУ. Если в составе ППУ присутствуют антипирены (специальные добавки для снижения горючести), то он имеет более низкую горючесть, соответствующую классу Г3. Некоторые импортные виды жесткого ППУ причисляют к умеренногорючим (класс Г2) [5].

С другой стороны, благодаря своей структуре и химическим свойствам ППУ не поддерживает горения и не может быть очагом воспламенения. Это означает, что ППУ сам по себе горит только вблизи от источника возгорания, не распространяя пламя самостоятельно.

Кроме того, пенополиуретан, теплопроводность которого меньше, чем у любого другого утеплителя, может даже сдерживать распространение пламени. Это самозатухающий материал, который может сдерживать распространение пламени на другие материалы постройки. Чтобы обезопасить здание от горения ППУ в случае пожара, необходимо снизить его пожароопасность за счет обработки огнезащитным составом.

Одним из таких составов является огнезащитный терморасширяющийся материал Огракс-В-СК, представляющий собой воднодисперсионную пасту на основе полимерного материала, содержащего целевые наполнители. Покрытие не токсично, не выделяет вредных веществ при нагревании, не образует токсичных соединений в присутствии других веществ и факторов.

Огракс-В-СК изготавливается по ТУ 5728-021-13267785-00 и соответствует требованиям [6].

В связи с вышеизложенным, целью данной работы является исследование пожарно-технических характеристик звукопоглощающего материала К-Fonik P после обработки огнезащитным составом Огракс-В-СК.

У образцов звукопоглощающего материала К-Fonik P до и после обработки огнезащитным составом Огракс-В-СК определяли группу воспламеняемости по ГОСТ 30402-96, группу распространения пламени по поверхности по ГОСТ Р 51032-97, группу горючести по ГОСТ 30244-94.

Определение группы воспламеняемости по ГОСТ 30402-96 [2]

Для испытаний было подготовлено 16 образцов, имеющих форму квадрата, со стороной 165 ± 5 мм. Толщина образцов не превышала 70 мм. При изготовлении образцов экспонируемая поверхность восьми образцов не подвергалась каким-либо обработкам, а на оставшиеся восемь был нанесен огнезащитный терморасширяющийся состав Огракс-В-СК. Образцы были изготовлены в сочетании с негорючей основой. В качестве негорючей основы был использован асбестоцементный лист по ГОСТ 18124 толщиной 12 мм. Способ крепления был обеспечен плотным контактом поверхности материала и основы.

Перед испытанием образцы были кондиционированы до достижения постоянной массы при температуре 23 ± 2 С и относительной влажности $50 \pm 5\%$.

Огнезащитный терморасширяющийся материал Огракс-В-СК был нанесен на основу не менее чем в четыре слоя, при этом расход материала при нанесении на основу каждого слоя соответствовал принятому в технической документации (плотность сухого покрытия $1,4 \pm 0,2$ г/см³).

Испытания были проведены отдельно для материала без покрытия и отдельно для материала обработанного огнезащитным терморасширяющимся составом Огракс-В-СК.

Испытание исследуемых образцов провели по ГОСТ 30402-96 на установке определения воспламеняемости строительных материалов, группу воспламеняемости устанавливали по худшему результату.

Результаты исследования представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Результаты исследования звукопоглощающего материала К-Fonik P, на воспламеняемость (по ГОСТ 30402-96)

№№ образцов	Поверхностная плотность теплового потока, кВт/м ²	Время до устойчивого пламенного горения, с	Критическая поверхностная плотность теплового потока, кВт/м ²
1	30	8	0
2	20	8	
3	10	8	
4	5	8	
5	5	8	
6	5	8	
7	0	8	
8	0	8	

На основе анализа полученных результатов делаем вывод о том, что исследуемые образцы относятся к группе воспламеняемости В3 (легковоспламеняемые материалы).

Таблица 2. Результаты исследования звукопоглощающего материала К-Fonik P, обработанного огнезащитным терморасширяющимся составом «ОГРАКС-В-СК» на воспламеняемость (по ГОСТ 30402-96)

№№ образцов	Поверхностная плотность теплового потока, кВт/м ²	Время до устойчивого пламенного горения, с	Критическая поверхностная плотность теплового потока, кВт/м ²
1	30	80	10
2	20	255	
3	10	отсутствует	
4	15	380	
5	15	386	
6	15	382	
7	10	отсутствует	
8	10	отсутствует	

На основе анализа полученных результатов делаем вывод о том, что исследуемые образцы относятся к группе воспламеняемости В3 (легковоспламеняемые материалы).

*Определение группы распространения пламени по поверхности
по ГОСТ Р 51032-97 [3]*

Для испытания изготавливали 10 образцов звукопоглощающего материала К-Fonik P размером 1100 x 250 мм. Огнезащитный терморасширяющийся состав Огракс-В-СК был нанесен на основу в соответствии с технической документацией, но не менее чем в четыре слоя, при этом расход материала при нанесении на основу каждого слоя соответствовал принятому в технической документации.

Образцы кондиционировали при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ и относительной влажности $(65 \pm 5)\%$ не менее 72 ч.

Группу распространения пламени по поверхности определяли по ГОСТ Р 51032-97.

Результаты исследования представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3. Результаты исследования звукопоглощающего материала К-Fonik P, на определение группы распространения пламени по поверхности (по ГОСТ Р 51032-97)

№ образца	Время воспламенения, с	Продолжительность пламенного горения, с	Длина поврежденной части образца по продольной оси, мм		Значение КППТ, кВт/см ²	Температура в камере, °C
			L _i	L _{cp}		
1	до 8	600	1100	1100	0,4	126
2	до 8	600	1100			126
3	до 8	600	1100			125
4	до 8	600	1100			125
5	до 8	600	1100			125

На основе анализа полученных результатов делаем вывод о том, что исследуемые образцы относятся к группе распространения пламени РП4.

Таблица 4. Результаты исследования звукопоглощающего материала К-Fonik P, обработанного огнезащитным терморасширяющим составом «ОГРАКС-В-СК» на определение группы распространения пламени по поверхности (по ГОСТ Р 51032-97)

№ образца	Время воспламенения, с	Продолжительность пламенного горения, с	Длина поврежденной части образца по продольной оси, мм		Значение КППТ, кВт/см ²	Температура в камере, °C
			L _i	L _{cp}		
1	до 8	600	72	76	11,75	125
2	до 8	600	74			126
3	до 8	600	80			126
4	до 8	600	75			125
5	до 8	600	77			126

На основе анализа полученных результатов делаем вывод о том, что данные образцы относятся к группе распространения пламени РП1.

Определение группы горючести по ГОСТ 30244-94 [1]

Были подготовлены 12 образцов звукопоглощающего материала К-Fonik P длиной 1000 мм, шириной 190 мм. Образцы для стандартного испытания изготовили в сочетании с негорючей основой. В качестве негорючей основы использовались асбестоцементные листы толщиной 12 мм.

Толщина огнезащитного состава для других 12 образцов звукопоглощающего материала К-Fonik P соответствовала принятой в технической документации.

Результаты исследования представлены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5. Результаты исследования звукопоглощающего материала К-Fonik P, на определение группы горючести (по ГОСТ 30244-94)

№ испытания	№ образца	Температура дымовых газов, T, °C		Время достижения максимальной температуры, t _m , сек	Длина обгоревшего участка, L, см	Степень повреждения по длине, %		Масса образца, кг, S _m		Степень повреждения по массе, %		Продолжительность устойчивого горения, t _{с.г.} , сек
		T ₁₋₄	T _i			S _{Li}	S _L	до испытания, гн	после испытания, тгк	S _{mi}	S _m	
1	1	730	728	50	100	100	100	0,290	0	100	100	270
	2	729			100	100		0,290	0	100		
	3	725			100	100		0,280	0	100		
	4	728			100	100		0,285	0	100		
2	5	730	728,25	53	100	100	100	0,280	0	100	100	274
	6	728			100	100		0,290	0	100		
	7	727			100	100		0,287	0	100		
	8	728			100	100		0,283	0	100		
3	9	727	727,75	47	100	100	100	0,286	0	100	100	266
	10	729			100	100		0,288	0	100		
	11	728			100	100		0,280	0	100		
	12	727			100	100		0,295	0	100		

$T_{cp} = 728 \text{ }^{\circ}\text{C}; t_m = 50 \text{ с}; S_L = 100 \text{ } \%; S_m = 100 \text{ } \%; t_{c.g.} = 270 \text{ с.}$

Следует отметить, что при испытаниях наблюдался горящий капельный расплав.

Таким образом, на основе анализа полученных данных можно заключить, что образцы относятся к группе Г4.

Таблица 6. Результаты исследования звукопоглощающего материала К-Fonik P, обработанного огнезащитным терморасширяющим составом «ОГРАКС-В-СК», на определение группы горючести (по ГОСТ 30244-94)

№ испытания	№ образца	Температура дымовых газов, T, °C		Время достижения максимальной температуры, t _m , сек	Длина обгоревшего участка, L, см	Степень повреждения по длине, %		Масса образца, кг, S _m ,		Степень повреждения по массе, %		Продолжительность устойчивого горения, t _{с.г.} , сек
		T ₁₋₄	T _i			S _{Li}	S _L	до испытания, тн	после испытания, тн	S _{mi}	S _m	
1	1	84	83,2	450	0,66	66	71	0,855	0,805	5,8	10,7	0
	2	82			0,77	77		0,970	0,870	10,3		
	3	84			0,70	70		1,090	0,975	10,5		
	4	83			0,71	71		1,080	0,905	16,2		
2	5	81	84,2	446	0,65	65	71,5	0,865	0,815	5,8	10,5	0
	6	89			0,77	77		0,960	0,860	10,4		
	7	85			0,72	72		0,985	0,890	9,6		
	8	82			0,72	72		1,055	0,880	16,2		
3	9	87	84,5	454	0,69	69	71	0,900	0,850	5,5	9,5	0
	10	84			0,71	71		0,965	0,865	11,3		
	11	84			0,73	73		1,090	0,975	10,5		
	12	83			0,71	71		0,990	0,895	10,6		

T_{ср} = 84 °C; t_m = 450 с; S_L = 71,2 %; S_m = 10,2 %; t_{с.г.} = 0 с.

Таким образом, на основе анализа полученных данных можно заключить, что образцы относятся к группе Г2.

По результатам испытания звукопоглощающего материала К-Fonik P было установлено, что указанный материал относится к:

- группе горючести (ГОСТ 30244-94 «Материалы строительные. Метод испытания на горючесть») – Г4, т.е. в соответствии с требованиями ст. 13, п.5 [6] – к группе «сильногорючие»;

- группе воспламеняемости (ГОСТ 30402-96 «Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость») – В3, т.е. в соответствии с требованиями ст. 13, п.7 [6] – к группе «легковоспламеняемые»;

- группе распространения пламени по поверхности материала (ГОСТ Р 51032-97 «Материалы строительные. Метод испытания на распространение пламени») – РП4, т.е. в соответствии с требованиями ст. 13, п.8 [6] - к группе «сильнораспространяющие»;

По результатам испытания звукопоглощающего материала К-Fonik P, обработанного огнезащитным терморасширяющимся составом «ОГРАКС-В-СК», установили, что указанный материал относится к:

- группе горючести (ГОСТ 30244-94 «Материалы строительные. Метод испытания на горючесть») – Г2, т.е. в соответствии с требованиями ст. 13, п.5 [6] - группе «умеренногорючие»;

- группе воспламеняемости (ГОСТ 30402-96 «Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость») – В3, т.е. в соответствии с требованиями ст. 13, п.7 [6] – к группе «легковоспламеняемые»;

- группе распространения пламени по поверхности материала (ГОСТ Р 51032-97 «Материалы строительные. Метод испытания на распространение пламени») – РП1, т.е. в соответствии с требованиями ст. 13, п.8 [6] - к группе «нераспространяющие»;

Таким образом, у звукопоглощающего материала К-Fonik P после обработки огнезащитным терморасширяющимся составом «ОГРАКС-В-СК», по сравнению с исходным материалом, значительно улучшились такие показатели пожаровзрывоопасности, как группа распространения пламени по поверхности материала и группа горючести.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 30244-94 Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть.
2. ГОСТ 30402-96 Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость.
3. ГОСТ Р 51032-97 Материалы строительные. Метод испытания на распространение пламени (принят в качестве межгосударственного стандарта ГОСТ 30444-97).
4. [https:// www.k-flex.ru/produkty/zvukoizolyaciya/k-fonik-p](https://www.k-flex.ru/produkty/zvukoizolyaciya/k-fonik-p)
5. [https:// www.kucherenkoff.ru/goryuchest-uteplitelya-penopoliuretana-ppu/](https://www.kucherenkoff.ru/goryuchest-uteplitelya-penopoliuretana-ppu/)
6. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

РАЗДЕЛ 2

БИОЛОГИЯ, ЭКОЛОГИЯ И ЧЕЛОВЕК

УДК 614.78

М. Е. Бабич

ФГБОУ ВО Дальневосточная пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России – филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России

ВОЛАТИЛЬНОСТЬ ОЦЕНКИ РИСКА КАНЦЕРОГЕННОСТИ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ РАДИОЧАСТОТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТАХ

Аннотация: в работе рассматривается объединенный анализ экспериментальных исследований от использования мобильного телефона, рации и риске новообразований головного мозга и других видов рака. Подробно анализируются методы оценки соответствия пределам безопасности беспроводных радиопередатчиков.

Ключевые слова: радиочастотное электромагнитное поле, микроволновый диапазон, сотовые телефоны, онкология, когортное исследование, человек.

M. E. Babich

VOLATILITY OF ASSESSING THE RISK OF CARCINOGENICITY FROM EXPOSURE TO RADIO FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS DURING EMERGENCY RESCUE OPERATIONS

Abstract: in the work, considers a combined analysis of experimental studies on the use of mobile phones, walkie-talkies, and the risk of brain tumors and other cancers. Methods for assessing compliance with the safety limits of wireless radio frequency devices are analyzed in detail.

Keywords: radio frequency electromagnetic field, microwave range, cell phones, oncology, cohort study, human.

В профессиональной деятельности пожарно-спасательных подразделений федеральной противопожарной службы МЧС России ежедневно используются средства мобильной связи, сотовые телефоны, рации, компьютерная техника, работающие на определенных частотах от 600 МГц до 2700 МГц, поэтому необходимо изучать вопросы по влиянию на здоровье радиочастотного электромагнитного поля (РЧ ЭМП), защиты от него и мер профилактики воздействия. Повышение безопасности всегда было одним из ведущих мотивов в дея-

тельности людей. Потребность в защищённости признаётся одной из фундаментальных потребностей человека.

Радиочастотное излучение – это форма электромагнитного излучения. Электромагнитное излучение можно разделить на два типа: ионизирующее (например, рентгеновское и космическое) и неионизирующее (например, радиочастотное и крайне низкочастотное или энергетическое). Электромагнитное излучение определяется в соответствии с его длиной волны и частотой, которая представляет собой число циклов волны, проходящей через точку отсчета в секунду. Электромагнитные частоты описываются в единицах измерения, называемых герцами (Гц).

Частота радиочастотного электромагнитного излучения колеблется от 30 кГц до 300 ГГц. Электромагнитные поля в радиочастотном диапазоне используются для телекоммуникационных приложений, включая сотовые телефоны, телевизоры, компьютеры, рации, радары и радиопередатчики. Человеческое тело поглощает энергию от устройств, излучающих радиочастотное электромагнитное излучение. Доза поглощенной энергии оценивается с помощью меры, называемой удельной скоростью поглощения (SAR), которая выражается в ваттах на килограмм массы тела [1].

Известно, что воздействие ионизирующего излучения, например, рентгеновского, увеличивает риск развития рака. Однако, хотя многие исследования изучали потенциальное воздействие на здоровье неионизирующего излучения от радаров, микроволновых печей, сотовых телефонов и других источников, в настоящее время нет последовательных доказательств того, что неионизирующее излучение увеличивает риск развития рака у людей [2].

Единственным общепризнанным биологическим эффектом радиочастотного излучения на человека является нагрев тканей. Способность микроволновых печей нагревать пищу является одним из примеров такого эффекта радиочастотного излучения. Радиочастотное воздействие от использования сотового телефона действительно вызывает нагревание области тела, где находится сотовый телефон или другое устройство (например, ухо и голова). Однако этого недостаточно для значительного повышения температуры тела. Других четко установленных воздействий на организм человека от радиочастотного излучения не существует

Сотовые сети 2G и 3G, которые преимущественно используются для голосовых вызовов и текстовых сообщений, работают на определенных частотах от 800 до 1900 МГц. Сети 4G и 4G-LTE, которые включают дополнительные частоты между 700 и 2700 МГц, были разработаны для поддержки повышенных потребностей в данных, таких как потоковое видео, доступ в Интернет и загрузка файлов.

Современные сотовые телефоны используют несколько антенн, которые позволяют им работать на платформах 2G, 3G и 4G для обеспечения максимального географического охвата, подключения и скорости. Технология 5G бу-

дет использовать те же частоты, что и старые технологии, но она также будет иметь более высокие частоты радиоволн известные как миллиметровые волны.

Эти более высокие частоты, достигающие 60 000 МГц, могут быстро передавать огромные объемы данных с увеличенной пропускной способностью сети. Таким образом, ожидается, что по мере продвижения вперед пользователи беспроводной связи будут подвергаться воздействию гораздо более широкого спектра радиочастотных частот.

Миллиметровые волны, подобные используемым в 5G, не распространяются так далеко и не проникают в тело так глубоко, как радиоволны на более низких частотах, используемых в современных сетях 2G, 3G и 4G. Большая часть поглощения на более высоких частотах происходит в коже.

На более низких частотах радиочастотное излучение проникает на 7–10 см. в человеческое тело. В исследованиях на крысах воздействие радиоволн на частоте 900 МГц вызывало опухоли в сердце, мозге и надпочечниках. Однако радиоволны на частотах 5G миллиметровых волн не проникает достаточно глубоко, чтобы достичь этих тканей.

Кроме того, поскольку более высокие частоты в сети 5G достигают более коротких расстояний и не проникают через физические барьеры, требуется значительно больше передатчиков и антенн для обеспечения покрытия потребителей. Поэтому близость людей к антеннам может увеличиться, что потенциально может привести к более высоким экспозициям.

Однако, поскольку антенн будет больше, уровни мощности радиоволн для 5G могут быть ниже, чем те, которые в настоящее время используются для 2G, 3G и 4G. В совокупности все эти исследования дают нам уверенность в том, что нынешние пределы безопасности радиации сотовых телефонов остаются приемлемыми для защиты здоровья населения. [2].

Однако электромагнитные поля могут причинить вред здоровью и по другим причинам: низкочастотные электрические и магнитные поля, могут производить электрические поля и токи в человеческом теле. Риск развития рака мозга увеличивается с возрастом. С 2015 по 2019 год на каждые 100 000 человек в возрасте до 65 лет приходилось менее 4,5 случая рака мозга, по сравнению с примерно 19,1 случая на каждые 100 000 человек в возрасте 65 лет и старше [3].

Эпидемиологические исследования воздействия РЧ ЭМП используют информацию из нескольких источников, включая вопросники и данные поставщиков услуг сотовой связи, для оценки радиочастотного облучения. Прямые измерения пока невозможны вне лабораторных условий. Оценки воздействия РЧ ЭМП учитывают следующее: как «регулярно» участники исследования пользуются мобильными телефонами (количество звонков в день, неделю или месяц), возраст и год, когда участники исследования впервые воспользовались мобильным телефоном, а также возраст и год последнего использования (позволяет рассчитать продолжительность использования и время с момента начала использования) и общее количество часов использования, рассчитанное

из продолжительности типичного времени вызова, частоты использования и продолжительности использования [4].

Ученые провели несколько типов эпидемиологических исследований на людях, чтобы изучить возможности риска возникновения раковых опухолей головного мозга, таких как глиомы, а также доброкачественных опухолей, таких как акустическая невринома (опухоль в клетках нерва, отвечающие за слух), менингиомы (как правило, доброкачественные опухоли в оболочках, которые покрывают и защищают головной и спинной мозг), а также новообразования околоушной слюнной железы от воздействия радиоволн сотового телефона [4].

В одном типе исследования, называемом исследованием случай – контроль, использование сотового телефона сравнивается между людьми с этими типами опухолей и людьми без них. В другом типе исследования, называемом когортным исследованием, большая группа людей, у которых не было рака на момент поступления в исследование, отслеживается с течением времени и сравнивается частота этих опухолей у людей, которые пользовались и не пользовались мобильными телефонами.

Количественные результаты заболеваемости раком, также могут быть проанализированы с течением времени, чтобы увидеть, изменились ли показатели опухолей головного мозга в больших популяциях в течение времени, когда использование сотового телефона резко возросло. Эти исследования не показали четких доказательств связи между использованием сотового телефона и раком, однако исследователи сообщили о некоторых статистически значимых ассоциациях для определенных подгрупп людей.

Три крупных эпидемиологических исследования изучили возможную связь между использованием сотового телефона и новообразованиями: Interphone, исследование случай-контроль; и два когортных исследования: Датское исследование и «Исследование миллиона женщин».

Interphone – это самое крупное исследование, связанное с использованием сотового телефона и риском развития опухолей головы и шеи. Его проводил консорциум исследователей из 13 стран. Данные были получены из анкет, заполненных участниками исследования [5].

Датское исследование – это когортное исследование, проведенное в Дании, связало платежную информацию от более чем 358 000 абонентов сотовых телефонов с данными о заболеваемости опухолями головного мозга из Датского онкологического регистра. Оба исследования показали, что никакой связи между использованием сотового телефона и заболеваемостью глиомой, менингиомой или невромой слухового нерва не наблюдалось даже среди людей, которые были абонентами сотового телефона в течение 15 или более лет [6].

Исследование миллиона женщин – в этом когортном исследовании, проведенном в Великобритании, использовались данные, полученные из анкет, заполненных участниками исследования.

Исследование показало, что использование сотового телефона не было связано с повышенным риском развития глиомы, менингиомы или опухолей периферической нервной системы.

Из-за противоречивых результатов эпидемиологических исследований на людях и отсутствия четких данных предыдущих экспериментальных исследований на животных в 2009 году Управление по контролю за продуктами питания и лекарствами США назначило исследование радиочастотного облучения, связанное с воздействием сотового телефона, для изучения на животных моделях. Этот большой проект проводился в реверберационных камерах, в которых определяли и контролировали источники радиации и измеряли их воздействие. Первичными наблюдаемыми исходами были небольшое количество раковых шванновских клеток в сердце и нераковые изменения (гиперплазия) в тех же тканях у крыс.

Эти экспериментальные результаты поднимают новые вопросы относительно возможности того, что радиочастотное излучение может привести к клеточным изменениям, и открывают потенциальные возможности для дальнейших лабораторных исследований.

В 2018 году Научный комитет Европейской комиссии по возникающим и вновь выявленным рискам для здоровья пришел к выводу, что в целом эпидемиологические исследования воздействия радиочастотного электромагнитного излучения сотового телефона не показывают повышенного риска развития опухолей головного мозга или других видов рака головы и шеи. Комитет также заявил, что эпидемиологические исследования не указывают на повышенный риск развития других злокачественных заболеваний, включая детский рак [7].

Рабочая группа Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) классифицировала использование сотовых телефонов как «возможно канцерогенное для человека» на основе ограниченных данных исследований на людях, ограниченных данных исследований РЧ ЭМП и рака у грызунов и противоречивых данных механистических исследований. Рабочая группа ВОЗ указала, что, хотя исследования на людях были подвержены предвзятости, результаты не могут быть отвергнуты как отражающие только предвзятость, и что причинно-следственная интерпретация не может быть исключена. Рабочая группа ВОЗ заявила, что исследование риска развития рака головного мозга, связанного с использованием сотовых телефонов, создает сложные методологические проблемы при проведении исследований, а также при анализе и интерпретации полученных результатов [7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кравченко Д.В., Солодяников Д.С.* Определение характеристик электромагнитных полей. – М.: Высшая школа, 2001.
2. *Шуц Д., Лагориос, Берзани Ф.* Электромагнитные поля и эпидемиология: обзор Международной школы биоэлектромагнетизма. Биоэлектромагнетизм. 2009. № 30 – С. 511 -524.

3. Ленн С., Ферсен В., Вехиа П. Уровни выходной мощности мобильных телефонов в различных географических районах; последствия для оценки воздействия. Профессиональная и экологическая медицина. 2004. № 61(9) – С. 769-772.

4. Ольбом А, Грин А, Хейфец Л. Эпидемиология последствий радиочастотного воздействия на здоровье. Перспективы здоровья окружающей среды. 2004. №112(17) – С. 1741-1754.

5. Кардис Е., Армстронг Б., Боумен Д. Риск развития опухолей головного мозга в связи с расчетной дозой радиочастотного излучения от мобильных телефонов: результаты из пяти стран. Медицина труда и окружающей среды. 2011. № 68(9) – С.631-640.

6. Йохансен С, Бойс Дж, Олсен Д. Сотовые телефоны и рак: общенациональное когортное исследование в Дании. Журнал национального института онкологии 2001. № 93(3) – С. 203-207.

7. Харделл Л, Карлберг М, Ханссон Милд К. Объединенный анализ исследований случай-контроль по злокачественным опухолям головного мозга и использованию мобильных и беспроводных телефонов, включая живых и умерших испытуемых. Международный онкологический журнал. 2011. №38(5) – С.1465-1474.

УДК 351.861

О. Г. Зейнетдинова, Е. С. Титова, Р. Р. Хайсанов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ПРИМЕРЕ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Аннотация: авторами рассмотрены особенности расчета экологического ущерба, причиняемого лесными пожарами для крупных массивов лесных пожаров, определены основные проблемы в существующих на данный момент методах и алгоритмах.

Ключевые слова: лесной пожар, прогнозирование, экологический ущерб, экологические последствия.

O. G. Zeynetdinova, E. S. Titova, R. R. Khaysanov

FEATURES OF ASSESSING THE ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF FOREST FIRES ON THE EXAMPLE OF THE KRASNOYARSK TERRITORY

Abstract: the authors consider the features of calculating the environmental damage caused by forest fires for large forest fires, identify the main problems in the currently existing methods and algorithms.

Keywords: forest fire, forecasting, environmental damage, environmental impacts.

Огромное влияние на экологическое состояние как отдельных регионов, так и всей планеты оказывают лесные пожары. Гибель растительного, животного мира, микроорганизмов, выгорание почвы, глобальное загрязнение атмосферы – все это накладывает неизгладимый след как на состояние экосистем, так и на здоровье населения. И здесь очень остро встает необходимость расчета эколого-экономического ущерба от лесных пожаров. Основной проблемой является отсутствие единой унифицированной методики определения ущерба, которая бы отличалась достаточной прозрачностью расчетов.

Методика расчета ущерба лесным насаждениям от лесных пожаров (Приказ федерального агентства лесного хозяйства от 30 июля 2021 года № 616) была разработана в целях реализации федерального проекта «Сохранение лесов» национального проекта «Экология» в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». В соответствии с данной методологией ущерб от лесных пожаров складывается от из потери древесины на корню, ущерба от погибших молодняков, ущерба от сгоревшей и поврежденной лесной продукции. Для реальной оценки экологического ущерба от лесных пожаров этих показателей явно недостаточно и они никогда не отразят реальную картину вреда, нанесенного окружающей среде природным бедствием.

Инструкция по определению ущерба, причиняемого лесными пожарами, утвержденная утверждена приказом Рослесхоза от 3 апреля 1998 года №53 для оценки именно экологического ущерба предусматривает оценку стоимости потерь древесины на корню в средневозрастных, приспевающих, спелых и перестойных насаждениях; ущерба от повреждения молодняков естественного и искусственного происхождения; ущерба от повреждения ресурсов побочного лесопользования; стоимости сгоревших объектов и готовой продукции в лесу (снижение стоимости объектов и готовой продукции, поврежденных пожаром); расходов на расчистку горельников и дополнительные санитарные рубки в насаждениях, поврежденных лесными пожарами; ущерб от снижения почвозащитных, санитарно-гигиенических, водоохранных и других средообразующих функций леса; ущерб от загрязнения воздушной среды продуктами горения, ущерб от гибели животных и растений, включая занесенных в Красную книгу Российской Федерации. При анализе существующих методик мы столкнулись с проблемой усреднения отдельных составляющих экологического ущерба.

Мы провели детальный анализ расчета экологического ущерба от лесных пожаров на примере лесов Красноярского края. Для работы мы брали данные по горимости лесов за период 2017-2021 гг.

Общая площадь лесов Красноярского края составляет 168,1 млн га, 70% территории занята лесами. Лесные массивы расположены в бассейнах рек – Маны, Енисея Нижней тунгуски, Большой и Малой Хеты и их притоков.

Общая площадь лесов на землях лесного фонда составляет - 158743,269 тыс. га, или 67,07%; леса. Кроме того на территории края имеются леса, распо-

ложенные на землях населенных пунктов, - 65,939 тыс. га, или 0,03%; леса, расположенные на землях особо охраняемых природных территориях - 5028,157 тыс. га, или 2,12%; леса, расположенные на землях обороны и безопасности, - 55,916 тыс. га, или 0,02%; леса, расположенные на землях иных категорий, - 60,547 тыс. га, или 0,03%.

По данным лесного плана Красноярского края хвойные породы занимают 79887,3 тыс. га, мягколиственные породы – 17993,3 тыс. га, что составляет 81,6 % и 18,4 % соответственно.

Леса, расположенные на землях лесного фонда Красноярского края, по своему целевому назначению делятся на защитные леса, эксплуатационные леса и резервные леса. При этом площадь защитных лесов составила 54446,951 тыс.га (34,30 %), эксплуатационных лесов - 60726,105 тыс.га (38,25 %), резервных лесов - 43570,213 тыс.га (27,45 %) от общей площади лесного фонда 158743,269 тыс.га.

Леса Красноярского края отличаются большим разнообразием древесных пород. Главными лесообразующими породами являются сосна (13305,5 тыс. га), лиственница (43676,4 тыс. га), кедр (9688,8 тыс.га), береза (15470,8 тыс. га). Хвойные насаждения располагаются на территории 79620,2 тыс. га и занимают 75,9% от покрытых лесной растительностью земель.

Возрастная структура древостоев характеризуется преобладанием спелых и перестойных лесных насаждений (61478,5 тыс. га), составляющих 58,6 % от площади земель, покрытых лесной растительностью. Доля спелых и перестойных лесных насаждений в составе хвойных насаждений составляет 65,2 % от покрытой лесной растительностью земель (79620,2 тыс. га).

В распределении по группам возраста и среди хвойных древесных пород, и среди мягколиственных преобладают спелые и перестойные лесные насаждения – 65,2 % и 50,1 % соответственно.

За анализированный период от пожаров пострадало 61896,14 га. Мы определили объем сгоревшей древесины по основным лесообразующим видам пород (см. таблицу). Мы проводили расчет ущерба с учетом, что основными лесообразующими породами являются сосна, ель, пихта, лиственница, кедр. Так же на территории края произрастают в незначительном количестве мягколиственные породы.

С учетом гибели основных лесообразующих пород на территории Красноярского края ущерб от потерь древесины составил: 407163356,02 руб.

При определении потерь от повреждения отдельного ресурса побочного лесопользования необходимо иметь данные о ставках лесных податей, величину эксплуатационного урожая на 1 га и размеры площади, на которой поврежден соответствующий ресурс. Но, если не имеется возможности детального анализа, ущерб от этого вида повреждения определяется на уровне 5% от суммарной стоимости потерь древесины и ущерба от повреждения молодняков искусственного и естественного происхождения, что значительно удешевляет

этот показатель. По нашим расчетам ущерб от повреждения ресурсов побочного лесопользования составил 20358167,80 руб.

Таблица **Объем сгоревшей древесины в результате лесных пожаров за 2017-2022 гг. на территории Красноярского края**

Лесообразующая порода	Запас древесины с, м³/га	Объем древесины на площади, подверженной пожарам под, м³	Коэффициент выгорания	Объем сгоревшей древесины, м³
сосна	35	2166365	0,2	433272,98
ель	15	928442,1	0,5	464221,05
пихта	21	1299819	0,6	779891,364
лиственница	20	1237923	0,1	123792,28
кедр	31	1918780	0,3	575634,102
мягколиственные породы	29	1794988	0,25	448747,015
Итого		9346317,1		2825558,791

Ущерб окружающей природной среде включает в себя три показателя, которые учитывают почвозащитные, санитарно-гигиенические, водоохранные и другие средообразующие функции леса, загрязнения атмосферного воздуха продуктами горения и ущерб от гибели животных и растений.

Величина коэффициента экологической значимости лесов зависит от группы лесов и категорий защищенности лесов. Средний коэффициент для лесов Красноярского края, определенный нами, составил 0,75. Ущерб от снижения средозащитных функций леса составил 305372517,02 руб.

Не смотря на то, что при горении древесины выделяется более 100 различных поллютантов, в стандартной методике учитываются только четыре вещества – оксид азота, углеводороды, оксид азота, взвешенные частицы. Эти расчеты не формируют реального представления об ущербе, наносимом атмосферному воздуху в результате загрязнения продуктами горения биоматериала.

По нашим расчетам ущерб от загрязнения окружающей среды продуктами горения, рассчитанный по стандартной методике составил 7412609,824 руб. Если мы учтем хотя бы десять веществ, которые стандартно берутся при определении экологического ущерба при горении веществ и материалов, то ущерб для атмосферы увеличится на 43,5 тыс. рублей

Опять же ущерб от гибели животных и растений, как правило рассчитывается в размере 5 % от ущерба, причиняемого в виде стоимости потерь древесины на корню, и ущерба от повреждения молодняков искусственного и естественного происхождения, что является очень усредненным показателем и совершенно не отражает особенности региона. Ущерб от гибели животных и растений по нашим расчетам составил 20358167,80 руб.

Безусловно, лесные пожары наносят значительный урон хозяйственной деятельности. Экологический ущерб, причиненный в результате лесных пожаров на территории Красноярского края за 2017-2021 гг. составил 757058277,8 рублей. И это с учетом, что за рассматриваемый период не было катастрофических пожаров, как например в 2015 г.

При рассмотрении структуры эколого-экономического ущерба от лесного пожара значительная часть приходится на ущерб, причиняемый лесным пожаром окружающей природной среде – 43,53 % от общей суммы ущерба. 53,78 % приходится на потери стоимости древесины, и 2,69 % на долю повреждения ресурсов побочного лесопользования.

Но в результате вычислений, мы отметили, что действующая на данный момент методика, которая является нормативным документом для лесных хозяйств, имеет ряд ограничений и условно принятых параметров.

В частности, при расчете экологического ущерба не разработаны критерии для определения объемов сгорания органических веществ на единицу площади лесного массива, а берется процент от суммарной стоимости древесины. Так же не разработаны нормативы численности погибших животных ни для лесного хозяйства в целом, ни для отдельных регионов. В данную методику не входит определение экологического ущерба при повреждении плодородного слоя почвы. Поэтому полученные данные по оценке экологического ущерба являются весьма приблизительными, и сама методика нуждается в дальнейшем усовершенствовании. На данный момент наиболее подробно в существующих методиках отражены вопросы расчета ущерба от потерь древесины, но для экономической оценки влияния лесных пожаров на экологические системы и здоровье населения этих данных явно недостаточно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зейнетдинова О. Г.* Эколого-экономический ущерб от лесных пожаров на примере Ивановской области/ Зейнетдинова О.Г., Данилов П. В., Жиганов К. В., Разводов М. А. // Сетевой интернет-журнал.- Выпуск 1 - 2020. – с. 83-87.
2. *Дрововозова Т. И.* Экологические последствия лесных пожаров/ Дрововозова Т. И., Федченко В. Ю., Кудрявцева А. С.// Национальная ассоциация ученых.-№4 (31).- 2017.- с. -35-38.
3. *Крот А. А.* Методика оценки экономического ущерба от пожара в лесном фонде: современный подход/ Крот А.А., Дмитракович Н.М.// Вестник Полесского государственного университета. Серия общественных и гуманитарных наук.- № 2.- 2019.- с. 3-12.

УДК 628.316.6.094.3

П. А. Иванова, В. И. Гриневич, А. Н. Иванов, А. А. Игнатъев

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ С УЧАСТИЕМ ПЕРМАНГАНАТ ИОНОВ, ИНИЦИИРУЕМЫЕ В ЗАМКНУТОМ РЕАКТОРЕ ДБР, В ВОДНОМ РАСТВОРЕ

Аннотация: в данной статье описана проблема загрязнения воды ионами тяжелых переходных металлов, и рассмотрена возможность использования продвинутых окислительно-восстановительных процессов, как эффективных методов очистки воды от данного вида загрязнителей. На примере водных растворов перманганата калия, представлены результаты его обработки в реакторе диэлектрического барьерного разряда планарного типа. При воздействии ДБР на $KMnO_4$ происходит образование мелкодисперсного (коллоидного) диоксида марганца MnO_2 . Эффективность восстановления достигает 78% для минимального содержания перманганата калия в исходном растворе.

Ключевые слова: перманганат калия, экология, активные частицы, диэлектрический барьерный разряд.

P. A. Ivanova, V. I. Grinevich, A. N. Ivanov, A. A. Ignatev

OXIDATIVE-REDUCING PROCESSES WITH THE PARTICIPATION OF PERMANGANATE IONS INITIATED BY DBD REACTOR IN AQUEOUS SOLUTION

Abstract: this article describes the problem of water pollution with heavy transition metal ions, and considers the possibility of using advanced redox processes as effective methods of water purification from this type of pollutants. Using aqueous solutions of potassium permanganate as an example, the results of its processing in a planar-type dielectric barrier discharge reactor are presented. When $KMnO_4$ is exposed to DBD, finely dispersed (colloidal) manganese dioxide MnO_2 is formed. The recovery efficiency reaches 78% for the minimum content of potassium permanganate in the initial solution.

Key words: potassium permanganate, ecology, active species, dielectric barrier discharge.

В последние 10-15 лет значительно выросло число работ, посвященных эффектам воздействия электрических газовых разрядов атмосферного давления различного типа на водные растворы органических и неорганических соединений. Интерес к плазменно-растворным системам обусловлен, тем, что это спо-

соб очистки воды от различного рода загрязнений, преимущественно органической природы [1]. А также, это перспективный метод получения мелкодисперсных порошков неорганических элементов и их соединений [2].

К преимуществам данных методов можно отнести относительную техническую простоту реализации процесса, отсутствие необходимости использования посторонних реагентов, способных дополнительно загрязнять жидкую фазу и/или полученное вещество, и небольшую стоимость, обусловленную затратами только на электроэнергию [3-4].

Промышленные и бытовые сточные воды, помимо органических загрязнений, содержат примеси тяжелых металлов, либо в виде катионов, либо в составе анионов [5]. При этом очистка водных источников от данного вида загрязнителя, с использованием плазменно-растворных систем, практически не изучена, а попытки исследовать его еще только ведутся.

Целью работы явилось изучение кинетики восстановления водных растворов перманганата калия, под действием ДБР в замкнутом реакторе.

Ионы тяжелых металлов относятся к числу наиболее опасных для окружающей среды загрязнителей [6,7]. Тяжелыми металлами и металлоидами принято считать те элементы, плотность которых более 4 г/см^3 [8].

Тяжелые металлы не поддаются биологическому разложению в окружающей среде. Присутствие химических элементов в питьевой воде очень опасно для здоровья человека, т.к. даже наличие металлов в низких концентрациях способно приводить к: множественным поражениям внутренних органов, вызывать отеки легких, поражению почек, печени, пищевода, желудка и кожи [9].

Тяжелые металлы негативно влияют и на водные организмы (фитопланктон, зоопланктон и рыбу). Накапливаясь во внутренних органах, они нарушают работу внутренних функций у рыб, что приводит к эндокринным заболеваниям и ослаблению иммунной системы, что также влияет на их размножение и рост [10].

Таким образом, особую опасность для окружающей среды представляют устойчивые загрязняющие вещества, в отношении которых традиционные методы водоочистки зачастую оказываются малоэффективными. Это доказывается постоянным обнаружением данных загрязнителей в водоемах по всему миру. Поэтому необходимо совершенствование действующих и создание новых эффективных методов и технологий для очистки вод от тяжелых металлов.

В качестве объекта исследования использовались водные растворы перманганата калия с различными начальными концентрациями, равными: 5 мг/л; 20 мг/л; 50 мг/л; 80 мг/л. Эксперимент проводился на установке, основным элементом которой служил плазмохимический ДБР реактор, представленный на рис. 1.

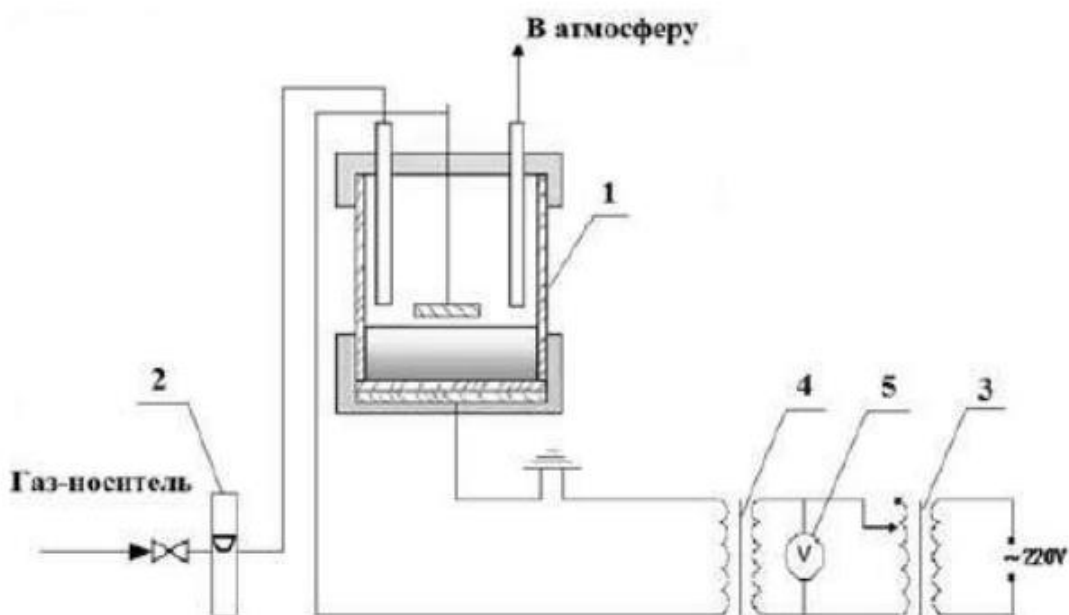


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 –плазмохимический реактор; 2 – газовый расходомер; 3 – ЛАТР; 4 –высоковольтный трансформатор; 5 – вольтметр

Плазмохимический реактор (рис. 1) представлял собой стеклянный сосуд цилиндрической формы, внутренний диаметр которого составлял 60 мм. Дно ячейки располагалось на подставке 3, выполненной из политетрафторэтилена (ПТФЭ). Толщина диэлектрического барьера между электродом из алюминиевой фольги (\varnothing 60 мм, толщиной 20 мкм) и обрабатываемым раствором составляла 3 мм. Сосуд герметично закрывался крышкой, выполненной из ПТФЭ, в которой был вмонтирован электрод, изготовленный из алюминия (\varnothing 30 мм). Для регулирования межэлектродного зазора, верхний неизолированный электрод монтировался в крышку с помощью резьбы. Для подачи и удаления плазмообразующего газа в крышку были также вмонтированы два стеклянных патрубка.

Барьерный разряд возбуждался от высоковольтного источника питания, величина приложенного к электродам напряжения составила 10-20 кВ и ток разряда 0,25 мА. В качестве плазмообразующего газа использовался кислород (расход 3 см³/с). Время обработки раствора составляло от 60 до 1800 секунд.

Определение концентрации перманганата калия осуществлялось по стандартной методике — фотометрически. Сравнение интенсивности окраски пробы производилось на спектрофотометре «UNICO, мод. 2804» в кюветах 1 см, используя в качестве раствора сравнения нулевую пробу.

Нами была выбрана рабочая длина волны 507 ± 2 нм, так как она позволяет использовать более широкий диапазон концентраций исходного раствора перманганата калия, не превышая значения оптической плотности более 4 (рис. 2, 3).

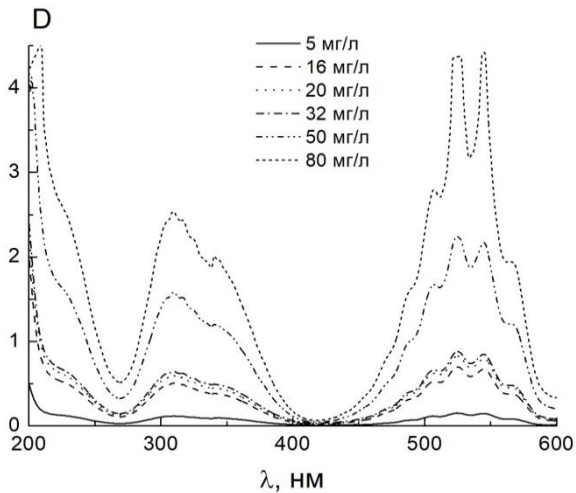


Рис. 2. Оптическая плотность раствора перманганата калия от концентрации

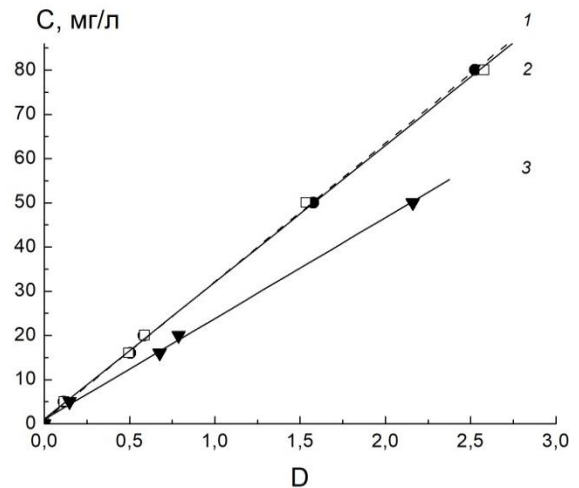


Рис. 3. Калибровочный график по значениям оптической плотности на длине волны: 309 нм (1), 509 нм (2), 544 нм (3)

Величина рН исследуемых растворов в ходе экспериментов до и после обработки определялась с помощью рН-метра «рН-150МИ».

Эффективность очистки (восстановления) водных растворов перманганата калия (α) оценивалась по формуле:

$$\alpha(\%) = \frac{C_{\text{нач}} - C}{C_{\text{нач}}} \cdot 100, \quad (1)$$

где $C_{\text{нач}}$ и C — начальная концентрация перманганата калия на входе в реактор и на выходе из него соответственно.

Энергетическая эффективность процесса восстановления перманганата калия в водных растворах оценивалась по энергетическому выходу (количество восстановившихся молекул на единицу вкладываемой энергии в разряд ДБР):

$$\theta = \frac{C^0 \cdot \alpha \cdot N_A \cdot e \cdot V}{t \cdot P}, \quad (2)$$

где, θ - энергетическая эффективность или число разложившихся (восстановившихся) молекул на 1 эВ вложенной энергии в ДБР, α - степень восстановления, под действием ДБР, V – объем пробы для обработки, (50 см^3), $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл заряд электрона, P – вкладываемая в ДБР мощность, Вт, t - время обработки раствора в ДБР.

Энергозатраты и средние скорости восстановления при $t_i = k^{-1}$ (т.е. при времени, характеризующем среднюю продолжительность жизни молекулы), с использованием уравнения, моль/л·с:

$$W_D = K \cdot C^0 \cdot e^{(-1)}, \quad (3)$$

где K – константа скорости восстановления, с^{-1} .

После 10 мин обработки раствора перманганата калия в реакторе ДБР наблюдался рост фона на участке коротких длин волн и уменьшение значения оптической плотности с учетом вычета базовой линии фона (рис. 4).

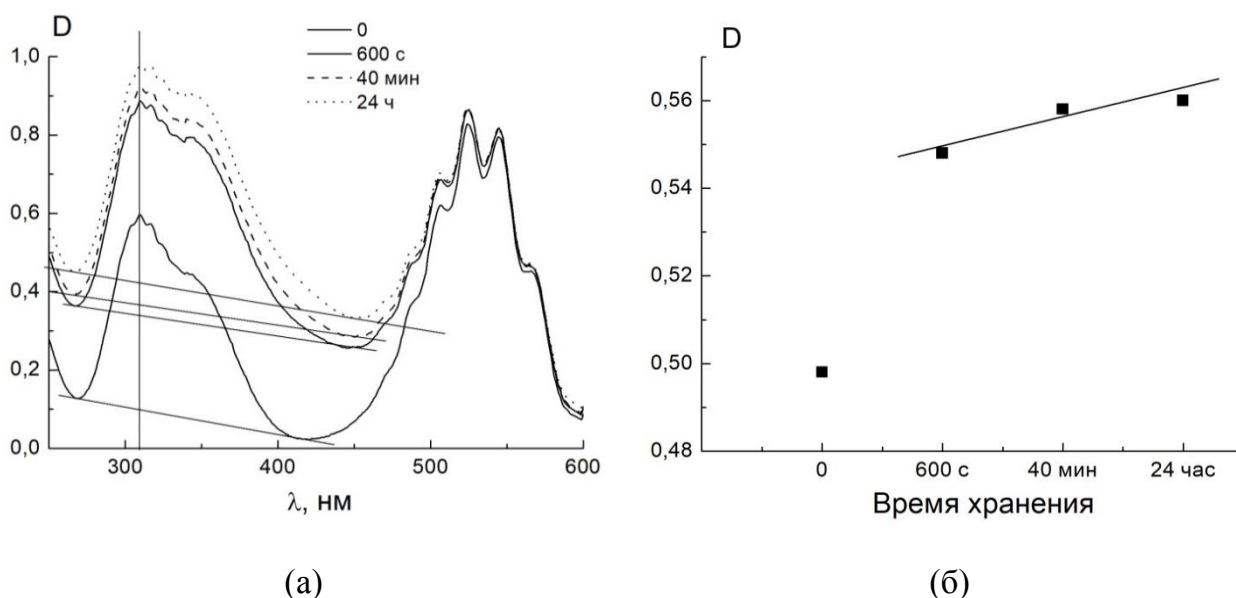


Рис. 4. Оптическая плотность водных растворов $KMnO_4$ (а) и изменение концентрации перманганата калия в ходе суточного хранения (б), при времени контакта раствора с зоной разряда ДБР 600 с.

Концентрация 20 мг/л ($\lambda=309$ нм), ток разряда 0,25 мА, напряжение 150 В. Время выдержки при комнатной температуре до 24 часов

При этом перманганат калия переходит в мелкодисперсный (коллоидный) диоксид марганца, который значительно изменяет фоновое значение поглощения. Особенно это заметно, при длительной обработке раствора, в области длин волн от 200 до 500 нм. Из этого следует, что для расчета концентрации перманганата калия в растворе целесообразно использовать калибровку на длинах волн более 500 нм, что даст меньший вклад в ошибку определения концентрации из-за помутнения раствора вследствие образования MnO_2 .

При оценке воздействия времени хранения растворов с концентрацией 5 и 20 мг/л, обработанных в течение 10 мин (600 с) в реакторе ДБР, были получены результаты, представленные на рис. 4–6.

При данных условиях эксперимента, наблюдается «эффект хранения», обработанного в течение 10 минут раствора перманганата калия. Для концентрации 5 мг/л линейное снижение содержания $KMnO_4$ составляет 33 % за сутки.

Однако при больших концентрациях оно составляет 2%, из чего следует, что им можно пренебречь.

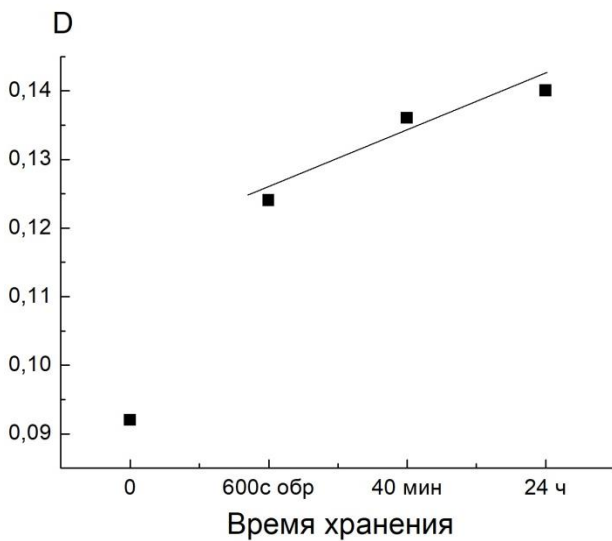


Рис. 5. Оптическая плотность ($\lambda=309$ нм) обработанного раствора перманганата калия от времени хранения

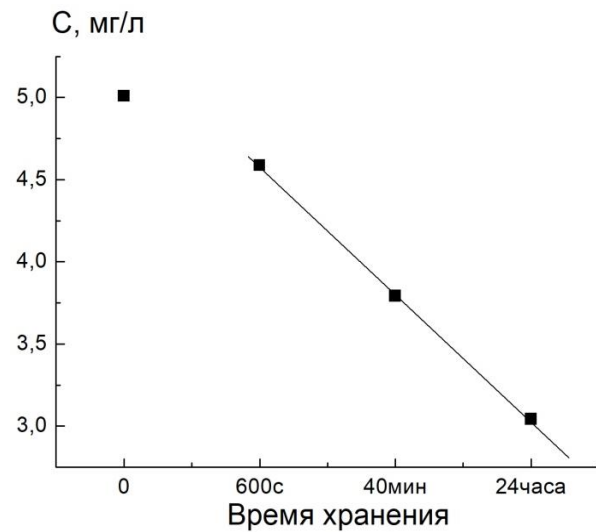


Рис. 6. Изменение концентрации перманганата калия в ходе суточного хранения. Время обработки в течение 600 с ($\lambda=507$ нм)

При максимальном времени обработки раствора вероятнее всего происходит восстановление перманганата калия, в присутствии образующегося пероксида водорода, до диоксида марганца (время обработки 600 с, $C_{нач} = 5$ мг/л). С увеличением времени обработки раствора значительного изменения pH не наблюдалось (рис. 9).

При увеличении времени обработки раствора до 1 часа ($C_{нач} = 5$ мг/л) интенсивность окраски раствора значительно снижается. При этом переход фиолетового окраса в ярко выраженный бурый происходит уже при 20 минутной обработке раствора.

Результаты эксперимента для длины волны 309 нм (выбранной первоначально), показывают, что концентрация перманганат ионов в растворе меняется крайне незначительно, что отображает взаимную компенсацию двух конкурирующих эффектов влияющих на значение оптической плотности даже с учетом базовой линии (рис. 7).

В дальнейшем обработку спектров поглощения проводили на длине волны 507 нм, где эффект завышения оптической плотности раствора от образования мелкодисперсного диоксида марганца заметно меньше.

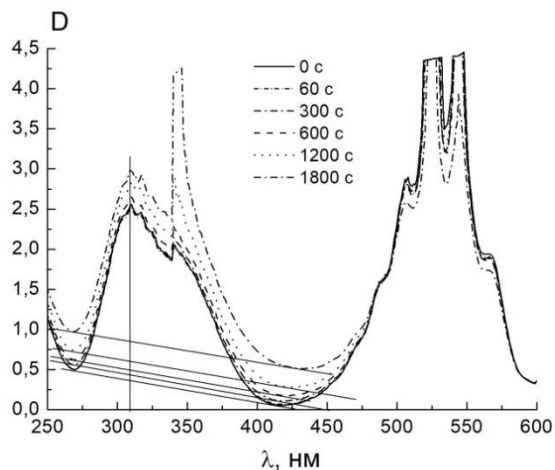
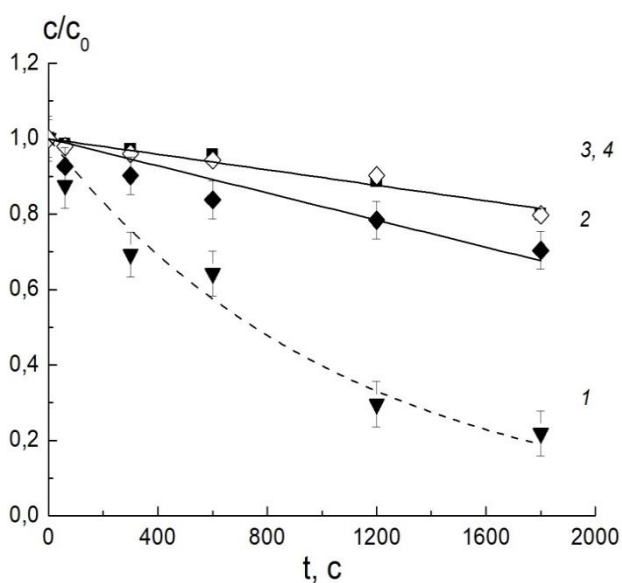
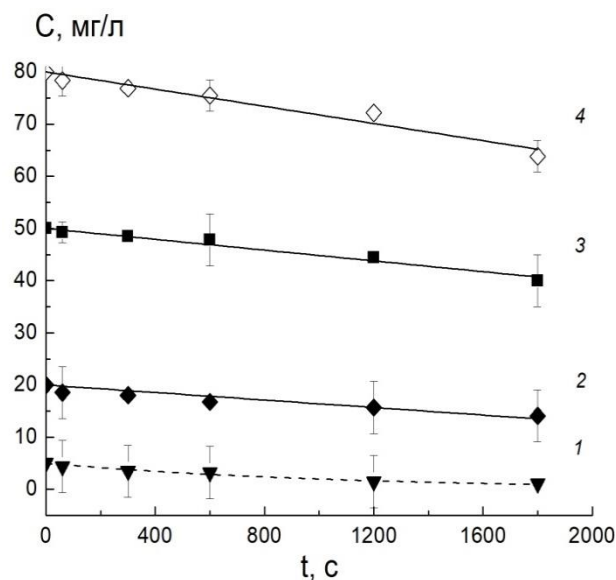


Рис. 7. Оптическая плотность раствора водных растворов $KMnO_4$, при разном времени контакта раствора с зоной разряда в ДБР. Концентрация 80 мг/л ($\lambda=309$ нм), ток разряда 0,25 мА



(а)



(б)

Рис. 8. Кинетика восстановления (а) зависимость C/C_0 – как функция времени обработки водных растворов $KMnO_4$ при воздействии реактора ДБР (б) $C = f(t)$. Концентрация 5 (1), 20 (2), 50 (3) и 80 (4) мг/л ($\lambda=507$ нм), ток разряда 0,25 мА

Кинетическая кривая изменения концентрации сложная и можно выделить два участка по результатам обработки водных растворов с высокими концентрациями $KMnO_4$ 80 и 50, мг/л (в пересчете Mn^{7+}), при этом характер изменения абсолютно идентичен. Начальный участок аппроксимируется кинетикой псевдо-первого порядка с довольно большим характерным временем — 25 мин (рис. 8).

Затем замечен переход механизма восстановления перманганата калия с выходом на постоянную скорость, то есть реакцию нулевого порядка. Эффективность восстановления перманганат ионов незначительная и составило за все время (30 мин) обработки около 20%.

При концентрации раствора 20 мг/л, кинетика восстановления перманганат ионов заметно меняется и уже за первую минуту обработки степень восстановления составляет около 8%.

В дальнейшем кинетический характер вновь меняется на нулевой порядок и постоянной скоростью степени восстановления анионов $1,25 \cdot 10^{-2}$ %/с. Это приводит к окончанию времени обработки до 29 %.

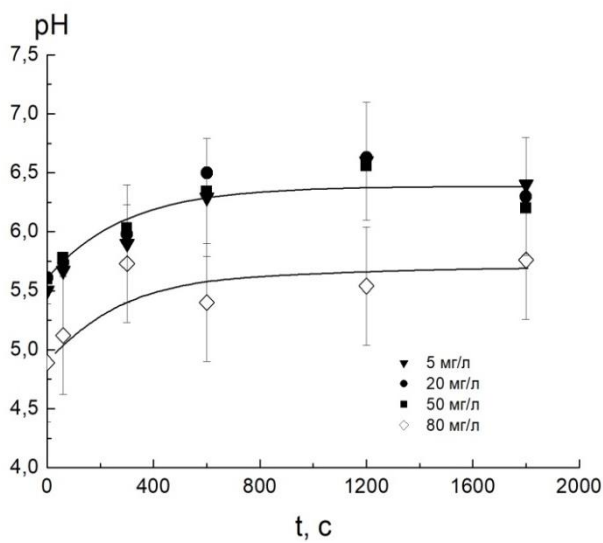


Рис. 9. Изменение рН водного раствора $KMnO_4$ в зависимости от его времени контакта с зоной разряда при обработке в ДБР

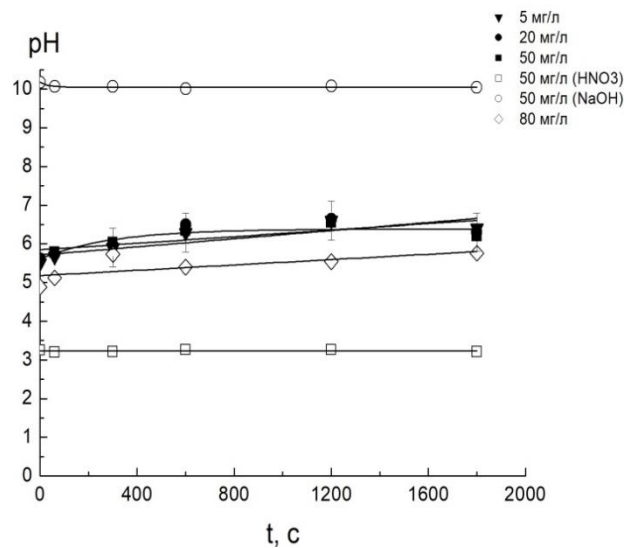


Рис. 10. Изменение рН водного раствора $KMnO_4$ в зависимости от его времени контакта с зоной разряда при обработке в ДБР: искусственное изменение рН среды

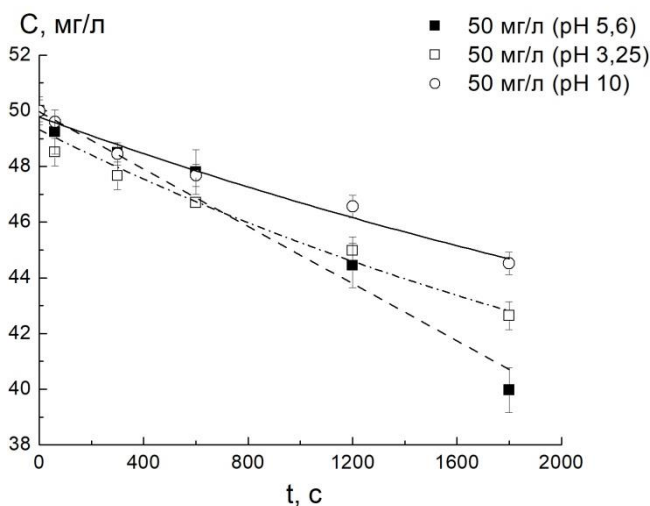


Рис. 11. Кинетика восстановления водных растворов $KMnO_4$ при воздействии ДБР. Концентрация 50 мг/л ($\lambda=507$ нм), ток разряда 0,25 мА (при разных значениях рН)

При меньшей начальной концентрации перманганата калия в водном растворе (5 мг/л), наблюдается кинетика первого порядка восстановления перманганат ионов во всем исследуемом диапазоне времени обработки с характерным временем 1085 секунд (рис. 10). Также данная зависимость может быть обработана и двумя кинетическими участками с различными характерными временами восстановления, но объяснение такой смены механизма восстановления перманганат ионов объяснить сложно, хоть и коэффициент корреляции аппроксимации экспонентой экспериментальных данных составляет 0,99.

Также были измерены изменение рН среды водных растворов перманганата калия с различной концентрацией в процессе их обработки в ДБР ячейке (рис. 9, 10). При обработке растворов наблюдается незначительное увеличение значения показателя водорода рН в среднем на 0,5 единицы в первые 10 мин воздействия ДБР. Далее изменений не наблюдалось при любых концентрациях, лишь можно отметить, само значение рН при концентрации исходного раствора 80 мг/л, было ниже других концентраций на 0,5, что возможно связано с рН дистиллированной воды используемой для приготовления растворов.

Далее были проведены эксперименты по значительному изменению рН среды исходных растворов добавлением азотной кислоты с целью повысить кислотность до 3,2 единиц и добавлению щелочи с целью повысить рН до значения 10,2. Основной идеей является тот факт, что окислительно-восстановительные свойства перманганат ионов сильно зависят от рН среды, что обуславливается различными устойчивыми степенями окисления марганца при разных рН.

Характер изменения оптической плотности растворов в спектральном диапазоне от 200 до 450 нм действительно поменялся в щелочной среде, раствор не стал мутнеть от образования оксида марганца IV (отсутствие роста фона на спектрах поглощения), оставаясь прозрачным. Это связано с конверсией перманганат ионов MnO_4^- (Mn^{7+}) в более устойчивые в щелочной среде манганат ионы MnO_4^{2-} (Mn^{6+}).

Кинетика восстановления перманганата в кислой и близкой к нейтральной среде мало отличается друг от друга. Это обуславливается малым потоком восстановительных частиц из зоны разряда, способных конвертировать образовавшийся диоксид марганца до ионов марганца 2^+ , самой устойчивой степенью окисления в кислой среде.

Увеличение или уменьшение величины рН раствора перманганата калия снижает эффективность восстановления на 8 и 6 % соответственно (рис. 12, 13).

При искусственном изменении среды обрабатываемого раствора, добавлением кислоты или щелочи до значений 3,2 и 10 соответственно не приводит к заметному влиянию на рН воздействие ДБР.

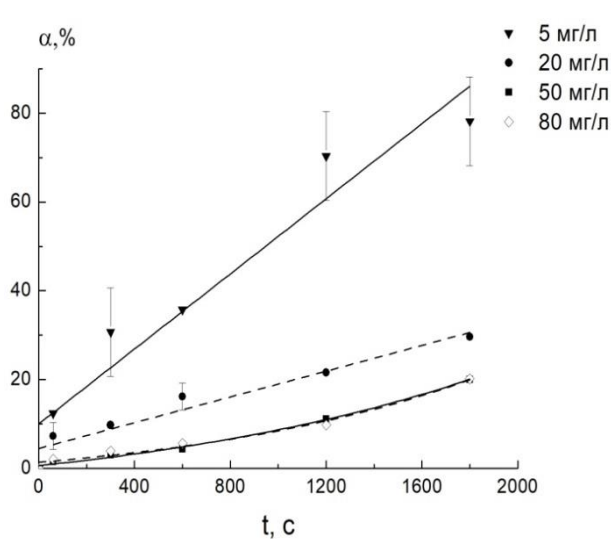


Рис. 12. Эффективность восстановления водных растворов $KMnO_4$ после их обработки в ДБР в зависимости от времени контакта ($C_{нач} = 5-80$ мг/л)

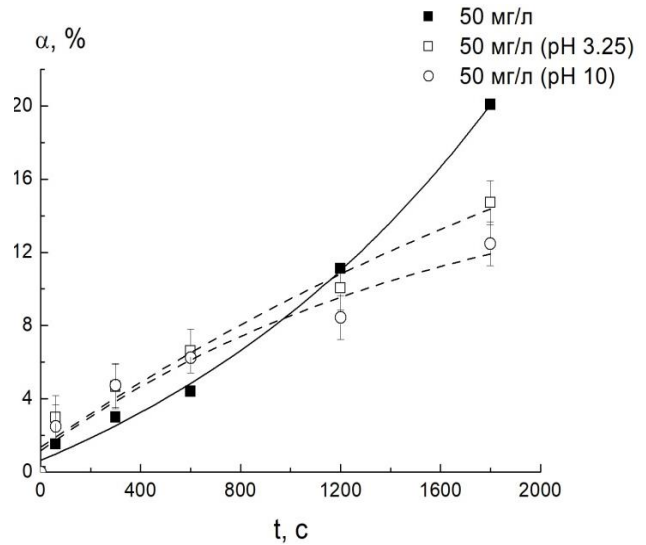


Рис. 13. Эффективность восстановления водных растворов $KMnO_4$ после их обработки в ДБР при изменении pH раствора в зависимости от времени контакта ($C_{нач} = 50$ мг/л)

Результаты оценки энергетической эффективности преобразования перманганата калия (табл. 1, 2) показывают, что данные величины ниже значений (примерно в 2-3 раза), полученных при обработке перманганата калия в тлеющем разряде в работе [11].

Таблица 1. Средние скорости, эффективные константы скорости и энергетический выход процесса восстановления $KMnO_4$ в ДБР ($t_{обр} = 1800$ с)

Начальная концентрация Mn^{+7} в растворе, ммоль/л	Эффективная константа скорости восстановления, c^{-1}	Средняя скорость восстановления, мкмоль/л·с	Энергетический выход, молекул / 1 эВ	Эффективность восстановления, %
0,09	$(0,92 \pm 0,1) \cdot 10^{-3}$	$0,03 \pm 0,002$	$0,05 \pm 0,005$	78 ± 5
0,36	р-я нулевого порядка	$0,18 \pm 0,02$	$0,20 \pm 0,02$	29 ± 1
0,91	р-я нулевого порядка	$0,1 \pm 0,5$	$0,51 \pm 0,05$	20 ± 1
1,46	р-я нулевого порядка	$0,1 \pm 0,5$	$0,81 \pm 0,08$	20 ± 1

Таблица 2. Средние скорости, эффективные константы скорости и энергетический выход процесса восстановления перманганата калия в реакторе ДБР и тлеющем разряде ($t_{\text{обр}} = 300$ с)

Начальная концентрация Mn^{+7} в растворе, ммоль/л	Эффективная константа скорости восстановления, c^{-1}	Средняя скорость восстановления, мкмоль/л·с	Энергетический выход, молекул / 1 эВ	Эффективность восстановления, %
ДБР				
0,09	-	-	$0,12 \pm 0,01$	30 ± 1
0,36	-	-	$0,14 \pm 0,01$	10 ± 1
0,91	-	-	$0,12 \pm 0,01$	$3 \pm 0,5$
1,46	-	-	$0,24 \pm 0,02$	$4 \pm 0,5$
Тлеющий разряд [11]				
0,44	$(13,51 \pm 2) \cdot 10^{-3}$	$2,18 \pm 0,2$	$0,22 \pm 0,02$	90 ± 1
1,5	$(13,16 \pm 6) \cdot 10^{-3}$	$7,26 \pm 0,3$	$0,5 \pm 0,05$	59 ± 1
2,5	$(11,49 \pm 7) \cdot 10^{-3}$	$10,57 \pm 0,6$	$0,76 \pm 0,08$	54 ± 1

Так для концентраций $KMnO_4$ в диапазоне от 0,44 до 2,5 ммоль/л энергетический выход в параллельном исследовании составил от 0,22 до 0,76 молекул/ 1 эВ при токе разряда 20 мА. При воздействии тлеющего разряда на водные растворы перманганата калия средние скорости превращения возрастают с увеличением исходной концентрации и составляют 2,18 до 10,57 мкмоль/л·с. Скорости при обработке в ДБР гораздо ниже и практически не зависят от C_0 ($\approx 0,1$ мкмоль/л·с). При этом максимальная степень восстановления ионов Mn^{7+} в тлеющем разряде достигла 90% для концентрации 0,44 ммоль/л, а минимальная — 54% для 2,5 ммоль/л за 300 секунд воздействия на раствор.

Для концентрации 1,5 ммоль/л эффективность составила 59%, когда как при том же времени обработки в ДБР эффективность для концентрации 1,46 ммоль/л достигает лишь 4 %. Это говорит о том, что раствор $KMnO_4$ с трудом поддается воздействию активных частиц ДБР при высоком содержании перманганат ионов в растворе.

Таким из представленных зависимостей следует, что конверсия ионов тяжелых металлов, в частности марганца в составе перманганата калия, в сточных водах, содержащих низкие концентрации данных загрязнителей (эффективность восстановления 78 %), в реакторе ДБР планарного типа, может быть весьма действенным способом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Jiang B., Zheng J., Qiu, S., Wu M., Zhang Q., Yan Z., Xue Q. Review on electrical discharge plasma technology for wastewater remediation Chem. Eng. J., 236 (2014), pp. 348-368.
2. Saito G., Akiyama, T. Nanomaterial synthesis using plasma generation in liquid //Journal of Nanomaterials. 2015, T. 2015.
3. Shutov D., Smirnov S., Bobkova E., Rybkin V. Ionization Mechanism and Chemical Composition of an Argon DC Discharge with Water Cathode. Plasma Chem. Plasma Process. 2015. V. 35. N 1. P. 107.
4. Bruggeman P.J. Plasma-driven solution electrolysis, J. Appl. Phys. 129, 200902 (2021).
5. Shutov, D. A., Rybkin V. V., Ivanov, A. N., Smirnova, K.V. Synthesis of zinc oxide powders in plasmasolution systems. High Energy Chem. 2017, 51(1):65–69.
6. Azimi A., Azari A., Rezakazemi M., Ansarpour, M. Removal of heavy metals from industrial wastewaters: A review ChemBioEng. Rev., 4 (2017), pp. 37-59, 10.1002/cben.201600010.
7. Kumar A., Jigyasu D. K., Kumar, A., Subrahmanyam G., Mondal R., Shabnam A. A., Cabral-Pinto M. M. S., Malyan S. K., Chaturvedi A. K., Gupta D. K., Fagodiya R. K., Khan S. A., Bhatia, A. Nickel in terrestrial biota: Comprehensive review on contamination, toxicity, tolerance and its remediation approaches Chemosphere, 275 (2021), Article 129996, 10.1016/j.chemosphere.2021.129996.
8. Prasad S., Yadav K. K., Kumar, S., Gupta, N., Cabral-Pinto, M. M. S., Rezania, S., Radwan, N., Alam, J. Chromium contamination and effect on environmental health and its remediation: A sustainable approaches J. Environ. Manage, 285 (2021), Article 112174, 10.1016/j.jenvman.2021.112174.
9. Yuan W., Yang N., Li, X. Advances in understanding how heavy metal pollution triggers gastric cancer Biomed Res. Int. (2016), 10.1155/2016/7825432 2016.
10. Le T. T.N., Le V. T., Dao M. U., Nguyen Q. V., Vu T. T., Nguyen M. H., Tran D. L., Le H. S. Preparation of magnetic graphene oxide/chitosan composite beads for effective removal of heavy metals and dyes from aqueous solutions Chem. Eng. Commun., 206 (2019), pp. 1337-1352, 10.1080/00986445.2018.1558215.
11. Shutov D. A., Sungurova A. V., Smirnova K. V., Manukyan A. S., Rybkin V. V. Oxidative-reducing processes with participation of manganese ions initiated by electric discharge in aqueous solution. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2018. V. 61. N 9-10. P. 24-30.

УДК 628.316.6.094.3

А. А. Игнатъев, А. А. Гуцин, Е. Ю. Квиткова, П. А. Иванова

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ПРОДУКТОВ РАЗРУШЕНИЯ ПАРАЦЕТАМОЛА В ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОМ БАРЬЕРНОМ РАЗРЯДЕ

Аннотация: в статье показана возможность использования диэлектрического барьерного разряда как эффективного метода очистки воды от лекарственных загрязнителей. Установлено, что процесс разрушения парацетамола в диэлектрическом барьерном разряде идёт эффективно (степень разложения достигает 99,9 %). Определены основные азотсодержащие продукты деструкции парацетамола: ионы аммония, нитрит- и нитрат-ионы.

Ключевые слова: парацетамол, деструкция, окисление, продукты, плазма, диэлектрический барьерный разряд.

A. A. Ignatev, A. A. Guschin, E. Y. Kvitkova, P. A. Ivanova

INVESTIGATION OF FORMATION PROCESSES OF NITROGEN-CONTAINING PRODUCTS OF PARACETAMOL DESTRUCTION IN A DIELECTRIC BARRIER DISCHARGE

Abstract: the article shows the possibility of using a dielectric barrier discharge as an effective method of water purification from medicinal pollutants. It has been established that the process of destruction of paracetamol in a dielectric barrier discharge proceeds efficiently (the degree of decomposition reaches 99,9%). The main nitrogen-containing degradation products of paracetamol were determined: ammonium ions, nitrite and nitrate ions.

Key words: paracetamol, destruction, oxidation, products, plasma, dielectric barrier discharge.

В настоящее время проблема загрязнения водных объектов обсуждается во всём мире, причём всё чаще появляется информация об обнаружении и в природной, и в питьевой воде особой группы соединений – фармацевтических препаратов и их производных [1]. Эти вещества, присутствуют в воде в крайне низких концентрациях, однако их наличие несёт потенциальную угрозу объектам окружающей среды. Влияние их на биоту усугубляется тем, тем, что данные вещества обладают высокой устойчивостью и способностью к биоаккумуляции [1-3].

Как правило, фармацевтические препараты попадают в водные объекты с промышленными, сельскохозяйственными и бытовыми стоками, прошедшими в большинстве случаев очистку на очистных сооружениях. Однако, традиционные технологии, применяемые для очистки от подобного рода соединений, оказываются крайне неэффективными [4], что обуславливает актуальность разработки новых современных и эффективных способов.

К таким методам можно отнести *AOPs*-технологии (*Advanced Oxidation Processes*), в частности, с применением диэлектрического барьерного разряда (ДБР), позволяющие практически полностью окислить любые органические соединения до более простых и менее токсичных (например, диоксида углерода и воды) [5-8]. Имеется ряд исследований, подтверждающих высокую эффективность окислительных методов для очистки воды от фармпрепаратов, в частности парацетамола, однако авторы этих работ отмечают, что на степень разложения исследуемого вещества существенное влияние оказывают параметры обработки (расход и состав плазмообразующего газа, величина приложенного напряжения, начальная концентрация парацетамола и пр.) [9,10]. Механизм разложения фармацевтических препаратов при использовании *AOPs*-технологий до конца не изучен, что препятствует широкому внедрению их в системы водоочистки.

Целью данной работы явилось качественное и количественное определение азотсодержащих соединений как продуктов деструкции парацетамола в диэлектрическом барьерном разряде.

Обработке в реакторе ДБР подвергались водные растворы парацетамола в диапазоне концентраций от 6,3 до 31,5 мг/л. Эксперимент проводился на установке, основным элементом которой служил плазмохимический реактор (рис. 1).

Наружная трубка реактора была изготовлена из молибденового стекла. Для подачи плазмообразующего газа и удаления газообразных продуктов в стеклянный корпус реактора (диэлектрик) были вварены два патрубка. Разрядное устройство герметично закрывалось крышками, выполненными из политетрафторэтилена, по центру которых был укреплен неизолированный электрод, изготовленный из алюминиевого сплава. В нём было высверлено отверстие глубиной 50 мм, через которое осуществлялся ввод подвергаемого очистке раствора (объекта исследования), поступающего из ёмкости непосредственно на слой пористого гидрофильного материала (стеклонить) толщиной 1 мм, покрывающего центральный электрод.

Отвод очищенного раствора осуществлялся через отверстие, расположенное внизу электрода. Объёмный расход раствора, подаваемого на очистку, варьировался от 0,4 до 0,02 мл/с (что соответствует времени контакта раствора с зоной разряда 1,2-10 с).

Барьерный разряд возбуждался от высоковольтного трансформатора (6). Контроль значений напряжения (12,9 кВ) осуществлялся вольтметром (7). Ток разряда (0,9 мА) измерялся переменным миллиамперметром. Длина зоны раз-

ряда составляла 12 см. В качестве газа-носителя использовался технический кислород (расход 3 см³/с).

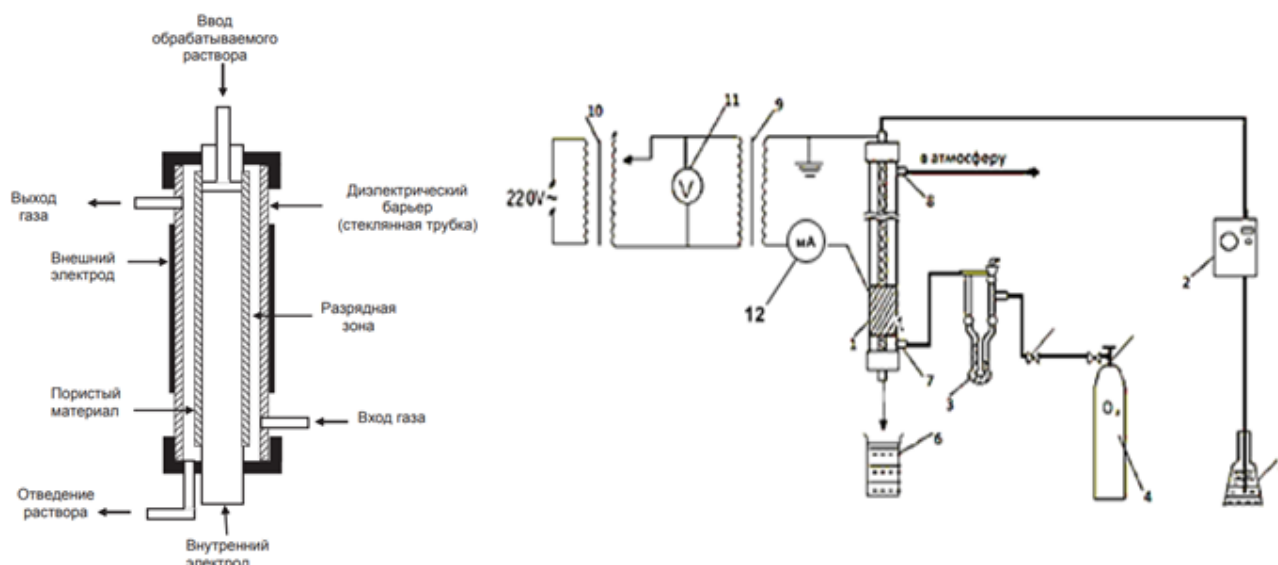


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:

- реактор диэлектрического барьерного разряда; 2 – перистальтический насос;
- 3 – жидкостной расходомер; 4 – баллон с кислородом (99,8 %);
- 5 – модельный раствор; 6 – обработанный раствор; 7 – патрубок для входа кислорода;
- 8 – патрубок для выхода газо-воздушной смеси; 9 – высоковольтный трансформатор;
- 10 – ЛАТР; 11 – вольтметр; 12 – амперметр

Эффективность очистки водных растворов от парацетамола (α) оценивалась по формуле:

$$\alpha(\%) = \frac{C_{\text{нач}} - C}{C_{\text{нач}}} \cdot 100, \quad (1)$$

где $C_{\text{нач}}$ и C – начальная концентрация парацетамола на входе в реактор и на выходе из него соответственно.

Время контакта раствора с зоной разряда определялось согласно [11]:

$$t_{\text{конт}}(с) = \frac{\pi \cdot D \cdot h \cdot L}{Q}, \quad (2)$$

где D – диаметр внутреннего электрода (см), h – толщина пленки раствора (см), L – длина зоны разряда (см), Q – объемный расход жидкости (см³/с).

Определение концентрации парацетамола в воде осуществлялось спектрофотометрическим методом (спектрофотометр «UNICO, мод. 2804») с его предварительной экстракцией этилацетатом. Содержание азотсодержащих про-

дуктов деструкции парацетамола в жидкой фазе контролировалось на выходе из разрядного устройства стандартными методами [12].

В ходе экспериментов установлено, что в исследуемом диапазоне начальных концентраций парацетамола эффективность его деструкции в ДБР изменялась в диапазоне 50-99,9 %, причём степень разложения парацетамола возрастала при увеличении времени контакта раствора с зоной разряда (рис. 2) [13].

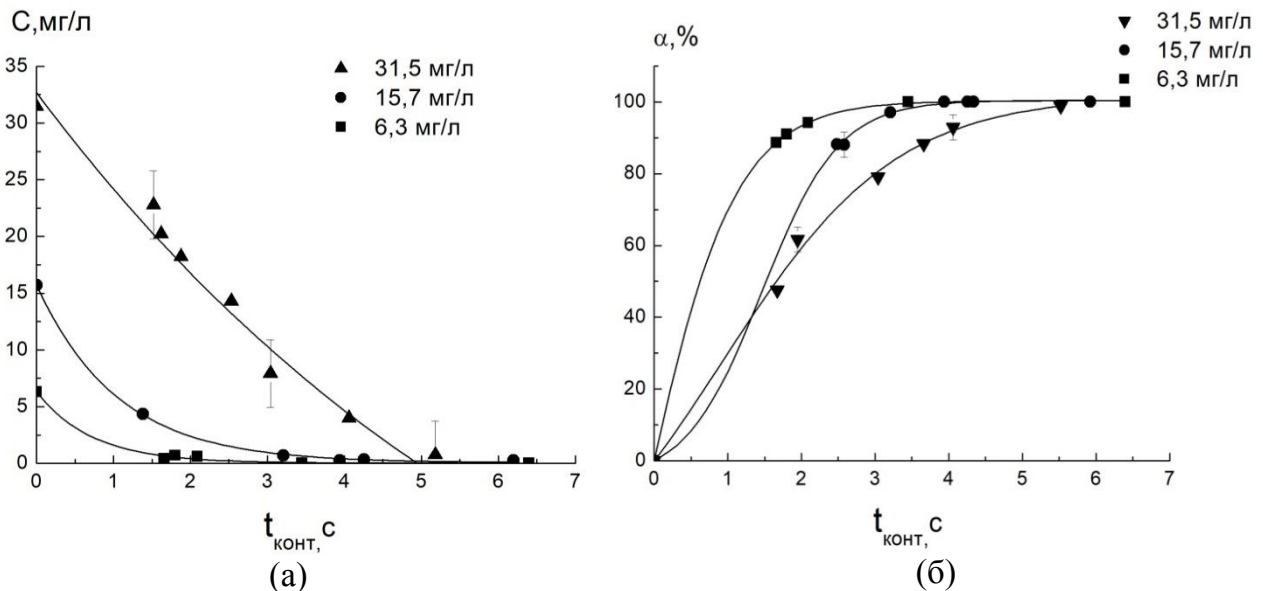


Рис. 2. Кинетика (а) и степень разложения (б) парацетамола в ДБР при определении его концентрации по УФ-спектрам экстракта

Продуктами деструкции парацетамола, образующимися в растворе в подобных окислительных системах, могут быть карбоновые кислоты, ароматические соединения, нитриты и нитраты [9].

В жидкой фазе на выходе из разрядного устройства нами были обнаружены ионы аммония, нитрит- и нитрат-ионы.

Кинетические зависимости образования ионов аммония в растворе представлены на рис. 3. Видно, что с увеличением начальной концентрации парацетамола в 5 раз выход аммонийного азота увеличивается в 8 раз. Отметим, что присутствие в продуктах окислительной деструкции соединений азота в восстановленной форме нехарактерно. Однако, авторами работы [14] было установлено, что при воздействии на парацетамол активных частиц плазмы конечными продуктами деструкции являются: CO , C_2H_2 и NH_3 .

Ход кинетических кривых образования нитрат-ионов (рис. 4) показывает, что они являются промежуточными продуктами разложения исходного соединения – об этом свидетельствует наличие максимума на зависимостях.

Кинетические кривые образования нитритов (для различных начальных концентраций парацетамола) приведены на рис. 5. Ход кривых говорит о том, что нитриты не являются основными продуктами деструкции водных растворов парацетамола под воздействием ДБР. Отметим, что при обработке растворов с $C_{нач} = 6,3$ мг/л нитриты в растворе не были обнаружены. Доля выхода данных продуктов при разрушении парацетамола в реакторе диэлектрического барьерного разряда не превышает 0,4 % для всего диапазона начальных концентраций (в пересчете на азот).

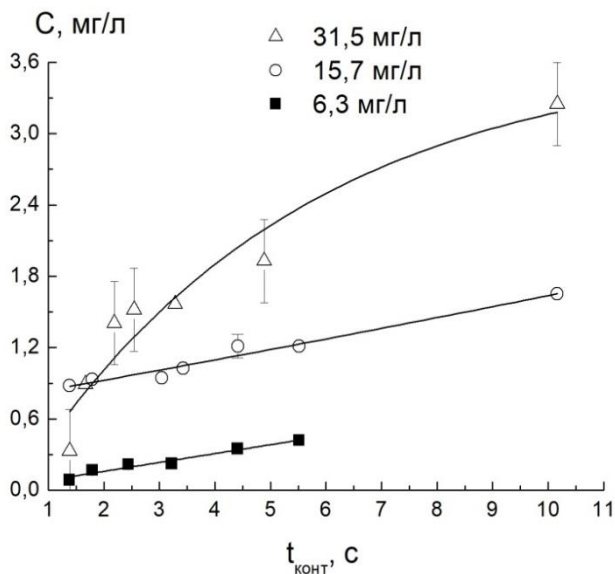


Рис. 3. Кинетика образования ионов аммония после обработки водных растворов парацетамола в ДБР ($C_{нач.} = 6,3-31,5$ мг/л)

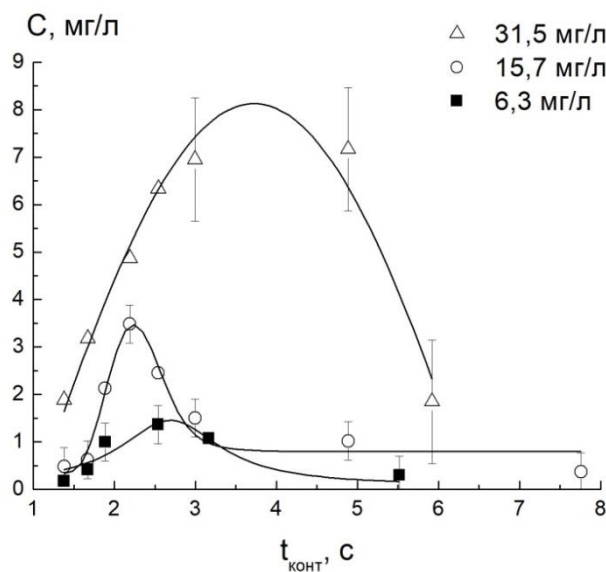


Рис. 4. Кинетика образования нитратов после обработки водных растворов парацетамола в ДБР ($C_{нач.} = 6,3-31,5$ мг/л)

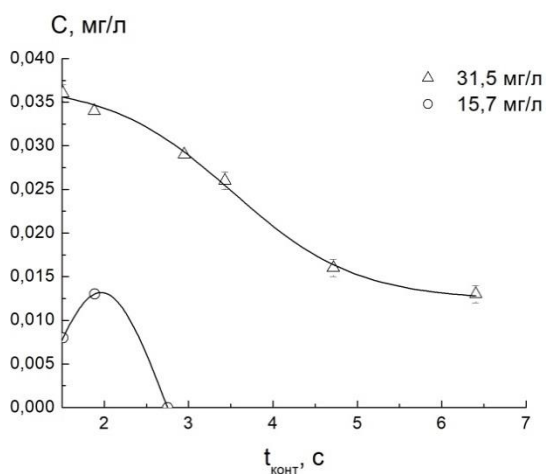


Рис. 5. Зависимость концентрации нитритов от времени обработки парацетамола в ДБР ($C_{нач.} = 15,7; 31,5$ мг/л)

В таблицах 1 и 2 приведены доли выхода регистрируемых азотсодержащих продуктов разложения парацетамола от начального содержания азота в соединении при времени обработки растворов 2,5 и 5,5 с.

Таблица 1. Выход азотсодержащих продуктов деструкции парацетамола (t_{конт} = 2,5 с)

С _н ПЦ, мг/л	Доля выхода продуктов в % от начального содержания азота в соединении		
	Нитрит-ионы	Ионы аммония	Нитрат-ионы
6,3	0	28 ± 1	55 ± 2
15,7	0,27 ± 0,05	45 ± 1	54 ± 2
31,5	0,36 ± 0,05	41 ± 1	53 ± 2

Таблица 2. Выход азотсодержащих продуктов деструкции парацетамола (t_{конт} = 5,5 с)

С _н ПЦ, мг/л	Доля выхода продуктов в % от начального содержания азота в соединении		
	Нитрит-ионы	Ионы аммония	Нитрат-ионы
6,3	0	55 ± 1	14 ± 2
15,7	0,18 ± 0,05	64 ± 1	12 ± 2
31,5	0,15 ± 0,05	62 ± 1	12 ± 2

Получено, что увеличение времени контакта обрабатываемого раствора с зоной плазмы приводит к снижению выхода нитрат-ионов (с 55 до 14 %) и росту аммонийного азота (с 28 до 64 %). В целом, баланс по азоту при времени обработки раствора, при котором достигается 99 ± 1 % разрушение парацетамола (≈ 5,5 с), выполняется на 72 ± 2%.

Таким образом, показано, что при деструкции парацетамола в ДБР происходит образование неорганических соединений азота, причем доминирующим соединением являются ионы аммония. Дальнейшим этапом работы по данной теме исследования будет выявление механизмов трансформации соединений азота с целью подбора параметров ведения процесса очистки воды, характеризующейся меньшей токсичностью.

Работа выполнялась в рамках государственного задания на выполнение НИР: тема № FZZW-2020-0009.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Tijani J. O. et al.* A review of pharmaceuticals and endocrine-disrupting compounds: sources, effects, removal, and detections //Water, Air, & Soil Pollution. – 2013. – Т. 224. – №. 11. – С. 1-29.

2. Luo X.C., Guo Y., Ngo W., Nghiem H.H., Hai L.D., Zhang F.I., Liang J., Wang S. A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic Environment and their fate and removal during wastewater treatment. *Sci. Total Environ.* 2014, 473–474, 619–641.
3. Daughton T.A., Ternes C.G. Pharmaceuticals and personal care products in the environment: Agents of subtle change? *Environ. Health Perspect.* 1999, 107, 907–938.
4. Blair B.. Evaluating the degradation, sorption, and negative mass balances of pharmaceuticals and personal care products during wastewater treatment // *Chemosphere.* – 2015. – Т. 134. – С. 395-401
5. Mouele M. E. S, Jimoh O, Fatoba O. O, Petrik L. F. Degradation of organic pollutants and microorganisms from wastewater using different dielectric barrier discharge configurations - A critical review. *Environ Science Pollut R.* 2015; 22(23):18345-18362.
6. Xu Z., Xue X., Hu S., Li Y., Shen J., Lan Y., Zhou R., Yang F., Cheng C. Degradation effect and mechanism of gas-liquid phase dielectric barrier discharge on norfloxacin combined with H₂O₂ or Fe²⁺. *Sep. Purif. Technol.* 2020, 230, 115862.
7. Saracino M., Emmi S.S., Zanelli A. Water remediation 2.0: Advanced Oxidation Processes. *La Chimica el'Industria* 2015, 18–25.
8. Gushchin A. A. et al. The destruction of carbon tetrachloride dissolved in water in a dielectric barrier discharge in oxygen // *Plasma Chemistry and Plasma Processing.* – 2019. – Т. 39. – №. 2. – С. 461-473.
9. Baloul Y. Paracetamol degradation in aqueous solution by non-thermal plasma // *The European Physical Journal Applied Physics.* – 2017. – Т. 79. – №. 3. – С. 30802;
10. Iervolino G., Vaiano V., Palma V. Enhanced removal of water pollutants by dielectric barrier discharge non-thermal plasma reactor // *Separation and Purification Technology.* – 2019. – Т. 215. – С. 155-162.
11. Bobkova E.S., Rybkin V.V. Peculiarities of energy efficiency comparison of plasma chemical reactors for water purification from organic substances. *Plasma Chemistry and Plasma Processing.* 2015. Т. 35. № 1. С. 133-142.
12. Лурье Ю. Ю. Химический анализ производственных сточных вод / Ю.Ю. Лурье, А. И. Рыбникова // – М.: Химия, 1974. – 336 с.
13. Квиткова Е. Ю., Игнатьев, А. А., Иванова, П. А. Исследование процессов деструкции водных растворов парацетамола в диэлектрическом барьерном разряде // *Актуальные вопросы естествознания.* 2021, С. 177-186.
14. Brault P. Insight into plasma degradation of paracetamol in water using a reactive molecular dynamics approach // *Journal of Applied Physics.* – 2021. – Т. 129. – №. 18. – С. 183304.

УДК 628.35

А. Д. Кодолова¹, Н. М. Аванесян¹, С. Н. Бексаева², О. В. Агеева³

¹ФГБОУ ВО Ульяновский государственный технический университет

²УМУП «Ульяновскводоканал»

³ФГБОУ ВО Академия ГПС МЧС России

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ АКТИВНОГО ИЛА НА ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ КАНАЛИЗАЦИИ

Аннотация: в статье приведены результаты исследования возможности регенерации активного ила, который образуется в процессе биологической очистки бытовых и промышленных сточных вод. Определены оптимальные условия для развития активного ила с целью его возврата в систему очистки сточных вод на городских очистных сооружениях канализации.

Ключевые слова: городские очистные сооружения канализации, биологическая очистка сточных вод, сточные воды, активный ил.

A. D. Kodolova, N. M. Avanesyan, S. N. Beksaeva, O. V. Ageeva

STUDY OF RESTORATION OF ACTIVE SLUDGE AT URBAN SEWER TREATMENT PLANT

Abstract: the article presents the results of a study of the possibility of regeneration of activated sludge, which is formed in the process of biological treatment of domestic and industrial wastewater. Optimal conditions have been determined for the development of activated sludge in order to return it to the wastewater treatment system at urban sewage treatment plants.

Keywords: urban sewage treatment plants, biological wastewater treatment, wastewater, activated sludge.

Эффективная обработка бытовых и промышленных сточных вод (СВ) предполагает определенную степень очистки СВ на городских очистных сооружениях канализации перед их сбросом в поверхностные водные объекты с целью предотвращения ущерба окружающей среде (ОС) [3].

В данной работе представлены результаты исследования возможности процессов восстановления активного ила (АИ) с целью его возврата в систему биологической очистки СВ на городских очистных сооружениях канализации г. Ульяновска. Экспериментальные исследования проводились в лаборатории УМУП «Ульяновскводоканал».

Снижение концентрации органических веществ в загрязненных СВ происходит в сооружениях биологической очистки (аэротенках) в результате биохимических реакций в условиях непрерывной аэрации. Биомасса АИ размножается и развивается за счет присутствующих в СВ разнообразных органических веществ, используемых биоценозом микроорганизмов в качестве питательного субстрата.

Частично биомассу АИ после агрегации и оседания под действием силы тяжести на дне вторичных отстойников рециркулируют в реактор (возвратный ил) с целью поддержания оптимальной концентрации АИ в аэротенках и обеспечения высокой эффективности биологической очистки системы городских очистных сооружений канализации. Регенерация АИ, перед подачей его в аэротенки из вторичных отстойников, необходима для восстановления его сорбирующей способности. При регенерации осуществляется обычно аэрация возвратного АИ, в результате чего окисляются ранее сорбированные загрязняющие вещества СВ.

Другая часть биомассы (избыточный ил) выводится из системы и направляется на обезвоживание и дальнейшую обработку осадков СВ.

Возраст АИ является основополагающим параметром для проектирования и эксплуатации сооружений биологической очистки СВ (объем аэротенка, часовой пропуск СВ, нагрузка по БПК, доза АИ и др.). Если биомасса АИ остается в системе биологической очистки в течение 18-30 дней и получает ту же нагрузку БПК из неочищенных СВ, то для сообщества бактерий будет доступно меньше питательного субстрата. Чтобы выжить, бактерии используют в своих метаболических процессах собственное биоразлагаемое органическое вещество, которое является компонентом их клеток.

При аэробной биологической очистке кислород должен подаваться для удовлетворения следующих требований:

- окисление углеродсодержащего органического вещества;
- окисление органического углерода для получения энергии для бактериального синтеза;
- эндогенное дыхание бактериальных клеток;
- окисление азотистого вещества (нитрификация) [2].

Потребность в кислороде для нитрификации основана на стехиометрическом соотношении с окисленным аммиаком. Нитрификация предполагает процесс окисления аммиака до нитрита и, впоследствии, до нитрата. Это окисление подразумевает потребление растворенного кислорода. Органический азот, также присутствующий в неочищенных СВ, непосредственно не подвергается нитрификации, а первоначально превращается в аммиак, что затем приводит к его последующей нитрификации. Таким образом, предполагается, что органический азот и аммиак способны генерировать потребление кислорода в процессе нитрификации [1].

Бактерии, ответственные за нитрификацию, имеют очень медленную скорость роста. Кроме того, они очень чувствительны к изменениям условий ОС. Следовательно, нитрификация зависит от соблюдения некоторых минимальных критериев. В традиционной очистке с АИ в регионах с теплым климатом эффективность процесса нитрификации очень высока, даже в процессах с низким возрастом ила, из-за высоких температур, которые ускоряют скорость роста нитрифицирующих бактерий.

Температура оказывает большое влияние на микробный метаболизм, тем самым влияя на скорость окисления углеродистых и азотистых веществ. Тенденция к увеличению скорости с повышением температуры будет оставаться до заданной оптимальной температуры. Выше этой температуры скорость будет снижаться, вероятно, из-за разрушения ферментов при более высоких температурах.

В процессе расширенной аэрации, учитывая более высокий возраст АИ, который обеспечивает комфортный рост нитрифицирующих микроорганизмов, можно считать, что нитрификация происходит систематически, если не присутствуют некоторые экологические ограничения (в первую очередь высокое содержание токсичных веществ в СВ).

Основные ограничения, возникающие при регенерации АИ, можно разделить на следующие группы:

- технологические;
- экологические;
- механические (технические).

К технологическим факторам относят, в первую очередь, нарушения технологического режима работы очистных сооружений. Четкое взаимодействие работы отдельных элементов сооружений, равномерное распределение нагрузок между идентичными параллельно работающими сооружениями, устранение дисбалансов в пропускной способности отдельных типов сооружений, отсутствие существенных отклонений в объеме и составе дренажа от проектных данных, вода, соответствующая санитарным нормам сброса в поверхностные водные объекты.

К экологическим факторам можно отнести сбросы СВ с высокой токсичностью, что в свою очередь, негативно влияет на жизнеспособность микроорганизмов и эффективность работы аэротенков.

Основной проблемой очистных сооружений является механические факторы, связанные в основном с ошибками при проектировании, конструировании, монтаже очистных сооружений, а также с изнашиванием оборудования очистных сооружений.

Основные показатели АИ, учитываемые при регулировании работы очистных сооружений биологической очистки СВ, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели, характеризующие АИ в сооружениях биологической очистки СВ и периодичность их определения

Отбор проб	Определения	Ед. измерения	Периодичность
Из аэротенков, регенераторов, возвратный ил	1. Растворенный кислород	мгО ₂ /дм ³	3 раза в неделю
	2. Иловый индекс	см ² /г	раз в декаду
	3. Доза ила по сухому веществу: - в регенераторах - в аэротенках - возвратный	г/дм ³	3 раза в неделю
	4. Доза ила по объему: - в регенераторах - в аэротенках - возвратный	см ³ /дм ³	2 раза в смену
	5. Гидробиологический анализ	-	раз в день

Объектом исследования являлся АИ из аэротенка городских очистных сооружений канализации, приостановленного на ремонтные работы. СВ в аэротенке характеризовалась высоким содержанием органического вещества. В результате оценки физико-химических, микробиологических и гидробиологических параметров АИ из аэротенка характеризовался как деградированный, вспухший. Хлопья АИ серого цвета были плохо сформированы и обладали низкой седиментационной способностью. Биоценоз микроорганизмов отличался незначительным видовым разнообразием и был оценен как бедный. Обнаруживались лишь единичные малоподвижные многоклеточные микроорганизмы, а также единичные прикрепленные микроорганизмы с закрытыми ресничными дисками. В видовом составе биоценоза АИ доминировали в большом количестве нитчатые микроорганизмы. Надиловая вода характеризовалась как мутная ($T = 15,2^{\circ}C$).

В лабораторных условиях при помощи компрессора были смоделированы оптимальные условия непрерывной аэрации для отобранных исследуемых проб АИ. Периодически в исследуемую емкость объемом 3 литра добавляли осветленную СВ из очистных сооружений с целью компенсации ее потерь при испарении. На протяжении всего эксперимента состояние АИ контролировали по пяти показателям (см. табл.1). Полученные данные исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2. Изменение основных характеристик АИ в ходе проведения эксперимента

Время отбора	Показатель	Численное значение	Примечание
<i>1 день</i>			
8:30	NH ₄ , мг/дм ³	11	По мере необходимости в экспериментальную емкость добавляли осветленную СВ из отстойника. T = 20°C.
	NO ₂ , мг/дм ³	1,5	
	NO ₃ , мг/дм ³	5	
	растворенный кислород, мгO ₂ /дм ³	0,8	
	гидробиологический анализ	5	
<i>2 день</i>			
8:30	NH ₄ , мг/дм ³	9	По мере необходимости в экспериментальную емкость добавляли осветленную СВ из отстойника. T = 18°C.
	NO ₂ , мг/дм ³	1,1	
	NO ₃ , мг/дм ³	13	
	растворенный кислород, мгO ₂ /дм ³	4,8	
	гидробиологический анализ	9	
<i>3 день</i>			
8:30	NH ₄ , мг/дм ³	4	По мере необходимости в экспериментальную емкость добавляли осветленную СВ из отстойника для дополнительной подпитки АИ. T = 20°C.
	NO ₂ , мг/дм ³	0,9	
	NO ₃ , мг/дм ³	17	
	растворенный кислород, мгO ₂ /дм ³	6,2	
	гидробиологический анализ	12	
<i>4 день</i>			
8:30	NH ₄ , мг/дм ³	1	По мере необходимости в экспериментальную емкость добавляли осветленную СВ из отстойника для дополнительной подпитки АИ. Состояние ила изменилось в лучшую сторону. Биоценоз характеризовался более выраженным разнообразием. Многоклеточные организмы стали более активны. T = 20°C.
	NO ₂ , мг/дм ³	0,8	
	NO ₃ , мг/дм ³	23	
	растворенный кислород, мгO ₂ /дм ³	6,3	
	гидробиологический анализ	15	
<i>5 день</i>			
8:30	NH ₄ , мг/дм ³	< 0,1	По мере необходимости в экспериментальную емкость добавляли осветленную СВ из отстойника для дополнительной подпитки АИ. Состояние ила значительно улучшилось.
	NO ₂ , мг/дм ³	0,2	
	NO ₃ , мг/дм ³	34	
	растворенный кислород, мгO ₂ /дм ³	12	

Время отбора	Показатель	Численное значение	Примечание
	гидробиологический анализ	15	Надиловая вода стала более прозрачная. Седиментационные свойства АИ стали более выраженными. АИ изменился по цвету (серый цвет ила изменился на коричневый). Многоклеточные (в т.ч. <i>Rotifera Cuvier</i>): коловратки более активные. Прикреплённые (в т.ч. ресничные <i>Epistylis longicaudatum Vanina</i>): появилось большее видовое разнообразие. T = 20 °C.

На третьи сутки эксперимента показатель растворенного кислорода в условиях непрерывной аэрации воздухом увеличился с 0,8 до 6,2 мгО₂/дм³, что в значительной степени благотворно повлияло на состояние восстановления АИ. Характеристики АИ существенно улучшились: процессы хлопьеобразования и седиментационная способность АИ стали более выраженными, изменился цвет (буро-коричневый) и запах (слегка болотистый). К пятому дню эксперимента концентрации в АИ аммонийного и нитритного азота снизились соответственно: с 11,0 до менее 0,1 и с 1,5 до 0,2 мг/дм³. Существенно изменилась концентрация нитратного азота – с 5 мг/дм³ в первый день эксперимента до 34 мг/дм³ на пятый день – процессы нитрификации происходят очень интенсивно.

Видовой состав биоценоза микроорганизмов АИ характеризовался значительным повышением биоразнообразия. Биоценоз АИ в процессе восстановления отличался также более выраженной активностью микроорганизмов.

В ходе проведения лабораторного эксперимента были определены оптимальные условия восстановления АИ с одновременным значительным осветлением надиловой СВ. Таким образом, восстановленный АИ может быть возвращен в систему биологической очистки СВ на городских очистных сооружениях канализации г. Ульяновска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Захватаева Н. В.* Активный ил как управляемая экологическая система. – М.: Экспо-Медиа-Пресс, 2013. – 286 с.
2. *Карманов А. П.* Технология очистки сточных вод. – 2-е изд. – М.: Инфра-Инженерия, 2018. – 212 с.
3. *Чемаева О. В.* Экологическая оценка осадков сточных вод и использование их в качестве удобрения: автореф. дис. ...канд. биол. наук: 03.00.16/ Чемаева Ольга Владимировна: Ульяновский государственный университет – Ульяновск: УГУ, 2003. – 24 с.

УДК 504.064+504.4.054

*А. А. Колотилова¹, А. Г. Бубнов^{1,2}, С. А. Буймова¹*¹ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»²Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ПОЧВ ВБЛИЗИ МЕСТ ВЫХОДА РОДНИКОВОЙ ВОДЫ

Аннотация: в работе рассмотрены вопросы охраны источников нецентрализованного водоснабжения в пределах городской территории. Представлены результаты мониторинга вблизи мест выхода родниковых вод методом выявления изменений в почвенном и растительном покрове по биоиндикаторам.

Ключевые слова: мониторинг, родниковая вода, биоиндикаторы, растительный покров, почвенная мезофауна, химический анализ.

A. A. Kolotilova, A. G. Bubnov, S. A. Buymova

ANALYSIS OF VEGETATION AND SOIL QUALITY INDICATORS NEAR SPRING WATER OUTLETS

Annotation. The paper considers the issues of protection of sources of non-centralized water supply within the urban area. The results of monitoring near the outlet of spring waters by the method of detecting changes in soil and vegetation cover by bioindicators are presented.

Keywords: monitoring, spring water, bioindicators, vegetation cover, soil mesofauna, chemical analysis.

Проблема сохранения качества состояния источников питьевого водоснабжения на объектах территории города становится все более актуальной задачей для жителей и требует особого внимания. По оценкам Всемирной организации здравоохранения (WHO), воздействие питьевой воды на здоровье населения подтверждается более чем столетней практикой водоснабжения [1]. Активное развитие и использование городской инфраструктуры приводит к изменению различного рода загрязняющих веществ как в поверхностных водных объектах, так и у подземных источников. Экологическая роль почвы и растений как узла связей биосферы, где наиболее интенсивно идут все процессы обмена веществ между земной корой, гидросферой, атмосферой и обитающими на суше организмами, определяет необходимость специальной организации почвенного мониторинга. Следовательно, оценка и анализ показателей качества растительности и почв вблизи мест выхода родниковой воды актуальна [2]. Отметим, что почвенные беспозвоночные являются информативным индикатором состо-

яния почвенной биоты [3]. Растения же могут служить индикатором содержания ксенобиотиков, которые при попадании в почву и через органы растений могут поступать из почвенного покрова в грунтовые воды.

В связи с этим целью работы являлось изучение влияния различных поллютантов на почвенный и растительный покров, а также проведении регрессионного и корреляционного анализа данных по загрязнению почвы за весь период наблюдения с 2003 по 2021 гг.

Для этого, первоначально было необходимо провести оценку мест произрастания растительности и почвенного покрова, провести мониторинговые исследования для контролируемых родников, построить регрессионные и корреляционные зависимости. Для исследования было выбрано 3 родника: 2 в г. Иваново, территориально расположенные на ул. Челышева и в парке «Харинка» и 1 в г. Кохма на ул. Советской. Исследование родников проводилось в зоне их возможной санитарной охраны, в летний и осенний периоды 2021 года.

Таблица 1. Содержание катионов металлов (в мг/кг сухой массы) в почве а исследованных площадках г. Иваново и г. Кохма

Год	Место отбора	Определяемый компонент, мг/кг сухой массы					
		Ni_{общ}	Zn²⁺	Mn²⁺	Cu_{общ}	Co²⁺	Cd²⁺
2021	Родник № 1 (у родника)	57 ± 8	73 ± 11	98 ± 24	24 ± 4	114 ± 20	Н/О
	Родник № 1 (у дороги)	50 ± 7	243 ± 37	128 ± 32	29 ± 4	23 ± 3	Н/О
	Родник № 2 (у родника)	22 ± 3	137 ± 21	85 ± 21	56 ± 8	21 ± 3	Н/О
	Родник № 2 (у дороги)	45 ± 6	19 ± 3	137 ± 34	66 ± 10	30 ± 5	Н/О
	Родник № 3 (у родника)	36 ± 5	97 ± 15	96 ± 24	54 ± 8	22 ± 3	Н/О
	Родник № 3 (у дороги)	68 ± 10	30 ± 5	76 ± 19	7 ± 1	9 ± 2	Н/О
	ПДК	100	4,0	23,0	3,0	5,0	1,0

¹ Серым цветом отмечены образцы, в которых наблюдалось превышение ПДК по содержанию контролируемого компонента.

² Жирным шрифтом отмечено нормативное значение (ПДК) [4].

Качество растительности по контролируемым при химическом анализе показателям соответствует нормативным требованиям по всем показателям. Это говорит о том, что корневая система растений способна накапливать большее количество соединений металлов. Оказалось, что для почв и растений, отобранных вблизи родников характерны более низкие показатели содержания металлов, чем для почв и растений, находящихся в трансграничных зонах.

Для систематизации данных, которые были получены в ходе проведения мониторинга почвенного и растительного покрова вблизи родников за осенний период были применены математические модели (методы построения графиков зависимости) различных показателей среды от загрязнения критериальными поллютантами и проведены регрессионный и корреляционный анализ полученных зависимостей. В качестве примера на рис. 1 – 3 представлена динамика содержания соединений Cu^{2+} и соединений Co^{2+} в почвенном покрове вблизи родников, находящихся в городах Иваново и Кохма.

С использованием регрессионного анализа установили зависимости различных показателей от времени.

Здесь для примера результаты расчёта и оценок коэффициента парной корреляции между содержанием кобальта и меди в почве, вблизи родника, расположенного в районе Ивановского городского бассейна (поскольку в г. Иваново поверхностная и водопродная вода содержат превышение допустимых концентраций именно этих ионов, именно поэтому было принято решение построить зависимости между этими элементами).

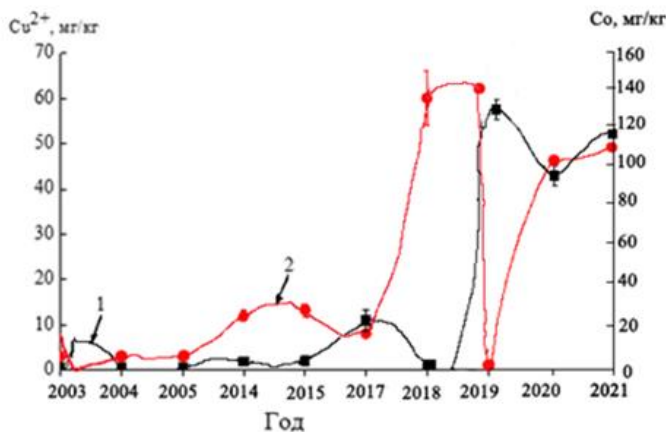


Рис. 1. Содержание соединений Co^{2+} (1) и Cu^{2+} (2) в почве вблизи родника, расположенного в г. Иваново – в районе городского бассейна

$$1 - Y = A + B_1 \cdot X + B_2 \cdot X^2 + B_3 \cdot X^3 + B_4 \cdot X^4 + B_5 \cdot X^5 + B_6 \cdot X^6 + B_7 \cdot X^7 + B_8 \cdot X^8 + B_9 \cdot X^9 (R^2 = 1);$$

$$2 - Y = A + B_1 \cdot X + B_2 \cdot X^2 + B_3 \cdot X^3 + B_4 \cdot X^4 + B_5 \cdot X^5 + B_6 \cdot X^6 + B_7 \cdot X^7 + B_8 \cdot X^8 + B_9 \cdot X^9 (R^2 = 1)$$

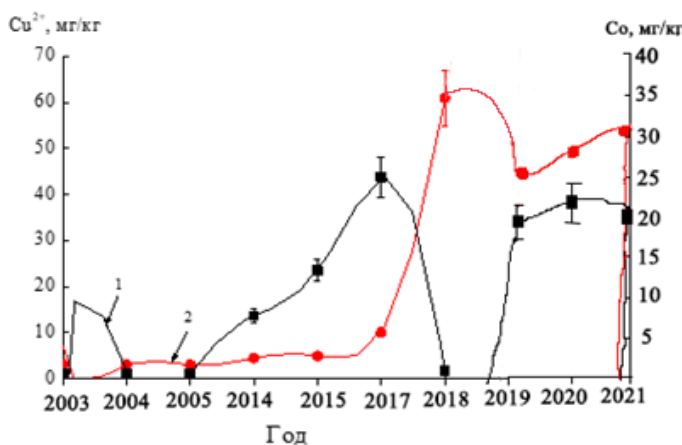


Рис. 2. Содержание соединений Co^{2+} (1) и Cu^{2+} (2) в почве вблизи родника, расположенного в г. Кохма на ул. Советской

$$1 - Y = A + B_1 \cdot X + B_2 \cdot X^2 + B_3 \cdot X^3 + B_4 \cdot X^4 + B_5 \cdot X^5 + B_6 \cdot X^6 + B_7 \cdot X^7 + B_8 \cdot X^8 + B_9 \cdot X^9 (R_2 = 1);$$

$$2 - Y = A + B_1 \cdot X + B_2 \cdot X^2 + B_3 \cdot X^3 + B_4 \cdot X^4 + B_5 \cdot X^5 + B_6 \cdot X^6 + B_7 \cdot X^7 + B_8 \cdot X^8 + B_9 \cdot X^9 (R_2 = 1)$$

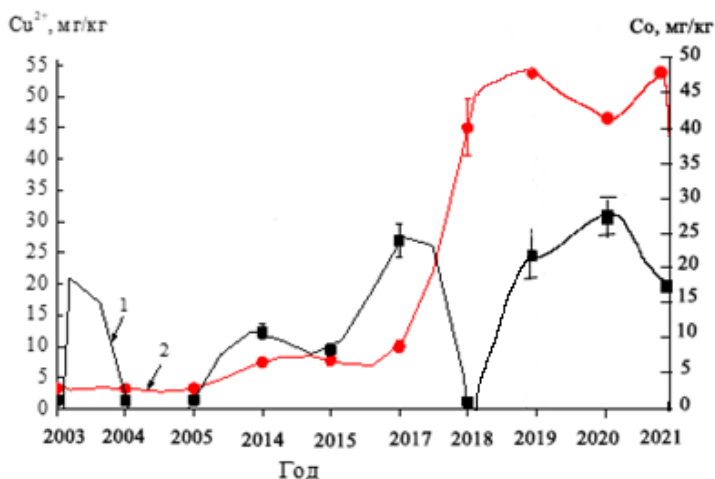


Рис. 3. Содержание соединений Co^{2+} (1) и Cu^{2+} (2) в почве вблизи родника, расположенного в г. Иваново, в парке отдыха «Харинка»

$$1 - Y = A + B_1 \cdot X + B_2 \cdot X^2 + B_3 \cdot X^3 + B_4 \cdot X^4 + B_5 \cdot X^5 + B_6 \cdot X^6 + B_7 \cdot X^7 + B_8 \cdot X^8 + B_9 \cdot X^9 (R^2 = 1);$$

$$2 - Y = A + B_1 \cdot X + B_2 \cdot X^2 + B_3 \cdot X^3 + B_4 \cdot X^4 + B_5 \cdot X^5 + B_6 \cdot X^6 + B_7 \cdot X^7 + B_8 \cdot X^8 + B_9 \cdot X^9 (R^2 = 1)$$

Величина математического ожидания (оценкой которого служит среднее арифметическое \bar{C}_{Cu} и \bar{C}_{Co}) и среднее квадратическое отклонение (σ_{Cu} , σ_{Co}) для каждого из компонентов были рассчитаны по формулам следующим образом [5]:

• Cu^{2+} :

$$\bar{C}_{Cu} = \frac{\sum_{j=1}^n C_{ji}}{n} = \frac{3+3+3+12+13,2+8+60+24+22+25}{10} = 17,3 \quad (1)$$

$$\sigma_{Cu} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (C_{ji} - \bar{C}_j)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{(3-17,3)^2 + \dots + (25-17,3)^2}{10-1}} = 5,41 \quad (2)$$

• Co^{2+} :

$$\bar{C}_{Co} = \frac{\sum_{j=1}^n C_{ji}}{n} = \frac{1,3+1,3+1,3+4,2+4,5+25+136+98+116}{10} = 38,7 \quad (3)$$

$$\sigma_{Co} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (C_{ji} - \bar{C}_j)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{(1,3-38,7)^2 + \dots + (116-38,7)^2}{10-1}} = 28,6 \quad (4)$$

Точечная оценка коэффициента парной корреляции между содержанием меди и кобальта была вычислена по формуле следующим образом:

$$r_{Cu/Co} = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ji} - \bar{C}_j)(C_{ki} - \bar{C}_k)}{(n-1)\sigma_j\sigma_k} = 0,9 \quad (5)$$

Поскольку полученное значение r равно 0,9, то отсутствует корреляционная зависимость между исследованными показателями.

Затем была рассчитана стандартная ошибка коэффициента парной корреляции. При малом объёме выборки, если $n < 25$ (в нашем случае $n = 10$) это значение вычисляли по формуле (6):

$$\sigma_{r_{Cu/Co}} = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-1}} \cdot \sqrt{1 + \frac{11 \cdot r^2}{2n} + \frac{75 \cdot r^2 - 13}{2n^2}} = \frac{1-0,9^2}{\sqrt{10-1}} \cdot \sqrt{1 + \frac{11 \cdot 0,9^2}{2 \cdot 8} + \frac{75 \cdot 0,9^2 - 13}{2 \cdot 10^2}} = 0,67 \quad (6)$$

Поскольку значение стандартной ошибки коэффициента парной корреляции составило $\sigma_r = 0,67$, при значении $r = 0,9$ (т.е. почти 100 %), это свидетельствует об очень слабой стохастической связи между рассматриваемыми компонентами. Требуется анализ выборок большего объёма.

Для почвы, отобранной в г. Кохма и в парке отдыха «Харинка», корреляционная зависимость между исследованными компонентами отсутствовала ($r_{jk} \leq 0,09$).

Из результатов корреляционно-регрессионного анализа можно предположить, что соединения меди и кобальта поступают в почвенный покров у родников из разных источников, выявление и подавление эмиссии из которых позволит повысить качество родниковой воды или, по крайней мере, не ухудшить её.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Скоробогатов Г.А.* Осторожно! Водопроводная вода! Её химические загрязнения и способы доочистки в домашних условиях / Г.А. Скоробогатов, А.И. Калинин. – СПб.: Изд.-во С.-Петербур. ун-та, 2003 – 156 с.
2. *Линдиман А. В.* Мониторинг и фиторемедиация почв, загрязнённых тяжёлыми металлами / А.В. Линдиман, Ж.Ф. Гессе, Е.В. Барина // Физиологические, психофизиологические, педагогические и экологические проблемы здоровья и здорового образа жизни: сб. ст. VIII Всерос. науч.-практ. конф. студентов, молодых ученых и специалистов, г. Екатеринбург, 27 апреля 2015 г. Екатеринбург: РГППУ, 2015. – С. 100–107.
3. *Гиляров М. С.* Зоологический метод диагностики почв. –М.: Наука, 1965. – 281с.
4. *Бандман А. Л.* Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов 1-4-й групп [Текст] / А.Л. Бандман, Г.А. Гузовский, Л.С. Дубейковская; под ред. В.А. Филова. –Л.: Химия, 1988. –512 с.
5. URL:<http://www.rgs.ru> – официальный сайт ООО «Росгосстрах» [дата обращения 12.02.2022]

УДК 623.6, 355.55

П. Н. Косырев

ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДОСТАВЛЕНИЮ НАСЕЛЕНИЮ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ С УЧЁТОМ СОВРЕМЕННЫХ УГРОЗ РАДИАЦИОННОГО, ХИМИЧЕСКОГО И БИОЛОГИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА

Аннотация: рассмотрены основные нормативные правовые акты, регламентирующие порядок решения задачи гражданской обороны, связанной с предоставлением населению средств индивидуальной защиты. Определены основные категории населения, подлежащие обеспечению средствами индивидуальной защиты. Приведены количественные показатели создаваемых запасов (резервов) средств индивидуальной защиты. Обоснованы основные направления совершенствования мероприятий по предоставлению населению средств индивидуальной защиты с учётом современных угроз радиационного, химического и биологического характера.

Ключевые слова: военные конфликты, гражданская оборона, запасы (резервы), медицинские средства индивидуальной защиты, население, работники организаций, средства индивидуальной защиты, средства индивидуальной защиты органов дыхания, радиоактивное и химическое загрязнение (заражение), чрезвычайная ситуация.

P. N. Kosyrev

MAIN DIRECTIONS FOR IMPROVING MEASURES TO PROVIDE PERSONAL PROTECTION EQUIPMENT TO THE POPULATION TAKING INTO ACCOUNT MODERN RADIATION, CHEMICAL AND BIOLOGICAL THREATS

Abstract: the main normative legal acts regulating the procedure for solving the problem of civil defense related to the provision of personal protective equipment to the population are considered. The main categories of the population to be provided with personal protective equipment have been identified. Quantitative indicators of the created stocks (reserves) of personal protective equipment are given. The main directions for improving measures to provide the population with personal protective equipment are substantiated, taking into account modern threats of a radiation, chemical and biological nature.

Keywords: military conflicts, civil defense, stocks (reserves), medical personal protective equipment, population, employees of organizations, personal protective equipment, respiratory protective equipment, radioactive and chemical contamination (contamination), emergency.

Введение

Радиационная, химическая и биологическая защита населения является одним из приоритетных направлений государственной политики в сфере национальной безопасности Российской Федерации.

Анализ последних научных исследований и публикаций [1, 2] показывает, что Российская Федерация при обеспечении радиационной, химической и биологической защиты населения на долгосрочную перспективу исходит из необходимости постоянного совершенствования системы радиационной, химической и биологической защиты населения.

В рамках проведенных исследований по совершенствованию системы радиационной, химической и биологической (далее – РХБ) защиты населения Российской Федерации в мирное и военное время [1] установлено, что к числу актуальных направлений относится выработка научно обоснованных предложений по формированию и реализации научно-технической политики в области создания и выпуска перспективных средств РХБ защиты населения, в том числе средств индивидуальной защиты (далее - СИЗ).

Предоставление населению СИЗ осуществляется в целом в процессе решения задач в области гражданской обороны и в комплексе основных мероприятий по подготовке к защите и по защите населения от опасностей, возникающих при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов, а также при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера; связанных с угрозами РХБ характера [2].

Одним из основных результатов проведенных исследований [1] была разработка Концепции радиационной, химической и биологической защиты населения [3].

Концепцией РХБ защиты населения (далее - Концепция) определяются источники современных угроз РХБ характера для населения Российской Федерации, а также основные направления деятельности уполномоченных федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, иных органов и организаций, принимающих участие в обеспечении РХБ защиты населения на основании законодательных и иных нормативных правовых актов Российской Федерации.

В Концепции впервые установлено, что вероятными угрозами РХБ характера, возникающими при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов, являются как первичные, связанные с возможным применением оружия массового поражения, так и вторичные факторы поражения объектов использования атомной энергии, химически опасных и биологически опасных объектов, характеризующиеся формированием зон радиоактивного загрязнения, химического заражения, эпидемиями, эпизоотиями и эпифитотиями [3, 4].

В связи с этим, целями настоящего исследования является определение основных направлений совершенствования мероприятий по предоставлению населению СИЗ с учётом современных угроз РХБ характера.

Для достижения этих целей предлагается целесообразным рассмотреть основные нормативные правовые акты, регламентирующие в настоящее время порядок решения задачи гражданской обороны, связанной с предоставлением населению СИЗ и обосновать основные направления совершенствования мероприятий по предоставлению населению СИЗ с учётом современных угроз РХБ характера.

Изложение основного материала исследований

В ходе изложения материала данного исследования представляется целесообразным проанализировать основополагающие нормативные правовые акты Российской Федерации, регламентирующие порядок решения одной из основных задач гражданской обороны - «Предоставление населению средств индивидуальной защиты».

Решение задачи, связанной с предоставлением населению СИЗ предусмотрено Федеральным законом от 12 февраля 1998 г. № 28-ФЗ «О гражданской обороне» [5].

Постановлением Правительства Российской Федерации от 26 ноября 2007 г. № 804 определены основные мероприятия по гражданской обороне, осуществляемыми в целях решения задачи, связанной с предоставлением населению СИЗ.

В свою очередь, приказом МЧС России от 14 ноября 2008 г. № 687 определены мероприятия, осуществляемые органами местного самоуправления и организациями в целях решения задачи по предоставлению населению СИЗ.

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 27 апреля 2000 г. № 379 определен порядок накопления, хранения и использования в целях гражданской обороны запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств. При этом, роль МЧС России заключается в осуществлении организационно-методического руководства и контроля за накоплением, хранением и использованием запасов.

Приказом МЧС России от 1 октября 2014 г. № 543 утверждено Положение об организации обеспечения населения средствами индивидуальной защиты (далее - Положение), в соответствии с которым *СИЗ для населения включают в себя средства индивидуальной защиты органов дыхания и медицинские средства индивидуальной защиты* [6].

В рассматриваемом Положении определено, что обеспечению СИЗ подлежит население, проживающее на территориях в пределах границ зон:

- защитных мероприятий, устанавливаемых вокруг комплекса объектов по хранению и уничтожению химического оружия;
- возможного радиоактивного и химического загрязнения (заражения), устанавливаемых вокруг радиационно, ядерно- и химически опасных объектов.

Накопление запасов (резервов) СИЗ осуществляется для населения, проживающего на территориях в пределах границ указанных зон:

- для работников организаций и населения, работающих (проживающих) на территориях в пределах границ зон возможного химического заражения, -

СИЗ органов дыхания из расчета на 100 % их общей численности. Количество запасов (резервов) противогазов фильтрующих увеличивается на 5 % от их потребности для обеспечения подбора по размерам и замены неисправных;

- для работников организации и населения, работающих (проживающих) на территориях в пределах границ зон возможного радиоактивного загрязнения, - респираторы из расчета на 100% их общей численности. Количество запасов (резервов) респираторов увеличивается на 1% от их потребности для обеспечения замены неисправных;

- для работников организаций и населения, работающих (проживающих) на территориях в пределах границ зон, указанных в настоящем Положении, - медицинские средства индивидуальной защиты из расчета на 30 % от их общей численности.

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 27 апреля 2000 г. № 379 федеральные органы исполнительной власти, органы государственной власти субъектов Российской Федерации и организации определяют номенклатуру, объемы СИЗ в запасах (резервах), создают (накапливают) и содержат их.

При этом, информация о номенклатуре, количестве и распределении в запасах (резервах) СИЗ федеральных органов исполнительной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации и организаций и их использовании подлежит направлению в МЧС России.

В свою очередь требования к складским помещениям, а также к порядку накопления, хранения, учета, использования и восполнения запасов (резервов) СИЗ определены приказом МЧС России от 27 мая 2003 г. № 285 «Об утверждении и введении в действие Правил использования и содержания средств индивидуальной защиты, приборов радиационной, химической разведки и контроля».

Российской Федерации и организаций СИЗ могут выдаваться населению на хранение по месту жительства при условии обеспечения их сохранности.

Федеральные органы исполнительной власти, органы государственной власти субъектов Российской Федерации и организации осуществляют контроль за созданием, хранением и использованием запасов (резервов) СИЗ в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 27 апреля 2000 г. № 379.

Проведенный анализ вышеперечисленных нормативных правовых актов выявил и проблемные вопросы, требующие незамедлительного решения в современных условиях.

Так, Положение [6] не в полной мере отражает всю полноту проблемы РХБ защиты населения, а именно не регламентированы вопросы обеспечения СИЗ населения:

а) проживающего и (или) работающего вблизи биологически опасных объектов;

б) в местах массового пребывания людей (в связи с этим предлагается внести изменения в действующие нормативные правовые акты в части оснащения таких мест средствами защиты от опасных химических и биологических веществ);

в) вопросы выдачи СИЗ на хранение по месту жительства при условии обеспечения их сохранности и соответствующих условий хранения требуют дополнительной проработки, так как в настоящее время нормативных правовых актов, определяющих порядок и условия хранения СИЗ у населения, отсутствуют;

г) отсутствуют научно-обоснованные предложения по необходимости дальнейшего обеспечения СИЗ населения, проживающего на территориях в пределах границ зон защитных мероприятий, устанавливаемых вокруг комплекса объектов по хранению и уничтожению химического оружия, в связи с окончанием уничтожения химического оружия в Российской Федерации.

В связи с этим, а также в соответствии с п.1.1 Плана мероприятий по реализации Концепции РХБ защиты населения [7] в настоящее время существенно переработан приказ МЧС России от 1 октября 2014 № 543 [6].

Разработанный проект приказа учитывает опасности, возникающие при ведении военных конфликтов или вследствие этих конфликтов, определенные Едиными оперативно-стратегическими исходными данными для военного планирования, утвержденными Президентом Российской Федерации, возможные сценарии применения ядерного и химического оружия, а также угрозы биологической безопасности и санитарно-эпидемиологического благополучия граждан.

Выводы и перспективы дальнейших исследований

С учётом современных угроз РХБ характера, определенных в Концепции [3], а также принимая во внимание современную геополитическую обстановку в настоящее время исследуются новые подходы к защите населения от опасностей РХБ характера и рассматриваются основные направления совершенствования мероприятий по предоставлению населению СИЗ следующего характера:

1. Предлагается дополнить номенклатуру накапливаемых СИЗ для населения самоспасателями.
2. Внедрить опыт самостоятельного приобретения СИЗ гражданами.
3. Перейти от закупок СИЗ для неработающего населения, проживающего вблизи РХБ опасных объектов, за счёт бюджетных средств субъектов Российской Федерации к закупкам для указанной категории с привлечением финансовых средств потенциально опасных объектов.

Рассматриваемая в данной статье проблематика, несомненно, требует более детальной проработки специалистов МЧС России с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти, органами государственной власти субъектов Российской Федерации, представителями организаций-разработчиков СИЗ, промышленности и торговли. В связи с этим требуется переработать (актуализировать) целый ряд нормативных правовых актов, регламентирующих вопросы предоставления населению СИЗ.

Кроме того, полагается возможным к рассмотрению наиболее актуальных вопросов также привлекать представителей «Ассоциации разработчиков, изготовителей и поставщиков средств РХБ защиты войск и населения» (далее - Ассоциация). Предложения по возможным направлениям взаимодействия с Ассоциацией ранее уже были рассмотрены.

Указанные подходы, по нашему мнению, позволят существенно повысить уровень защищенности населения с учетом современных вызовов и угроз РХБ характера и выработать научно обоснованные предложения по формированию и реализации научно-технической политики Российской Федерации в области создания и выпуска перспективных средств РХБ защиты населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Косырев П. Н.* Совершенствование радиационной, химической и биологической защиты населения Российской Федерации // отчет о НИР (заключ.): М. / ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ); рук. Романов Р. В.; исполн.: Косырев П. П., Садовский И.Л. [и др.]. - 2020. – 1035 с. - Текст: непосредственный.

2. *Косырев П. Н.* Научно-методическое сопровождение мероприятий по организации обеспечения населения средствами индивидуальной защиты // отчет о НИР (заключ.): М. / ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ); рук. Молчанов С.А.; исполн.: Косырев П.Н., Новиков О.Н. [и др.]. - 2020. – 174 с. - Текст: непосредственный.

3. Концепция радиационной, химической и биологической защиты населения, утв. коллегией МЧС России от 04 декабря 2019 г. протокол № 8/П.

4. *Косырев П. Н.* Актуализированная редакция Концепции радиационной, химической и биологической защиты населения: основные положения, задачи и перспективы реализации / Косырев П. Н., Пашинин В. А., Сергеев И. Ю. // Научно-аналитический журнал Сибирской пожарно-спасательной академии, № 2 (2) – 2021, стр.33-41. - Текст: непосредственный.

5. Федеральный закон от 12 февраля 1998 года № 28-ФЗ «О гражданской обороне».

6. Приказ МЧС России от 1 октября 2014 г. № 543 «Об утверждении Положения об организации обеспечения населения средствами индивидуальной защиты».

7. План мероприятий по реализации Концепции радиационной, химической и биологической защиты населения, утверждена Заместителем Министра Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий генерал-полковником П.Ф. Барышевым 04.02.2020.

УДК: 632.151

А. В. Красильников¹, Г. В. Харионовский²

¹ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

²ФГБОУ ВО СПбГМТУ

К ВОПРОСУ О ЗАГРЯЗНЕНИИ АТМОСФЕРЫ ВРЕДНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ ОТ АВТОТРАНСПОРТА

Аннотация: в статье проанализировано состояние атмосферы на участке промышленной зоны Санкт-Петербурга. Приведены основные соотношения, позволяющие провести оценку выбросов. Установлен комплекс вредных веществ, поступающих при движении автотранспорта.

Ключевые слова: вредные вещества, автотранспорт, класс опасности, выброс, атмосферное загрязнение, угарный газ, бензин, свинец.

A. V. Krasilnikov, G. V. Harionovskij

ON THE QUESTION OF ATMOSPHERE POLLUTION FROM HARMFUL SUBSTANCES FROM VEHICLES

Abstract: the article analyzes the state of the atmosphere at the site of the industrial protection of St. Petersburg. The main collections, which are reduced to the collection, are given. A complex of harmful emissions from the movement of vehicles has been established.

Keywords: harmful substances, vehicles, danger, emissions, atmospheric pollution, carbon monoxide, gasoline, lead.

В настоящее время проблема загрязнения атмосферы продуктами, продуцируемыми автотранспортом, имеет глобальный масштаб. Попытки стабилизации продаж автомобильных потоков, нормирования и ограничение выбросов, привлечение к ответственности за нарушение требований экологической безопасности составляет сущность комплекса организационно-технических мероприятий, редуцирующих, но не решающих данную проблему.

Под выбросом в настоящей работе следует понимать ту часть нормативного определения ГОСТ Р 59061-2020, в которой акцент делается на загрязняющие вещества, а не на физическое проявление в виде тепла и шума. Анализ такого рода загрязнений при различных режимах движения автотранспорта в регионах Российской Федерации проводился в публикациях [1-3]. Несомненно, исследование глобального явления загрязнения атмосферы проводилось и за рубежом. В частности, авторы статьи [4] установили закономерности влияния загрязняющих веществ на здоровье человека. В начале настоящего тысячелетия

был проведён анализ активности эмиссии различных углеродсодержащих соединений от автомобилей с двигателем внутреннего сгорания [5]. Всеобъемлюще была оценена динамика негативного влияния транспортного сектора в работе [6].

В настоящем исследовании в качестве участка наблюдения был выбран проезд, находящийся в городе Санкт-Петербург, Адмиралтейский район, ведущий от Площади Репина до набережной реки Пряжки к Матисову острову. Лоцманская улица – одна из старейших в Санкт-Петербурге, имеет протяженность 379 м. Дорога имеет две полосы по одной в каждом направлении (рис. 1).

На участке находятся 2 перекрестка, один не регулируемый, а другой регулируемый и 3 перегона.

Измерения производились в течение трех дней. Подсчет автомобилей на перегонах составлял 60 минут, на перекрестках 20 минут. Для выявления максимальной транспортной нагрузки наблюдения выполнялись в часы «пик».

Расчет производился в программе «Магистраль-Город» версии 2.3.3.41.

Программа реализует «Методическое пособие по выполнению сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха выбросами промышленных предприятий и автотранспорта города (региона) и их применению при нормировании выбросов», Москва, 1999 г. Методика утверждена приказом Госкомэкологии России № 66 от 16 февраля 1999 г.

Выброс загрязняющего вещества на перегоне определяются по формуле (1):

$$M_1 = \frac{L-L_0}{3600} \times \sum M_k \times G_k \times rv \quad (1)$$

где L_0 – длина очереди на перекрестке, учитывается для каждого направления, равняется 0, если нет расчета по перекресткам;

L – протяженность автомагистрали (или ее участка), из которого исключена протяженность очереди автомобилей перед запрещающим сигналом светофора и длина соответствующей зоны перекреста (для перекрестков, на которых проводились дополнительные обследования), км;

M_k – пробеговый выброс загрязняющего вещества;

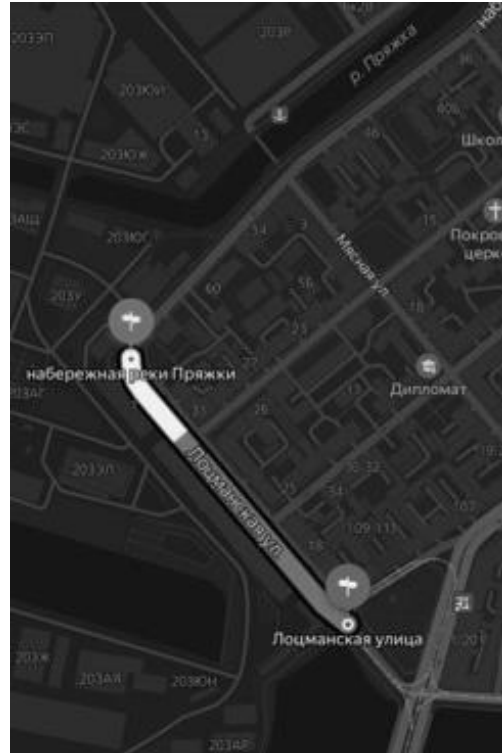


Рис. 1. План исследуемого участка

G_k – фактическая наибольшая интенсивность движения, т.е. количество автомобилей каждой из K групп, проходящих через фиксированное сечение выбранного участка автомагистрали в единицу времени;

gv – поправочный коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения транспортного потока на выбранной автомагистрали (ее участка) (км/час).

В таблице 1 представлены значения коэффициентов gv , учитывающих изменения количества выбрасываемых вредных веществ в зависимости от средней скорости движения.

Таблица 1. Значения коэффициентов gv

Скорость движения (v , км/час)													
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	100
gv	1,35	1,28	1,20	1,10	1,00	0,88	0,75	0,63	0,5	0,5	0,45	0,5	0,65

Примечание: $gv = 1$ при расчете выброса оксидов азота если скорость не превышает 80 км/ч.

Выброс загрязняющего вещества на перекрестке определяется по формуле (2):

$$M_{\Pi} = \frac{T \times P}{40} \sum \left(\frac{M_{\text{ПК}}}{60} \times G_k \right) \quad (2)$$

где $M_{\text{ПК}}$ – значения удельных выбросов для автомобилей, находящихся в зоне перекрестка;

G_k – количество автомобилей в каждой из « k » групп, образующих «очередь» в зоне перекрестка на обследуемой автомагистрали.

Выброс т/г дан для приблизительной оценки и рассчитывается прямым переводом г/с в т/г домножением результата на 31,536 согласно методике расчета.

В результате расчета было выявлено 10 загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу с отработавшими газами автомобилей. Количество выбросов по веществам представлено в таблице 2.

Таблица 2. Количество выбросов по веществам

Код	Название вещества	Выброс, г/с	Выброс, т/год	Класс опасности	ПДК _{М.Р.} , мг/м ³
0337	Углерода оксид (Углерод окись; углерод моноокись; угарный газ)	0,8610651	27,1545489	IV	5,000
0304	Азот (II) оксид (Азот монооксид)	0,0135433	0,4271015	III	0,400
0301	Азота диоксид (Дву-	0,0773160	2,4382374	III	0,200

РАЗДЕЛ 2. БИОЛОГИЯ, ЭКОЛОГИЯ И ЧЕЛОВЕК

Код	Название вещества	Выброс, г/с	Выброс, т/год	Класс опасности	ПДК _{М.Р.} , мг/м ³
	окись азота; пероксид азота)				
2704	Бензин (нефтяной, малосернистый) /в пересчете на углерод/	0,1003782	3,1655269	IV	5,000
2732	Керосин/в пересчете на С/	0,0013854	0,0436899	0	1,200
0528	Углерод (пигмент черный)	0,0000656	0,0020688	III	0,150
0330	Сера диоксид	0,0031691	0,09994074	III	0,500
0184	Свинец и его неорганические соединения /в пересчете на свинец/ (Свинец)	0,0008623	0,0271935	I	0,001
1325	Формальдегид (муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид, метаналь)	0,0003194	0,0100725	II	0,050
0703	Бенз(а)пирен	0,0000002	0,0000063	I	1·10 ⁻⁶ (ПДК _{С.С.})

На рис. 2 представлены выбросы ЗВ в г/с и т/г.

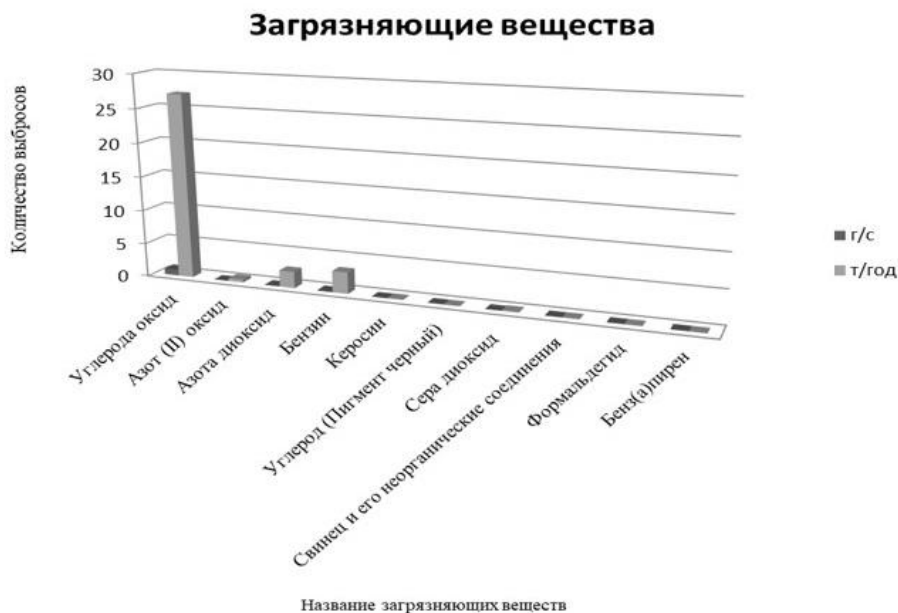


Рис. 2. Количество выбросов загрязняющих веществ

По СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» определяем предельные допустимые концентрации загрязняющих веществ и их классы опасности [3]. Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе взяты для керосина.

Таким образом, выявлено 10 загрязняющих веществ. Два вещества – I класса опасности, одно вещество – II класса опасности, четыре вещества – III класса опасности, два вещества – IV класса опасности и для 1-го вещества класс опасности не установлен. Основные загрязняющие вещества: углерода оксид - 0,8610651 г/с (27,1545489 т/год), азота (II) оксид - 0,0135433 г/с (0,4271015 т/год), азота диоксид - 0,077316 г/с (2,4382374 т/год), бензин - 0,1003782 г/с (3,1655269 т/год). Общее количество выбросов составило 1,0581046 г/с (33,3683864 т/год).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андреев К. П.* и др. Анализ выбросов загрязняющих веществ от автомобильного транспорта в заторовых ситуациях //Организация и безопасность дорожного движения. – 2020. – С. 234-238.

2. *Бадалян Л. Х., Курдюков В. Н., Алейникова А. М.* Теоретические основы системы учета фактических выбросов загрязняющих веществ автотранспортом //Безопасность жизнедеятельности. – 2013. – №. 5. – С. 31-37.

3. *Сотникова М. В.* и др. Анализ и прогнозирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспортного комплекса //Экология и промышленность России. – 2008. – №. 7. – С. 29-31.

4. *Zhang K., Batterman S.* Air pollution and health risks due to vehicle traffic //Science of the total Environment. – 2013. – Т. 450. – С. 307-316.

5. *Schauer J. J. et al.* Measurement of emissions from air pollution sources. 5. C1–C32 organic compounds from gasoline-powered motor vehicles //Environmental science & technology. – 2002. – Т. 36. – №. 6. – С. 1169-1180.

6. *Anenberg S. et al.* A global snapshot of the air pollution-related health impacts of transportation sector emissions in 2010 and 2015 //International Council on Clean Transportation: Washington, DC, USA. – 2019.

УДК: 614.841

С. В. Куликов

СПб ГКУ ДПО «УМЦ ГО и ЧС»

ВЛИЯНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Аннотация: статья посвящена влиянию лесных пожаров на здоровье человека. Приведено подробное описание возникновения низового лесного пожара и механизм его перехода в верховой пожар. Описан состав древесного дыма, показано, что причиной наибольшего количества жертв при лесных пожарах является отравление угарным газом ввиду его большего сродства к гемоглобину.

Ключевые слова: лесные пожары, здоровье человека, угарный газ, дымообразование.

S. V. Kulikov

THE IMPACT OF FOREST FIRES ON HUMAN HEALTH

Abstract: the article is devoted to the impact of forest fires on human health. A detailed description of the occurrence of a grass-roots forest fire and the mechanism of its transition to a riding fire is given. The composition of wood smoke is described, it is shown that the cause of the greatest number of victims in forest fires is carbon monoxide poisoning due to its greater affinity for hemoglobin than air oxygen.

Keywords: forest fires, human health, carbon monoxide, smoke generation.

Лесные пожары - это неконтролируемое горение растительности и почвы на лесной территории.

Ежегодно в России регистрируется от 9 тыс. до 35 тыс. лесных пожаров, охватывающих площади от 500 тыс. до 3,5 млн га. Согласно данным МЧС России и Рослесхоза, всего с начала 1992 года по конец 2018 года в России зарегистрировано порядка 635 тыс. лесных пожаров.

Рекордным по количеству лесных пожаров стал 2002 год: было зарегистрировано 43 тыс. 418 очагов. Площадь лесных земель, пройденная пожарами, тогда превысила 1 млн 369 тыс. га. Огнем были охвачены все восемь федеральных округов России. Общий ущерб составил 1 млрд 471 млн рублей.

Наибольший ущерб принесли природные пожары 2010 года, которые затронули всю территорию европейской части страны. Было зафиксировано 34 тыс. 812 очагов возгораний общей площадью около 2 млн га, в том числе более 1 тыс. торфяных. По данным МЧС России, всего от пожаров и вызванного ими смога пострадали 17 регионов, более 2,5 тыс. семей остались без крова, более 60 человек погибли в огне и от отравления продуктами горения, ущерб оцени-

вался в 85,5 млрд рублей. Как следовало из доклада министра здравоохранения и социального развития Татьяны Голиковой, аномальные погодные условия июля и августа 2010 года повлияли на общий показатель смертности за год (в целом за 2010 год количество умерших выросло на 20 тыс. человек, или на 1 % по сравнению с 2009 годом).

Наибольшая площадь пожаров наблюдалась в 2018 году. По данным «Авиалесохраны», огнем было пройдено 8 млн 674 тыс. га (в 2,5 раза больше, чем в 2017 году), число очагов составило 12 тыс. 121. Около 90 % всех возгораний пришлось на Амурскую область, Хабаровский, Красноярский и Забайкальский края, Еврейскую автономную область. По данным МЧС, в зону потенциального воздействия природных пожаров попали свыше 7,5 тыс. населенных пунктов.

В 2021 году в России пожары уничтожили 18,8 млн га, как следствие аномальной жары и засухи. Впервые за всю историю спутникового наблюдения за лесными пожарами, в 2021 году дым достиг Северного полюса. Ущерб от лесных пожаров в России в минувшем году превысил ущерб от всей энергетической отрасли России на 31 %. Этот объем выбросов – 1952,7 миллионов тонн углекислого газа. 56 % всех выбросов пришлось на Якутию, в которой в 2021 году было зарегистрировано более 250 лесных пожаров. В денежном выражении ущерб от лесных пожаров в России в прошлом году специалисты оценили более чем в 160 млрд \$.

Причинами возникновения лесных пожаров могут быть разнообразные естественные природные явления: грозовые разряды, самовозгорания торфяников. Тем самым можно выделить основные причины возникновения пожара в лесу (рис. 1):

- брезгливое и халатное отношение человека к лесу и окружающей среде;
- безответственное разведение костров на территориях лесополосы;
- игры со спичками детей в лесопарковых зонах;
- уборка мусора, а также сухой травы вблизи с лесными массивами;
- попадание искры от выхлопа автотранспорта на сухой территории леса;
- природный фактор, такой как попадание молнии в дерево;
- возгорание материалов с использованием легковоспламеняющихся веществ вблизи от лесополосы;
- фокусировка солнечных лучей от стекла и другого мусора.

Лесные пожары делятся на низовые и верховые. Одни из самых распространенных пожаров в лесу – это низовые пожары. В результате низовых пожаров тлеет и горит нижний покров леса, а именно: кустарники, корневища от деревьев, сухая трава, а также торфяной слой. Распространение низового пожара происходит достаточно медленно: его скорость составляет 0,1-3 м/мин. При определенной погоде, а именно засушливая погода или сильный ветер могут стать причиной перехода низового пожара в верховой пожар, главной особенностью которых является охват огнем дерева от кроны до корня. Верховому

пожару особенно сильно подвержены деревья хвойных пород. Скорость распространения верхового пожара значительно выше, чем у низового пожара. При возникновении ураганного ветра скорость может достигать примерно 25 км/ч.

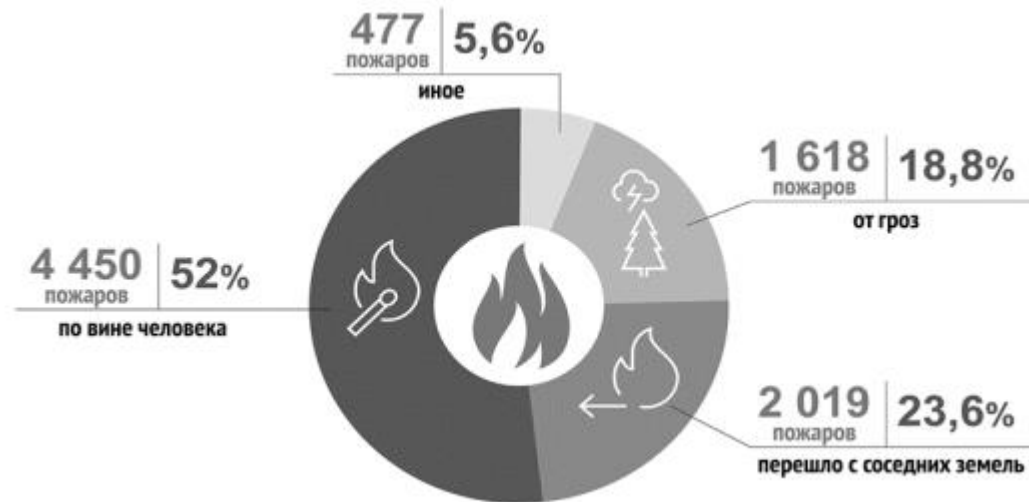


Рис. 1. Причины возникновения лесных пожаров

Верховой пожар опасен его скоростью распространения, а низовой пожар представляет опасность своим распространением огня по территории торфяного слоя, а также корневищ деревьев. В связи с этим могут возникать пожары под землей, главная особенность которых - это распространение пожара во все стороны сразу, а не в определенном направлении, как с верховыми пожарами. Так как залежи торфа могут служить отличным горючим материалом, он способен самовозгораться, при этом ему практически не нужен доступ кислорода. Именно поэтому тушение лесных низовых пожаров представляет большую трудность для специалистов, занимающихся в этой области. На территории, где горят торфяные залежи, могут образовываться облака искр от торфяной золы, которые могут переноситься ветром, тем самым вызывая уже верховой пожар, которые могут перейти на другую территорию леса и лесополосы, вызывая гибель всего живого у себя на пути.

Лесные пожары приносят колоссальный ущерб, причем не только материальный, но и экологический. К экологическим последствиям относятся:

- загрязнение атмосферы (поскольку лес является главным поставщиком кислорода, после его уничтожения нарушается процесс фотосинтеза, кислород не образуется, следовательно, не поглощается углекислый газ, который и загрязняет атмосферу);

- ухудшение качества питьевой воды (из-за того, что грунтовые воды, ручьи и реки после лесных пожаров не обогащаются водой);

- по причине лесных пожаров гибнут полезные почвенные микроорганизмы (почва теряет свою плодородность, сокращается ее продуктивность, и со временем участок может стать бесплодным).

- уничтожаются природные ресурсы леса.

Причем некоторые факторы оказывают влияние непосредственно во время пожара и сразу же после него (краткосрочные последствия), другие же продолжают вносить свой вклад спустя многие и многие годы.

Факт давно известный - на пожаре большое количество жертв не от огня или высоких температур, а от угарного газа, от которого задыхаются.

Что такое угарный газ?

Угарный газ - это монооксид углерода, который не имеет цвета, запаха, а также он очень токсичен. На пожаре он соединяется вместе с другими органическими соединениями при горении леса и является продуктом горения при лесных пожарах.

Самое опасное свойство угарного газа - это блокировка гемоглобина в крови живого организма, а гемоглобин в свою очередь, является молекулой, которая переносит, гоняет кислород по всему телу человека. Иными словами, из-за снижения гемоглобина в крови, в организме человека снижается концентрация кислорода, он не поставляется к органам и головному мозгу, образуется токсичное соединение - карбогемоглобин, который обладает большим сродством к кислороду, чем гемоглобин, что как раз и приводит его к удушью.

Различают четыре степени отравления угарным газом при возникновении лесного пожара.

1. Легкая. Симптомы - головокружение, тошнота, головные боли.

2. Средняя. Симптомы такие же, как и при первой стадии, но они проявляются в более тяжелой форме. Сюда же добавляется нарушение координации движений, появление галлюцинаций. Человек может сам выздороветь.

3. Тяжелая. Человек может потерять сознание, могут начаться судороги, проявляется нервное дыхание, возникает удушье и появление синяков.

4. Моментальная. Человек умирает в течение одной минуты из-за большой концентрации вдыхания угарного газа на пожаре.

Следует отметить, что токсичность продуктов горения и дымообразование обладают синергетическим эффектом при лесном пожаре, то есть усиливают воздействие друг друга. Дым является опасным фактором пожара, так как в него может входить большое количество опасных, вредных и токсичных веществ. Если пожар начался в лесу, где есть бытовые отходы, то человеческий организм может погибнуть от дыма с одного вдоха, так как на свалке могут находиться вещества, которые могут выделять опасные и токсичные вещества для человека, а от угарного газа человек умрет только через одну минуту.

Химический состав древесного дыма (рис. 2) состоит более чем 100 ингредиентов, в том числе - большое количество окиси углерода, оксиды серы, азота, метан, альдегиды, органические кислоты, фенолы и другие органические вещества. При сгорании 1 тонны растительного сырья выделяется в атмосферу

примерно 125 кг оксида углерода, 12 кг углеводородов, 2 кг оксида азота, 22 кг взвешенных частиц угольной пыли. Состав древесного дыма на 50 % представлен газообразными веществами, 25 % – сажой, 20 % – золой и 5 % – смолистыми веществами. Кроме этого, при горении в воздух попадают мелкие частицы золы, которая часто становится канцерогеном при попадании в легкие человека.



Рис. 2. Выделение древесного дыма

Угарный газ в атмосфере окисляется и превращается в углекислый. Углекислый газ, оксиды азота при взаимодействии с атмосферной влагой превращаются в кислотные осадки - вторичные загрязняющие вещества, также оказывающие отрицательное влияние на биологию и здоровье человека.

Если в детском возрасте основной мишенью воздействия задымленности является респираторная система, то у взрослых, особенно пожилых, в условиях действия дыма отмечена очень существенная отрицательная динамика патологии сердечно-сосудистой системы, прежде всего, ишемической болезни сердца (ИБС), артериальной гипертонии.

Что же делать при возникновении пожара?

Одним из основных действий при обнаружении возникшего пожара в лесу и на лесополосе - это немедленное и информативное сообщение структурам лесной охраны, местной администрации, отделению полиции и самое главное - дать подробную информацию местной пожарной части о возникшем пожаре в лесу. Для этого существует единый телефонный номер: 01 со стационарного или 112 мобильного телефона. При докладе определенным органам нужно решить, что нужно делать дальше. Основной задачей каждого человека в данной ситуации будет обезопасить себя и своих близких, во избежание чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть уже в ходе пожара.

При грамотном планировании действий при возникновении пожара в лесу можно спасти себя, своих близких, а также своевременно предупредить специализированные органы по ликвидации чрезвычайной ситуации в лесу. Одним из основных первоначальных действий является предупреждение ближайших людей о надвигающейся угрозе, после чего нужно покинуть опасную зону распространения лесного пожара вместе с другими людьми. Одними из безопасных мест могут служить автомагистраль, просека, открытая местность или поле, а также ближайшие водоемы. При докладе пожарной службе необходимо указать точное место возникновения чрезвычайной ситуации, его площадь.

Приведен следующий алгоритм действий по спасению себя и своих близких при возникновении пожара:

- при возникновении природного пожара необходимо сразу же предупредить и оповестить всех людей, находящихся в зоне опасности и вместе с ними покинуть данную опасную зону;

- передвигаться нужно к тем местам, где может находиться ближайший водоем, шоссейная трасса или широкая просека;

- передвижение должно осуществляться перпендикулярно распространению огня, иными словами, двигаться навстречу ветру, который и гонит огонь;

- при условиях, когда нет возможности покинуть опасную зону пожара, следует войти в ближайший водоем или остановиться на открытой местности, укрывшись мокрой, влажной одеждой;

- дыхание необходимо осуществлять внизу, рядом с землей, так как это менее задымленные пространства, при этом нужно постараться прикрыть рот и нос влажной или мокрой тканью одежды.

Меры предосторожности при возникновении лесных пожаров:

- ни при каких условиях не открывать окна и двери, так как это может привести к попаданию угарного газа и дыма в помещение;

- нужно немедленно прекратить все спортивно-массовые мероприятия и другие общественные акции на открытом воздухе;

- по возможности увлажнять помещение, в котором вы находитесь;

- необходимо сократить до минимума выход на открытую местность;

- в помещениях исключите другие источники загрязнения воздуха (табачный дым, отопление дровами, использование красок и растворителей);

- при появлении раздражения слизистых дыхательных путей и глаз необходимо промывать их холодной водой, а также принимать обильное питье и адсорбенты.

Лесные пожары являются одними из самых страшных и опасных стихийных бедствий. Ежегодно от неконтролируемого огня погибает большое количество людей и животных. Безусловно, леса занимают не последнее место в жизни человека и выполняют свои определенные функции. Помимо всего этого, леса являются источником получения различных природных ресурсов, которые просто необходимы для развития многих отраслей в народном хозяйстве.

Проблема лесных пожаров в России требует системного решения, одновременного принятия соответствующих мер на федеральном и региональном уровнях, а также совместных действий органов государственной власти, бизнеса, природоохранных организаций и гражданского общества.

УДК 66.021.3

Н. А. Лапшин, С. В. Натареев

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

РЕГЕНЕРАЦИЯ ИОНИТА ПРИ НЕСТАЦИОНАРНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ ЕМКОСТНОГО АППАРАТА НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Аннотация: в статье приводятся данные по экспериментальному исследованию переходных процессов ионообменной десорбции сульфокислотного катионита Lewatit S-100 от ионов тяжелых металлов в ёмкостном аппарате непрерывного действия с мешалкой. Приведены описание лабораторной установки, принцип её работы, основные конструктивные и технологические характеристики. В ходе экспериментальных исследований выявлены закономерности ионного обмена при переходном процессе. Сняты кривые разгона и на их основании определены время разгона, постоянная времени и другие параметры, характеризующие динамический ионообменный процесс. Полученные данные необходимы при разработке экспериментально-аналитической математической модели, описывающей реальный ионообменный процесс.

Ключевые слова: ионный обмен, ионы тяжёлых металлов, переходный процесс, кривая разгона.

N. A. Lapshin, S. V. Natareev

ION EXCHANGER REGENERATION UNDER THE NON-STATIONARY MODE OF OPERATION OF A CONTINUOUS CAPACITIVE APPARATUS

Abstract: the article presents data on an experimental study of transient processes of ion-exchange desorption of sulfonic acid cation exchanger Lewatit S-100 from heavy metal ions in a continuous capacitive apparatus with a stirrer. The description of the laboratory setup, the principle of its operation, the main design and technological characteristics are given. In the course of experimental studies, regularities of ion exchange during the transient process were revealed. The acceleration curves were taken and on their basis the acceleration time, time constant and other parameters characterizing the dynamic ion-exchange process were determined. The data obtained are necessary for the development of an experimental-analytical mathematical model describing the real ion-exchange process.

Keywords: ion exchange, ions of heavy metals, transient process, acceleration curve, time constant.

При проведении процесса водоподготовки в чрезвычайных ситуациях применяются мобильные водоочистные станции, в которых обессоливание воды осуществляется в ионообменных аппаратах различной конструкции. При эксплуатации данных аппаратов различают следующие стадии: сорбционная очистка воды, регенерация отработанного ионита, отмывка ионита от остатков регенерационного раствора и взрыхление ионита. Из указанных стадий регенерация ионита обычно определяет экономику всего процесса, поскольку для восстановления обменной емкости сорбента используют дорогие растворы кислот и щелочей. Поэтому снижение расхода регенерационных растворов является одной из важных актуальных задач, имеющей важное практическое значение.

Аппараты непрерывного действия должны работать в стационарном неизменном во времени режиме. Однако при наличии внешнего возмущения наблюдаются отклонения от стационарного режима их работы, при котором происходит переход из одного стационарного состояния в другое [1]. Во время работы ионообменных аппаратов переходные процессы могут протекать при изменении концентрации и расхода раствора, подаваемого на очистку, замене ионообменного материала, изменении скорости реакции двойного обмена между ионитом и раствором и других случаях. К переходным процессам относится пусковой режим работы аппарата, при котором в неработающий аппарат подаются исходные вещества и через определённый промежуток времени в нём устанавливается стационарный режим. Методы экспериментального исследования переходных процессов описаны в работах [2, 3]. В прикладных задачах очень часто рассматривают переходный процесс, возникающий в аппарате при воздействии единичного ступенчатого возмущения. При этом на выходе из аппарата снимают так называемую кривую разгона, из анализа которой находят время разгона, постоянную времени, и другие характеристики процесса, которые необходимы при расчете аппарата.

Целью данной работы являлось исследование десорбции ионов тяжелых металлов из катионита Lewatit S-100 в ёмкостном аппарате с мешалкой непрерывного действия при нестационарном протекании процесса.

Экспериментальные исследования переходных процессов десорбции проводили на лабораторной установке, схема которой показана на рис. 1. Основным элементом установки являлся ёмкостной аппарат 1 с эллиптическим днищем. Аппарат был изготовлен из полипропилена диаметром 100 мм и высотой 140 мм. В состав установки также входили ёмкости для исходного 2 и отработанного 3 растворов, отработанного 4 и отрегенированного 5 катионита, дозаторы 6 и 7, ротаметр 8, центробежный насос 9 и вентили 10 - 12. Для перемешивания суспензии раствор - ионит использовали двухлопастную мешалку диаметром 6 мм и высотой лопасти 5 мм.

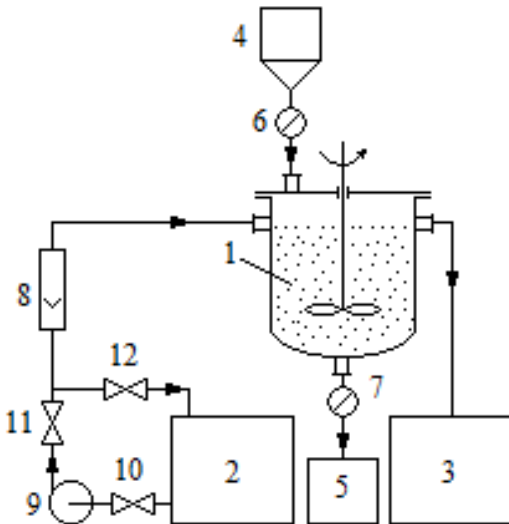


Рис. 1. Схема

экспериментальной установки:

- 1 – аппарат емкостного типа с мешалкой;
- 2 – емкость для исходного раствора;
- 3 – емкость для отработанного раствора;
- 4 – бункер для отработанного катионита;
- 5 – емкость для отрегенированного катионита;
- 6, 7 – дозаторы; 8 – ротаметр;
- 9 – насос; 10 – 12 – вентили

Для проведения опытов в емкостной аппарат 1 заливали регенерационный раствор. Затем включали мешалку, одновременно загружали в аппарат определенную навеску катионита, насыщенного ионами меди, подавали в него регенерационный раствор из ёмкости 2 с помощью насоса 9 и отработанный катионит из ёмкости 4 с помощью дозатора 6. Расход раствора установили по ротаметру 8. Одновременно из аппарата выводили самотёком отработанный регенерационный раствор в ёмкость 3 и отрегенированный катионит с помощью дозатора 7 в ёмкость 5. При проведении исследований снималась кривая разгона. Для этого через равные промежутки времени отбирали пробы на выходе из аппарата. Анализ растворов проводили на спектрофотометре U-2001 (Hitachi, Япония). Погрешность измерений не превышала 3 %.

В таблице приведены основные характеристики работы емкостного аппарата. В данной таблицы приняты следующие обозначения: C_0 – начальная концентрация регенерационного раствора в аппарате; $C_{вх}$ – входящая концентрация регенерационного раствора; $Q_{ж}$ – расход раствора на входе в аппарат; V_T – объем катионита в аппарате; $C_{вых}$ – концентрация ионов меди в растворе на выходе из аппарата; T – постоянная времени; τ_p – время разгона; R – максимальная скорость изменения параметра.

В качестве регенерационного раствора использовали растворы хлорида натрия концентрацией 10 и 15 %. Концентрация регенерационного раствора на входе в аппарат принималась равной концентрации раствора внутри аппарата в начальный момент времени. При проведении опытов изменялись объемный расход регенерационного раствора, его концентрация и соотношение катионита и раствора в аппарате, указанные в таблице.

Таблица. Параметры переходного процесса десорбции

Показатель	Номер опыта							
	1	2	3	4	5	6	7	8
$C_0=C_{\text{вх}},$ КГ-ЭКВ/М ³	1,83	2,84	1,83	2,84	1,83	2,84	1,83	2,84
$Q_{\text{ж}} \cdot 10^6,$ М ³ /с	10	10	15	15	10	10	15	15
$V_{\text{т}} \cdot 10^6,$ М ³	60				100			
$C_{\text{вых}},$ КГ- ЭКВ/М ³	0,006	0,014	0,025	0,035	0,038	0,048	0,041	0,049
$T,$ с	94	94	63	63	90	90	60	60
$\tau_{\text{р}},$ с	120	150	90	120	150	180	90	120
$R \cdot 10^4,$ КГ-ЭКВ/(М ³ ·с)	0,6	1,4	3,9	5,5	4,2	5,3	6,8	8,1

Характеристики переходных процессов, представленные в таблице, рассчитывались по следующим формулам [4].

Время разгона $\tau_{\text{р}}$, характеризующее инертность рассматриваемой ионообменной системы, определяли на основании экспериментальных данных по следующей формуле:

$$\tau_{\text{р}} = \tau_{\text{ст}} - \tau_0, \quad (1)$$

где $\tau_{\text{ст}}$ – время выхода аппарата на стационарный режим, с; τ_0 – время подачи возмущения, с.

Постоянную времени по жидкой фазе T – характеризующую способность объекта накапливать или рассеивать вещество, рассчитывали по формуле:

$$T = \frac{V_{\text{ж}}}{Q_{\text{ж}}}, \quad (2)$$

где $V_{\text{ж}}$ – объем раствора в аппарате.

Величину максимальной скорости изменения параметра R определяли по формуле:

$$R = \frac{C_{\text{вых}}}{T}. \quad (3)$$

Из таблицы видно, что изменение концентрации и подачи входящего раствора, влияют на временные характеристики переходного процесса. Установлено, что с увеличением концентрации раствора, возрастает величина инертности системы, о чем можно судить по возрастанию времени разгона. При увеличении подачи раствора в аппарат наблюдается уменьшение времени разгона, что свидетельствует о снижении инертности ионообменной системы. На способность катионита рассеивать из себя ионы меди влияет величина подачи раство-

ра на входе в аппарат. С повышением расхода раствора снижается способность суспензии к межфазному массообмену, на что указывает уменьшение постоянной времени. При этом на данную характеристику не оказывает существенного влияния концентрация входящего раствора. При увеличении концентрации раствора и его подачи на входе в аппарат наблюдается увеличение максимальной скорости изменения концентрации раствора внутри аппарата, что указывает на снижение стабильности системы ионит-раствор и её способности к переходу в стационарное состояние.

На рис. 2 показана в качестве примера экспериментально найденная кривая разгона, полученная при условиях проведения опыта № 2.

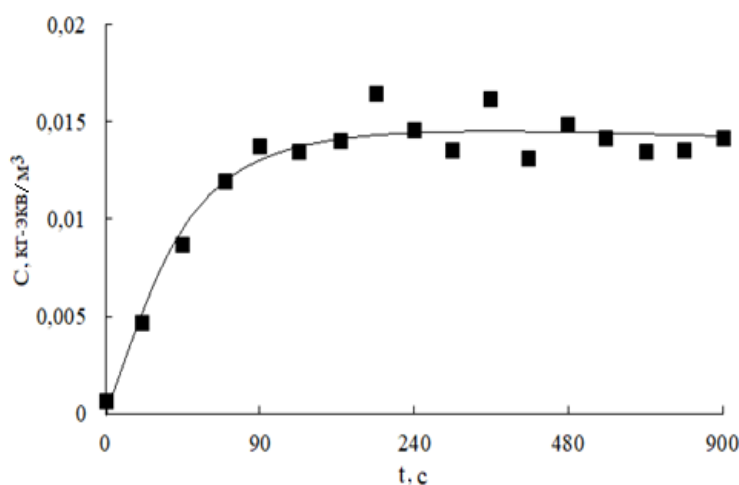


Рис. 2. Кривая разгона десорбции меди (опыт № 2)

Таким образом, в результате экспериментального исследования изучены переходные процессы ионообменной десорбции ионов меди из сульфокислотного катионита Lewatit S-100 в емкостном аппарате непрерывного действия. Из анализа полученных данных определены время разгона, постоянная времени и другие параметры переходного процесса, необходимые для регулирования процесса очистки воды и бесперебойной её подачи потребителю в чрезвычайных ситуациях.

Работа проведена при помощи *испытательного центра «Качество»* ФГБОУ ВО «ИГХТУ».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матвейкин В.Г., Погонин В.А., Путин С.А., Скворцов С.А. Математическое моделирование и управление процессом короткоциклового безнагревной адсорбции. М.: Изд-во Машиностроение–1, 2007. 140 с.
2. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химической технологии. М.: Химия, 1985. 448 с.

3. Федоров А.Ф., Кузьменко Е.А. Система управления химико–технологическими процессами: учеб. пособие. Томск: Изд-во Томского политех. ун-та, 2015. 224 с.

4. Староверов А.Г. Основы автоматизации производства: Учеб. пособие. М.: Машиностроение, 1989. 312 с.

УДК: [502.51(282.02):556.3.01]:574.24

Ю. С. Лузева¹, С. А. Буймова¹, А. Г. Бубнов^{1,2}, С. Д. Буймов³

¹ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

²Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

³МБОУ СШ № 28 г. Иваново

БИОТЕСТИРОВАНИЕ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ РОДНИКОВЫХ ВОД

Аннотация: представлены результаты химического анализа проб родниковой воды, отобранной из источников, расположенных на территории городов Иваново и Кохма Ивановской области. Проведено сравнение полученных значений показателей качества с нормативными требованиями. Исследована динамика контролируемых показателей. Выявлены критериальные (приоритетные) загрязнители.

Ключевые слова: экологический мониторинг, биотестирование, родниковая вода, индикатор качества, химический анализ, природная экосистема, критериальные поллютанты.

Yu. S. Luzeva, S. A. Buymova, A. G. Bubnov, S. D. Buimov

BIOTESTING IN ENVIRONMENTAL MONITORING OF SPRING WATER

Abstract: the results of the chemical analysis of spring water samples taken from sources located on the territory of the cities of Ivanovo and Kokhma, Ivanovo region are presented. The obtained values of quality indicators are compared with the regulatory requirements. The dynamics of controlled indicators has been studied. Criteria (priority) pollutants were identified.

Key words: environmental monitoring, biotesting, spring water, quality indicator, chemical analysis, natural ecosystem, criterion pollutants.

Возрастающая техногенная нагрузка в городах и крупных промышленных центрах влечёт за собой увеличение вероятности возникновения аварийных ситуаций и ЧС техногенного характера. Антропогенный фактор, в большинстве случаев, является причиной возникновения аварий, влекущих за собой экологи-

ческие проблемы, связанные с негативным воздействием на объекты окружающей природной среды. При возникновении проблем с подачей населению питьевой воды из централизованных систем водоснабжения, альтернативным источником могут стать родники, расположенные на территории или вблизи населённых пунктов. Кроме того, проблема качества питьевой воды в крупных городах также вынуждает население искать альтернативные источники питьевого водоснабжения. Множество жителей городов и сельской местности используют в питьевых целях воду из источников нецентрального водоснабжения (такие как родники). Часто для этого используют воды подземных источников, расположенных на территории города, поэтому нужен тщательный контроль химического состава таких вод. Но как показывает практика, не всегда данная вода соответствует нормативным требованиям по санитарно-гигиеническим нормам качества.

Выбросы автотранспорта, сточные воды от промышленных предприятий и коммунальных служб поступают в почвенный покров и могут служить источником загрязнения подземных вод, том числе и родниковых. В связи с этим необходимо вести постоянный контроль качества таких вод, особенно сезонных изменений. Оценка качества окружающей среды и эффективность мер по её восстановлению стала важной научно-практической задачей. Поэтому целью работы являлись анализ и оценка состояния родниковых вод с применением физико-химических методов и биотестового анализа.

В работе проводился биотестовый анализ исследуемых образцов родниковых вод с применением ракообразных *Daphnia Magna* [1]. *Daphnia Magna* в природных условиях живут в различных мелких водоёмах, питаются бактериями, фитопланктоном. Легко культивируется в лабораторных условиях в любое время года, а также обладают высокой чувствительностью к токсикантам различной природы [2]. Методика биотестирования рекомендована органами Росприроднадзора для анализа и оценки качества сточных, подземных и поверхностных вод, донных отложений, а также водных растворов отдельных веществ и их смесей [1]. Представленный метод позволяет установить наличие или отсутствие острого токсического действия и хронической интоксикации.

Для анализа были отобраны пробы воды из трёх родников, расположенных в городах Иваново и Кохма, а также анализировалась вода из городской централизованной системы водопровода города Иваново. Для анализа использовались *Daphnia Magna* в возрасте до 24 часов. Продолжительность биотестирования - 96 часов, начальная посадка *Daphnia Magna* – 10 штук. В каждом опыте, согласно РД 52.24.635-2002, в течение определённого времени подсчитывалось количество выживших особей *Daphnia Magna*. Пробы родниковой воды отбирались с января по ноябрь 2021 года. Пригодность культуры к биотестированию определялась чувствительностью тест-организмов (*Daphnia Magna*) к стандартному токсиканту, в данном случае был использован раствор $K_2Cr_2O_7$. С этой целью установили среднее значение величины летального времени – LT_{50} , которое находилось в пределах 24 часов. Результаты биотестиро-

вания считались достоверными, так как гибель тест-организмов в контрольной пробе за всё время наблюдений не превысила 10 %.

Результаты исследований проб родниковой и водопроводной воды показаны ниже на рис. 1. Можно наблюдать, что для проб родниковой воды характерно наличие хронической интоксикации, а пробы водопроводной воды обладают острым токсическим действием на тест-организмы (*Daphnia Magna*).

На основании полученных в анализе данных провела ранжирование источников родниковой и водопроводной воды по уровню токсического эффекта (в порядке снижения эффекта) [4]: городская водопроводная вода → родник в городе Кохма → родник в районе городского бассейна г. Иваново → родник в парке отдыха «Харинка» г. Иваново.

Для определения возможных причин гибели тест-организмов *Daphnia Magna* и идентификации поллютантов, содержащихся в пробах воды, в работе проводился анализ состояния исследованных образцов вод с применением физико-химических методов исследования. Контроль качества воды осуществлялся по следующим показателям, представленным ниже:

- 1) органолептическим: запах, цветность, привкус, мутность;
- 2) обобщённым: рН, жёсткость, общая минерализация, ХПК_{KMnO4}, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ);
- 3) содержанию катионов: Pb^{2+} , NH_4^+ , Al^{3+} , Cd^{2+} , Co^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} а также общее содержание $Cu_{общ}$, $Mn_{общ}$, $Fe_{общ}$, $Cr_{общ}$;
- 4) содержанию анионов: NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_2^- .

В случае возникновения чрезвычайной ситуации природного или техногенного характера возможно использование для питьевых целей родниковые воды, а гигиенические требования, предъявляемые к качеству воды нецентрализованного водоснабжения такие же, как предъявляемые к водопроводной воде, то для оценки качества родниковой воды нами были использованы ПДК_{пит} из СанПиН 2.1.4.1074-01. Отметим, что результаты исследования с применением физико-химических методов подтвердили данные, полученные с помощью метода биотестирования с применением ракообразных *Daphnia Magna* [3].

Обнаруженные в родниковой воде компоненты могут вызвать неблагоприятное влияние на организм человека при постоянном употреблении воды данного состава в питьевых целях. А именно, повышенное содержание солей жёсткости может приводить к развитию желчекаменной и мочекаменной болезни, повышенной свертываемости крови и образованию тромбов. СПАВ могут оказывать негативное влияние на центральную нервную систему человека, а именно парализуют передачу возбуждения с нерва на скелетную мышцу.

Нитрат-ионы (NO_3^-) способствуют образованию в крови метгемоглобина, препятствующего нормальному окислительному процессу в организме, а именно ухудшается транспортировка кислорода [4].

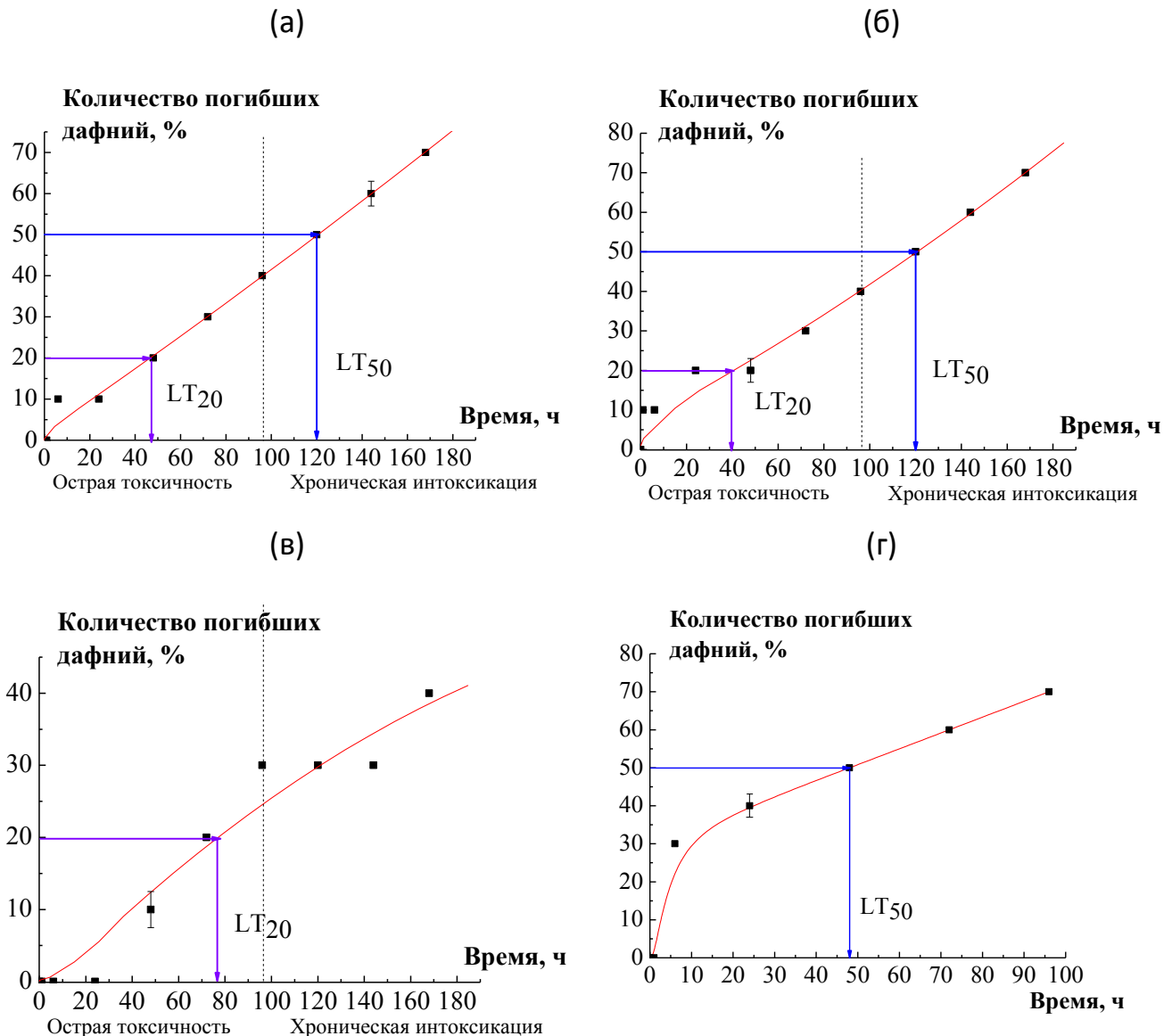


Рис. 1. Зависимость количества погибших *Daphnia Magna* от времени при биотестировании родниковой и водопроводной воды из природных источников: район городского бассейна г. Иваново (а), родник в г. Кохма (б), район парка отдыха «Харинка» в г. Иваново (в) и водопроводной воды (г)

В рассмотренных нами природных источниках обнаружены превышения нормативных требований по следующим показателям качества: по величине общей жёсткости, СПАВ и содержанию NO_3^- – рис. 2. Поэтому перед пероральным употреблением родниковой воды необходима её очистка (обработка). Эксперименты показали, что после дополнительной обработки воды (даже в домашних условиях, с использованием доступных методов – кипячения и фильтрования на бытовых фильтрах) содержание вредных компонентов в воде снижается до достижения допустимых значений [4].

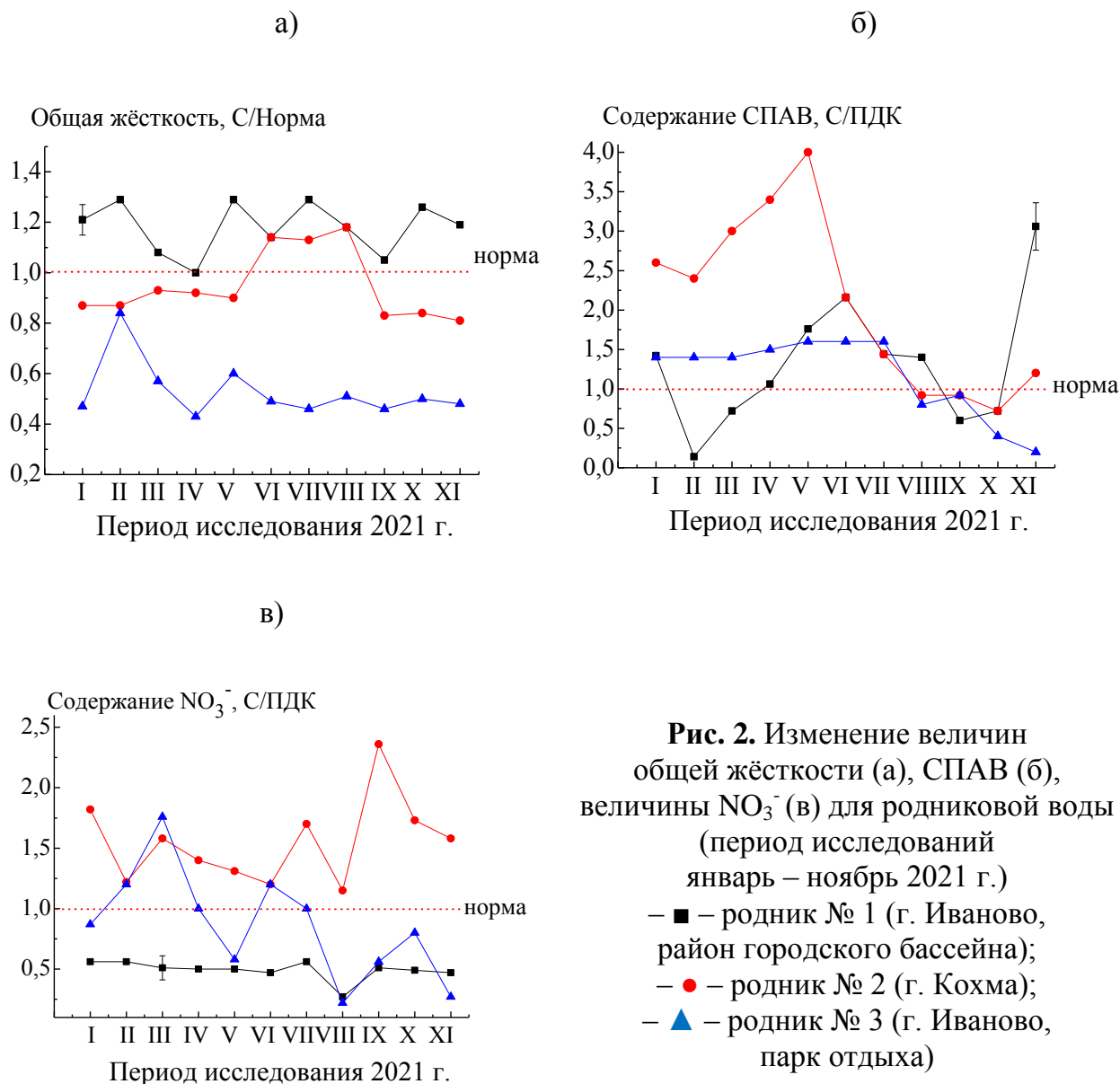


Рис. 2. Изменение величин общей жёсткости (а), СПАВ (б), величины NO₃⁻ (в) для родниковой воды (период исследований январь – ноябрь 2021 г.)
 – ■ – родник № 1 (г. Иваново, район городского бассейна);
 – ● – родник № 2 (г. Кохма);
 – ▲ – родник № 3 (г. Иваново, парк отдыха)

Таким образом:

- 1) результаты биотестирования подтверждают данные, полученные с помощью физико-химического анализа проб родниковой и водопроводной воды;
- 2) оценка состояния вод с применением биотестового и физико-химических методов анализа показала наличие в воде поллютантов, которые могут приводить к хронической интоксикации организма (при постоянном употреблении воды данного состава в питьевых целях);
- 3) вода из исследованных природных источников может быть использована в качестве альтернативного источника питьевой воды строго после предварительной водоподготовки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06 Токсикологические методы анализа. Методика определения токсичности водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов, питьевой, сточной и природной воды по смертности тест-объекта *Daphnia Magna*. – М.: 2006. – 44 с.
2. Руководство по определению методов биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов. – М: РЭФИА, НИА-Природа. 2002. – 118 с.
3. *Буймова С.А.* Комплексная оценка качества родниковых вод на примере Ивановской области/ С.А. Буймова, А.Г. Бубнов; под ред. А.Г. Бубнова; Иван. гос.хим.-технол. ун-т.- Иваново, 2012. – 463 с.
4. *Буймова, С.А.* Проблемы безопасности родниковых вод и оценка воздействия уровня загрязнения на объекты биосферы / С.А. Буймова, А.Г. Бубнов, А.А. Каленова, Ю.А. Малова, А.А. Колотилова, Ю.С. Лузева // Актуальные проблемы безопасности в техносфере (научно-аналитический журнал). – 2021. – № 1 (1). – С. 11 – 18.

УДК: 331.45

Ю. А. Малова¹, С. А. Буймова¹, А. Г. Бубнов^{1,2}, С. Д. Буймов³

¹ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

²Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

³МБОУ СШ № 28 г. Иваново

РОЛЬ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ И ЛИСТВЕННОГО ОПАДА КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИНДИКАТОРОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ УРБАНИЗОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ Г. ИВАНОВО

Аннотация: в работе рассмотрены атмосферные осадки и липовый опад как один из экологических показателей состояния окружающей среды, а именно уровня загрязнения атмосферного воздуха. Атмосферные осадки и листва липы накапливают вредные вещества, преимущественно поступающие из атмосферного воздуха, таким образом, они могут служить индикаторами для косвенной оценки уровня загрязнения атмосферы. В работе был исследован химический состав талых вод, а также листвы липы, отобранных в местах выхода родников, расположенных в городах: Иваново и Кохма.

Ключевые слова: мониторинг, снежный покров, листва, тяжёлые металлы, риск, атмосферный воздух, загрязнение.

Yu. A. Malova, S. A. Buymova, A. G. Bubnov², S. D. Buimov

**THE IMPORTANCE OF ATMOSPHERIC PRECIPITATION
AND LEAF LITTER AS ENVIRONMENTAL INDICATORS
OF POLLUTION OF URBANIZED TERRITORIES OF IVANOVO**

Abstract: the paper considers aspects of atmospheric precipitation as one of the environmental indicators of the state of the environment. Precipitation and linden foliage accumulate harmful substances, mainly coming from the atmospheric air, so they can serve as indicators for an indirect assessment of the level of atmospheric pollution. The work investigated the chemical composition of meltwater, as well as linden foliage, selected at the outlet of springs located in the cities of Ivanovo and Kohma.

Keywords: monitoring, snow cover, foliage, heavy metals, risk, atmospheric air, pollution.

Химический состав снежного покрова и листвы липы связан с загрязнением атмосферного воздуха, а также последующим загрязнением поверхностных вод и почв. При образовании и выпадении снега в результате процессов сухого и влажного вымывания концентрация загрязняющих веществ в нем оказывается обычно на 2-3 порядка выше, чем в атмосферном воздухе [6]. Многолетние наблюдения доказывают, что основными источниками загрязнения поверхностных водных объектов являются недостаточно очищенные сточные канализационные воды, сточные воды промышленных предприятий и поверхностный сток с территорий населенных пунктов области. В сельской местности поверхностные водные объекты подвергаются загрязнению, особенно в паводковый период, стоками с полей, фермерских хозяйств, садовых участков, а в городах большое место среди источников - загрязнителей занимает автотранспорт и несанкционированные мусорные свалки.

Наиболее устойчивые зоны с повышенными концентрациями загрязнений возникают в местах активной жизнедеятельности человека. Установлено, что каждые 10-12 лет объем мирового промышленного производства удваивается, а это сопровождается примерно таким же ростом объема выбрасываемых загрязнений в окружающую среду. По ряду загрязнений темпы роста их выбросов значительно выше средних. К таковым относятся аэрозоли тяжелых и редких металлов, синтетические соединения, не существующие и не образующие в природе, радиоактивные, бактериологические и другие загрязнения [8].

В зоне контакта загрязняющих веществ с подстилающими поверхностями (водой или почвой) происходят процессы их биохимической миграции и трансформации. Именно здесь вредные выбросы наносят максимальный ущерб биологическим объектам, вызывая морфологические, физиологические и мутагенные нарушения в живых организмах и растениях.

На качественный и количественный состав водных объектов оказывает влияние: 1) миграция химических загрязнений из атмосферы; 2) поступление загрязняющих веществ в водоемы с бытовыми, промышленными и сельскохозяйственными стоками; 3) поверхностный сток (дождевые, талые воды).

Отметим, что государственные службы не контролируют химический состав родниковой воды, талых вод, а также листвы липы. Вместе с тем, атмосферные выпадения и липовый опад эффективно сорбируют различные примеси из атмосферы, в том числе выбросы от техногенных источников и автомобильного транспорта; вредные компоненты в дальнейшем могут поступать в подстилающую поверхность, а также подземные воды и наносить ущерб здоровью людей, употребляющих эту воду в качестве питьевой [7].

Мониторинг листвы и снежного покрова в работе проводится вблизи трёх родников, находящихся на урбанизированной территории городов Иваново (административный центр Ивановской области) и Кохма (город-спутник г. Иваново). В Иваново наблюдались два родника:

- расположенный в центре города – в непосредственной близости к автомобильным дорогам, селитебной территории и хозяйственным объектам (зона повышенного антропогенного воздействия);
- находящийся в рекреационной зоне – парке отдыха (зона пониженного антропогенного влияния).

Пробы снега отбирались в пяти точках вокруг каждого из указанных родников, а также у ближайших автомобильных дорог. Контроль осуществлялся за содержанием соединений некоторых металлов, которые могут выделяться в процессе различной промышленной деятельности и в результате накопления во внешней среде представляют серьезную опасность с точки зрения их биологической активности и токсических свойств. Содержание вредных примесей в исследованных образцах талых вод снежного покрова контролировалось стандартными методами химического и физико-химического анализа (потенциометрическим, титриметрическим, фотометрическим и атомно-абсорбционным) в соответствии с нормативами содержания веществ в водоёмах рыбохозяйственного назначения (ПДК_{рх}) по [6]. В образцах талых вод контролировали величину рН и содержание соединений Cu, Cr, Mn, Pb, Zn, Al, Co, Cd, Ni. Кроме талых вод, для контроля за уровнем загрязнения атмосферного воздуха, были отобраны и проанализированы образцы листвы липы. Выбор контролируемых показателей был обусловлен перечнем критериальных поллютантов, характерных для рассматриваемых территорий. Приоритетные поллютанты были выявлены в ходе многолетних мониторинговых наблюдений (с 2003 года) за рассматриваемыми родниками в указанных выше местах [1].

Содержание соединений **железа** (рис. 1) превышает предельно-допустимые концентрации в пробах талой воды на родниках № 1 (г. Иваново, район городского бассейна) и № 2 (г. Кохма) отобранных в феврале 2018-19 гг., однако на роднике № 3 (г. Иваново парковая зона) обнаружено значительно меньшее содержание, а в ЗСО родника совсем не превысило ПДК_{рх}. Отметим,

что к 2020 г. наблюдалось значительное снижение рассматриваемого показателя, однако в 2021г. он находится относительно на одинаковом уровне во всех местах отбора и превышает предельное значение в 3 раза.

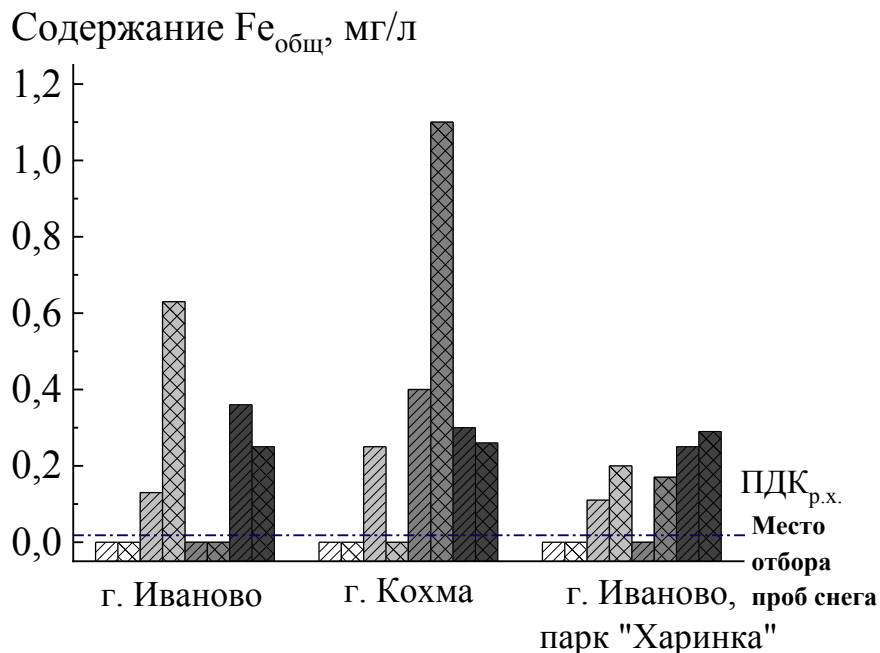
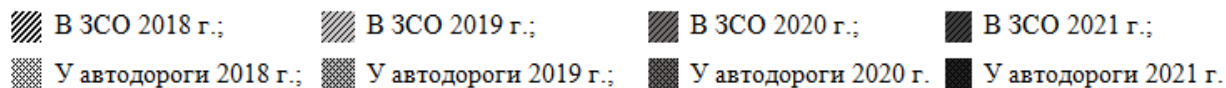


Рис. 1. Содержание соединений $Fe_{общ}$ в образцах снега



Повышенное содержание $Fe_{общ}$ может иметь антропогенное происхождение, связанное с трансграничным переносом примесей воздушными массами и условиями формирования атмосферных осадков.

Кроме талых вод, для контроля за уровнем загрязнения атмосферного воздуха, были отобраны и проанализированы образцы липового цвета и липового опада (как индикаторов загрязнённости атмосферного воздуха). Выявлено, что содержание соединений Co^{2+} в исследованных образцах листы липы показали, что содержание в большинстве случаев оказывалось выше в образцах, отобранных около родника. При этом значительно меньшее содержание Co^{2+} наблюдалось в образцах листы, отобранной в начальном периоде её цветения в июне месяце (Рис.2.).

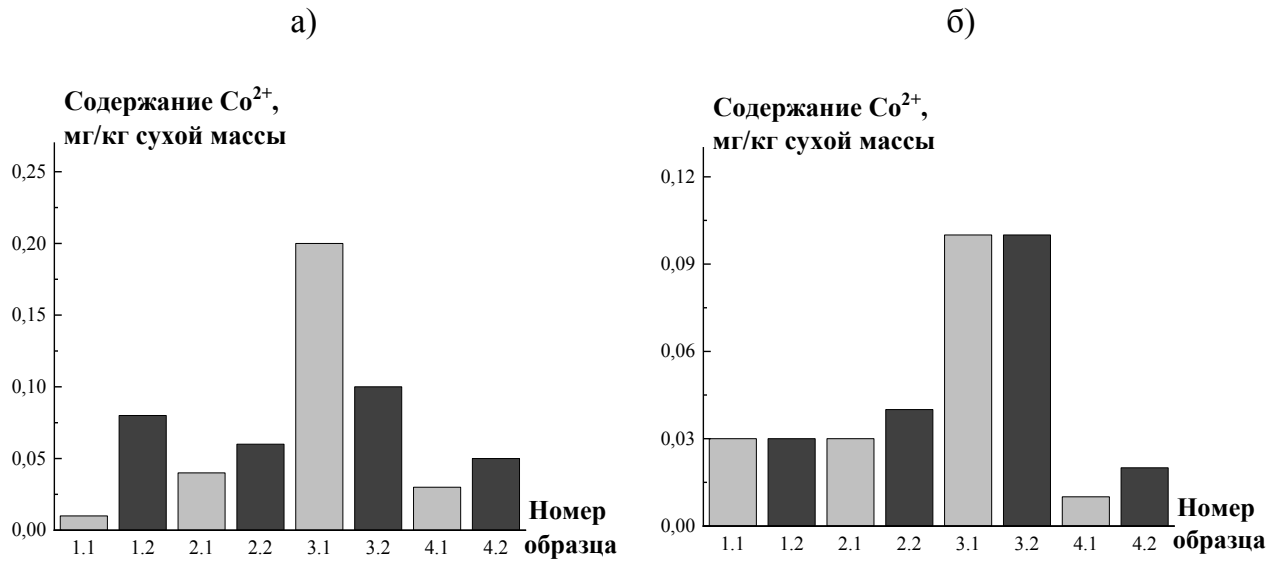


Рис. 2. Содержание соединений Co^{2+} в образцах липового цвета и липового опада (а – июнь 2021 г.; б – сентябрь 2021 г.)

1.1 – листва источник № 1 (г. Иваново, р-н гор. бассейна) около родника; 1.2 – листва источник № 1 (г. Иваново, р-н гор. бассейна), около автомобильной дороги; 2.1 – листва Источник № 2 (г. Кохма) около родника; 2.2 – листва Источник № 2 (г. Кохма) около автомобильной дороги; 3.1 – листва источник № 3 (г. Иваново, парк «Харинка») около ЗСО родника; 3.2 – липовый цвет источник № 3 (г. Иваново, парк «Харинка») около автомобильной дороги; 4.1 – листва источник № 4 (г. Иваново, кольцо Шубиных) во дворе жилых домов; 4.2 – листва источник № 4 (г. Иваново, кольцо Шубиных) около автомобильной дороги.

□ – вдали от автомобильной дороги ■ – около автомобильной дороги

Результаты химического анализа на содержание соединений Co^{2+} в исследованных образцах листвы липы показали, что содержание в большинстве случаев оказывалось выше в образцах, отобранных около родника. При этом значительно меньшее содержание Co^{2+} наблюдалось в образцах листвы, отобранной в начальном периоде её цветения в июне месяце.

В работе был оценён риск от загрязнения атмосферного воздуха соединениями металлов (Zn^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+}) для человека, растений и биосферы в целом при хроническом воздействии согласно методическому подходу, предложенному учёными из Донецкого национального технического университета [5] (см. (рис. 3).

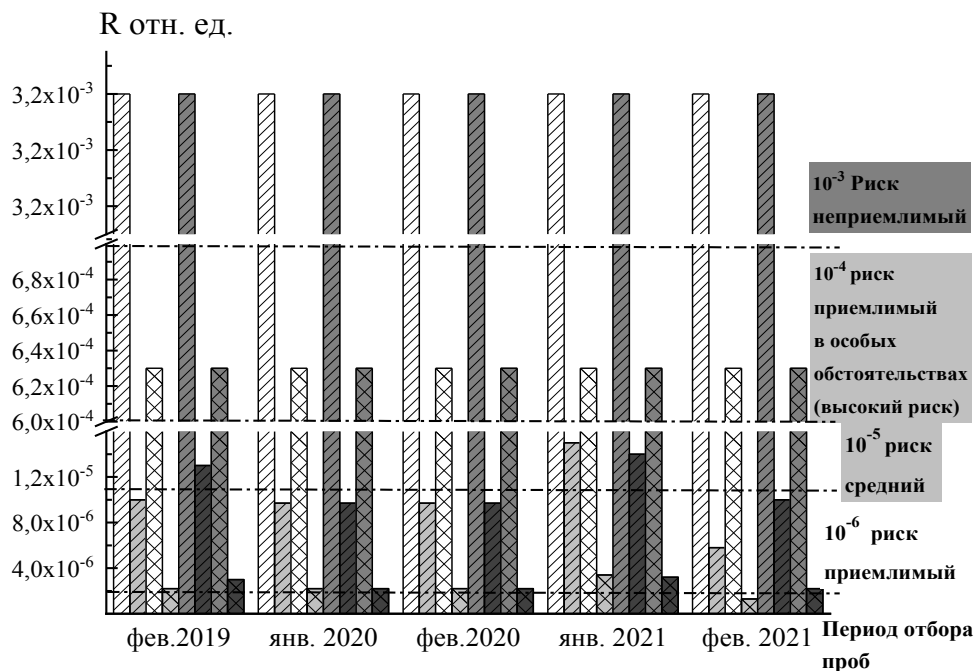


Рис. 3. Значения верхних и нижних границ риска от загрязнения атмосферного воздуха около родников соединениями Co^{2+} (по содержанию в талых водах) для человека при хроническом воздействии

$- R_+$ в ЗСО родника	Для среднеуязвимой группы	$- R_+$ у автодороги	Для среднеуязвимой групп
$- R_-$ в ЗСО родника		$- R_-$ у автодороги	
$- R_+$ в ЗСО родника	Для наименее уязвимой группы	$- R_+$ у автодороги	Для наименее уязвимой группы
$- R_-$ в ЗСО родника		$- R_-$ у автодороги	

Примечание: **максимальный риск** означает риск, приемлем без ограничений; **высокий риск** – приемлем лишь в особых обстоятельствах; **средний риск** – требуется детальное обоснование приемлемости.

Таким образом, применённая нами методика позволила провести количественную оценку риска загрязнения атмосферы по данным экологического мониторинга атмосферного воздуха. Изложенный подход может быть использован для количественной оценки риска применительно к различным природным средам: поверхностным и подземным водам, почвам и т.д., а также позволяет провести сравнения достаточно неопределённых оценок риска для здоровья человека от загрязнения окружающей среды и упростить процедуру принятия решений на стадии управления риском.

Полученные результаты свидетельствуют о неблагоприятной экологической обстановке вблизи родников и на территориях примыкающих к родникам ближайших автомобильных дорог. Проведённая оценка хронического риска здоровью населения, растительности и биосферы от загрязнения атмосферного воздуха показала, что оценённые значения рисков могут быть отнесены к «недопустимой степени риска».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Белюченко И. С.* Биомониторинг состояния окружающей среды: учебное пособие / И.С. Белюченко, Е.С. Федоненко, А.В. Смагина – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 153с.
2. *Буймова С. А.* Комплексная оценка качества родниковых вод на примере Ивановской области: С.А. Буймова, А.Г. Бубнов; под ред. А.Г. Бубнова; Иван.гос.хим.–технол.ун-т. – Иваново, 2012. – 463 с.
3. *Голубев И. Р.* Окружающая среда и транспорт / И.Р. Голубев, Ю.В. Новиков / М.: Транспорт, 1987. - 96 с.
4. *Зайцев С. К.* Промышленная экология. – М.: Биосфера, 2009. – 280 с.
5. *Звягинцева А. В.* Количественная оценка рисков в экологической безопасности. Ч. 2. Практическое применение методики оценки риска при загрязнении атмосферы [Текст] / А. В. Звягинцева, Г. В. Аверин // Вісник Донецького університету. Серія «Природничі науки». 2007. № 1. С. 293 – 301.
6. *Негробов О.П.* Снежный покров как индикатор состояния атмосферного воздуха в системе социально-гигиенического мониторинга / И.К. АСТАНИН, В.С. СТАРОДУБЦЕВ, Н.Н. АСТАНИНА / Вест. ВГУ. Сер. Химия. Биология. Фармация. 2005. № 2. С. 149-153.
7. Приказ Минсельхоза России от 13 декабря 2016 года № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (с изменениями на 10 марта 2020 года)».
8. *Сенотрусова С.В.* Загрязнение атмосферы и состояние здоровья населения промышленных городов / С.В. Сенотрусова, Н.К. Христофорова – СПб.: Астреион, 2004. – 246с.
9. *Федорова Т.А.* Экологический мониторинг качества питьевой воды / Т.А. Федорова / статья в сборнике трудов конференции, Международная молодёжная конференция «Современное естествознание и охрана окружающей среды» 9 - 13 сентября 2013 г. / Курганский государственный университет. – Курган: 2013. – С. 79-80.

УДК 613 62 (985)

С. Г. Мингалеев

ФГБУ ВНИИГОЧС МЧС России

РИСКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ СПАСАТЕЛЕЙ И ПОЖАРНЫХ, В ТОМ ЧИСЛЕ, РАБОТАЮЩИХ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РФ

Аннотация: профессиональные заболевания пожарных и спасателей – это результат комбинированного воздействия на их организм вредных факторов. Имеются особенности заболеваний спасателей в Арктической зоне, социальное неравенство среди спасателей приводит к их психологической депрессии

Ключевые слова: профессиональные заболевания, особенности Арктической зоны, водолазы – спасатели, психологическая депрессия.

S. G. Mingaleev

RISKS OF DISEASES OF RESCUERS AND FIREFIGHTERS, INCLUDING THOSE WORKING IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

Abstract: occupational diseases of firefighters and rescuers are the result of the combined effect of harmful factors on their body. There are peculiarities of rescuers' diseases in the Arctic zone, social inequality among rescuers leads to their psychological depression.

Keywords: occupational diseases, peculiarities of the Arctic zone, rescue divers, psychological depression.

При ликвидации чрезвычайных ситуациях и тушении пожаров есть не только пострадавшие и спасенные, но и сами спасатели, пожарные подвергаются воздействию множества опасных факторов: действию низких и высоких температур, токсичных продуктов горения, хроническому нервному напряжению и эмоциональному стрессу; при работах на глубине водоемов – повышенному внешнему давлению и т. д. Поэтому профессиональные заболевания пожарных и спасателей – это результат комбинированного воздействия на их организм вредных факторов.

Производственно обусловленным заболеваниям пожарных и спасателей относят заболевания органов дыхания, эндокринной, нервной и костно-мышечной системы, патология желудочно-кишечного тракта: доминирует хронический гастрит, язвенная болезнь, а в группе с большей интенсивностью труда высокий уровень заболеваний сердечно-сосудистой системы. Риск сердечного приступа у спасателей и пожарных в 100 раз выше, чем у людей дру-

гих специальностей. Опасность сердечного приступа возрастает во время и после тушения тяжелого пожара и ликвидации последствий ЧС. Однако спасатели рискуют и в спокойные дни: доказано, что уровень стресса остается высоким даже в обычном режиме деятельности, ибо спасатели постоянно ожидают вызова. Кроме того, влияют частые переохлаждения и перегрев, действия в дыму, контакт с токсичными веществами при проведении газоспасательных работ и ликвидации нефтеразливов. Он чаще возникает у людей, испытывающих стрессы. Но очень трудно доказать, что человек заработал ее не потому, что неправильно питался, имел какие-то вредные привычки, а потому, что выполнял многие годы спасательные работы [1].

Для спасателя характерна работа в режиме ожидания. Находясь постоянно в состоянии оперативного покоя, работник подразделений МЧС должен сохранять готовность к экстренным действиям. Такое состояние также приводит к нервно-психическому напряжению. По данным исследований А. П. Самонова, у некоторых пожарных и спасателей волнение, вызванное ожиданием ЧС (пожара), сопровождается реакцией, которая может быть сильнее реакции, возникающей в период боевых действий. Переход от состояния оперативного покоя (монотонии) к деятельности в максимально быстром темпе по сигналу тревоги приводит к возникновению состояния эмоциональной напряженности, вызывающего изменения психовегетативных показателей.

Под профессиональным здоровьем понимается как «процесс сохранения и развития регуляторных свойств организма, его физического, психического и эмоционального благополучия, обеспечивающих высокую надежность профессиональной деятельности, профессиональное долголетие и максимальную длительность жизни».

Здоровье водолазов спасателей

Наиболее проблемными являются здоровье спасателей – водолазов, особенно при низких температурах в Арктической зоне. Опасные и вредные производственные факторы, характерных при выполнении водолазных спусков и работ: физические, психофизиологические, гидрометеорологические, химические; биологические. К психофизиологическим опасным и вредным производственным факторам относятся:

физические перегрузки (статические и динамические); изолированность водолаза и его отдаленность от персонала и средств обеспечения; нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, эмоциональные перегрузки); недостаточная освещенность рабочей зоны, отсутствие или недостаток естественного света; пониженная контрастность; прямая или отраженная блескость; повышенная электро, пожаро и взрывоопасность.

Воздействие указанных физических, химических, биологических и психофизиологических факторов в значениях, превышающих допустимые, может приводить к несчастным случаям - возникновению у водолазов заболеваний и травм. К специфическим заболеваниям и травмам, связанным с профессиональ-

ной деятельностью водолазов, при спусках на малые и средние глубины относятся:

- заболевания и травмы, связанные с повышенным давлением окружающей газовой и водной среды и его перепадом: декомпрессионная болезнь, баротравма легких, баротравма уха и придаточных пазух носа, барогипертензионный синдром, обжим водолаза, обжатие грудной клетки;

- заболевания и травмы, связанные с изменением парциального давления газов: наркотическое действие индифферентных газов, кислородное голодание, отравление кислородом, отравление углекислым газом (диоксидом углерода);

- заболевания и травмы, связанные с конструктивными особенностями водолазного снаряжения: химические ожоги и отравления поглотительными и регенеративными веществами.

К неспецифическим заболеваниям и травмам, связанным с профессиональной деятельностью водолазов, при спусках на малые и средние глубины относятся: утопление, переохлаждение, перегревание, отравления и травмы, вызываемые опасными морскими животными, отравления выхлопными газами, отравления нефтепродуктами, электротравма, термические ожоги, травма подводной взрывной волной и другие повреждения организма, в том числе при несчастных случаях и авариях на производстве.

Особую группу составляют хронические заболевания, связанные с профессиональной деятельностью водолазов, развивающиеся по мере увеличения стажа работы водолаза, в связи с систематическим воздействием неблагоприятных факторов гипербарической среды и, особенно, при нарушении правил декомпрессии. К этим заболеваниям, прежде всего, относится хроническая декомпрессионная болезнь, главным проявлением которой является асептический остеонекроз (омертвление участков костей) [2].

Особенности заболеваний спасателей в Арктической зоне

По мнению зампреда Госдумы Ольга Елифановой, заболеваемость в регионах Арктики на 12% выше, чем в целом по России, треть постоянного населения Севера имеет хронические заболевания и продолжительность жизни в арктической зоне на 6-8 лет меньше, чем в других регионах России, смертность в девять раз выше.

Заведующий НИЛ Арктической медицины Максим Чашин считает, что основными факторами риска нарушения здоровья в Арктике являются социально-экономические и поведенческие факторы, антропогенные загрязнения, холод и другие природно-климатические условия: «Люди, проживающие в Арктике – особенные, поскольку вынуждены жить и трудиться в особых условиях, оказывающих серьезное влияние на самочувствие и качество жизни в целом».

Врачи из Якутского научного центра даже придумали специальное определение для состояния тех, кто живет в Арктике – «Диагноз: Арктика»; он характерен для всех живущих за Полярным кругом. Конечно, во многом условия проживания на этом участке Земли определяются природными особенностями

территории. К ним относят ярко выраженные атмосферные явления и усиленную циклоническую деятельность, резкие колебания температуры и влажности воздуха, атмосферного давления и скорости ветра. Кроме того, в Арктической зоне наблюдается недостаточная насыщенность воздуха кислородом, наличие своеобразной фотопериодичности (полярный день – полярная ночь), более интенсивные, чем в средних и низких широтах, колебания геомагнитного поля и космических лучей, а также своеобразный микро- и макроэлементарный состав воды и почвы, характеризующийся недостатком или избытком жизненно важных элементов или нарушением их баланса.

В теплое время года в северных районах наблюдается массовое появление кровососущих двукрылых - гнуса. Их количество может достигать 5-10 кг массы на 1 гектар площади. В арктических пустынях и арктических тундрах в составе гнуса преобладают комары, в зоне тундр - комары и мошки; в лесотундре и тайге - весь состав гнуса. Сезон активности кровососущих двукрылых ограничивается по времени июлем и августом.

В Российской части Севера имеется большое количество животных - хранителей и переносчиков возбудителей инфекционных и паразитарных болезней: более 2 млн голов домашних и 800 тыс. диких северных оленей, около 1 млн голов крупного рогатого скота, 160 тыс. лошадей. 800 тыс. лосей, более 30 видов пушных зверей и более 90 видов птиц.

Санитарное состояние территории большинства населенных пунктов, за исключением крупных городов и новостроек, неудовлетворительное. Сбор и удаление нечистот производится не везде, санитарных пропускников и бань недостаточно. Среди местных жителей, особенно коренного населения, высок уровень заболеваемости педикулезом.

Основными источниками водоснабжения являются колодцы и открытые водоемы, вода которых часто имеет высокую степень микробного обсеменения. У вновь прибывших в северные районы лиц снижается общая резистентность, в том числе и иммунобиологическая защищенность организма. Замедляются репарационные процессы, удлиняются сроки заживления ран, быстро развивается кариес зубов. Раны нагнаиваются редко, но и заживают медленно, вяло по типу асептического воспаления с длительным болезненным инфильтратом.

В начальном периоде акклиматизации у значительной части прибывших на Север лиц отмечаются гипотензивная реакция, обморочные состояния, нарушения сна, неприятные ощущения в области сердца, «полярная одышка», особенно в период сильных ветров и перепадов давления, снижение аппетита, повышение жажды, уменьшение массы тела, физической и умственной работоспособности. Часто наблюдаются различные боли: миалгии, цефалгии, артралгии, невралгии, спастические реакции сосудов. Все эти клинические проявления патологической реакции организма можно объединить термином «дизадаптационные метеоневрозы».

Более 2/3 заболеваний на Севере связаны с охлаждением организма (холодовыми поражениями): отморожения разных степеней, ознобления, замерзания, траншейная стопа, различные простудные заболевания - ангины, синуситы, трахеиты, бронхиты, пневмонии и т. д. Второе место в структуре заболеваемости (около 15 %) занимают заболевания органов пищеварения, третьи - заболевания кожи и подкожной клетчатки, среди которых выделяются эпидермофития и себорей.

Различие форм и степеней холодовых поражений зависит не только от непосредственного действия низкой температуры, но также и от снижения общей резистентности организма, усталости, переутомления, вынужденного неподвижного положения, расстройства кровообращения из-за тесной обуви, плохо пригнанного снаряжения, сдавливающей одежды, наличия кровоостанавливающего жгута или давящей повязки на пораженной конечности. Отморожение является следствием воздействия холода на отдельные части тела. Чаще поражаются конечности, поскольку они дольше всего находятся в контакте со снегом, льдом, холодной водой. Первое место по частоте отморожений занимают первые пальцы стоп, второе - пальцы кистей. Ознобление рассматривается как хроническое отморожение I-II степени открытых участков тела: кистей, ушей, лица. Наблюдается в сырое время года при длительном воздействии холода, особенно у лиц, ранее перенесших отморожения.

Траншейная стопа - специфическое холодовое поражение, возникающее при длительном воздействии на конечности влаги и холода (не обязательно минусовой температуры). Снижение тканевой температуры на 3-4°C приводит к серьезному расстройству функций внутренних органов. В качестве ответной реакции на холод организм включает приспособительные механизмы, среди которых наиболее выражены общее возбуждение, повышение артериального давления, тахикардия, мышечные сокращения (дрожь). При этом в начальный период температура тела может даже повышаться до 36,8-37,2°C. Если действие холода продолжается, а компенсаторные механизмы не справляются с охлаждением, наступает общее замерзание, которое можно характеризовать как снижение всех функций организма: снижение температуры тела, слабость, вялость, апатия, сонливость, слуховые, зрительные, осязательные галлюцинации. При снижении температуры тела до 30°C сознание выключается, появляются судороги, а при дальнейшем ее снижении (до 25-29°C) наступает клиническая смерть. Поэтому реанимация во всех случаях замерзания обязательна.

Своеобразную клиническую картину на Севере имеют пневмонии: острое начало, высокая температура тела, лейкоцитоз, ржавая мокрота. Очаговые пневмонии регистрируются в 88 %, крупозные - в 3 %, хронические неспецифические - в 9 % случаев.

Ознобления легких, или бронхиолиты, - нередкие поражения в условиях сурового северного климата, возникающие в результате непосредственного воздействия морозного воздуха на легочную ткань, мельчайшие бронхи и бронхиолы во время бега, выполнения тяжелой физической работы. Обычно брон-

хиолиты осложняются отеком легких. Течение болезни чрезвычайно тяжелое, а летальность очень высокая.

В результате длительного воздействия холода у личного состава могут развиваться местные воспалительные заболевания нервно-мышечного и костно-суставного аппаратов, заболевания ЛОР-органов, конъюнктивиты, кератиты с глубоким поражением роговицы, ее помутнением и образованием язв. Дегидратация организма в арктической зоне может быть так же опасна, как в знойной тропической пустыне. Воздействие холода на функцию мочевыделительной системы проявляется в учащении императивных позывов к мочеиспусканию до 15 раз в сутки, повышении суточного диуреза, вследствие чего при дефиците питьевой воды может развиваться обезвоживание организма.

Длительное употребление слабоминерализованной воды из открытых водоемов, воды, полученной из льда или снега, может приводить к нарушению водно-солевого обмена, развитию кариеса зубов и снижению функции щитовидной железы из-за недостатка в воде йода и фтора.

На уровень и структуру заболеваемости спасателей могут оказать существенное влияние особенности солнечной радиации. Большие контрасты по количеству световой энергии в различные сезоны года оказывают влияние на обмен веществ, ритм сна, на гормональную деятельность и функции центральной нервной системы.

В зонах тундр и арктических пустынь весной и летом возможны массовые заболевания «снежной слепотой» в результате воздействия на орган зрения прямых и рассеянных солнечных лучей. Больной на 3-5 дней полностью теряет бое- и трудоспособность из-за светобоязни, режущей боли в глазах и слезотечения.

В период полярной ночи могут развиваться явления светового голодания, обусловленные отсутствием ультрафиолетового облучения, явления гипо- и авитаминоза «Д» и нарушения фосфорно-кальциевого обмена, которые проявляются снижением работоспособности и сопротивляемости организма, замедленным срастанием костных отломков при переломах костей, развитием остеомиелитов и т. д.

В северных районах отмечается высокий травматизм, обусловленный в значительной степени низкой освещенностью зимой, сильным ветром, пургой, скованностью движений тяжелой одеждой. В зонах полярных пустынь и тундр травмы среди спасателей встречаются в четыре раза чаще, чем в зоне умеренного климата. Среди погибших вследствие травм основную часть составляют утонувшие, замерзшие, сгоревшие во время пожаров, отравленные (прежде всего окисью углерода), сорвавшиеся в трещины льда.

Видное место в структуре патологии занимают инфекционные и паразитарные болезни. Причинами этого являются снижение общей резистентности организма в период адаптации, бытовая неустроенность, некоторые привычки и обычаи северян, а также наличие кровососущих членистоногих - клещей и гну-

са, являющихся переносчиками многих трансмиссивных заболеваний животных и человека.

Среди населения Севера высока заболеваемость антропонозами кишечной группы, прежде всего дизентерией и эпидемическим гепатитом. Уровень заболеваемости населения дизентерией в 2-3 раза выше, чем в среднем по стране. Заболеваемость населения дизентерией регистрируется круглогодично, но пик сезонности приходится на весну — начало лета, когда вода заражается оттаявшими нечистотами, часто вывозимыми зимой на лед водоемов. Повсеместно и широко распространен эпидемический гепатит. Уровень заболеваемости им на Севере превышает таковой по Российской Федерации в 2-3 раза. Спорадические случаи заболеваний регистрируются круглый год, пики заболеваемости приходятся на весну и осень. Нередко отмечаются эпидемические вспышки заболеваний.

Из воздушно-капельных инфекций наиболее актуальны грипп и острые респираторные заболевания. В эпидемиологии этих заболеваний на Севере имеется характерная особенность: заболевание медленно распространяется от одного населенного пункта к другому, но очень быстро охватывает значительную часть (до 50 %) жителей данного поселения. Важная проблема здравоохранения населения на Севере - туберкулез. В ряде сельских районов Севера заболеваемость населения туберкулезом в 3-4 раза выше, чем в городах. Краевой особенностью туберкулеза является вялое, хроническое течение болезни с менее выраженными экссудативными явлениями и более выраженным репаративным фибринозным процессом.

В пределах зон тундр и тайги, за исключением Камчатки и Чукотки, существуют природные очаги туляремии. Спорадически регистрируются случаи заболевания людей бруцеллезом, сибирской язвой и столбняком. Определенную опасность на Севере представляет ботулизм.

Из паразитарных заболеваний наиболее широко распространены на Севере глистные инвазии, в первую очередь - дифиллоботриоз. Вторым по распространенности гельминтозом на Севере является описторхоз, поражающий печень и поджелудочную железу. К широкому распространению гельминтозов приводит обычай местных жителей употреблять в пищу сырую рыбу. В районах Крайнего Севера из-за употребления непроверенного медвежьего мяса высока заболеваемость трихинеллезом.

В связи с незащищенностью организма человека от холода требуются меры социальной защиты, которыми являются, прежде всего, специальное арктическое одеяние и обувь, теплое жилище и специальный режим труда. Прекращение теплоснабжения жилых и служебных помещений зимних условиях Арктики представляет ЧС, угрожающую здоровью и жизни спасателей.

Сохранение здоровья человека, работающего в экстремальных условиях Арктики, должно быть обеспечено современными средствами: нужна аппаратура, позволяющая не только оказывать специализированную помощь, но и проводить исследования и лечебно-медицинские мероприятия в нестационарных

условиях с передачей биомедицинской информации по каналам телеметрии и интернета [3].

Выводы и предложения.

Медицинское обеспечение МЧС России находится на низком количественном и качественном уровне, в сравнение с МО и МВД России. Управление медико-психологического обеспечения 23 человека в ЦА МЧС России, по одному отделу медицинского и психологического обеспечения в ГУ по федеральным округам, по одному медицинскому специалисту в ГУ МЧС России по субъекту. Только в отряде Центроспас есть медицинская служба и госпиталь, в 294 ЦСООР медицинское управление, а в спасательных воинских формированиях есть своя медицинская служба, что позволяет врачам и спасателям дежурить и спасать совместно.

В результате, как пример, из 368 погибших в МЧС России в 2020 году, только один военнотружущий и нет ни одного спасателя, благодаря их высокому уровню профессиональной подготовки. Основными причинами летального исхода от заболеваний в 2020 году были: ишемическая болезнь сердца-32% (84 случая); онкология -21%(55 случая); коронавирусная инфекция -14%(35 случая); заболевания дыхательной системы -11% (29 случаев); острое нарушение мозгового кровообращения-9% (23 случая); острый тромбоз -7%(19 случаев); заболевание желудочно-кишечного тракта- 6% (16 случаев) [4].

Случай гибели заслуженного спасателя А. Рожкова (Героя РФ посмертно) при водолазных спусках на Северном полюсе в 1998г., должен насторожить и напомнить, что водолазные, газоспасательные работы, парашютное и беспарашютное десантирование спасателей опасны для здоровья обычно и вдвойне в Арктической зоне. Вызывает озабоченность вопрос снабжения специальным арктическим питанием (сухпайком), арктическим обмундирование и обувью спасателей Арктических центров. Но надо не забывать, что существующая практика в МЧС России при крупномасштабных ЧС создаются и посылаются аэромобильные группировки спасателей до 2000 человек (пример Нефтегорск, Саяно- Шушенская ГЭС, «Булгария» в Татарстане и др.). Так будет при крупномасштабных ЧС в Арктике и это будут спасатели без адаптации, без арктического снаряжения, питания.

Социальное неравенство среди спасателей: муниципальные и субъектовые спасатели выходят на пенсию в 65 лет, а федеральные спасатели (около 4000ч.) после 15 лет профессиональной работы на основании № 151-ФЗ, «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей », принятый государственной думой 14 июля 1995 года. Отсутствие финансовой возможности съездить на реабилитацию в медицинские учреждения в течение года, слабое медицинское обеспечение на местах, перспектива получения пенсии, не позволяющая обеспечить прожиточный минимум, отсутствие возможности заместиться на более благополучные районы России из Арктической зоны под старость лет, отсутствие возможности создания благополучия

для себя и своим близким приводит к синдрому глубокой депрессии спасателей РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Профзаболевания пожарных и спасателей / Гражданская защита. 2017 №11, gz.mchsmedia.ru.
2. Комплексные лечебно-восстановительные программы медицинской реабилитации водолазов и других работников, работающих в условиях повышенного давления газовой и водной среды, перенесших профессиональные и производственно обусловленные заболевания. Методические рекомендации. МР ФМБА России 12.64-2014. М., 2014, 136 с.
3. Мингалеев С.Г., Сорокин В.И., Фалеев М.И., Цыбиков Н.А. Особенности стратегических рисков реализации приоритетных проектов устойчивого развития северных территорий Российской Федерации Часть II Особенности северных территорий, препятствующие реализации приоритетных проектов устойчивого развития» УДК 338.23; 332.142 Научно-технический журнал «Технологии гражданской безопасности» № 3(61) 2019г.
4. Анализ гибели личного состава в системе МЧС России за 2020 год. Анализ ДКП МЧС России (от 24.12.2019 №777) за 2020год.

УДК: [502.51(282.02):556.3.01]:574.24

Г. Д. Овчинников¹, С. А. Буймова¹, А. Г. Бубнов^{1,2}, С. Д. Буймов³

¹ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

²Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

³МБОУ СШ № 28 г. Иваново

БЕЗОПАСНОСТЬ И КАЧЕСТВО МЯСОМОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

Аннотация: в работе представлены результаты химического анализа мясомолочных продуктов питания (плавленого сыра, говядины тушеной и сливок). Исследования показали, что все образцы соответствуют нормативным требованиям. Несмотря на это, некоторые пробы могли быть отнесены к категории продуктов с высокой степенью риска, поэтому в технических регламентах необходимо учитывать данный показатель.

Ключевые слова: безопасность, риск для здоровья, мясомолочная продукция, качество, технический регламент.

G. D. Ovchinnicov, S. A. Buymova, A. G. Bubnov, S. D. Buimov

SAFETY AND QUALITY OF MEAT AND DAIRY PRODUCTS

Abstract: the paper presents the results of chemical analysis of meat and dairy products (processed cheese, beef stew and cream). Studies have shown that all samples comply with regulatory requirements. Despite this, some samples could be classified as high-risk products, therefore, this indicator should be taken into account in technical regulations.

Keywords: safety, health risk, meat and dairy products, quality, technical regulations.

Вопросы безопасности питания являлись, и будут являться актуальными в различных странах в любую эпоху. Для человека питание является необходимой составляющей жизни. Особое место в рационе питания человека занимает мясомолочная продукция. Мясо и молоко (молочная продукция) являются основными источниками белков, необходимых для правильного развития и функционирования человеческого организма и полноценной жизнедеятельности. К сожалению, в настоящее время при подтверждении соответствия качества продуктов питания до сих пор используется только система нормативных значений, или предельно допустимых концентраций конкретного контролируемого показателя [1].

В связи с этим целью работы являлись:

- 1) оценка соответствия качества исследованных образцов по ряду органолептических и физико-химических показателей продуктов питания нормативным требованиям;
- 2) оценка величины индивидуального риска при употреблении рассматриваемых продуктов.

Для исследования показателей качества были выбраны следующие образцы продуктов питания:

- плавленый сыр: «Дубр.», «Друж.», «Вес. Молочн.», «Ноч.», «Янт.», «President», ИРП «МЧС», ИРП «АР»;
- говядина тушёная: «Грод.», «Арм.», «ГлавПр.», «Сем. Бюд.», ИРП «МЧС» № 1, ИРП «МЧС» № 2, ИРП военный № 4;
- сливки: «ДВД», «Mr. Слив.», «Prest.», «Лен.», «Бел. Гор.», ИРП «МЧС», ИРП «АР».

Расчет величин риска основывался на исходных данных количественного анализа. Для металлов (контролируемые соединения), которые не обладают канцерогенными свойствами, были рассчитаны средние суточные дозы (СДИ), мг/(кг·сут), поступающие в организм человека при регулярном употреблении рассматриваемых образцов мясомолочных продуктов питания.

Для канцерогенных веществ (такие как соединения Pb, Cd, Cr и др.) был рассчитан пожизненный индивидуальный риск смерти (LR, доли ед.) от употребления мясомолочной продукции.

Для определения величины ущерба, наносимого здоровью людей от тех или иных неблагоприятных факторов, был рассчитан показатель сокращения ожидаемой продолжительности жизни из-за ухудшения ее качества (LLE, год). Зная величину LLE, можно рассчитать ущерб, выраженный в денежном эквиваленте (руб.), наносимый здоровью населения.

Каждый из отобранных образцов был проанализирован стандартными методиками по следующим показателям качества (на соответствие требованиям ТР ТС 021/2011 [2], ТР ТС 033/2013 [3], ТР ТС 034/2013 [4]): органолептическим (внешний вид, цвет, вкус, запах, текстура), физико-химическим, содержанию соединений металлов (Pb^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , $Cr_{общ}$, $As_{общ}$) с применением атомно-абсорбционного метода анализа.

Сначала был проведен анализ исследованных образцов мясомолочной продукции по органолептическим показателям качества показал, что все пробы соответствуют нормативным требованиям. Все исследованные образцы соответствуют нормативным требованиям, предъявляемым к качеству питания с точки зрения безопасности, поскольку превышения нормативных значений по содержанию контролируемых показателей не обнаружено.

На основании данных химического анализа проведен расчет средних суточных доз и пожизненного индивидуального риска смерти. Рассчитанные CDI поступления металлов (Cu, Zn, Fe, Na и т.д.) с рассматриваемыми мясомолочными продуктами питания в организм взрослого человека и ребенка допустимы, так как они не превышают значений максимально допустимой дозы и среднесуточной потребности [5].

Для канцерогенных соединений (такие как соединения Pb, Cd, Cr и др.) значений максимально допустимой дозы и среднесуточной потребности не существует, поэтому был рассчитан пожизненный индивидуальный риск от употребления (LR) исследованных продуктов (пример диаграммы данных на рис. 1).

В исследованных пробах мясомолочной продукции превышения нормативных значений по содержанию контролируемых показателей качества не наблюдалось. Некоторые образцы были отнесены к категории продуктов с высокой степенью риска, поскольку методика расчета величины LR учитывает негативное воздействие (канцерогенное, мутагенное, тератогенное, и др.) вредного вещества на детский организм.

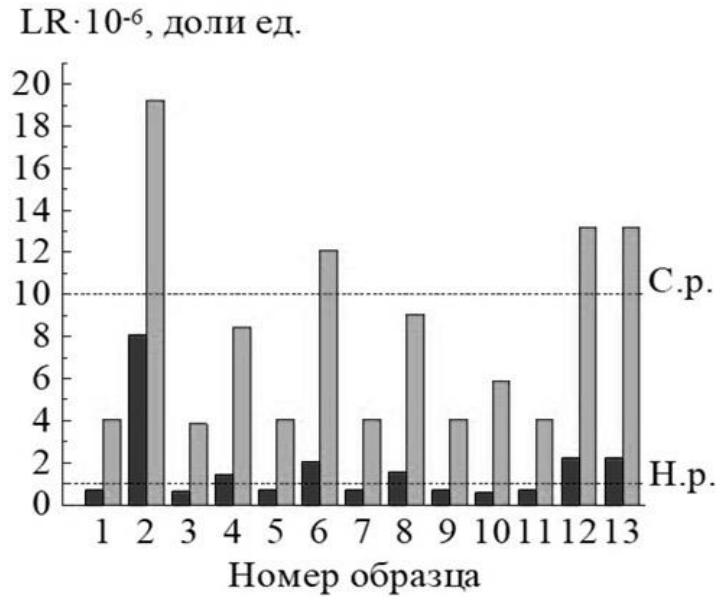


Рис. 1. Пожизненный индивидуальный риск LR от употребления плавленого сыра 1 – «Hochland» (Роскачество), 2 – «Hochland» (2016), 3 – «Viola» (Роскачество), 4 – «Дубрава» (2016), 5 – «Веселый молочник» (Роскачество), 6 – «Веселый молочник» (2016), 7 – «Б.Ю. Александров» (Роскачество), 8 – «Янтарь» (2016), 9 – «Карат» (Роскачество), 10 – «President» (Роскачество), 11 – «President» (2016), 12 – ИРП «АР» (2021), 13 – ИРП «МЧС» (2021).

- Взрослое население (30 – 60 лет)
- Ранний детский возраст (1 – 3 года)
- Н.р. Риск приемлем без ограничений (низкий риск)
- С.р. Требуется детальное обоснование приемлемости (средний риск)

Для оценки степени риска от употребления рассматриваемых образцов мясомолочной продукции были проведены расчеты LLE, которые проведены для населения Ивановской области. Расчеты показали, что величина LLE соответствует незначительным рискам.

Далее была рассчитана вероятность ущерба за 1 год, выраженный в денежном эквиваленте, наносимый здоровью населения (ущерб от LLE). Расчеты велись исходя из значений ССЖ (статистическая стоимость жизни), которые основывались на ВВП за 2021 год и на данных Росгосстраха [6]. Полученные величины ущерба являются ориентировочными. На основе классификации, приведенной в [7], их можно оценить «ниже минимального» (пример диаграмм данных на рис. 2 и рис. 3).

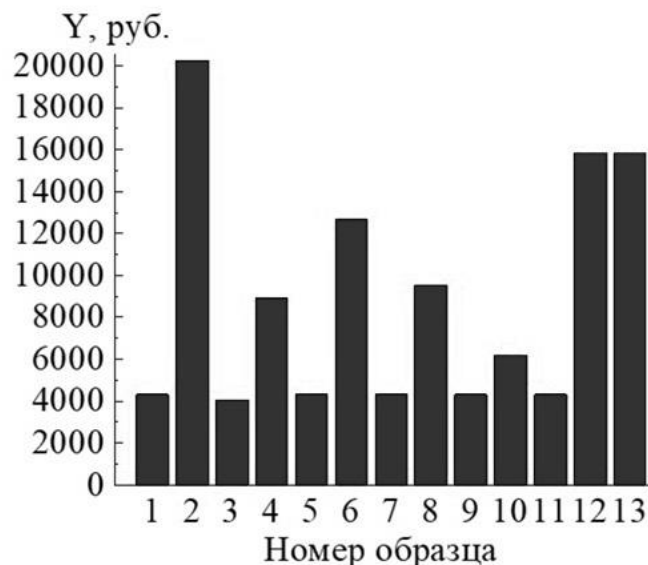


Рис. 2. Ущерб от сокращения ожидаемой продолжительности жизни (руб.) при потребления плавленного сыра (рассчитанные значения ССЖ по ВРП) 1 – «Hochland» (Роскачество), 2 – «Hochland» (2016), 3 – «Viola» (Роскачество), 4 – «Дубрава» (2016), 5 – «President» (Роскачество), 6 – «President» (2016), 7 – «Веселый молочник» (Роскачество), 8 – «Веселый молочник» (2016), 9 – «Б.Ю. Александров» (Роскачество 10 – «Янтарь» (2016), 11 – «Карат» (Роскачество), 12 – «President» (Роскачество), 13 – «President» (2016)

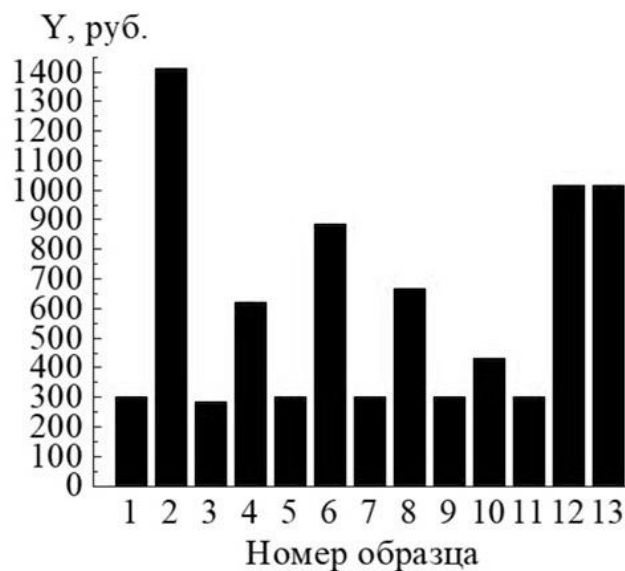


Рис. 3. Ущерб от сокращения ожидаемой продолжительности жизни (руб.) при потребления плавленного сыра (ССЖ по данным Росгосстраха) 1 – «Hochland» (Роскачество), 2 – «Hochland» (2016), 3 – «Viola» (Роскачество), 4 – «Дубрава» (2016), 5 – «President» (Роскачество), 6 – «President» (2016), 7 – «Веселый молочник» (Роскачество), 8 – «Веселый молочник» (2016), 9 – «Б.Ю. Александров» (Роскачество), 10 – «Янтарь» (2016), 11 – «Карат» (Роскачество), 12 – «President» (Роскачество) 13 – «President» (2016)

Таким образом, величина риска является более комплексным (интегральным) показателем по сравнению со значениями допустимых уровней, поэтому и оценка показателя риска от употребления продуктов питания может и должна использоваться при процедуре подтверждения соответствия продуктов питания, в том числе рекомендованных для детей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клещина Ю. В., Елисеев Ю. Ю. Мониторинг за контаминацией продовольственного сырья и пищевых продуктов токсичными элементами // Гигиена и санитария. 2013. № 1. С. 81–82.
2. ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции».
3. ТР ТС 033/2013. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции».
4. ТР ТС 034/2013. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции».
5. МР 2.3.1.0253-21. «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации».
6. Данные о ССЖ для одного жителя городов Ивановской области. Росгосстат. URL: <https://rosstat.gov.ru/> [дата обращения 26.12.2021].
7. Ваганов П. А. Человек – Риск – Безопасность. СПб.: Изд.-во СПб. ун-та, 2002. 160 с.

УДК 699.058

В. Н. Первойкин¹, Д. Е. Захаров², С. В. Натареев^{1,3}, Д. Е. Снегирев³

¹ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

²Выксунский металлургический завод

³Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРОЦЕСС ИОНООБМЕННОЙ СОРБЦИИ В ЕМКОСТНОМ АППАРАТЕ ПРОТОЧНОГО ТИПА

Аннотация: в статье приведены результаты исследования процессов очистки воды в емкостном аппарате проточного типа с загрузкой катионита из древесных опилок и хитозана. Эффективность работы аппарата оценивалась по следующим показателям: степень очистки воды и степень использования обменной емкости ионита. Отмечены преимущества и недостатки работы ионообменного аппарата.

Ключевые слова: емкостный аппарат, природный катионит из опилок и хитозана, ионный обмен.

V. N. Pervoykin, D. E. Zakharov, S. V. Natareev, D. E. Snegirev

THE PROCESS OF ION-EXCHANGE SORPTION IN A FLOW-TYPE CAPACITY DEVICE

Abstracts: the article presents the results of a study of water purification processes in a capacitive flow type apparatus with a cation exchanger from of sawdust and chitosan. The efficiency of the device was evaluated by the following indicators: the degree of water purification and the degree of use of the exchange capacity of the ion exchanger. The advantages and disadvantages of the operation of the ion-exchange apparatus are noted.

Keywords: capacitive apparatus, natural cationite from sawdust and chitosan, ion exchange.

Проводимые в чрезвычайных ситуациях мероприятия по обеспечению водой различных потребителей зависят от характера и масштаба аварии или катастрофы, обстановки, сложившейся в результате стихийного бедствия и других факторов. Последствием чрезвычайной ситуации может быть ухудшение качества воды в природных источниках. Поэтому перед подачей воды потребителям она подвергается очистке [1, 2]. Подразделениями МЧС для очистки воды от растворенных примесей используются блочно-модульные станции, в состав которых входят ионитовых фильтры, загруженные обычно синтетическими ионитами [3]. К достоинствам ионного обмена следует отнести возможность обработки значительных объемов воды, высокая степень очистки воды и простота ионообменного оборудования. Вместе с тем данный метод имеет ряд недостатков: высокая стоимость ионитов, большой расход реагентов для регенерации ионита, необходимость утилизации отработанных регенерационных растворов. Повысить эффективность метода ионного обмена возможно путем замены дорогих ионитов сравнительно дешевыми целлюлозосодержащими сорбентами [4]. Следует особое внимание также уделить рациональному проведению процесса регенерации ионообменных материалов. При этом целесообразно рациональное сочетание статического и динамического режимом, при котором сначала сорбент выдерживают определенное время в неподвижном регенерационном растворе, а затем проводят фильтрацию регенеранта через слой сорбента, повторное использование отработанного регенерационного раствора и другие мероприятия [5].

Данная работа посвящена исследованию процессов ионного обмена в проточном емкостном аппарате с мешалкой, принцип работы которого наглядно виден из рис. 1. Данный аппарат входит в состав ионообменной установки, в которой исходная вода, содержащая ионы тяжелых металлов, из емкости 2 подается с помощью насоса 4 в аппарат с мешалкой 1, где очищается. Очищенная вода поступает из аппарата 1 в емкость 3.

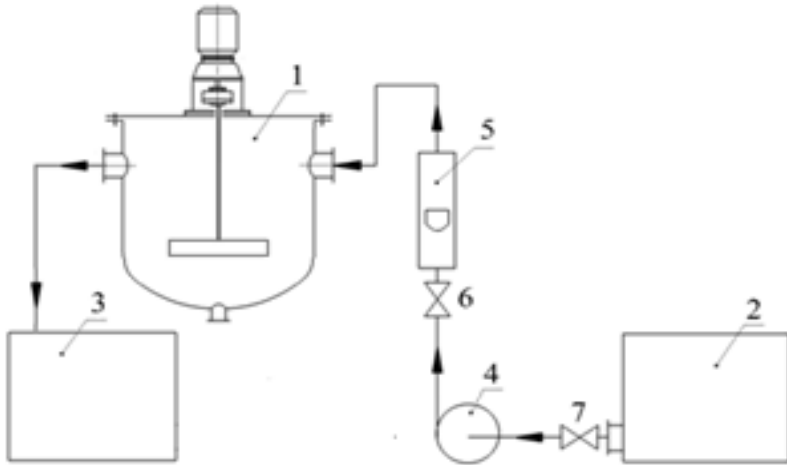


Рис. 1. Схема ионообменной установки: 1 – аппарат емкостного типа с мешалкой; 2 – емкость для исходного раствора; 3 – емкость для отработанного раствора; 4 – насос; 5 – ротаметр; 6, 7 – вентили

Для опытов использовали емкостной аппарат с эллиптическим днищем, изготовленный из полипропилена. Данный аппарат имел следующие размеры: внутренний диаметр аппарата 0,1 м; высота аппарата 0,13 м; рабочий объем аппарата $9,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$. Перемешивание суспензии сорбент-раствор проводили двухлопастной мешалкой диаметром 0,055 м и шириной лопасти 0,01 м. Частота вращения мешалки составляла 5 с^{-1} . Для изучения процессов ионного обмена использовали растворы сульфатов меди и цинка. В качестве ионообменного материала применяли композиционный древесно-хитозановый катионит (КДХК) [6 - 8]. Исследование процесса в емкостном аппарате проточного типа заключалось в снятии выходных кривых ионного обмена. Для этого через равные промежутки времени на выходе из аппарата отбирали пробы раствора, которые затем анализировали на содержание в них ионов тяжелых металлов.

Основные показатели работы емкостного аппарата проточного типа приведены в таблице.

Таблица. Основные показатели работы проточного емкостного аппарата

Показатель	Обмен $\text{Cu}^{2+}-\text{Na}^+$	Обмен $\text{Zn}^{2+}-\text{Na}^+$
Катионит (форма)	КДХК (Na^+)	КДХК (Na^+)
Исходный раствор	CuSO_4	ZnSO_4
$V \cdot 10^4, \text{ м}^3$	8,65	
$\bar{V} \cdot 10^5, \text{ м}^3$	4,5	
$V/\bar{V}, \text{ м}^3/\text{м}^3$	19,2	
$Q \cdot 10^6, \text{ м}^3/\text{с}$	2,5	
$C_{\text{вх}}, \text{ кг-экв}/\text{м}^3$	0,005–0,1	
$C_0, \text{ кг-экв}/\text{м}^3$	0,005–0,1	0

На рис. 2 и 3 представлены выходные кривые ионного обмена $\text{Cu}^{2+}\text{-Na}^+$ и $\text{Zn}^{2+}\text{-Na}^+$ на КДХК в проточном емкостном аппарате. В опытах по сорбции ионов меди перед проведением опытов в аппарат заливали раствор с концентрацией, равной концентрации исходного раствора, поступающего на очистку. Перед проведением опытов по сорбции ионов цинка внутрь аппарата помещали сорбент, который заливали дистиллированной водой.

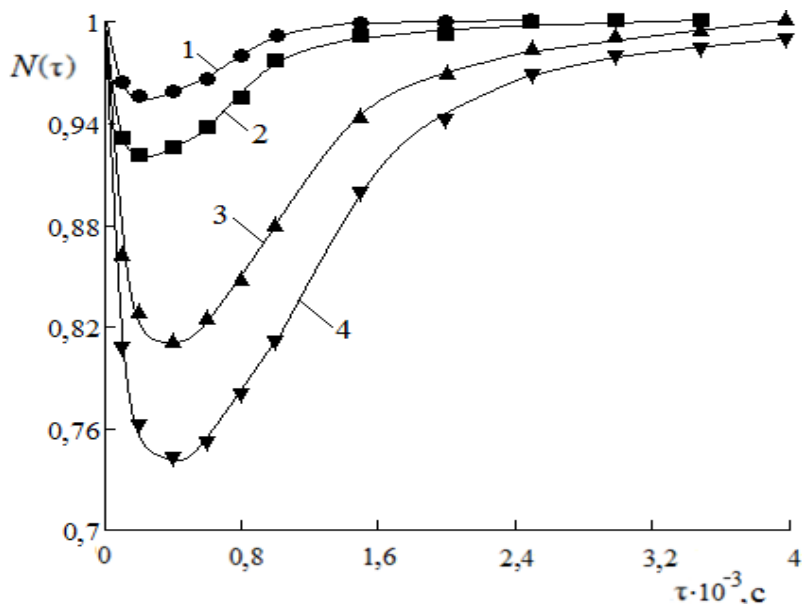


Рис. 2. Выходные кривые ионного обмена $\text{Cu}^{2+}\text{-Na}^+$ на КДХК в проточном емкостном аппарате: $C_0 = C_{\text{вх}}$, кг-экв/м^3 : 1 – 0,1; 2 – 0,05; 3 – 0,01; 4 – 0,005

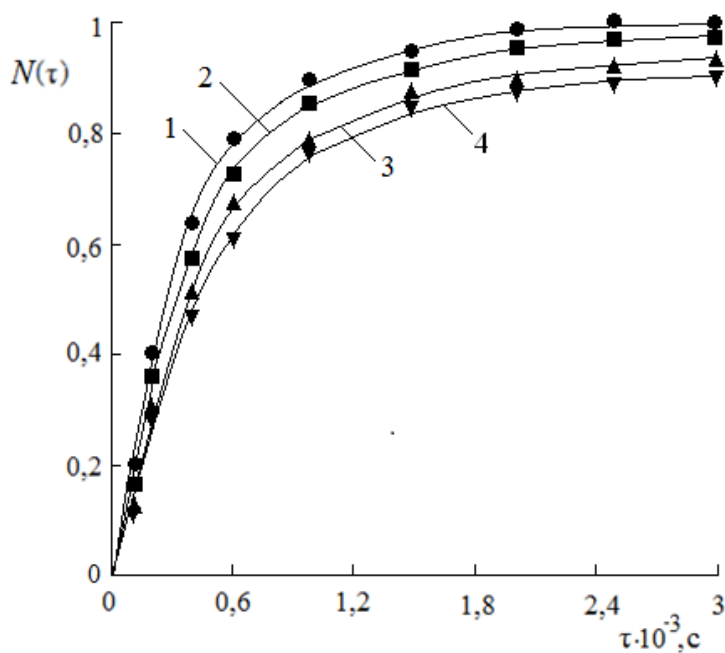


Рис. 3. Выходные кривые ионного обмена $\text{Zn}^{2+}\text{-Na}^+$ на КДХК в проточном емкостном аппарате: $C_0 = 0$; $C_{\text{вх}}$, кг-экв/м^3 : 1 – 0,1; 2 – 0,05; 3 – 0,01; 4 – 0,005

Основываясь на полученных данных можно сделать вывод о том, что существенное влияние на форму выходных кривых оказывают соотношение твердой и жидкой фаз в аппарате, объемный расход и концентрация исходного раствора. Для всех выходных кривых ионного обмена Cu^{2+} – Na^+ на КДХК характерно быстрое понижение концентрации раствора до минимального значения, поскольку происходит интенсивное поглощение ионов меди сорбентом. При дальнейшем протекании процесса наблюдается плавное повышение концентрации раствора до концентрации входящего в аппарат раствора, что связано постепенной обработкой катионита и поступлением в аппарат сорбируемого вещества с исходным раствором. Установлено, что с увеличением расхода и концентрации исходного раствора возрастает скорость процесса ионного обмена.

Сравнивая экспериментальные данные, представленные на рис. 2 и 3, можно заметить, что для достижения равновесного состояния между раствором и катионитом в аппарате, заполненном в начальный момент времени дистиллированной водой, требуется значительно больше времени, чем при работе аппарата, заполненного вначале опыта раствором с концентрацией, равной концентрации входящего раствора. Интенсивное перемешивание суспензии сорбент – раствор значительно повышает скорость процесса и позволяет получить очищенную воду требуемого качества. Проведенные опыты подтвердили высокую надежность работы аппарата и позволили рекомендовать его для практического применения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гражданская защита: Энциклопедия в 4 томах. Том I (А–И); под общей редакцией В.А. Пучкова; МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2015. 666 с.
2. *Дорошевич В. И., Ширко Д. И., Бурак И. И., Пахирко.* Основы военной гигиены: учеб. пособие; под ред. В.И. Дорошевича. Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2014. 190 с.
3. *Аширов А.* Ионообменная очистка сточных вод, растворов и газов. Л.: Химия, 1983. 295 с.
4. *Захаров Д. Е., Быков А. А., Дубкова Е. А., Натарева С. В.* Равновесие и кинетика ионного обмена на модифицированных целлюлозосодержащих адсорбентах. // Проблемы и перспективы развития химии, нефтехимии и нефтепереработки: материалы междунар. науч.–практич. конф., посвященной 50–летию Нижнекамского химико–технологического института: в 2–х т. Т. 1. Нижнекамск, 2014. С. 259–263.
5. *Волжинский А. И., Константинов В.А.* Регенерация ионитов. Теория процесса и расчет аппаратов. Л.: Химия, 1090. 240 с.
6. *Захаров Д. Е., Быков А. А., Натарева С. В.* Применение целлюлозосодержащих материалов для очистки растворов от ионов тяжелых металлов. // Вестник науки и образования Северо–запада России: научное рецензируемое электронное издание. Т. 1, № 2. 2015. С. 1–4.

7. Никифорова Т. Е., Козлов В. А., Натарева С. В., Соловьева Е. А., Ефимов Н. А. Сорбция ионов меди (II) из растворов целлюлозосодержащим сорбентом // Изв. вузов «Химия и химическая технология». Т. 55, № 7. 2012. С. 22 – 27.

8. Захаров Д.Е., Быков А.А., Натарева С.В. Природный сорбент на основе целлюлозосодержащих компонентов. // VIII Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых с междунар. участием «Россия молодая». Кемерово: Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева», 2016. С. 1-3.

УДК: 504.054

А. С. Платова

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ

Аннотация: в работе приводятся результаты исследования уровня загрязнения почвенного покрова г. Иванова полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ). В пробах почв было идентифицировано 12 из 16 ПАУ, рекомендованных к контролю Агентством по охране окружающей среды США. Из приоритетного перечня в почвенном покрове города отсутствовали ацетонафтилен, ацетонафтен и индено(1,2,3-сд)пирен. Суммарное среднее значение ПАУ в почвенном покрове изменяется в диапазоне от 5,9 до 275,7 мкг/кг, при медианном значении 312,5 мкг/кг.

Ключевые слова: полициклические ароматические углеводороды, канцерогены, мониторинг, почвенный покров, загрязнители, бенз(а)пирен, анализ.

A. S. Platova

ANALYSIS OF THE CONTENT OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS IN THE SOIL COVER

Abstract: the paper presents the results of a study of the level of contamination of the soil cover of the city of Ivanov with polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). 12 of the 16 PAHs recommended for control by the US Environmental Protection Agency were identified in soil samples. Acenaphthylene, acenaphthene and indeno(1,2,3-cd)pyrene were absent from the priority list in the soil cover of the city. The total average value of PAHs in the soil cover varies in the range from 5.9 to 275.7 micrograms/kg, with a median value of 312.5 micrograms/kg.

Keywords: polycyclic aromatic hydrocarbons, carcinogens, monitoring, soil cover, pollutants, benz(a)pyrene, analysis.

Антропогенное воздействие на компоненты окружающей среды (ОС) привело к существенному ухудшению их состояния. Для выявления уровня нагрузки хозяйственной деятельности на ОС и разработки мероприятий по её снижению необходима организация и проведение экологического мониторинга.

К приоритетным загрязнителям окружающей среды относятся полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), представляющие собой большую группу органических соединений, содержащих в своей структуре два или более бензольных кольца [6]. Агентство по охране окружающей среды США (US Environmental Protection Agency, US EPA) выделило 16 ПАУ, которые наиболее распространены в ОС и обладают высокой токсичностью, среди которых без[а]антрацен, бенз[а]пирен, бензо[к]флуорантен, бензо[б]флуорантен, хризен, дибензо[а]антрацен и индо[1,2,3-с,d]пирен были классифицированы как канцерогены [5].

Актуальность исследований ПАУ в окружающей среде обусловлена высокой опасностью и масштабностью загрязнения. От свойств, которые проявляет данная группа органических соединений зависят накопление, миграционные характеристики, возможность консервации и последующей мобилизации в природной среде.

Для оценки уровня содержания ПАУ в почвенном покрове территория г. Иваново была поделена на 10 квадратов с различной антропогенной нагрузкой, в которых осуществлялся пробоотбор. Для получения сведений о состоянии почв (уровне загрязнения) на фоновых участках был произведен пробоотбор вне области локального техногенного воздействия.

Отбор проб осуществлялся в соответствии с требованиями [1] из поверхностного слоя почвы методом «конверта» на глубину 0,30 м. Определение содержания ПАУ в пробах проводилось методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с использованием в качестве детектора анализатора жидкости ФЛЮОРАТ-02 [5]. Идентификация и концентрации контролируемых соединений в экстрактах проводилась путем их сравнения с известным количеством ПАУ, приготовленного в водном растворе из стандартного образца, содержащего 16 ПАУ, входящих в список ЕРА.

На антропогенно – измененных территориях происходит интенсивное загрязнение почвенного покрова, по этой причине следует выявлять приоритетные загрязнители, производить количественную оценку содержания их в почве и выявлять основные источники поступления.

Результаты статистической обработки экспериментальных данных (средние, медианные, минимальные и максимальные значения, фоновый уровень) ПАУ в почвенном покрове представлены в таблице 1.

Таблица 1. Содержание ПАУ в почвенном покрове на территории г. Иваново (мкг/кг)

ПАУ	Среднее значение	Медианное значение	Диапазон значений	Фоновый уровень	Кратность превышения фона
Нафталин	46,5	24,9	13÷518,2	< 20*	-
Флуорен	19,1	10,3	0,589÷212,1	< 6*	-
Фенантрен	265,6	108,6	11,2÷3481	< 6*	-
Антрацен	275,7	123,1	8,2÷3627	< 1*	-
Флуорантен	10,9	2,8	0,6÷112,8	<0,6*	-
Хризен	17,4	9,7	0,24÷99,8	0,24	72,5
Бенз(а)антрацен	24	5,1	0,1÷606	0,81	29,6
Бенз(к)флуорантен	5,9	2,9	0,2÷41,4	0,63	9,4
Бенз(б)флуорантен	11,2	7,2	0,6÷65,2	1,5	7,5
Бенз(а)пирен	7,5	2	0,1÷104,1	0,63	11,9
1,2,5,6 ДБА	26,9	2,4	0,23÷854,9	0,4	67,3
Бенз(ghi)перилен	19,9	13,5	0,54÷175,1	0,66	19,9
Σ ПАУ	730,6	312,5	35,6 ÷9897,6	4,87	-

< 6* - предел обнаружения.

В России обязательному контролю в почве из числа ПАУ подлежит лишь бенз(а)пирен (БП), значение предельно-допустимой концентрации (ПДК) в почве для которого принято на уровне 20 мкг/кг [2]. Среднее значение концентрации БП в почве по городу составляет 7,5 мкг/кг, и не превышает значения ПДК. Вклад канцерогенных ПАУ в почвах города составляет в их суммарное содержание составляет около 15,5%.

Накопление ПАУ в почве происходит в течение длительного периода времени. В результате протекающих в почве процессов трансформации и миграции, спустя некоторое время после попадания ПАУ в окружающую среду, четко установить их природу достаточно сложно.

В связи с этим более точную картину происхождения источников загрязнений почвенного покрова можно сформировать, применяя индикаторные соотношения ПАУ, представленные в Таблице 2.

Таблица 2. Анализ индикаторных соотношений ПАУ в почвенном покрове

Соотношение ПАУ	Индикаторные соотношения, характеризующие источник образования ПАУ		Диапазон значений/ медианное значение	Частота встречаемости %	Вероятный источник поступления
	Петрогенные источники	Пирогенные источники			
$\frac{ANT^{[3]}}{178}$	>0,1	<0,1	$\frac{0,046 \div 20,376}{0,6922}$	94	Пирогенные источники
$\frac{LMW^{[5]}}{HMW}$	>2,3	0,6÷2,3	$\frac{0,003 \div 40,067}{0,526}$	95,7	
$\frac{PHE^{[4]}}{ANT}$	>10	<10	$\frac{0,042 \div 41,490}{1,027}$	55	
$\frac{BaP^{[7]}}{BghiP}$	<0,2	>0,35	$\frac{0,004 \div 6,727}{0,273}$	72	
$\frac{BaA^{[3]}}{CHR}$	<0,25	≥0,5	$\frac{0,047 \div 16,129}{0,566}$	85	

Примечание: FLT – флуорантен; ANT – антрацен; PHE – фенантрен; CHR – хризен; BaP – бенз[a]пирен; BghiP – бенз[g,h,i]перилен; LMW – низкомолекулярные ПАУ (2-3 бензольных кольца); HMW – высокомолекулярные ПАУ (4-6 бензольных колец).

Соотношение LMW/HMW при значениях, соответствующих интервалу 0,6÷2,3, подтверждает каналы образования ПАУ, связанные с процессами сжигания, а при значениях более 2,3 – петрогенные.

Соотношение BaP/BghiP также может предсказать каналы поступления пирогенных ПАУ: если данное соотношение лежит в диапазоне 0,3÷0,78, то основной вклад связан с автотранспортом, если в диапазоне 0,9÷6,6, то источником является сжигание угля, если же значения равны менее 0,2, то вклад – петрогенные источники.

Значения соотношения BaA/CHR равные менее 0,25 показывают на то, что преобладают каналы, связанные с нефтяным загрязнением, а более 0,5 – пирогенные. Если значение соотношения лежит в диапазоне 0,25÷0,5, то источники поступления ПАУ будут являться смешенными.

Таким образом, в пробах почв, отобранных на территории г. Иваново, было идентифицировано 12 ПАУ из 16 рекомендованных к контролю списком ЕРА и оценены их концентрации. Установлено, что основной вклад в загрязнение почв вносят ПАУ с низкой молекулярной массой – антрацен и фенантрен, доля которых в суммарном вкладе составляет 74%. Вклад канцерогенных ПАУ

в общее содержание составляет 15,5 %. Суммарная эквивалентная концентрация бенз[а]пирена, согласно факторам ЕРА составляет 42,8 мкг/кг. Результаты расчета индикаторных соотношений позволили выявить, что основными источниками поступления ПАУ в почвенный покров являются пирогенные источники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 17.4.3.01-83. Почвы. Общие требования к отбору почв. // Утв. Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 21 декабря 1983 г. № 6393.
2. Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы. ГН 2.1.7.2041-06, ГН 2.1.7.2042-06 // Сборник. – Москва : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006.
3. *Dvorska A, Lammel G, Klanova J* (2011) Use of diagnostic ratios for studying source apportionment and reactivity of ambient polycyclic aromatic hydrocarbons over Central Europe. *Atmos Environ* 45:420–427.
4. Grimmer G. Environmental carcinogens: polycyclic aromatic hydrocarbons. : CrcPress, 2018.
5. *Morillo E., Romero A., Maqueda C., Madrid L., Ajmone Marsan F., Grzman H., Davidson C., Hursthouse A., Villaverde J.* Soil pollution by PAHs in urban soils: a comparison of three European cities // *Journal of Environmental Monitoring*. – 2007. – Т. 9, № 9. – С. 1001–1008.
6. *Ravindra K., Sokhi R., Van Grieken R.* Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: source attribution, emission factors and regulation // *Atmospheric Environment*. – 2008. – Т. 42, № 13. – С. 2895–2921.
7. *Stogiannidis, E.* Source characterization of polycyclic aromatic hydrocarbons by using their molecular indices: an overview of possibilities / E. Stogiannidis, R. Laane // *Reviews of environmental contamination and toxicology: Springer*. - 2015. - P. 49-133.

УДК: 504.062

Г. А. Пригорелов, Н. М. Кебец, Д. Ю. Григорьев

ВА РХБЗ им. Маршала Советского Союза С. К. Тимошенко

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРЕОНА R-114B2 В КАЧЕСТВЕ ИСХОДНОГО ПРОДУКТА ДЛЯ СИНТЕЗА ФТОРОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация: фреон R-114B2 является сильным ингибитором горения углеводородов, поэтому он широко используется в качестве огнегасящей смеси. Однако, этот хладагент оказывает серьезное влияние на окружающую среду при попадании в атмосферу: он имеет озонразрушающий потенциал равный 0,6, а его потенциал гло-

бального потепления составляет 6,2 и, кроме того, при концентрациях, превышающих предельно допустимую, он оказывает токсический эффект. В России в настоящее время фреон используется после регенерации отработанного хладагента. В статье представлены способы синтеза фторорганических веществ с полезными свойствами, используя в качестве исходного реагента фреон R-114B2.

Ключевые слова: фреон R-114B2; хладон 2402; 1,2-дибромтетрафторэтан; озоновый слой; парниковый эффект; хладагенты; фторорганические соединения.

G. A. Prigorelov, N. M. Kebets, D. Yu. Grigorev

THE USE OF THE FREON R-114B2 AS AN INITIAL REACTANT FOR THE SYNTHESIS OF ORGANFLUORINE COMPOUNDS IN A LABORATORY

Abstract: refrigerant R-114B2 is a strong inhibitor of combustion of the hydrocarbon flammable substances, because of that it is widely used as a fire extinguishing mixture. However, this refrigerant has a significant environmental impact when released into the atmosphere: it has an ozone-depleting potential of 0.6, its global warming potential is 6.2 and, in addition, at concentrations exceeding the maximum permissible concentration it has a toxic effect. The refrigerant is used after the regeneration of the product currently in Russia. The article presents methods for the synthesis of the fluorine compounds with useful properties using refrigerant R-114B2 as an initial reactant.

Keywords: refrigerant R-114B2; halon 2402; 1,2-dibromotetrafluoroethane; ozone layer; greenhouse gases; freons; organofluorine compounds.

Истощение озонового слоя Земли и повышение парникового эффекта в результате антропогенной деятельности являются серьезными проблемами окружающей среды, которые активно обсуждаются с конца прошлого столетия. Фреоны (хладагенты) – это вещества, которые за счет своей способности поглощать тепло при испарении и выделять его при конденсации, нашли широкое применение в холодильниках, кондиционерах, средствах пожаротушения. К современным фреонам предъявляются высокие требования: они должны быть слабовоспламеняемыми, малотоксичными, время их пребывания в атмосфере должно быть оптимальным, и, самое главное, они должны иметь низкий озонразрушающий потенциал (ODP - Ozone Depletion Potential) и низкий потенциал глобального потепления (GWP - Global Warming Potential). Неудивительно, что с всевозрастающими требованиями, происходит замена и утилизация существующих хладагентов - за всю историю сменилось уже 3 поколения (*Alibakhsh et.al., 2018*). В настоящее время ведутся активные исследования в направлении полного замещения озонразрушающих фреонов на водородфторолефины и натуральные хладагенты, такие как вода, углекислый газ, аммиак и т.п. (*Nair V., 2021*). Однако, в России до сих пор используется ряд озонразрушающих фреонов, одним из которых является фреон R-114B2.

1,2-дибротetraфторэтан (фреон R-114B2 или хладон 2402) - бесцветная,

невоспламеняющаяся, летучая жидкость, с температурой кипения $47,2^{\circ}\text{C}$, обладает ярко выраженным специфическим запахом. Хладон получают путем бромирования тетрафторэтилена. Это соединение имеет множество областей применения в качестве хладагента и используется в системах пожаротушения, как охладитель, как средство для обнаружения утечек. Широкое применение R-114B2 нашел в качестве огнегасителя в системах объемного химического пожаротушения на подводных лодках военно-морского флота (*Архинов А. В. и др., 2013*).

Согласно ГОСТ 15899-93 хладон 2402 относят к веществам четвертого класса токсичности, его предельно допустимая концентрация в воздухе составляет 1 г/м^3 . При концентрации фреона более 185 г/м^3 , что достигается в процессе тушения пламени, допустимое время пребывания человека без средств индивидуальной защиты органов дыхания составляет менее 1 минуты. Он вызывает общее ослабление организма, тошноту, сонливость, головокружение и головную боль. Попадая на кожу, фреон вызывает образование ожогов, а при попадании в глаза - интенсивное слезоотделение. При контакте с открытым пламенем и при температурах, превышающих 400°C , R-114B2 разлагается с образованием продуктов горения, токсичность которых на порядок превышает токсичность хладагента. Так, тушение фреоном R-114B2 в замкнутом герметичном пространстве может привести к тяжёлым последствиям и даже гибели людей (*Архинов А. В. и др., 2013*).

Несмотря на то, что фреон R-114B2 является сильным ингибитором горючих углеводородов, это соединение может оказывать серьезное влияние на окружающую среду при попадании в атмосферу. Когда хладагенты подобного состава, находясь в тропосфере, подвергаются воздействию ультрафиолетового солнечного излучения, они могут диссоциировать с образованием токсичных и отравляющих веществ, которые рано или поздно выпадают на землю вместе с осадками (*Abas N. et. al., 2018*). Хладон 2402 - озонразрушающее вещество вследствие наличия в химическом составе атомов брома ($\text{ODP} = 0,6$). Кроме того, пары хладона при попадании в атмосферу увеличивают парниковый эффект за счет связей C-F в молекуле вещества ($\text{GWP} = 6,2$) (*Sicard A.J., Baker R. T., 2020*). Поэтому в соответствии с Монреальским и Киотским протоколами производство подобных веществ должно было быть прекращено (*Кругляк Ю. А., 2018*). В России фреон R-114B2 перестали производить в 2000 г. В настоящее время хладагент применяется внутри страны посредством регенерации отработанного продукта до показателей существующего госстандарта.

Именно поэтому нужно искать экологичную замену, постепенно утилизировать фреон R-114B2 и подобные ему галогенуглеводороды. Перспективным путем утилизации фреонов является использование их в качестве исходных продуктов для синтеза экологически безопасных фторорганических соединений. Эти вещества, в свою очередь, могут быть промежуточными продуктами в реакциях синтеза различных фторопластов и других соединений, обладающих целым рядом уникальных свойств: легкой сжимаемостью под давлением, теп-

лоустойчивостью, слабой воспламеняемостью, стойкостью к коррозии и многими другими. Совокупность перечисленных свойств подобных соединений обеспечивает широкие перспективы их применения в самых различных прикладных областях - от техники до медицины. Так, например, путем полимеризации трифторхлорэтилена в настоящее время синтезированы вязкие материалы, которые могут быть использованы в качестве смазочных и охлаждающих жидкостей. На основе фторуглеродных соединений получены высокоэффективные охлаждающие жидкости и огнетушащие смеси. Предполагается, что производные некоторых фторхлоруглеродных соединений, в частности CHClCF_2OH и CF_3CHClBr , могут быть использованы в качестве препаратов для ингаляционного наркоза.

1,2-дибромтетрафторэтан имеет целый ряд преимуществ, благодаря которым может быть использован в качестве исходного продукта для синтеза фторорганических соединений (*Dmowski W., 2012*):

- относительно легко отдает атом брома;
- низкая температура кипения фреона позволяет достаточно просто удалять излишки реагента из реакционной смеси;
- является трудногорючей жидкостью;
- имеет низкую стоимость.

Так, используя 1,2-дибромтетрафторэтан в качестве исходного реагента можно синтезировать целый ряд фторорганических соединений, таких как тетрафторэтил, замещенные эфиры, тиоэфиры, амины, ароматические и гетероароматические соединения, алкены и полимеры с бромфторалкильными группами на концах цепи и другие соединения. Реакции в большинстве случаев могут быть проведены в достаточно мягких условиях со значительным выходом целевого продукта (*Dmowski W., 2012*).

В настоящей статье предложены альтернативные пути утилизации фреона R-114B2 в лабораторных условиях с целью получения экологически безопасных фторорганических соединений, обладающих полезными свойствами.

Методика синтеза заключалась в добавлении 1,2-дибромтетрафторэтана по каплям к спиртово-щелочной смеси. Опыты проводились при постоянном перемешивании в течение 2 часов. Температура варьировалась от 50 до 60 °С. Образовавшийся осадок отделяли фильтрованием, к фильтрату добавляли холодную дистиллированную воду, и после расслоения жидкостей, отделяли нижний слой. Полученный раствор сушили сульфатом магния. Рассматривая фреоны в качестве исходных промежуточных продуктов органического синтеза, необходимо отметить их инертность по сравнению с обычными углеводородами. Известно, что реакции фреонов с алкоголями щелочных металлов малодоступны для широкого промышленного применения. Поэтому мы попытались заменить алкоголями на спиртово-щелочные смеси, что могло бы в дальнейшем позволить разрабатывать достаточно технологичные промышленные способы получения фторсодержащих эфиров.

Было показано, что хладон 2402 реагирует с изопропиловым спиртом в избытке гидроксида калия (реакция 1). Продуктом реакции является изопропиловый эфир 2-бром-тетрафторэтана:



Установлено, что щелочной гидролиз полученного эфира приводит к образованию натриевой соли бромфторуксусной кислоты, а реакцией его с серной кислотой выделена бромфторуксусная кислота (реакция 2) - слегка дымящаяся маслянистая жидкость с температурой кипения 183°C:



Из 1,2-дибромтетрафторэтана и хлора(1)фторсульфоната в мягких условиях и соотношении 1:1 был выделен 1-бром-2-фторсульфотетрафторэтан с выходом более 70% (реакция 3):



1-бром-2-фторсульфотетрафторэтан содержит высокореакционную фторсульфатную группу, что можно использовать в синтезе производных бромдифторуксусной кислоты. При этом наиболее оптимальным и экономичным способом получения бромдифторуксусной кислоты является ее синтез из метилового спирта и изопропилового эфира 2-бром-тетрафторэтана, по реакции 1.

Вместе с тем, полученные нами эфирные соединения, содержащие фрагменты типа $\text{BrCF}_2\text{CF}_2\text{O}$ -, характеризуются значительной нестабильностью вследствие высокой окисляемости на воздухе, что затрудняет их использование в качестве промежуточных продуктов для органического синтеза.

Более устойчивыми являются эфиры, полученные в реакциях R-114B2 со смесью метанола и гидроксида калия в мольном соотношении 1:1 при температуре выше 30°C.

Кроме того, в избытке смеси метанола и гидроксида калия при 50°C с добавлением метилата натрия был получен метиловый эфир 2-бром-тетрафторэтана (реакция 4):



Таким образом, на примере использования фреона R-114B2 в качестве исходного продукта показан спектр его превращений в целый ряд производных галоидуксусной кислоты и других соединений.

В результате проведенных исследований найдены реагенты и условия, позволяющие проводить реакции с фреоном R-114B2. Оценивая полученные в таких условиях фторорганические соединения с точки зрения возможности их практического применения, можно отметить, что эфиры состава $\text{BrCF}_2\text{CF}_2\text{OR}$ (где R= $-\text{CH}_3$, $-\text{C}_2\text{H}_5$ и др.) могут рассматриваться как растворители, как исходные вещества для получения бромфторуксусной кислоты и ее производных, а также в качестве ингаляционных анестетиков и средств общего наркоза, подобных метоксифлурану.

Исходя из выше изложенного, можно сформулировать следующие выводы:

1. Производство фреона R-114B2 было прекращено в России в 2000 г., но он по-прежнему используется в качестве огнегасящей смеси посредством регенерации отработанного хладагента.

2. При тушении хладомом 2402 в замкнутом объеме, его концентрация значительно превышает ПДК и требует использования средств индивидуальной защиты органов дыхания.

3. Хладон оказывает влияние на уменьшение концентрации озона в стратосфере Земли и увеличение содержания парниковых газов в тропосфере, поэтому возникает необходимость в его утилизации или замене на натуральные хладагенты.

4. Предложены перспективные пути утилизации фреона R-114B2 в лабораторных условиях - для этого использовались спиртово-щелочные смеси.

5. Фреон $\text{BrCF}_2\text{CF}_2\text{Br}$ достаточно легко отдает атом брома в реакциях нуклеофильного замещения, поэтому может быть использован в качестве исходного сырья для синтеза фторорганических соединений, обладающих полезными свойствами.

6. Полученный в ходе синтеза метиловый эфир 2-бром-тетрафторэтана представляет интерес, как исходный реагент бромтетрафторэтильной группы с выходом на некоторые перспективные физиологически активные соединения, а также как реагент для синтеза мономеров типа $\text{BrCF}_2\text{CF}_2\text{OCF}=\text{CF}_2$, играющих важную роль в разработке и производстве фторкаучуков нового поколения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Архинов А. В. и др.* Обеспечение пожаробезопасности на подводных лодках // Морской сборник. - 2013. - Т. 1992. - №. 3. - С. 43-47.
2. *Кругляк Ю. А.* Прогнозирование свойств молекулярных веществ. Критические свойства фреонов и их SI- и Ge-аналогов. Озонобезопасные фреоны и механизмы истощения озонового слоя Земли. - 2018.
3. *Abas N. et. al.* Natural and synthetic refrigerants, global warning: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. - 2018. - Vol. 90. - P. 557-569.
4. *Alibakhsh et. al.* Application of eco-friendly refrigerants and nanorefrigerants: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. - 2018. - Vol. 96. P. 91-99.
5. *Dmowski W.* 1, 2-Dibromotetrafluoroethane (Freon 114B2) as a building block for

fluorine compounds //Journal of Chemistry. - 2012. - Vol. 142. - P. 6-13.

6. *Nair V.* HFO refrigerants: A review of present status and future prospects //International Journal of Refrigeration. - 2021. - Vol. 122. - P. 156-170.

7. *Sicard A. J., Baker R. T.* Fluorocarbon refrigerants and their syntheses: Past to present //Chemical Reviews. - 2020. - Vol. 120. - № 17. - P. 9164-9303.

УДК 66.021.3

А. А. Рябиков¹, Д. Е. Захаров², С. В. Натареев^{1,3}, Д. Г. Снегирев³

¹ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

²Выксунский металлургический завод

³Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРИМЕНЕНИЕ КОЛЬЦЕВОГО АДСОРБЕРА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Аннотация: в данной статье приводятся экспериментальные данные процессов ионообменной очистки воды в кольцевом адсорбере с неподвижным кольцевым слоем адсорбента на основе древесных опилок и хитозана. В результате исследований сняты выходные кривые ионного обмена, на основании которых сделан вывод о высокой эффективности природного сорбента. Данный сорбент рекомендуется использовать при обеспечении водой населения, подразделений МЧС и других потребителей в чрезвычайных ситуациях.

Ключевые слова: природный адсорбент, кольцевой адсорбер, очистка воды от ионов тяжелых металлов.

A. A. Ryabikov, D. E. Zakharov, S. V. Natareev, D. G. Snegirev

THE USE OF AN ANNULAR ADSORBER FOR WATER PURIFICATION FROM HEAVY METAL IONS

Abstract: This article presents experimental data on ion exchange water purification processes in an annular adsorber with a fixed annular adsorbent layer based on sawdust and chitosan. As a result of the research, the output curves of ion exchange were removed, on the basis of which a conclusion was made about the high efficiency of the natural sorbent. This sorbent is recommended to be used when providing water to the population, emergency departments and other consumers in emergency situations.

Keywords: natural adsorbent, ring adsorber, water purification from heavy metal ions.

Аварии или техногенные катастрофы могут привести к загрязнению природных водных объектов, являющихся источниками забора чистой воды для населения и промышленных предприятий [1]. В этом случае перед подачей воды потребителям она должна быть очищена. Для решения задач краткосрочного или среднесрочного водоснабжения успешно применяются мобильные системы очистки воды, в состав которых входит ионообменное оборудование. Неоспоримыми преимуществами мобильных установок являются их небольшие габаритные размеры, возможность быстрой доставки в удаленные районы, небольшое время монтажа и короткий срок запуска в эксплуатацию. Совершенствование режима работы существующего оборудования и создание новых эффективных аппаратов для ионного обмена, несомненно, будут способствовать успешному решению проблемы водоснабжения в чрезвычайных ситуациях [2].

В работе предложена новая конструкция кольцевого адсорбера с загрузкой природным сорбентом на основе древесных опилок и хитозана. Схема данного аппарата показана на рис. 1. Аппарат состоит из вертикального цилиндрического корпуса 1 с плоским днищем. Внутри аппарата установлен полый перфорированный цилиндр 3, к которому прижимается с помощью ионообменной ткани 13 слой ионита 14. Благодаря этому слой ионита находится в аппарате в неподвижном плотном состоянии. Аппарат снабжен штуцерами 10 для ввода исходного раствора и штуцером 11 для отвода отработанного раствора.

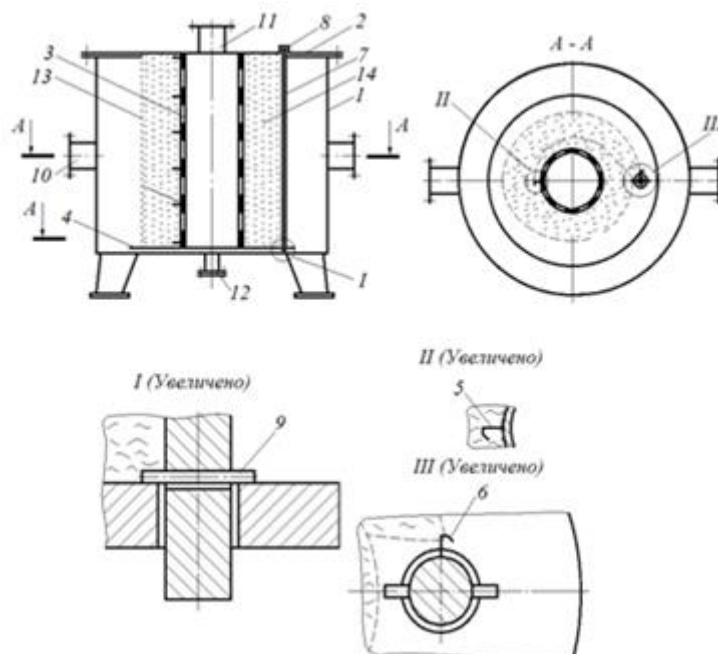


Рис. 1. Аппарат с неподвижным кольцевым слоем ионита:

- 1 – корпус; 2 – плоская крышка; 3 – перфорированный цилиндр;
 4 – горизонтальный диск; 5, 6 – крючки; 7 – пружок; 8 – стакан;
 9 – шпонка; 10–12 – штуцера; 13 – ионообменная ткань; 14 – ионит

Аппарат работает следующим образом. Исходная вода подается в аппарат через штуцер 10 и, проходя в горизонтальном направлении через неподвижный кольцевой слой сорбента 14, очищается от загрязняющего вещества. Очищенная вода собирается внутри полого перфорированного цилиндра и выводится из аппарата в верхней его части через штуцер 11.

К достоинству кольцевого адсорбера можно отнести возможность его применения для очистки воды сорбентом с плотностью меньшей, чем плотность очищаемой воды.

Аппарат входит в состав лабораторной ионообменной установки, схема которой показана на рис. 2.

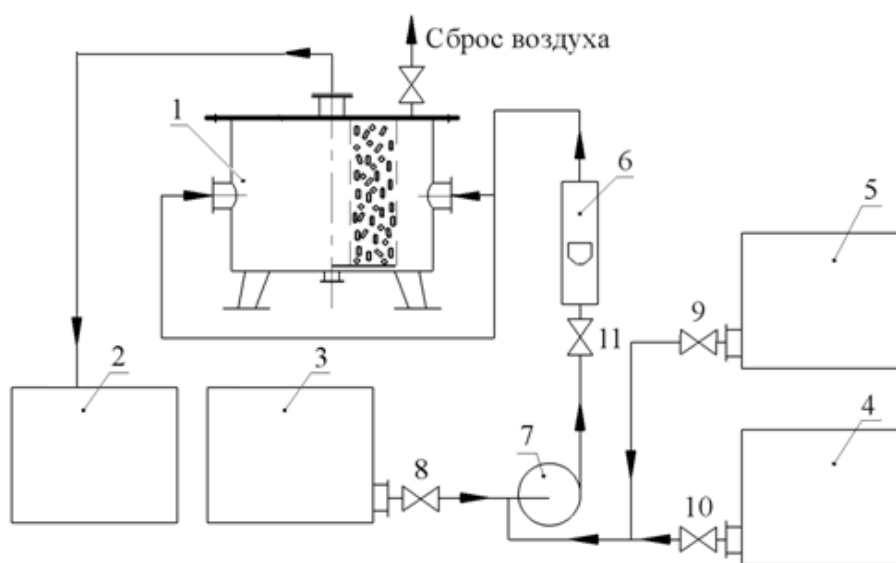


Рис. 2. Схема ионообменной установки:

- 1 – ионообменный аппарат с кольцевым неподвижным слоем адсорбента;
- 2 – емкость для отработанных растворов; 3 – емкость для исходного раствора;
- 4 – емкость для регенерационного раствора; 5 – емкость для промывочной воды;
- 6 – ротаметр; 7 – центробежный насос; 8–11 – вентили

Установка работает следующим образом. В аппарат 1 загружается ионит в воздушно-сухом состоянии массой $m_{вс}$. По известной формуле [3] рассчитывали порозность слоя сорбента ε . После набухания ионита в аппарат 1 из емкости 3 с помощью насоса 7 подается исходный раствор с объемным расходом Q и концентрацией сорбируемого вещества $C_{вх}$, который, проходя через неподвижный кольцевой слой ионита, очищается от ионов целевого компонента. Необходимый расход раствора контролируется по ротаметру 6. Очищенный раствор удаляется в верхней части аппарата в емкость 2. После насыщения ионита подачу исходного раствора прекращают, промывают его дистиллированной водой, подаваемой из емкости 5 с помощью насоса 7. Затем адсорбент регенерируют путем подачи в аппарат 1 с помощью насоса 7 регенерационного

раствора из емкости 4. Оработанный регенерационный раствор собирается в емкости 2. После восстановления обменной емкости ионита он промывается дистиллированной водой по вышеуказанной схеме. Аппарат вновь готов для очистки исходного раствора.

Для опытов был изготовлен кольцевой адсорбер из полипропилена, который имел следующие размеры: внутренний диаметр аппарата $D_a = 0,2$ м; наружный диаметр кольцевого слоя ионита $D_1 = 0,11$ м; диаметр перфорированного цилиндра $D_2 = 0,05$ м; высота слоя ионита $H = 0,13$ м; толщина кольцевого слоя ионита $h_{сл} = 0,03$ м; рабочий объем аппарата $\bar{V} = 9,8 \cdot 10^{-4}$ м³.

Для опытов использовали композиционный древесно-хитозановый катионит (КДХК) в цилиндрической формы.

Для исследований были выбраны следующие ионообменные система раствор $ZnSO_4$ – природный сорбент в Na-форме. Для перевода сорбента в натриевую форму использовали 0,08 н раствор NaOH. Исследование процессов ионного обмена заключалось в снятии выходных кривых ионного обмена. Для этого на выходе из аппарата через определенные промежутки времени отбирали проб воды, которую затем анализировали на содержание ионов тяжелых металлов. На основании полученных выходных кривых рассчитывали полную динамическую обменную емкость сорбента E_0 , рабочую обменную емкость сорбента $E_{пр}$ и время проскока сорбируемого вещества в растворе на выходе из аппарата $\tau_{пр}$ [4]. Основные параметры работы кольцевого адсорбера приведены в таблице.

Типичные выходные кривые ионообменной сорбции ионов тяжелых металлов в кольцевом адсорбере представлены на рис. 3.

Они имеют классический S-образный вид. Их анализ позволяет приблизительно оценить преобладающий механизм кинетики процесса.

Таблица. Параметры процессов ионообменной сорбции в кольцевом адсорбере

Показатель	Значение показателя			
$m_{вс}$, кг	0,298			
ϵ	0,42			
$Q \cdot 10^5$, м ³ /с	0,81			
$C_{вх}$, кг-экв/м ³	0,05	0,025	0,01	0,005
E_0 , кг-экв/м ³	0,176	0,150	0,11	0, 92
$E_{пр}$, кг-экв/м ³	0,050	0,045	0,039	0,034
$\tau_{пр}$, с	100	200	550	1000

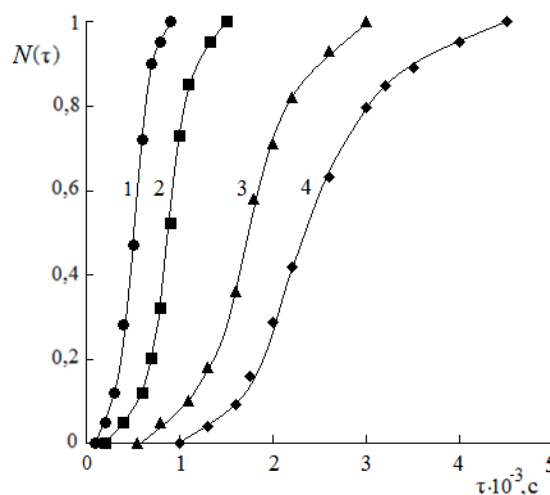


Рис. 3. Выходные кривые ионного обмена $Zn^{2+} - Na^+$ в кольцевом адсорбере: $C_{вх}$, кг-экв/м³: 1 – 0,05; 2 – 0,025; 3 – 0,01; 4 – 0,005

Изменение наклона выходных кривых связано с различным временем достижения равновесия и изменением соотношения вкладов отдельных стадий в лимитировании кинетики сорбции. Резкий рост функции $N(\tau)$ на начальном участке графиков 1 на рис. 3, снятых при концентрации исходного раствора сульфата цинка, равной $0,05 \text{ кг-экв/м}^3$, указывает на внутридиффузионную кинетику сорбции. На остальных выходных кривых размытый вид сорбционного фронта на начальных и конечных участках свидетельствует о смешаннодиффузионном механизме ионного обмена.

При изучении влияния изменения концентрационных условий на динамический ионообменный процесс установлено, что при увеличении исходной концентрации раствора наблюдается снижение времени защитного действия слоя и увеличение значения динамической обменной емкости КДХК. Например, при применении раствора сульфата цинка с концентрацией $0,005 \text{ кг-экв/м}^3$ рабочая обменная емкость сорбента $E_{\text{пр}}$, равная $0,034 \text{ кг-экв/м}^3$, достигается за 1000 с , а при повышении концентрации раствора до $0,05 \text{ кг-экв/м}^3$ время защитного действия слоя составляет 100 с и значение $E_{\text{пр}}$ повышается до $0,05 \text{ кг-экв/м}^3$.

Проведенные исследования процессов ионообменной сорбции ионов цинка в кольцевом адсорбере с загрузкой сорбентов на основе модифицированных древесных опилок позволяют сделать вывод о высоких сорбционных свойствах природного сорбента и надежной работе разработанного аппарата, что позволяет рекомендовать их для очистки воды в системах водоснабжения при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шойгу С.К., Волков С.С., Гаваза В.С. и др. Обеспечение мероприятий и действий сил ликвидации чрезвычайных ситуаций. Калуга. ГУП «Облиздат». 2000. 420 с.
2. Дмитриченко Г.С., Кондратович А.А. Водоснабжение войск и населения при чрезвычайных ситуациях // Вестник военной академии. 2005. № 4. С. 36-41.
3. Копылов А.С., Очков В.Ф., Чудова Ю.В. Процессы и аппараты передовых технологий водоподготовки и их программированные расчеты. М.: Издательский дом МЭИ. 2016. 220 с.
4. Селеменев В.Ф., Славинская Г.В., Хохлов В.Ю. и др. Практикум по ионному обмену: Учебное пособие. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2004. 160 с.

УДК 614.8.084 (614.811, 627.77)

Т. Ю. Семенова

ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России

ПРОИСШЕСТВИЯ НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ, ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ГИМС МЧС РОССИИ И МЕРЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ В 2021 ГОДУ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Аннотация: в статье описываются сведения о количественных показателях происшествий с маломерными судами, сведения о проделанной работе по обеспечению безопасности людей, формированию культуры поведения людей на воде, мероприятия, проводимые ГИМС МЧС России совместно с другими ОИВ субъектов Российской Федерации. А также проведение комплекса мер по сокращению потерь, проблемным вопросам и предложения по их решению.

Ключевые слова: происшествия на водных объектах, безопасность людей, причины аварий маломерных судов, ГИМС МЧС России, угроза жизни.

T. Y. Semenova

INCIDENTS ON WATER BODIES, THE ACTIVITIES OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS OF RUSSIA AND MEASURES TO ENSURE THE SAFETY OF PEOPLE IN 2021 IN THE CENTRAL FEDERAL DISTRICT OF THE RUSSIAN FEDERATION

Abstract: the article describes information on quantitative indicators of incidents with small vessels, information on the work done to ensure the safety of people, the formation of a culture of behavior of people on the water, the activities carried out by the GIMS of the Ministry of Emergency Situations of Russia together with other OIV subjects of the Russian Federation. As well as carrying out a set of measures to reduce losses, problematic issues and proposals for their solution.

Keywords: accidents on water bodies, human safety, causes of accidents of small vessels, GIMS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, threat to life.

Введение

Ежегодно в органах Государственной инспекции по маломерным судам МЧС России (далее- ГИМС МЧС России) фиксируются сотни аварийных происшествий с маломерными судами. Зачастую эти происшествия связаны с гибелью и увечьем людей.

По состоянию на 1 января 2022 года в структуру ГИМС МЧС России входят:

подразделение центрального аппарата МЧС России – Управление безопасности людей на водных объектах штатной численностью 28 чел.;

подразделения территориальных органов МЧС России в составе: отделов безопасности людей на водных объектах, центров Государственной инспекции по маломерным судам, заместителей руководителя территориального органа (главных государственных инспекторов по маломерным судам субъектов Российской Федерации) в 57 субъектах Российской Федерации с общей численностью 5693 чел.

Общая штатная численность сотрудников подразделений ГИМС МЧС России составляет 5721 единица, в том числе отнесенных к категории государственных инспекторов по маломерным судам – 3776 единиц. Фактическая численность личного состава подразделений ГИМС МЧС России на 1 января 2022 года – 4561 единица (79,7 %), в том числе государственных инспекторов по маломерным судам – 3063 единицы (81,1 %).

Сведения о штатной и фактической численности ГИМС МЧС России, в том числе государственных инспекторов по маломерным судам приведены в таблице.

Таблица 1. Численность должностных лиц ГИМС МЧС России

№ п/п	Сотрудники ГИМС МЧС России	По штату		Фактически		% укомплектованности	
		всего	в том числе госинспекторов	всего	в том числе госинспекторов	всего	в том числе госинспекторов
1.	Центральный аппарат МЧС России	28	26	22	20	78,6	76,9
2.	Территориальные органы МЧС России	5693	3750	4539	3043	79,7	81,1
ВСЕГО:		5721	3776	4561	3063	79,7	81,1

Состояние безопасности людей на водных объектах в 2021 г. характеризуется следующими основными показателями.

В 2021 году на водных объектах Российской Федерации зарегистрировано 3741 происшествие, что на 4,3 % больше чем в 2020 г. (3588), в том числе по федеральным округам: ЦФО – 615 происшествий (2020 – 573), СЗФО – 555 происшествий (2020 – 521), ЮФО – 481 происшествие (2020 – 481), СКФО – 105 происшествий (2020 – 98), ПФО – 952 происшествия (2020 – 867), УФО – 287 происшествий (2020 – 275), СФО – 404 происшествия (2020 – 439), ДФО – 342 происшествия (2020 – 334) (рис. 1).

В происшествиях на водных объектах в 2021 году спасено 1012 человек, в том числе работниками ГИМС спасено 404 человека.

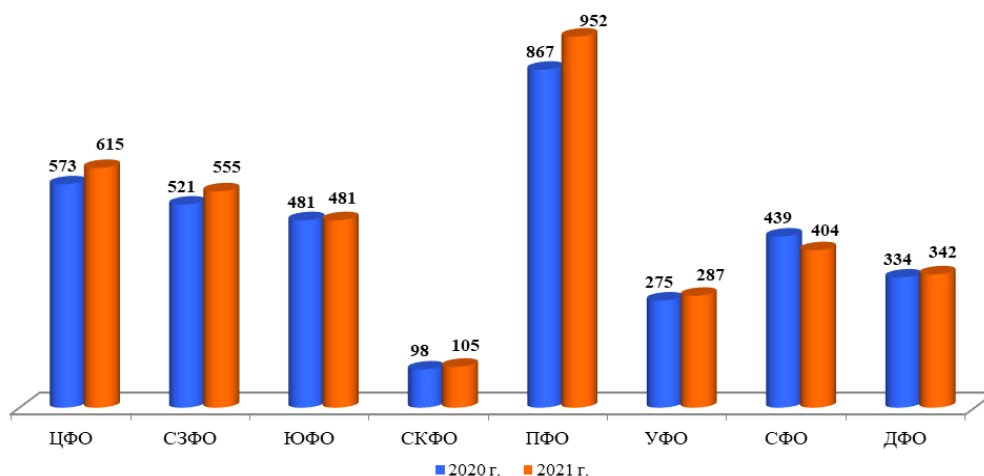


Рис. 1. Показатель количества происшествий на водных объектах

Как видно из графика, второе по количеству происшествий на водных объектах произошло на территории Центрального федерального округа (далее-ЦФО). Рассмотрим далее произошедшие чрезвычайные ситуации на воде, причины несчастных случаев, меры по обеспечению безопасности людей, работу ГИМС по надзору за выполнением действующих нормативных правовых актов, а также профилактическую работу различных государственных и общественных организаций на территории Центрального федерального округа в 2021 году.

*Укомплектованность подразделений
Государственной инспекции по маломерным судам МЧС России*

Общая штатная численность должностных лиц подразделений ГИМС МЧС России на территории ЦФО, отнесенных к категории государственных инспекторов по маломерным судам составляет 836 человек. Фактическая численность на 31 декабря 2021 года – 616 человек (74 %). Для поддержания необходимого уровня знаний, навыков и умений, связанных с выполнением обязанностей по должности, ежегодно проводится обучение и повышение квалификации в учебных заведениях МЧС России государственных инспекторов и глав-

ных государственных инспекторов по маломерным судам субъектов Российской Федерации

Таблица 2. Численность должностных лиц ГИМС МЧС России

№ п/п	Структурные подразделения, учреждения	По штату (чел.)		Фактически (чел.)		% укомплектованности	
		всего	гос. инспекторов	всего	гос. инспекторов	всего	гос. Инспекторов
1	г. Москва	73	73	47	47	64	64
2	Белгородская	19	8	17	8	89	100
3	Брянская	34	18	9	15	85	83
4	Владимирская	41	28	29	21	71	75
5	Воронежская	38	22	35	20	92	91
6	Ивановская	50	33	42	27	84	82
7	Калужская	38	15	35	15	92	100
8	Костромская	46	26	32	21	70	81
9	Курская	19	8	17	7	89	87
10	Липецкая	34	18	20	13	59	72
11	Московская	95	65	67	43	70	66
12	Орловская	13	10	11	9	85	90
13	Рязанская	56	31	40	22	71	71
14	Смоленская	30	14	26	13	86	93
15	Тамбовская	26	14	20	9	77	64
16	Тверская	104	69	58	35	56	51
17	Тульская	39	21	30	18	77	86
18	Ярославская	81	43	61	41	75	95
	Итого	836	516	616	389	74	75

Происшествия и гибель людей на водных объектах

В 2021 году на водных объектах ЦФО произошло 615 происшествий, что на 7% больше, чем в 2020 году (АППГ – 573).

Количество погибших на водных объектах составило 457 чел., на 10% больше, чем в 2020 году (АППГ – 413), что не соответствует требованиям Указа Президента РФ от 16.10.2019 № 501 «О стратегии в области развития гражданской обороны, защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах на период до 2030 года». Важный показатель состояния безопасности как коэффициент погибших на водных объектах на 100 тысяч населения в ЦФО за 2021 год составил 1,16, при среднем показателе в Российской Федерации – 2,17.

Основными причинами несчастных случаев на воде по-прежнему остаются в летнем периоде (купание в запрещенных местах), в зимнем периоде (выход людей на тонкий лед).

Основными причинами аварий маломерных судов явились: отсутствие наблюдения за окружающей обстановкой – 20 случаев (2020 – 6), неумелое маневрирование судном – 17 случаев (2020 – 16), плавание в сложных гидрометеоусловиях – 13 случаев (2020 – 6), нарушение правил пользования маломерными судами – 11 (2020 – 13), нарушение Правил плавания по внутренним водным путям Российской Федерации и Международных правил предупреждения столкновения судов в море – 7 случаев (2020 – 6), неправильное размещение людей и грузов 5 случаев (2020 – 3).

Многолетние наблюдения показывают, что купание в необорудованных местах является основной причиной гибели людей на водных объектах.

Анализом аварийности маломерных судов за многие годы установлено, что 60-70% аварийных судов не представлялись на техническое освидетельствование, около 40% всех аварий совершается в состоянии алкогольного опьянения, у половины лиц, совершивших аварии на катерах и моторных лодках, отсутствуют удостоверения на право управления маломерным судном.

Большинство аварийных случаев с маломерными судами происходит во время рыбной ловли и охоты (более 60%). Нередки случаи групповой гибели людей на моторных и гребных лодках из-за превышения норм пассажировместимости и при плавании в штормовую погоду.

Основными причинами аварийности являются: нарушение судоводителями правил пользования водными объектами для плавания на маломерных плавательных средствах; неправильное размещение людей и груза; превышение установленных норм пассажировместимости и грузоподъемности; плавание в сложных гидрометеоусловиях и в темное время суток.

Количество погибших детей составило 37 чел. (АППГ-15) увеличение на 146%. Причиной гибели детей на водных объектах является отсутствие контроля со стороны родителей либо иных законных представителей за посещением детьми водных объектов во время отдыха или каникул. Стоит отметить, что в 2020 и 2021 году не допущено детской гибели в Калужской, Орловской и Тульской областях.

В подразделениях ГИМС организован учет происшествий с маломерными судами и несчастных случаев с людьми на водных объектах с оформлением учетных карточек, и направление их в Центральный аппарат МЧС России. В 2021 году зафиксировано 16 аварий с маломерными судами (АППГ-17) снижение на 6%, в которых погибло 6 чел. (АППГ-0), в т.ч. два ребенка (АППГ-0).

*Мероприятия по обеспечению безопасности людей
на водных объектах ЦФО*

В целях снижения происшествий и гибели людей на водоемах региона проводилась систематическая целенаправленная работа по вопросам осуществления мероприятий по обеспечению безопасности людей на водных объектах, охране их жизни и здоровья.

Для этих целей в субъектах округа разработаны и утверждены Планы мероприятий по взаимодействию ГИМС МЧС России с МВД России, Росрыболовством, Управлением РОСГВАРДИИ, Природоохранными организациями, Администрациями органов местного самоуправления.

Во время совместных мероприятий инспекторами ГИМС проводилась проверка наличия предупреждающих и запрещающих аншлагов, знаков и указателей в местах отдыха населения на водных объектах с информацией о запрете купания в летний период и запрете выхода/выезда автотехники на лед в зимний период.

В целях профилактической работы, формирования культуры безопасности поведения людей на водных объектах активно использовались 147 терминальных комплексов ОКСИОН, на которых в суточном режиме транслировалось 112 роликов по правилам безопасности людей на водных объектах в летнем и зимний периоды.

Основным проблемным вопросом остается недостаточное количество организованных и безопасных мест купания, что создаёт предпосылки для купания людей в запрещенных местах на водоемах, являющихся традиционными местами отдыха и купания населения. Одним из решений данной проблемы является возможность дополнительного оборудования мест для купания на водных объектах.

В период с 05 по 11 сентября 2021 года на территории Ивановской области проведены мероприятия в масштабе МЧС России, это Всероссийский сбор главных государственных инспекторов по маломерным судам субъектов Российской Федерации и XIV-й Всероссийский Чемпионат по водно-моторным соревнованиям среди команд ГИМС МЧС России. Данный факт подтвердил высокое доверие со стороны Центрального аппарата МЧС России и явился знаковым событием для Ивановской области.

Мероприятия прошли на высоком уровне, в них приняли участие более 200 сотрудников ГИМС от субъектов Российской Федерации.

По итогам мероприятий заместитель Министра МЧС России - главный государственный инспектор Российской Федерации по пожарному надзору генерал - лейтенант внутренней службы Анатолий Михайлович Супруновский выразил Главному управлению МЧС России по Ивановской области благодарность за подготовку и проведение сбора и чемпионата.

Надзорная деятельность

По результатам работы на водоемах ЦФО проведено 23858 рейдов и патрулирований (АППГ – 21799) увеличение на 9%, из них 11100 совместно со спасателями и другими контролирующими органами (АППГ – 10504) увеличение на 6%, в ходе которых было выявлено 3744 административных правонарушений, находящихся в компетенции ГИМС МЧС России (АППГ – 3655) увеличение на 2%, что является следствием активной деятельности подразделений ГИМС, направленной на усиление профилактики и предупреждения правонарушений, связанных с эксплуатацией маломерных судов.

Количество отмененных постановлений об административных правонарушениях судами, прокурорами 15 (АППГ-9) увеличение на 67%;

количество задержанных и помещенных на специализированную стоянку судов 6 ед. (АППГ- 0);

количество допущенных к эксплуатации:

баз (сооружений) для стоянок маломерных судов 326 (АППГ-326);

пляжей 898 (АППГ-880), в т. ч. вновь введенных в отчетном периоде 10;

наплавных мостов 9 (АППГ-8);

переправ 18 (АППГ-18);

ледовых переправ 3 (АППГ-1).

Зарегистрировано маломерных судов 8374 ед. (АППГ – 7662 ед. увеличение на 9%);

Аттестовано 11464 гражданина на право управления маломерными судами (АППГ – 9601) увеличение на 19%;

Проведено 9170 освидетельствований маломерных судов (АППГ – 9143 ед.) увеличение на 0,2%.

Осуществлялся мониторинг за установкой и содержанием информационных щитов и знаков безопасности на водных объектах, в летнем периоде 7978 (АППГ – 7327) увеличение на 8%, в зимнем периоде 8790 (АППГ – 8794) уменьшение на 0,1%.

Подразделениями ГИМС была организована работа по выявлению водных объектов, находящихся в пользовании юридических и физических лиц, и пригодных для эксплуатации маломерных судов. С владельцами баз (сооружений) для стоянок маломерных судов проводилась разъяснительная работа по вопросам размещения маломерных судов на базах и выпуска маломерных судов в плавание, документального учета судов, а также применения мер административного воздействия в отношении ответственных должностных лиц за эксплуатацией баз (сооружений).

В 2021 году необходимый уровень безопасности жителей и гостей субъектов ЦФО на водных объектах обеспечивался на основе исполнения нормативных правовых документов субъектов и Российской Федерации и, в соответствии с Федеральным законом от 06.10.2003 № 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления».

Главными управлениями организовано взаимодействие с органами исполнительной государственной власти специальной компетенции субъектов и органами местного самоуправления муниципальных образований по внесению изменений в нормативные правовые акты.

В настоящее время на территории субъектов ЦФО действуют нормативные правовые акты в области защиты населения и территорий от ЧС, что составляет 100 % от рекомендованных к принятию нормативных правовых актов на уровне субъектов.

В целях совершенствования нормативного правового регулирования в области защиты населения в течение 2021 года приняты и внесены изменения в ряд нормативных правовых актов в области правил охраны жизни людей на водных объектах, а именно, внесение изменений в:

постановление Правительства Брянской области от 12.07.2021 № 258-п «О внесении изменений в постановление Администрации Брянской области от 15.02.2006 № 101 «Об утверждении Правил охраны жизни людей на водных объектах Брянской области»;

постановление Администрации Владимирской области от 17.09.2021 № 592 «О внесении изменений в постановление губернатора области от 5.07.2007 №484 «Об утверждении правил пользования водными объектами для плавания на маломерных судах во Владимирской области»;

постановление Правительства Воронежской области от 31.05.2021 № 307 «О внесении изменений в Постановление администрации Воронежской области от 23.08.2007 № 778 «Об утверждении Правил пользования водными объектами для плавания на маломерных судах в Воронежской области»;

постановление Правительства Ивановской области от 11.11.2021 № 537-п «О внесении изменений в постановление Правительства Ивановской области от 11.03.2009 № 54-п «Об утверждении Правил охраны жизни людей на водных объектах в Ивановской области»;

постановление Администрации Курской области от 14.07.2021 № 738-па «Об утверждении Правил охраны жизни людей на водных объектах Курской области» взамен постановления Администрации Курской области от 18.09.2007 № 199, и постановление Администрации Курской области от 19.07.2021 № 754-па «Об утверждении Правил пользования водными объектами для плавания на маломерных судах в Курской области» взамен постановления губернатора Курской области от 16.05.2007 № 209;

постановление Администрации Костромской области от 7.09.2010 № 313-а «Об утверждении Правил охраны жизни людей на водных объектах в Костромской области» в редакции от 29.03.2021 № 142-а, от 11.10.2021 № 455-а; постановление Администрации Костромской области от 10.12.2013 № 510-а «Об утверждении Правил пользования водными объектами для плавания на маломерных судах в Костромской области» редакция от 19.04.2021 № 178-а, от 4.10.2021 № 448-а;

постановление Правительства Орловской области от 20.09.2021 № 576 «О внесении изменений в постановление Правительства Орловской области от 24.03.2015 № 120 «Об утверждении Правил охраны жизни людей на водных объектах в Орловской области»;

постановление Правительства Рязанской области от 24.11.2021 № 318 «О внесении изменений в постановление Правительства Рязанской области от 29.05.2007 № 413 «Об утверждении Правил пользования водными объектами для плавания на маломерных судах в Рязанской области»;

постановление Администрации Смоленской области от 16.07.2021 № 464 о внесении изменений в постановление Администрации Смоленской области от 07.10.2011 № 618 «Об утверждении Правил пользования водными объектами для плавания на маломерных судах в Смоленской области»; постановление Администрации Смоленской области от 22.07.2021 № 472 о внесении изменений в постановление Администрации Смоленской области от 31.08.2006 № 322 «Об утверждении Правил охраны жизни людей на водных объектах в Смоленской области»;

постановление Администрации Тамбовской области от 27.12.2021 № 963 «О внесении изменений в постановление администрации Тамбовской области от 20.05.2015 № 480 «Об утверждении правил пользования водными объектами для плавания на маломерных судах».

Продолжается совершенствование нормативной правовой базы по обеспечению безопасности людей на водных объектах округа.

Новый вид федерального государственного контроля (надзора) – федеральный государственный контроль (надзор) за безопасностью людей на водных объектах, будет осуществляться в соответствии с требованиями Федерального закона от 31 июля 2020 г. № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации».

Особенностью осуществления федерального государственного контроля (надзора) за безопасностью людей на водных объектах является выход госинспекторов ГИМС на поднадзорные объекты (пляжи, базы-стоянки маломерных судов, ледовые переправы, зимники и т.д.) в рамках внеплановых контрольно-надзорных мероприятий.

В рамках данной работы по изменению нормативной правовой базы, регламентирующей деятельность ГИМС, разработано Положение о федеральном государственном контроле (надзоре) за безопасностью людей на водных объектах (постановление Правительства Российской Федерации от 25.06.2021 № 1014).

Постановлением Правительства Российской Федерации от 29.11.2021 г. № 2077 положение о федеральном государственном контроле (надзоре) за безопасностью людей на водных объектах было дополнено разделом, устанавливающим ключевые показатели надзора и их целевые значения.

Разработаны новые Правила государственного надзора за маломерными судами, используемыми в некоммерческих целях, и проходят процедуру утверждения в Правительстве Российской Федерации. Срок вступления в силу новых Правил не позднее 1 марта 2022 г.

В 2021 году утверждены:

перечень индикаторов риска нарушений обязательных требований, используемых при осуществлении федерального государственного контроля (надзора) за безопасностью людей на водных объектах (приказ МЧС России от 31.05.2021 № 532);

индикативные показатели для федерального государственного контроля (надзора) за безопасностью людей на водных объектах (приказ МЧС России от 26.10.2021 № 729).

В рамках «цифровой трансформации» утверждены пять приказов, регулирующих процессы предоставления государственных услуг: по аттестации на право управления маломерными судами, государственной регистрации и освидетельствованию маломерных судов, используемых в некоммерческих целях:

приказ МЧС России от 15.08.2021 № 567, зарегистрирован Минюстом России 13.10.2021 № 65388;

приказ МЧС России от 15.08.2021 № 565, зарегистрирован Минюстом России 13.10.2021 № 65393;

приказ МЧС России от 01.06.2021 № 355, зарегистрирован Минюстом России 15.10.2021 № 65429;

приказ МЧС России от 01.06.2021 № 356, зарегистрирован Минюстом России 15.10.2021 № 65430.

С учетом тенденций по внедрению информационных технологий в жизненные процессы с 1 марта 2022 года начнет действовать новая модель предоставления государственных услуг, которая предполагает переход на реестровую модель учета результата государственной услуги, в том числе отказ от документов на бумажных носителях (бланках строгой отчетности), а также сокращение сроков предоставления государственной услуги.

В целях повышения доступности государственных услуг для населения обеспечена возможность предоставления государственных услуг посредством ФГИС «Единый портал государственных услуг и муниципальных услуг (функций)».

По направлению государственной регистрации и освидетельствования маломерных судов внедряется экстерриториальный принцип, позволяющий обращаться за предоставлением государственной услуги в любое подразделение ГИМС МЧС России вне зависимости от места жительства или пребывания (для физических лиц) либо места нахождения (для юридических лиц), а также урегулированы ранее существовавшие правовые пробелы.

Будет полностью автоматизирован процесс сдачи теоретических экзаменов на право управления маломерными судами, что позволит исключить коррупциогенные факторы при предоставлении государственных услуг.

*Обеспечение безопасности
мест массового отдыха людей на водных объектах*

Анализ практики обеспечения безопасности людей на водных объектах показывает, что по-прежнему актуальными остаются такие меры как: профилактическая работа в средствах массовой информации, учебно-методическая и шефская работа в общеобразовательных и дошкольных учреждениях. Силами общественных организаций ВОСВОД, Совет отцов, Морских собраний, Россоюзспас, Студенческий корпус спасателей, Спасение Про, Лиза Алерт, Общественной организации охотников и рыболовов, Казачьих объединений и др. в летнем и зимнем сезонах было организовано 1326 спасательных постов и маршрутов берегового патрулирования (АППГ-769), проведено 26397 (АППГ-21783) патрулирований, увеличение на 21%, в ходе которых проводились беседы с отдыхающими гражданами, раздавались памятки и буклеты по безопасному поведению на воде.

В рамках проведения Всероссийской акции «Научись плавать» в 2021 году было проведено более 29 тыс. занятий в детских городских лагерях и образовательных, дошкольных учреждениях (АППГ-36 тыс.), количество охваченных детей составило 466 тыс. чел. (АППГ-542 тыс.)

Силами руководящего состава главных управлений и инспекторского состава ГИМС в летний период проведено 10411 (АППГ-9257) выступлений на ТВ и радио, увеличение на 12%, а также публикаций в средствах массовой информации 4561 (АППГ-3130) увеличение на 46%.

В рамках месячника безопасности людей на водных объектах в летний период 2021 года проводилась работа по организации отдыха людей на воде в купальный сезон.

Целью явилось выявление необорудованных мест массового отдыха населения и предупреждение гибели людей на водных объектах, привлечение внимания средств массовой информации к вопросам обеспечения безопасности. Подразделениями Центров ГИМС проведено 932 освидетельствования пляжей, из 974 состоящих на учете пляжей допущено к эксплуатации 898 (рис. 2).



Рис. 2. Работа ГИМС на пляже

За летний период силами органов местного самоуправления и ГИМС выявлено 283 неорганизованных места купания 10 из которых переведено в статус организованных, ранее не состоящих на учете в органах ГИМС.

*Обеспечение безопасности людей
на водных объектах в зимний период*

В осенне-зимний период 2021-2022 годов продолжена работа по выявлению мест массового выхода на лед рыбаков и несанкционированных ледовых переправ. В субъектах региона на основе многолетних наблюдений за водными объектами составлен перечень традиционных мест массового выхода на лед и подледного лова рыбы. В целях обеспечения безопасности людей в период становления льда на водоемах округа, инспекторским составом взято на контроль 438 мест. В указанных местах осуществляется мониторинг ледовой обстановки с доведением информации до населения через СМИ. Во всех субъектах спланированы и проведены учения по отработке навыков спасения утопающего и реагирования на возможные происшествия. В местах возможного съезда автотехники на лед силами муниципальных образований ежегодно организуется выставление бетонных блоков, заграждений из снега снегоуборочной техникой.

В подразделениях ГИМС разработан план-график открытия ледовых переправ, используемых населением в случаях отсутствия мостовых переходов, невозможности устройства паромной переправы в зимний период, а также для перевозки лесоматериалов. В сезон 2021 года допущены к эксплуатации шесть ледовых переправ (Костромская-2, Рязанская-2, Ярославская-2).

Выводы и задачи

В целях дальнейшего совершенствования системы обеспечения безопасности людей на водных объектах необходимо:

- продолжить совершенствование нормативно-правовой базы;
- продолжить повышение готовности сил поиска и спасания людей на водных объектах к ведению поисково-спасательных операций во взаимодействии с аварийно-спасательными формированиями РСЧС;
- продолжить работу по внедрению в деятельность подразделений обеспечения безопасности людей на водных объектах систем интеллектуального видеонаблюдения, беспилотных летательных аппаратов, систем интернет-информирования;
- повысить эффективности профилактических мероприятий по предупреждению несчастных случаев с людьми на водных объектах и аварийности маломерных судов;
- обеспечить дальнейшее развитие и поддержку территориальных общественных организаций по спасанию людей на водных объектах в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2019 г.: государственный доклад. – М.: МЧС России; ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2020. – 260 с.

2. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 году». - М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021. - 288 с. ISBN 978-5-6045734-4-0.

УДК 365.624.5 (656.7.082)

Т. Ю. Семенова

ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России

ТЕХНОГЕННЫЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ, ПРОИЗОШЕДШИЕ В 2021 ГОДУ В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ И ПРОГНОЗ НА 2022 ГОД

Аннотация: в статье приводятся статистические данные о чрезвычайных ситуациях (далее – ЧС) техногенного характера, произошедших в 2021 году, классификация их по характеру, источнику и масштабам возникновения, наглядно показаны какие ЧС произошли федерального, межрегионального, регионального характера, причины произошедшего, предпосылки для возникновения ЧС. Приводится прогноз происшествий техногенного характера в 2022 году, анализ ЧС, профилактика ЧС техногенного характера в соответствии с Планом мероприятий по реализации Основ государственной политики.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, происшествия техногенного характера, аварии, гибель людей, катастрофы, угроза жизни.

T. Y. Semenova

TECHNOGENIC EMERGENCIES THAT OCCURRED IN 2021 IN THE FAR EASTERN FEDERAL DISTRICT AND THE FORECAST FOR 2022

Abstract: the article provides statistical data on emergency situations (hereinafter referred to as emergencies) of a technogenic nature that occurred in 2021, their classification by nature, source and scale of occurrence, clearly shows which emergencies occurred of a federal, interregional, regional nature, the causes of what happened, the prerequisites for the occurrence of an emergency. The forecast of man-made accidents in 2022, the analysis of emergencies, prevention of man-made emergencies in accordance with the Action Plan for the implementation of the Fundamentals of State Policy is given.

Keywords: emergencies, man-made accidents, accidents, loss of life, catastrophes, threat to life.

В течение 2021 года на территории Дальневосточного федерального округа произошли 76 чрезвычайных ситуаций (в том числе 37 ЧС техногенного (увеличение на 51,4 %), 25 ЧС природного (уменьшение на 30,6 %) и 14 ЧС биолого-социального характера (уменьшение на 53,3 %)), в результате которых пострадали 29 409 человек, погибло 65 человек, спасены при ЧС 91 человек. По имеющимся на 31 декабря 2021 г. данным, общая сумма материального ущерба составляет 10 млрд. 263 млн. 366 тыс. рублей.

В течение года не раз заявляли о себе сложные природно-климатические условия региона, вызвавшие нарушения условий жизнедеятельности населения на территории Дальневосточного федерального округа. В результате ливневых дождей, снегопадов, сильных ветров имели место неоднократные случаи подтопления домов, приусадебных участков, нарушения автотранспортного сообщения, энергообеспечения населённых пунктов и социальных объектов.

В 2021 году в сравнении с 2020 годом количество ЧС уменьшилось на 9,5 %, количество погибших при ЧС увеличилось на 83,1 %, количество пострадавших при ЧС увеличилось на 76,3 %, материальный ущерб от ЧС увеличился на 46,6 %.

а) Систематизированные статистические данные о чрезвычайных ситуациях, произошедших в 2021 г. на территории Дальневосточного федерального округа представлены в таблице 1 и таблице 2.

Таблица 1. Сведения по характеру и виду источников возникновения техногенных чрезвычайных ситуациях в 2021 году

Чрезвычайные ситуации по характеру и виду источников возникновения	Классификация чрезвычайных ситуаций							Количество, чел.			Материальный ущерб, млн. руб.
	всего	локальные	муниципальные	межмуниципальные	региональные	межрегиональные	федеральные	погибло	пострадало	спасено	
Техногенные ЧС*	37	10	20	3	4	0	0	63	328	29	425 247
Аварии грузовых и пассажирских поездов	8	2	3	2	1	-	-	6	11	-	66,753
Аварии грузовых и пассажирских судов	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Авиационные ката-	6	2	2	-	2	-	-	51	59	8	178,4

РАЗДЕЛ 2. БИОЛОГИЯ, ЭКОЛОГИЯ И ЧЕЛОВЕК

Чрезвычайные ситуации по характеру и виду источников возникновения	Классификация чрезвычайных ситуаций							Количество, чел.			Материальный ущерб, млн. руб.
	всего	локальные	муниципальные	межмуниципальные	региональные	межрегиональные	федеральные	погибло	пострадало	спасено	
строфы											
ДТП с тяжкими последствиями**	6	2	3	1	-	-	-	6	100	21	3,8
Аварии на магистральных и внутри-промысловых нефтепроводах и магистральных газопроводах	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Взрывы в зданиях, на коммуникациях, технологическом оборудовании промышленных объектов	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Взрывы в зданиях и сооружениях жилого, социально-бытового и культурного назначения	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Обнаружение (утрата) неразорвавшихся боеприпасов, взрывчатых веществ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Аварии с выбросом (угрозой выброса) АХОВ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Аварии с выбросом (угрозой выброса) РВ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Внезапное обрушение зданий, сооружений, пород	3	-	3	-	-	-	-	-	-	-	85,91
Обрушение зданий и сооружений жилого, социально-бытового и культурного назначения	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Чрезвычайные ситуации по характеру и виду источников возникновения	Классификация чрезвычайных ситуаций							Количество, чел.			Материальный ущерб, млн. руб.
	всего	локальные	муниципальные	межмуниципальные	региональные	межрегиональные	федеральные	погибло	пострадало	спасено	
Аварии на электроэнергетических системах	1	-	1	-	-	-	-	-	158	-	0,250
Аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения	12	4	7	-	1	-	-	-	-	-	54,789
Гидродинамические аварии	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	35,345
ЧС в результате террористического акта	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Итого:	37	10	20	3	4	0	0	63	328	29	425 247

Таблица 2. Сведения о чрезвычайных ситуациях, произошедших в 2021 году, на территории Дальневосточного федерального округа

Субъект Российской Федерации Дальневосточного федерального округа	Техногенные ЧС, ед.
Амурская область	6
Еврейская автономная область	0
Забайкальский край	2
Камчатский край	5
Магаданская область	1
Приморский край	13
Республика Бурятия	3
Республика Саха (Якутия)	0
Сахалинская область	0
Хабаровский край	6
Чукотский автономный округ	1
Итого за ДФО:	37

Разберем ЧС техногенного характера, так как по сравнению с 2020 годом наблюдается увеличение количества ЧС техногенного характера на 51,4 % (18 ЧС в 2020 году). Увеличение техногенных ЧС и рост на них погибших и спасенных, по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, обусловлены увеличением количества авиационных катастроф, аварий грузовых и пассажирских поездов и связанных с обрушением зданий.

В 2021 году произошло 37 (АППГ-18) чрезвычайных ситуаций техногенного характера, из них:

6 - авиационных катастроф (АППГ 2), в результате которых погиб 51 человек, пострадали 59 человек;

6 - ДТП с тяжкими последствиями (АППГ 6), в результате которых, погибло 6 человек, пострадали 100 человек (рис. 1);

8 – аварий грузовых и пассажирских поездов (АППГ 2), в результате которых 6 погибших, 11 пострадавших (рис. 2);

3 – связанные с обрушением зданий (АППГ 2), в результате которых пострадавших и погибших нет;

1 – авария на электроэнергетических системах (АППГ 3), в результате которой 158 пострадавших, погибших нет;

12 – аварий на коммунальных системах жизнеобеспечения, в результате которых погибших и пострадавших нет (АППГ 3);

1 – гидродинамическая авария, в результате чего погибших и пострадавших нет (АППГ – 0).



Рис. 1. Дорожно-транспортное происшествие в Еравнинском районе Республики Бурятия



Рис. 2. Аварии грузовых поездов на территории Амурской области

По сравнению с 2020 годом наблюдается увеличение количества ЧС техногенного характера на 51,4 % (18 ЧС в 2020 году).

Аварий и ЧС на опасных производственных объектах на территории Дальневосточного федерального округа в 2021 году не допущено.

Наиболее вероятны аварии с выбросом (угрозой выброса) аварийно химически опасных веществ (АХОВ) при их использовании в производстве. В 2021 году чрезвычайных ситуаций, аварий, происшествий и иных инцидентов на химически опасных объектах Дальневосточного федерального округа не зафиксировано.

Аварий и происшествий на радиационных опасных объектах в 2021 году не зарегистрировано. На радиационных опасных объектах обеспечено устойчивое и безопасное функционирование предприятий. Инцидентов, сопровождавшихся радиационными последствиями, не было. Случаи сверхнормативного облучения персонала отсутствовали. Радиационная обстановка оставалась в пределах нормы.

В целях стабилизации обстановки с аварийностью на дорогах края, усиления профилактической работы, повышения эффективности влияния на дорожную обстановку и обеспечения безопасности дорожного движения, в субъектах Дальневосточного федерального округа организовано проведение рейдовых профилактических мероприятий, направленных на профилактику и выявление нарушений ПДД, являющихся основными причинами аварийности.

Техногенные чрезвычайные ситуации (федерального, межрегионального, регионального характера) произошедшие в 2021 году

В 2021 году на территории Дальневосточного федерального округа произошло 4 чрезвычайные ситуации регионального характера (*Камчатский край, Республика Якутия, Забайкальский край, Хабаровский край*).

На территории Камчатского края зарегистрирована ЧС, обусловленная крушением пассажирского самолёта АН-26.

В 15.07 (кмч) 06.07.2021 г. пассажирский самолет Ан-26 АО «Камчатского авиационного предприятия» столкнулся со скалистой горой в районе залива Шелехова городского округа «поселок Палана». Маршрут следования самолета г. Елизово – городского округа «п. Палана». На борту находились 28 человек, из них 22 пассажира (2 детей) и 6 членов экипажа, все погибли. Материальный ущерб, связанный с затратами на ликвидацию ЧС составил 99,4 млн. рублей.

Для проведения поисково-спасательных работ была создана сводная группировка в составе 25 чел., 9 ед. техники, в том числе от МЧС России 23 чел., 9 ед. техники.

Созданной сводной группировки было достаточно. Нарращивание группировки не требовалось.

На территории Республики Бурятия зарегистрирована ЧС регионального характера. Обусловленная аварией на коммунальных системах жизнеобеспечения в г. Улан-Удэ (рис. 3).

22.12.2021 в 22.45 (мск) произошло возгорание в турбинном цехе ТЭЦ-1 ПАО «ТГК-14» (объявлен ранг 4), в 00.57 (мск) пожар ликвидирован на площади 60 кв.м. В тушении принимало участие 76 человек, 21 ед. техники, в т.ч. от МЧС России 54 человека, 14 ед. техники.



Рис. 3. Авария на коммунальных системах жизнеобеспечения в г. Улан-Удэ

В результате пожара повреждены управляющие кабели турбинного цеха, подающие электроэнергию на:

- циркуляционные и подпиточные насосы;
- ленточный конвейер топливоподачи;
- частично на котлы.

Приостановлена работа 4-х котлоагрегатов, и конвейера топливоподачи. В работе осталось два котлоагрегата среднего давления.

Приостановлена подача ГВС и понижены параметры теплоносителя потребителям ТЭЦ -1.

В зону ограничения теплоснабжения попали 1328 жилых домов, в которых проживают 105 тыс. 400 чел., из них 37 тыс. 200 детей, 93 СЗО, из них 52 образовательных учреждения, 22 детских сада, 9 объектов здравоохранения (2 объекта с круглосуточным пребыванием людей). Теплоноситель не сливался, циркуляция по системе осуществляется.

В результате ЧС пострадавших и погибших нет. Материальный ущерб от ЧС составил 35 млн. рублей.

27.12.2021 снят режим функционирования «Чрезвычайная ситуация» регионального характера (распоряжение от 27.12.2021 № 811-р). Все потребители подключены к теплоснабжению, горячее водоснабжение восстановлено полностью.

22.09.2021 в 11:45 (мск.) в ОДС ЦУКС ГУ МЧС России по Хабаровскому краю поступила информация о том, что в 38 км от аэропорта «Хабаровск-Центральный» (координаты СШ 48°12'04" ВД 134°58'26") пропал с экранов радаров самолёт-лаборатория АН-26 (б/н RA-26673), собственник ЗАО «Лётные проверки и системы». Воздушное судно с международного аэропорта им. Г.И. Невельского совершало плановый облёт территории по проверке средств радиотехнических систем и предположительно упало в районе Хехцирского хребта (высота до 949 м). На борту находился летный состав в количестве 6 человек (экипаж находился в служебной командировке в г. Хабаровск с 19.09.2021).

В результате авиа происшествия пострадало 6 человек, из них 6 человек погибло. Привлекалось: 101 человек и 19 ед. техники, из них от МЧС России 81 человек и 12 ед. техники, в том числе воздушное судно (МИ-8) 1 ед.

Время ликвидации 03.00 (мск) 24.12.2021 года.

15.07.2021 г. 19:40 (мск) на территории Забайкальского края произошла ЧС, обусловленная сходом 33 - х вагонов 2-х грузовых поездов № 2517 и №2300 в Могочинском районе на перегоне Урюм-Нанагры 6627 км Забайкальской ж/д (рис. 4).



Рис. 4. Сход вагонов в Могочинском районе на перегоне Урюм-Нанагры Забайкальский край

Нарушено 350 метров четного и нечетного пути, повреждена 1 электроопора.

К восстановительным работам привлечено 472 человек, 149 единиц техники, в том числе от МЧС 27 человек, 4 единицы техники. Максимальная задержка поездов 20 часов 28 минут.

Время ликвидации 16:30 16.07.2021. Общий материальный ущерб составил 11лиц,897441 млн. руб., в том числе затраты на ликвидацию последствий ЧС составили 1,120726.

Прогноз возникновения техногенных чрезвычайных ситуаций на 2022 год

Чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Предпосылки для возникновения ЧС могут быть связаны с наступлением событий при проявлении природных процессов и неспособностью территорий обеспечить устойчивость функционирования территориально-хозяйственных комплексов в этих условиях, а также антропогенными факторами.

Различают ЧС по характеру источника (природные и техногенные) и по масштабам (локальные, местные, территориальные, региональные, федеральные и трансграничные).

Источники чрезвычайных ситуаций и критерии отнесения события к ЧС определены приказом МЧС России от 05.07.2021 г. № 429 «Об установлении критериев информации о чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера» (зарегистрировано в Минюсте России 16.09.2021 № 65025), вступает в силу с 1 января 2022 года.

На территории Дальневосточного федерального округа в 2022 году с вероятностью 6,5 прогнозируется 3 техногенные чрезвычайные ситуации. ЧС могут составить более 50% от общего количества за период.

В общей структуре техногенных ЧС в предыдущие годы в округе преобладали аварии на автомобильном и железнодорожном транспорте, авиационные катастрофы.

Прогноз техногенных чрезвычайных ситуаций на 2022 год представлен в таблице 3.

Таблица 3. Прогноз техногенных чрезвычайных ситуаций на 2022 г.

Параметры техногенной обстановки	Средне-многолетние значения	Фактическое значение за 2021 г.	Расчетное прогнозное значение на 2022 г.	Прогноз на 2022 г.
Общее количество техногенных ЧС	2	37	6,5	3
Аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения	1,1	4	5,7	2
Аварии на электроэнергетических системах	1	4	5,4	0,9
Обрушение зданий и сооружений	0,4	3	3,1	0,3

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Параметры техногенной обстановки	Средне-многолетние значения	Фактическое значение за 2021 г.	Расчетное прогнозное значение на 2022 г.	Прогноз на 2022 г.
Крупные дорожно-транспортные происшествия	0,8	8	3,4	0,7
Авиационные катастрофы	0,4	8	3,1	0,5
Аварии на железнодорожном транспорте	0,5	8	3,2	0,6
Аварии на морских и речных пассажирских и грузовых судах	0,1	0	2,8	0,1
Аварии на магистральных трубопроводах	0,1	2	3,6	0,1

Основными причинами техногенных происшествий являются: аварии на железнодорожном и автомобильном транспорте, износ основных фондов, несвоевременный и некачественный ремонт оборудования, нарушение правил пожарной безопасности в зданиях производственного и жилищно-бытового назначения, нарушение норм и правил при проведении ремонтных и строительных работ.

*Аварии на объектах топливно-энергетического комплекса
и жилищно-коммунального хозяйства*

На территории Дальневосточного федерального округа наиболее вероятно возникновение ЧС, связанных с авариями в жилищно-коммунальном хозяйстве.

Основными причинами техногенных ЧС по-прежнему является: значительный износ основных производственных фондов и систем аварийного контроля;

несвоевременный и некачественный ремонт оборудования;

недостаточный надзор за состоянием оборудования, инженерных сетей и сетей коммуникаций, нарушения пожарной безопасности в зданиях жилищно-бытового и социально-культурного назначения;

низкие температуры наружного воздуха в зимний период.

Доля фондов, выработавших свой ресурс в жилищно-коммунальном хозяйстве, достигает 78 %.

Велика вероятность возникновения ЧС, связанных с нарушениями режима эксплуатации котельных и резервных источников питания, недостаточный надзор за их состоянием со стороны компетентных органов исполнительной власти субъектов, органов местного самоуправления.

В отраслях топливно-энергетического комплекса, несмотря на принимаемые меры, доля производственных фондов потенциально опасных объектов, достигших критического износа остается на высоком уровне и составляет: химически опасных объектов - 30%, взрывопожароопасных объектов - 25%, гидротехнических сооружений - 35 %.

Аварии на автомобильном транспорте

Дорожно-транспортные происшествия в 2022 году прогнозируются на уровне среднемноголетних значений.

Возникновение крупных дорожно-транспортных происшествий, попадающих под критерий отнесения к ЧС на автомобильном транспорте возможно на всех автомобильных дорогах, как федерального значения, так и на других дорогах с высокой интенсивностью движения транспорта.

Источник ЧС в большинстве случаев погодные условия (осадки, туманы, гололед и т.д.), а также низкая дисциплина на дорогах, особенно связанная с «сезонными участниками дорожного движения» - мотоциклы, скутеры, велосипеды, нарушение правил дорожного движения водителями и пешеходами, в том числе превышение допустимой скорости движения транспортными средствами, неисправность транспортных средств, управление транспортным средством в состоянии алкогольного и наркотического опьянения, несвоевременное и некачественное выполнение работ по ремонту дорожного полотна, неудовлетворительное состояние дорожного полотна.

Аварии на железнодорожном транспорте

Сохранится вероятность возникновения происшествий на железнодорожных переездах с участием автомобильного транспорта, на железнодорожных путях и перегонах при сходе железнодорожных вагонов (тележек) по причине нарушения технологических условий, неисправности подвижного состава (тележек), несоблюдением правил безопасности при проведении ремонтных работ на путях.

Возможно возникновение аварий при транспортировке АХОВ и аварийных ситуаций при их разливе, на участках железной дороги и железнодорожных узловых станциях.

Техногенные пожары

Пожары в 2022 году прогнозируются на уровне среднемноголетних значений. Согласно статистическим данным наибольшее количество пожаров ожидается в жилом фонде, в том числе с гибелью людей. Не исключены пожары на объектах социально-бытового и производственного назначения.

Бытовые пожары в зимний период преимущественно будут обусловлены нарушением правил пожарной безопасности при использовании электробытовых приборов, неисправностью электропроводки или неправильной эксплуатацией электросетей, при нарушении условий

использования печного отопления (использование печей, не отвечающих требованиям пожарной безопасности, применение для розжига легковоспламеняющихся жидкостей, недостаточное внимание к горящим печам).

В теплый период года основной причиной бытовых пожаров будет неосторожное обращение с огнем (непотушенные спички, окурки, розжиг костра вблизи строений), а также нарушением правил пожарной безопасности при установке и эксплуатации электробытовых приборов.

Так же большой процент бытовых пожаров сохранится за счет поджогов.

Аварии на авиационном транспорте

Количество ЧС, в результате аварии на авиационном транспорте прогнозируется на уровне среднемноголетних значений – 0,5 ЧС. Среднемноголетнее значение составляет: ЧС – 3,1 случай. Не исключаются авиационные происшествия на воздушных судах малой авиации. Причины: техническая неисправность, погодные условия, человеческий фактор.

Аварии на водных объектах

Прогнозируются происшествия с гибелью людей на водных объектах края: в летний период, наибольшая тенденция гибели отмечается в июле – августе; в зимний период при установлении ледового покрова.

Параметры аварийности на грузовых, пассажирских судах и судах рыбной промышленности прогнозируются ниже среднемноголетних значений, на уровне показателей последних лет.

Во время прохождения навигационного периода не исключаются единичные случаи происшествий на водных объектах, связанные с нарушениями правил судоходства.

Выводы и задачи

В 2021 году на территории Дальневосточного федерального округа единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее по тексту РСЧС) обеспечила выполнение возложенных задач по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, профилактике и тушению пожаров, оказанию помощи гражданам, восстановлению социальной инфраструктуры в целях первоочередного жизнеобеспечения населения, пострадавшего в ЧС.

Увеличение количества техногенных ЧС в 2021 г., исходя из характера ЧС (авиационные катастрофы, сход железнодорожных вагонов грузового поезда, дорожно-транспортные происшествия, аварии на объектах ТЭК и ЖКХ) не зависят от мероприятий предупредительного характера.

В целях профилактики ЧС техногенного характера и повышения устойчивости функционирования производственных объектов проведен комплекс инженерно-технических и организационных мероприятий.

В соответствии с Планом мероприятий на 2019-2024 годы по реализации Основ государственной политики Российской Федерации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на период до 2030 года, утвержденных Указом Президента Российской Федерации от 11 января 2018 г. № 12, для обеспечения защиты граждан от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера деятельность органов исполнительной власти округа в 2020 году была направлена на:

- совершенствование нормативной правовой базы в области защиты населения и территории от ЧС, пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах;
- дальнейшее развитие аварийно-спасательных сил, оснащение их необходимыми современными техническими средствами и оборудованием, повышение профессионального уровня руководителей и сотрудников АСС края;
- обеспечение готовности органов управления и сил краевой подсистемы РСЧС к реагированию на ЧС;
- совершенствование системы мониторинга и прогнозирования ЧС;
- создание и использование резервов финансовых и материальных ресурсов для предупреждения и ликвидации ЧС;
- проведение профилактической работы с населением и обучение граждан в области гражданской защиты и защиты от ЧС;
- повышение культуры безопасности жизнедеятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2019 г.: государственный доклад. – М.: МЧС России; ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2020. – 260 с.
2. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 году». - М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021. - 288 с. ISBN 978-5-6045734-4-0.

УДК 349.6 + 504.056 + 614.8

Т. И. Сидорович, М. И. Фалеев, Н. А. Цыбиков

ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), Центроспас

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ
ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО
И ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА В РОССИЙСКОЙ АРКТИКЕ
В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ ГЛОБАЛЬНЫХ
И РЕГИОНАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ**

Аннотация: в статье рассмотрены макрорегиональные климатические изменения как комплексный дестабилизирующий фактор, препятствующий реализации национальных проектов в российской Арктике. На основе анализа перспективных направлений развития отечественной практики, структуры и возможностей функциональных и территориальных подсистем РСЧС различных уровней проанализированы приоритетные направления обеспечения комплексной безопасности жизнедеятельности населения северных территорий. Отмечена актуальность реализации накопленного Россией значительного опыта и возможностей адаптации социально-экономической сферы к проведению работ в жестких арктических условиях, преодоления неблагоприятных экологических последствий климатических изменений.

Ключевые слова: Арктика, гражданская защита, макрорегиональные изменения, климат, мониторинг, природные бедствия, риски, чрезвычайные ситуации.

T. I. Sidorovich, M. I. Faleev, N. A. Tsybikov

**PROVISION OF CIVIL PROTECTION AGAINST NATURAL AND MAN-MADE
EMERGENCIES IN THE RUSSIAN ARCTIC IN THE CONTEXT OF MODERN
GLOBAL AND REGIONAL CLIMATE CHANGES**

Abstract: The articles consider macro-regional climate changes as a complex destabilizing factor that hinders the implementation of national projects in the Russian Arctic. Based on the analysis of promising areas of development of domestic practice, the structure and capabilities of functional and territorial subsystems of emergency situations at various levels, priority areas of ensuring integrated life safety of the population of the northern territories are analyzed. The urgency of implementing the considerable experience accumulated by Russia and the possibilities of adapting the socio-economic sphere to work in harsh Arctic conditions, overcoming the adverse environmental consequences of climate change is noted.

Keywords: Arctic, civil protection, macro-regional changes, climate, monitoring, natural disasters, risks, emergencies

Введение. Оценочные доклады Межправительственной группы экспертов по мировому изменению климата и его последствиям (МГЭИК) об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации ведущих специалистов научно-исследовательских институтов Росгидромета, Российской академии наук и высших учебных заведений констатируют: на территории Российской Федерации последствия этих изменений оказывают трудно предсказуемые воздействия на природные и хозяйственные системы, заметное влияние на здоровье населения громадной евразийской страны с разнообразными (географическими, климатическими, экологическими, экономическими и демографическими) условиями [1,2].

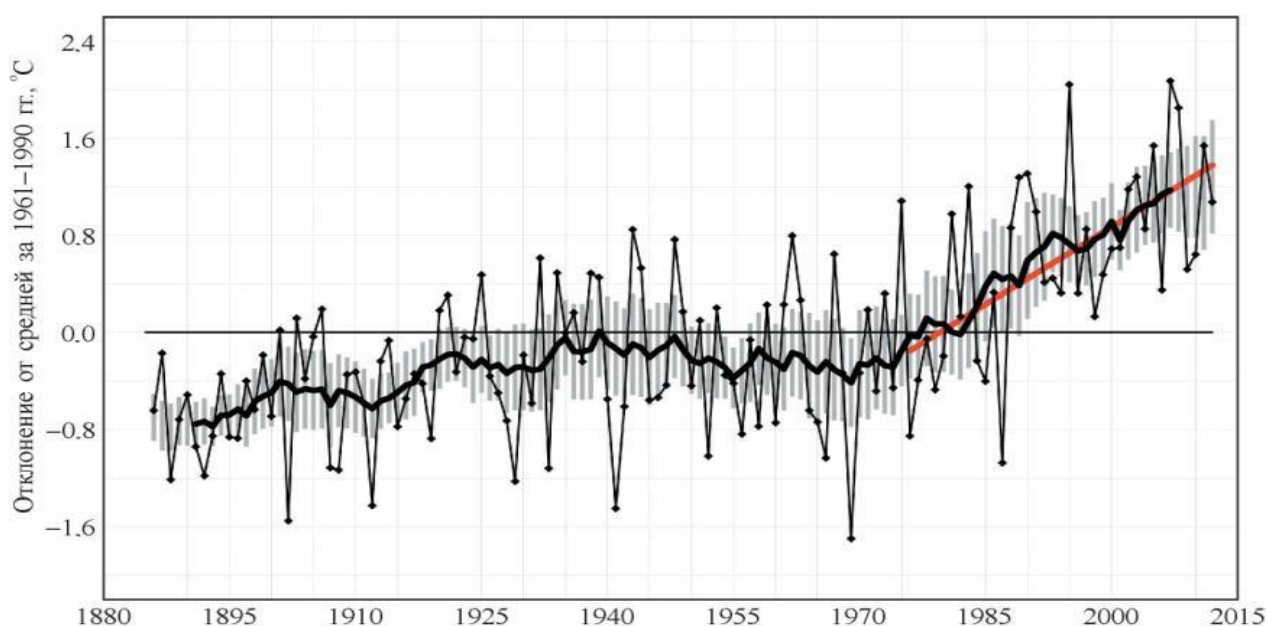


Рис. 1. Изменения аномалий среднегодовой температуры приземного воздуха, осредненных по территории России, в течение 1886—2012 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от средних за 1961-1990 гг. Жирная кривая показывает сглаженный ход температуры (11-летние скользящие средние), вертикальными отрезками — 95%-ный доверительный интервал (без учета ошибок пространственного осреднения и нарушений однородности). Красная линия — тренд за 1976-2012 гг. [1,2]

В России, в последние десятилетия скорость приповерхностного потепления более чем в два (в регионах до 4) раза превысила глобальную. Тренд среднегодовой приповерхностной температуры в целом для России в последние десятилетия (с 1976г.) составил более $0,4^{\circ}\text{C}/10$ лет при значительных межгодовых вариациях. В арктических регионах повышенная скорость приповерхностного потепления последних десятилетий достигала $0,8^{\circ}\text{C}/(10$ лет) — $1,0^{\circ}\text{C}/(10$ лет) или более для отдельных сезонов. Количество и интенсивность региональных гидрометеорологических аномалий с социальным ущербом за последние пять

лет (2016–2020 гг.) выросли в 4,1 раза по сравнению с последним пятилетием XX века. Для арктических и субарктических широт с сильнейшими климатическими изменениями характерны высокие изменчивость и чувствительность к различным естественным и антропогенным воздействиям. Региональный рост опасных гидрометеорологических явлений сопровождаются быстрым сокращением площадей морских льдов и существенное снижение снежных покровов [1-3]. Стихийные бедствия и экстремальные погодные явления традиционно приоритетны в международных докладах о ранжировании глобальных рисков [4]. Однако обобщенные оценки ущерба от стихийных бедствий для арктического макрорегиона отсутствуют, национальные данные трудны для системного анализа. По международным оценкам за последние двадцать лет 77 % природных бедствий обусловлены гидрометеорологическими факторами с экономическим ущербом в 2 245 млрд долл [5].

Климатические изменения на территории России. Анализ зафиксированных экстремальных явлений погоды показал, что наблюдаемые и ожидаемые разнообразные климатические изменения на территории России обусловят важнейшие отрицательные и положительные последствия для природных и хозяйственных систем, населения страны. **Основные отрицательные последствия** – изменения масштабов, уровней и характера распределения «вечной» мерзлоты, ледяной полярной «шапки», высокогорных ледников; активизация береговых эрозионных процессов, учащение и усиление экстремальных гидрометеорологических явлений, аномальных наводнений, мощнейших оползней, сходов снежных лавин, обширнейших природных пожаров; расширение зон распространения переносчиков опаснейших заболеваний человека, активизация насекомых-вредителей сельскохозяйственных культур. Ожидают рост интенсивности и продолжительности атмосферных блокировок в XXI веке для Евро-Атлантического региона в зимний, летний и годовой периоды [6] при снижении общего количества для Северного полушария (далее – СП) в целом. Изменения климата могут ухудшить способность природных систем суши удерживать углерод и способствовать эмиссии в атмосферу парниковых газов – диоксида углерода и метана. В перспективе к середине XXI в. возрастет экстремальность осадков в летний период в горных районах Сибири, Дальнего Востока, увеличив частоту и наполненность дождевых/снегодождевых паводков. Вклад приоритетных антропогенных факторов в ожидаемые изменения озона и стратосферной динамики в XXI веке [7] будет интенсифицировать температурные перемены поверхностей океана и морских льдов. К концу XXI века возрастет среднегодовой сток сибирских рек за счет увеличения весенних стоков (рост зимних осадков, снегозапаса, интенсивности снеготаяния) с одновременными сезонными межгодовыми перераспределениями. В основном будут деградировать горные и арктические острова оледенения. Быстрое сокращение площади и утончение морских льдов обеспечат большую доступность навигации в Арктическом бассейне, рост интенсивности опасных явлений с сильными ветрами и экстремальными морскими волнами вдоль Северного морского пути

(далее – СМП) [8]. Статистически незначимые в конце XX века [9] антропогенные эффекты влияния климатических изменений на глубину протаивания станут весомыми для большей части Сибири к середине XXI века. На равнинах в областях протаявшей поверхности многолетнемерзлых пород станет продолжительнее вегетационный период, вырастут первичная продуктивность экосистем, обеспеченность условий продвижения древесной растительности тундры и темнохвойной тайги в горные участки лиственничков. Развитие крон деревьев замедлит сезонное разрушение талых слоев. Опустынивания по климатическим причинам на территории России не произойдет. Снижение хозяйственной нагрузки (выпаса скота) приведет к развитию остепнения, расширению засушливых территорий. Перспективные изменения климата повлияют на увеличение частоты и продолжительности волн жары, периодов сухой и жаркой погоды, постоянно растущей пожароопасности части лесов России. Ожидают расширения воздействия лесных пожаров на состояние лесных экосистем и продукцию древесины. В последней четверти XX в. – начале XXI в. благоприятными факторами повышения урожайности сельскохозяйственных культур в России стали рост теплообеспеченности, средней температуры холодного периода года, продолжительности вегетационного периода. По перспективным оценкам, климатические условия будут способствовать аграрному производству до середины XXI в.

Негативные последствия потепления климата – смещение к северу и востоку зон обитания и массового размножения некоторых вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных растений. Хронические влияния на состояние компонентов природной среды и, как следствие, население связывают с неблагоприятными метеорологическими условиями и пожарами в лесах/на торфяниках. В совокупности, негативные климатические последствия могут ухудшить состояние здоровья, повысить заболеваемость и смертность людей, особенно в группах риска (дети, пожилые люди, люди с хроническими заболеваниями органов кровообращения и дыхания).

Изменения глобального климата существенно воздействуют на состояния российских морей, их экосистемы, морскую хозяйственную (транспорт, добыча полезных ископаемых, промысловые условия и др.) деятельность, безопасную жизнедеятельность прибрежного населения. Для омывающих Россию морей последствия (изменение температуры морской поверхности, вертикального распределения температуры, солености, цветение вод) могут быть положительными и/или отрицательными. Потепление может осложнить зимние ледовые условия. Наиболее существенные влияния климатических изменений будут наблюдать в арктических морях России по показателям: а) интенсивность сокращения площади морского льда, б) толщина дрейфующих льдов и в) продолжительность ледового периода. Модельные оценки фиксируют сохранение в XXI в. этих тенденций, не исключая возможности исчезновения многолетнего арктического морского льда в первой его половине. Нарастание экономической

и прочей активности в российской Арктике потребует поддержания и совершенствования деятельности ледокольного флота.

Зафиксирована общая тенденция (рис. 2) к увеличению в начале XXI века опасных явлений с катастрофическими последствиями, ростом вероятности чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) [1-3]. Формируемые при этих ЧС неблагоприятные и опасные экологические факторы (далее – НЭФ и ЭОФ), в свою очередь, обостряют в целом проблемы комплексной безопасности территорий, прежде всего северных.

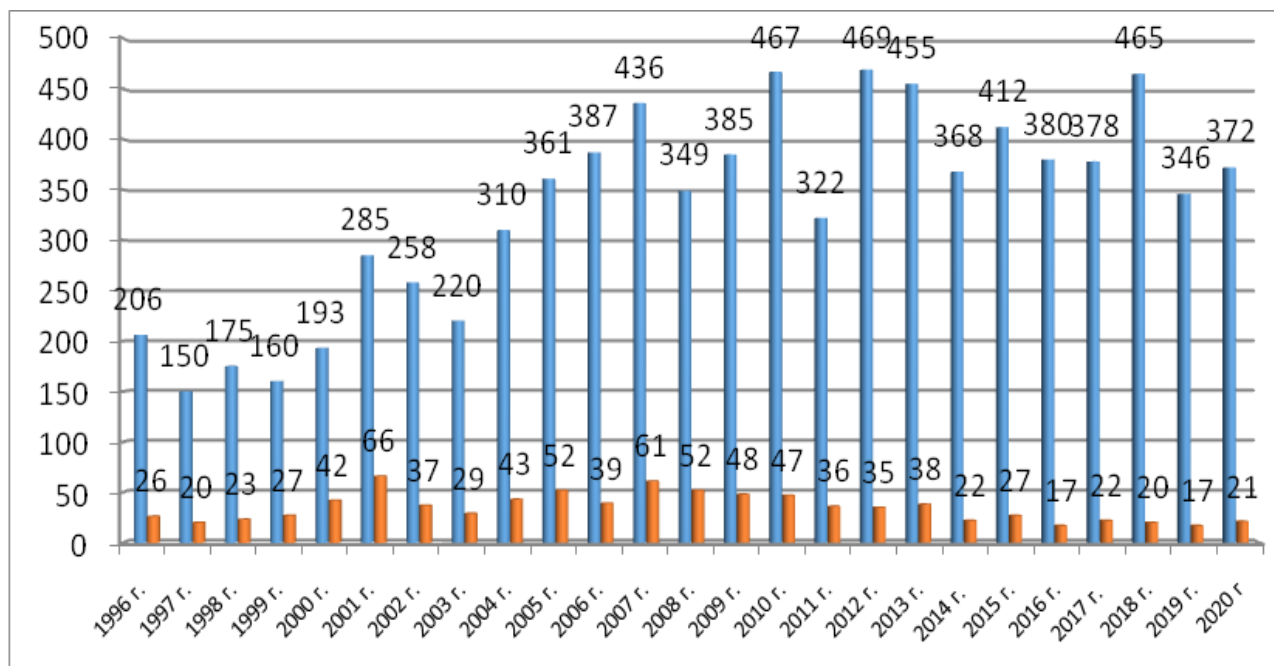


Рис. 2. Распределение гидрометеорологических ОЯ по годам: общее количество (синий) и количество непредусмотренных ОЯ (красный) [3]

Влияние отрицательных последствий глобального изменения климата на базовые отрасли экономики. Экономика (прежде всего, ее энергетический, строительный и наземный транспортный комплексы) вносит наиболее заметные вклады в суммарные выбросы парниковых газов и, в определенной мере, интенсифицирует процессы изменения глобального климата, осложнения экологической обстановки непосредственно в районе функционирования крупных источников выбросов/сбросов. Существенным фактором увеличения рисков возникновения ЧС стал износ производственных фондов (в некоторых регионах достиг 80 %) ряда основных (теплоэнергетика, транспорт, жилищно-коммунальное хозяйство и др.) отраслей, повышающий вероятности аварий. Для евразийской Арктики важнейшие негативные последствия эксперты связывают с отступлением охватывающей значительную часть территорий России многолетней мерзлоты с крайне неравномерными «мозаичными» масштабами и глубинами

(до 25 метров) распределения отдельных участков, локальных образований (\approx до 100 метров) на южных границах и повсеместных (\approx до 300-500 метров и более) мощных толщ и наледей в высоких широтах. В результате в настоящее время в регионах Европейской части России (далее – ЕЧР), Урала, Сибири и Дальнего Востока зафиксированы (рис. 3) территории с малыми, средними и высокими уровнями рисков [1, 2].

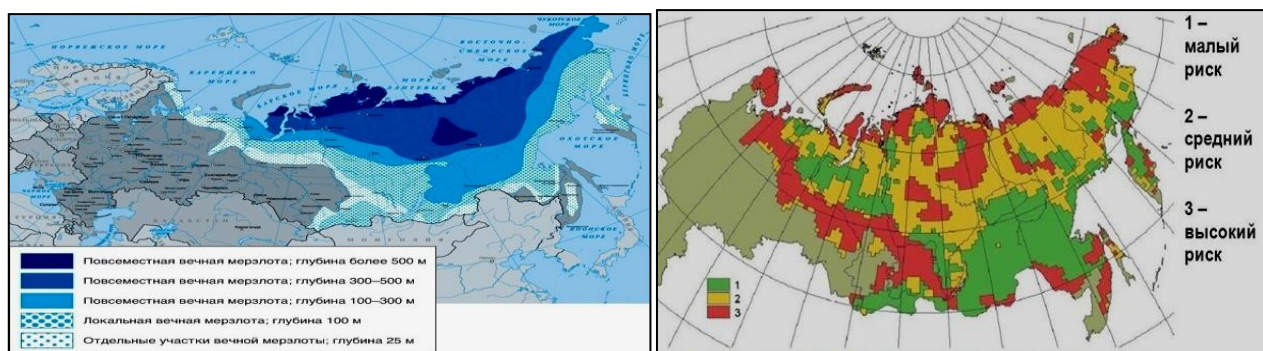


Рис. 3. Распределение многолетней мерзлоты по территории Российской Федерации (67% площади страны) [1, 2]

Наземная транспортная инфраструктура (автомобильные и железные дороги, мосты, тоннели, портовые сооружения, взлетно-посадочные полосы и пр.) в последние годы испытывает преимущественно негативное воздействие климатических изменений вследствие повышения температуры воздуха в холодный период года, увеличения числа переходов температуры воздуха через 0°C , что совместно с ростом жидких осадков усиливает разрушающие воздействия температурно-влажностных деформаций на дорожные покрытия и поверхности зданий. Рост количества и интенсивности осадков в теплое время года увеличил риски, связанные с потерей устойчивости склонов, возникновением оползней, лавин, речных ливневых наводнений, затоплений и разрушений прибрежной инфраструктуры. Ожидаемое увеличение сезонных сумм осадков, их интенсивности в теплые сезоны – мощный дополнительный фактор риска при эксплуатации существующих и проектировании новых трубопроводов. **На объектах электроэнергетики** негативное воздействие потепления связывают с сокращением производства энергии на электростанциях в весенне-летне-осенние времена года из-за уязвимости инфраструктуры интенсивным конвективным процессам в атмосфере, сопровождаемыми опасными явлениями (грозы, смерчи, шквалы). Рост суточной интенсивности зимних осадков и частые повышения температуры воздуха создают предпосылки для возникновения аварийных ситуаций на линиях электропередач, обусловленных высокими гололёдными и ветровыми нагрузками (разрыв проводов и разрушение опор). Наводнения, лавины и оползни, связанные с выпадением интенсивных осадков, приводят к замыканиям цепей, повреждению кабелей, подстанций и другого

оборудования [10,11]. В условиях растущих вызовов и угроз последствий совокупности неблагоприятных воздействий следует ожидать интенсификации сдвигов границ криолитозоны при воздействиях природного и геотехнического характера: геотехногенной сейсмичности, аварий на предприятиях добычи и переработки углеводородов и металлов, объектах энергетики, жилищно-коммунального хозяйства, транспортной, железнодорожной, автомобильной и трубопроводной транспортной систем, рисков радиоактивных загрязнений, связанными с функционированием АЭС, большого количества радиоизотопных термоэлектрических генераторов, наличием затопленных РАО. Среди климатических факторов, влияющих *на агроэкосистемы* России, наиболее значимы засухи, сильные морозы, недостаток тепла за короткий безморозный период. Специалисты прогнозируют интенсификацию негативных биолого-социальных факторов, связанных с: а) трудно контролируемым нарастанием миграционных процессов; б) активизацией межрегиональных экономических связей; в) вспышками экзотических заболеваний; г) вынужденными привлечением неквалифицированного труда мигрантов на особо опасных участках хозяйственной деятельности, инициирующими нештатные и аварийные ситуации, аварии [11, 12].

Преодоление последствий изменений климата. Проблемы их адаптации/смягчения. Потепление создает условия для сокращения энергопотребления на обогрев помещений в зимний сезон. Однако возрастают проблемы перегрева зданий в летний период. Увеличение расходов электроэнергии на кондиционирование, снижение эффективности производства, проблемы потерь передачи при высоких температурах увеличивают риски возникновения критических ситуаций с энергоснабжением. Потепление последних четырех десятилетий привело к существенному уменьшению несущей способности многолетнемерзлых грунтов, усиливаемому комплексным воздействием техногенных факторов. Собственно проблемные территории занимают от 30 до 80% территории России. К середине XXI века возможны сдвиг южной границы криолитозоны Сибири к полюсу на 150-250 км, рост до 50 % числа техногенных ЧС вследствие ослабления несущей способности построенных в 1950-1970 гг. в городах Заполярья свайных фундаментов зданий и сооружений, повреждений коммуникаций [10-12].

Увеличение повторяемости температурных экстремумов, количества и интенсивности осадков, рисков размыва насыпей ускоряют старение и снижают долговечность конструкций (зданий, технических сооружений), качество дорожных трасс. Рост интенсивности ливневых осадков повышает вероятности речных наводнений, оползневых и/или селевых процессов возможного разрушения инфраструктуры, рисков дополнительной заболеваемости и/или смертности населения, функционирующих хозяйственных объектов на многолетнемерзлых, покрывающих более двух третей территории России грунтах [10-12]. Указанные негативные тенденции последствий климатических изменений с высокой степенью вероятности будут сохранены в течение XXI в.

Помимо фактических и потенциальных негативных рисков изменения климата для природных и хозяйственных систем, населения страны, необходимо реализовать выявленные возможности эффективного применения позитивных последствий изменения климата. В связи с этим доработка стратегий реагирования на разных (федеральном, региональном, муниципальном) уровнях очевидна. Они позволят смягчить ущерб негативных последствий изменения климата и повысить эффективность применения позитивных. Приоритетной частью стратегий должна стать система адаптационных мер разных пространственных и временных масштабов, опирающаяся на результаты научного анализа изменений климата и их последствий [13, 14]. Изменения состояния здоровья населения России в условиях изменения климата рассмотрены в [15]. Факторами риска отмечены температурные волны жары и/или холода в различных климатических зонах России, экологические угрозы таяния «вечной мерзлоты» [16], исключительно актуальные для северных регионов (типа Ямала, Чукотки). Согласно [17–19] в первой четверти XXI века климатические воздействия на экосистемы могут достигнуть критического уровня на части бореальной зоны территории России. В качестве предельно допустимого принято глобальное потепление с непревышением глобальной приповерхностной температуры на $1,6^{\circ}\text{C}$ – 2°C (решения Парижской конференции по изменению климата 2015 г.). Проблема смягчения последствий изменений климата обсуждена в [20, 21]. Сокращение выбросов в атмосферу короткоживущих загрязняющих примесей (в числе важнейших – метан) рассмотрено в [22] в качестве альтернативной стратегии для ослабления климатических воздействий. По [23] бореальные леса России с конца 1980-х гг. до конца 2000-х гг. увеличили в три раза поглощение атмосферного углерода. В тайге изменение климатических условий воздействует в большей степени на рост продуктивности древесной растительности, чем на разложение органики почвы. В таёжных экосистемах в тёплые сезоны с активными биогеохимическими процессами потепление обычно меньше среднегодового по стране. Вклад поглощения углекислого газа из атмосферы таёжными экосистемами необходимо учитывать при подготовке перспективных международных соглашений [24].

Важными экосистемами, накапливающими заметные запасы углерода, признаны внетропические болота. Запасы накопленного в голоцене углерода оценивают около половины массы углерода в атмосфере в форме углекислого газа и других парниковых газов. Климатические изменения могут привести к разложению углерода болот (торфа) с выделением ключевых парниковых газов – углекислого газа и/или метана в зависимости от влажностных условий. Осушение (искусственное или естественное) болот способствует выделению в атмосферу углекислого газа, сохранение влагозапаса – выделению метана. При региональных оценках источников/стоков атмосферного углерода потенциально значим запас углерода в почвогрунтах с вечной мерзлотой и без торфяных болот. Заметная часть этого запаса ниже слоя сезонного протаивания грунта не участвует в активном углеродном цикле. Возможный рост выделения

метана при диссоциации субаквальных (в толще донных отложений океана) газогидратов на шельфах при ожидаемом в XXI веке потеплении и, как следствие, существенном разложении газогидратов для шельфов – маловероятны. Дополнительные парниковые эффекты оценивают относительно малыми [25].

Важнейшую роль приобретут сопровождающие глобальное климатическое потепление вторичные процессы миграции. Получаемые в ряде случаев хозяйственные выгоды сопровождаются дополнительными рисками для экосистем. При активизации транспортных перевозок в Арктике вследствие интенсивного сокращения ледового покрова в теплое время года, изменения водных биозапасов, их пространственного распределения (рыб, моллюсков и ракообразных – shell-fish) разнонаправленно воздействующих на «каскадные эффекты», трофические цепи жизнедеятельности промысловых рыб, снижают уловы. Особенно заметны негативные эффекты в Арктике, где наблюдаемые изменения снежного покрова, речного/озерного льда и многолетней мерзлоты деструктивно воздействуют на уклад жизни местного населения, традиционные промыслы и самобытную культуру. Потепление обостряет проблемы для здоровья населения, в особенности в связи с трансмиссивными болезнями, заболеваниями, связанными с качеством пищи и воды. Опыт местного/коренного арктического населения по своевременной адаптации к изменениям криосферы, срокам хозяйственных мероприятий ориентирует на пространственные перемещения инфраструктуры и мест жизнедеятельности [25,26].

При решении проблем адаптации/смягчения негативных последствий глобальных климатических изменений, по-видимому, участники реагирования вынуждены будут преодолевать их труднопредвидимые комплексные воздействия [11]. Формируемые неблагоприятные и опасные экологические факторы, в свою очередь, обостряют в целом проблемы комплексной безопасности территорий, прежде всего северных. В комбинированных подходах неблагоприятные природные и антропогенные воздействия наиболее часто отождествляют с понятием загрязнения **окружающей среды** – внесением в ту или иную экологическую систему (биогеоценоз) не свойственных ей живых и неживых компонентов, физических и структурных изменений, прерывающих/нарушающих процессы круговорота, обмена веществ, потоков энергии, информации с неизменными последствиями в форме снижения продуктивности и/или разрушения экосистемы (рис. 4).

Допустимые экологические нагрузки устанавливаются через **экологические негативные, опасные и лимитирующие факторы** - условия среды, способные ограничивать какое-либо проявление жизнедеятельности организмов и/или воздействия которых может привести к потере устойчивости экологической системы на протяжении одной из фаз их индивидуального развития. Поэтому, принцип организации комплексного экологического мониторинга состоит в установлении регулярного слежения за загрязнением и состоянием компонентов среды (воздушного бассейна, водной акватории, литосферы, естественных и культурных биоценозов, лесов) и состоянием здоровья человека по основным

взаимосвязанным антропогенным направлениям вмешательства и ответным реакциям биогеоценоза [10-12].



Рис. 4. Современные вызовы и угрозы безопасности населению и территориям России, формируемые антропогенными и природными воздействиями [10, 11]

В реализуемых программах экологического мониторинга основное внимание уделяют мониторингу состояния и загрязнения компонентов природной среды (далее – КПС), экологическим последствиям, состоянию и прогнозу изменений фиксируемых показателей, комбинированно воздействующих на организм человека. При организации мониторинга – важнейшего инструмента обеспечения безопасности жизнедеятельности населения) высший приоритет отдают: для территорий – городам, поселениям, зонам водозабора, местам нерестилищ рыб, сельхозугодьям; по средам – атмосферному воздуху, подземным и поверхностным водам пресноводных и прибрежных морских водоемов (в первую очередь, малопроточных); по ингредиентам: для воздуха – саже/пыли, двуокиси серы, тяжелым металлам (ртуть, свинец, кадмий), окислам углерода, окислам азота, бенз(а)пирену, пестицидам, радионуклидам; для воды – тяжелым металлам, биогенным продуктам, нефтепродуктам, фенолам; по источникам воздействия – автомобильному транспорту, тепловым электростанциям, предприятиям цветной металлургии и т.д. Организация экологического мониторинга антропогенного загрязнения – сложнейшая, многоплановая задача, для которой нет достаточно четкой схемы отслеживания антропогенного изменения окружающей природной среды (далее – ОПС). Предложения по ее развитию обладают тремя существенными недостатками, в них отсутствуют: 1)

разграничения между деятельностью, задачами существующих геофизических служб, их системами/подсистемами (ЕГАСКРО, ЕГАСМЗО, ЕГАСМРО, ЕГСЭМ, ОСЧС и др.) и предлагаемой комплексной системой мониторинга; 2) обоснования приоритетности рекомендуемых параметров (из сводного перечня реализуемых для анализа состояния и загрязнения КПС вообще); 3) рекомендации по применению накопленного предыдущей практикой справочно-информационного фонда данных (далее - СИФД) состояния и загрязнения КПС, характеристик неблагоприятных и/или опасных экологических факторов (далее – НЭФ/ЭОФ) для планирования мероприятий в любых ситуациях и различных средах применительно к задачам оценки экологической обстановки [27–29].

Приоритетные направления организации мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий ЧС природного и техногенного характера. В условиях возникновения кризисных ситуаций деятельность органов управления и сил РСЧС и гражданской обороны должна быть направлена на: а) максимальное сохранение людского потенциала Российской Федерации; б) обеспечение устойчивого функционирования отраслей экономики страны; в) сохранение системы обеспечения безопасности жизнедеятельности населения от всех возможных угроз и вызовов. В сфере техногенной, природной и экологической безопасности, с учетом установленных в Российской Федерации взглядов на координирующую роль и распределение ответственности между компетентными государственными структурами, целесообразна организация отслеживания состояния экологических природно-антропогенных систем и здоровья населения в едином комплексном мониторинге для последующего обоснования согласованных мер адаптации к негативным воздействиям. Реализацию целевых функций такого комплексного мониторинга на территории России, как представляется, можно осуществить путем координации взаимодействий, в первую очередь, Единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС (РСЧС), Единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ), Социально-гигиенического мониторинга (СГМ), Всероссийской службы медицины катастроф (ВСМК) и др. приоритетно через организацию взаимодействий входящих в них отраслевых систем мониторинга и прогнозирования конкретных показателей (рис. 4).

Контролируемые параметры. Стабильно функционирующие в районе расположения ТОО радиационный, химический и гидротермодинамический мониторинг КПС в зоне ответственности РСЧС – необходимое условие для выявления наиболее уязвимых позиций в вопросах обеспечения экологической безопасности жизнедеятельности населения, обоснования оптимальных путей дальнейшего совершенствования развертываемой системы радиоэкологического мониторинга. В числе первоочередных проблем, судя по [27–30], будет крайне слабая отработка или не совсем проработанность вопросов отслеживания воздействия НЭФ и ЭОФ на биоту и ее откликов. Эти позиции принципиально важны при обосновании перспективных направлений развития именно радиоэкологического мониторинга, требующих конкретных согласованных решений в направлении совершенствования организации взаимодействия упол-

номоченных на ведение соответствующих работ участников РСЧС. Проработка мероприятий экологического мониторинга в районах воздействия ТОО требует учета других источников (локальных и/или неравномерно распределенных, протяженных) на прилежащих территориях (бытовые отходы, отвалы рудных разработок и др.). Вследствие этого оценку воздействия ЗВ на популяции и экосистемы необходимо проводить в условиях неоднородного источника, подверженного сложным превращениям и непрерывным перераспределениям ЗВ в результате вторичных процессов. Особенно важное значение приобретают комплексы работ по изучению характера и закономерностей распространения, накопления, деструкции, биоаккумуляции и трофических превращений ЗВ, их трансформации в экосистемах, переходов из одной среды в другую в локальном, региональном и глобальном масштабе и оказывающих в итоге сверхнагрузки на самую чувствительную/уязвимую популяцию или комплекс критических популяций (для Арктики, например, полярных леммингов) [30].

В санитарно-гигиенических нормах (далее - СГН) не учтены/учтены частично эффекты: химического и биологического накопления ЗВ в недопустимо высоких концентрациях в результате перехода в другую среду (из воздуха в воду, из воды в биоту и т.д.); концентрирования в пищевых цепочках, превращения при миграции в более токсичные формы. Концентрации вредного ЗВ ниже предельно допустимой вовсе не означают факта непревышения ПДК в другой среде, поэтому СГН в их современном виде правомерны главным образом для условий поселений и мест водопользования, где вторичные природные процессы несущественны. Однако при оценке воздействия вредных ЗВ на экосистемы именно эти, не имеющие большого значения для санитарно-гигиенического нормирования, «вторичные» эффекты приобретают важную, зачастую — решающую роль. Особое внимание при экологических обследованиях должно быть уделено устойчивым ЗВ, множественным путям воздействия ЗВ на популяции и экосистемы. На высоких трофических уровнях отдельные устойчивые ЗВ представляют исключительную опасность (ДДТ, ПХБ, радионуклиды) из-за накопления их в пищевых цепочках. Входя в состав некоторых смазочных материалов, гидравлических жидкостей, синтетических смол, ПХБ, например, поступает в окружающую среду при сбросах на свалки и/или неполном сгорании. Коэффициент его накопления водными беспозвоночными организмами и рыбами достигает 10^3 – 10^5 (по сравнению с содержанием в водной среде), птицами и млекопитающими, связанными с водной средой, 10^7 – 10^8 [30,31].

По мнению авторов, только системными исследованиями с применением методов комплексного мониторинга в единой системе можно обеспечить экологическую безопасность населения «северов». Например, нашествие белых медведей зимой 2019 г на поселки Новой Земли эксперты связывают с изменениями ареала их обитания в результате экосистемных перемен потепления и, прежде всего, с крайней привлекательностью для них антропогенных свалок пищевых отходов. В данном случае решение проблемы должно состоять не в отлове и транспортировке «краснокнижных» хищников в удаленные районы, а

в применении современных практик сортировки, хранения и утилизации бытовых отходов с участием населения заполярных населенных пунктов [32].

Экологические проблемы эксплуатации плавучей атомной теплоэлектростанции в арктическом регионе. Современная обеспокоенность общественных экологических организаций планируемым массовым вводом в эксплуатацию плавучей атомной теплоэлектростанции (далее – ПАТЭС) в Арктическом регионе вполне объяснима. В истории радиоактивного загрязнения экосистем морей, побережий и архипелагов российской Арктики исследователи обычно выделяют мощнейшие воздействия радионуклидов на среду, биоту и человека в результате прошлой атомной деятельности 1940-1990 гг. (атмосферные выпадения, речные выносы, поступление по системе Гольфстрима, сбросы ТРО и ЖРО, затопления ТРО и ОЯТ, подводные и надводные ядерные взрывы). Оценки верхнего предела активностей и баланса антропогенных радионуклидов в экосистеме Баренцева и Карского морей на 1990 г. – потенциального воздействующего фактора приведены в [33, 34]. Вполне оправданный интерес общественности к проблеме социально-экономических и экологических последствий ядерных испытаний на протяжении десятилетий не теряет актуальности [35, 36].

Основные сведения об экспериментальных данных, характеризующих радиоактивное загрязнение объектов внешней среды и биообъектов в районах систематических многолетних наблюдений, включая состояние здоровья пастухов–оленоводов и рыбаков приведены в [37]. Проведенные в 1960-1988 гг. комплексные радиоэкологические исследования позволили получить достоверно характеризующие уровень загрязнения ^{137}Cs различных объектов внешней среды данные и оценить содержание радиоактивных веществ в организме жителей северных регионов. Сопоставление полученных различными исследователями результатов позволяет сделать следующие выводы: а) тропосферные и локальные выпадения после осуществления мощных воздушных ядерных взрывов обеднены за счет явлений фракционирования биологически опасными долгоживущими радионуклидами; б) глобальные выпадения обогащены этими радионуклидами; в) формирование доз внутреннего облучения населения практически полностью связано с глобальными выпадениями; г) величины доз внутреннего облучения пропорциональны плотности загрязнения местности глобальными выпадениями. Эксперты полагают экологическую безопасность принципиальным звеном в обеспечении безопасности жизнедеятельности населения в целом, безопасности жизнедеятельности коренных жителей приполярных районов, сохранения традиционного образа жизни. Вопросы разнообразия продуктовой корзины для них по-прежнему исключительно важны. Отслеживание последствий реализации на Севере экологической пищевой цепи «лишайник-северный олень-человек», «планктон-рыба-человек», «почва-дикоросы-человек» возможно скоординированными усилиями уполномоченных на ведение специфических (геофизических, санитарно-гигиенических и др.) работ взаимодействующих функциональных подсистем с привлечением ведущих отраслевых учреждений.

В силу своих биологических особенностей лишайники – основной корм северных оленей в течение 7–8 месяцев в году накапливают присутствующие в компонентах природной среды (КПС) ингредиенты–загрязнители, включая долгоживущие радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr (поступают в биосферу в результате прошлой ядерной деятельности человечества) и естественные радионуклиды ^{210}Po и ^{210}Pb (повышенное содержание которых обусловлено распадом в районах радионуклидов естественных урано-ториевых рядов). Вследствие этого олени в 100 и более раз радиоактивно загрязнены по сравнению с крупным рогатым скотом средней полосы [38]. Потребление оленины коренным населением составляет 80–100% от всего белкового рациона. В результате коренные жители подвержены хроническому внутреннему облучению в малых дозах: 1 мЗв в год от искусственных (^{137}Cs и ^{90}Sr) и 1 мЗв/год от естественных (^{210}Po и ^{210}Pb) радионуклидов (при нормативах радиационной безопасности по продуктам питания, соответственно, 1000 Бк/кг – для ^{137}Cs и 100 Бк/кг – для ^{90}Sr). «Молочная» составляющая ввиду отсутствия молочного скота в этих районах практического значения не имеет. Балансовые оценки поступления ^{137}Cs в организмы оленеводов, рыбаков и членов их семей с продуктами питания в 1960–1995 годах воспроизведены табл. 1.

Таблица 1. Поступление ^{137}Cs в организм оленеводов, рыбаков с местными продуктами питания, Бк/год [39]

Продукты	1960–1964	1965–1969	1970–1974	1975–1979	1980–1984	1985–1990	1991–1995
Хлеб	180	180	90	54	54	180	54
Рыба (морская)	160	160	80	80	80	64	80
Рыба (пресноводная)	2800	2800	1400	1400	1050	1120	1750
Мясо (оленина)	182000	200200	127400	63700	45500	45500	27300
Грибы, дикоросы	3000	3000	1200	1200	1200	1200	1200
Эффективная доза, мЗв/5лет	11,6	12,7	7,6	4,1	2,9	2,9	1,9

Согласно [37 – 39], дополнительная к естественному радиационному фону мощность дозы, создаваемая выпавшими ранее (в 1961-1962 гг.) радионуклидами не превысит 1-2 мкР/ч. Анализ проб питьевой воды показал наличие концентраций ^{137}Cs , ^{90}Sr и трития примерно в 100 раз ниже допустимых уровней в питьевой воде (рационе). Для жителей крупных городов, таких как Мурманск, Воркута, Норильск, Магадан (всего около 1 млн. человек), редко потребляющих оленину, дозы внутреннего облучения идентичны полученным жителями Москвы и Санкт–

Петербурга. Жители небольших городов и поселков (около 300 тыс. человек) занимают по величинам доз облучения промежуточное положение между оленеводами и горожанами [39].

Ядерные испытания мировых держав сформировали мощный стратосферный источник глобальных радиоактивных выпадений, который наряду с локальными выпадениями определил сложную и квази-изменчивую картину радиоактивного загрязнения территории нашей страны (рис.5). Высотное зондирование установило практически полное загрязнение арктической стратосферы радиоактивными продуктами и постепенное понижение высоты слоя максимальной концентрации радиоактивных продуктов. Опубликованные результаты

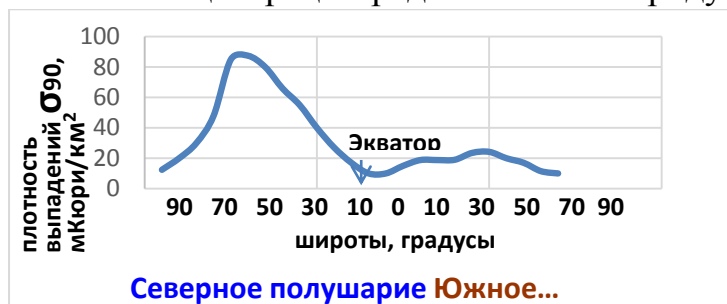


Рис. 5. Широтное распределение выпадений Sr -90 [35,40]

наблюдений на метеорологических станциях СССР за радиоактивными продуктами ядерных взрывов [35, 40] показали, что после 1967 г. вплоть до 1986 г. вклад китайских термоядерных взрывов в суммарное от всех взрывов загрязнение атмосферы ^{90}Sr и ^{137}Cs над территорией СССР был определяющим, однако максимальные концентрации данных радионуклидов при усреднении за год по

территории всей страны не достигали уровней, наблюдавшихся в 1963 г. после серии мощных взрывов в 1961-1962 гг. (рис.6). При взрывах КНР мегатонной мощности непосредственно в зонах прохождения траекторий повышения радиоактивного загрязнения приземного слоя атмосферы не наблюдали. Продолжительное с большей пространственной однородностью повышение регистрировали на всей территории СССР через несколько месяцев в период поступления продуктов взрыва из стратосферы в тропосферу. Влияние последнего ядерного взрыва в КНР (16.10.1980г.) на загрязнение приземного слоя атмосферы в СССР достигло максимума через год, в апреле-мае 1981 г. Вследствие этого в 1981 году средневзвешенные по территории СССР содержания радиоактивных продуктов в атмосфере существенно возросли по сравнению с 1980 г.: среднегодовые концентрации ^{90}Sr и ^{137}Cs примерно втрое, $\Sigma\beta$ – в 4,7 раза. Вклад продуктов этого взрыва в содержание ^{137}Cs в приземном слое атмосферы в 1981 году эксперты оценили примерно в 85%, вклад продуктов ранее проведенных испытаний - примерно в 15% (14% из которых от взрыва КНР 17.11.1976г.) Заметим, что наблюдаемое с 1982 года в воздушном пространстве над СССР радиоактивное загрязнение приземного слоя атмосферы определяли только долгоживущие радионуклиды (рис.6). Экспериментально не обнаружено формирование в дальней зоне следов радиоактивного загрязнения за счет локальных и тропосферных выпадений Новоземельского полигона. По абсолютному значению концентрации были много ниже установленных санитарно-гигиенических нормативов [35, 40].

В соответствии с принятой беспороговой концепцией возможно ожидать возникновения отдаленных последствий облучения. Отдаленными последствиями могут быть: злокачественные новообразования со смертельным исходом; рак, не заканчивающийся смертельным исходом; сокращение продолжительности предстоящей жизни и генетические последствия (тяжелые наследственные нарушения). Смертельный и не смертельный рак вместе с эффектом сокращения продолжительности жизни образуют так называемый совокупный ущерб. У населения, непосредственно подвергнувшегося облучению в малых дозах, могут возникать опухолевые эффекты, генетические проявления в виде пороков развития у потомства облучившихся родителей обычно во втором – третьем поколениях.

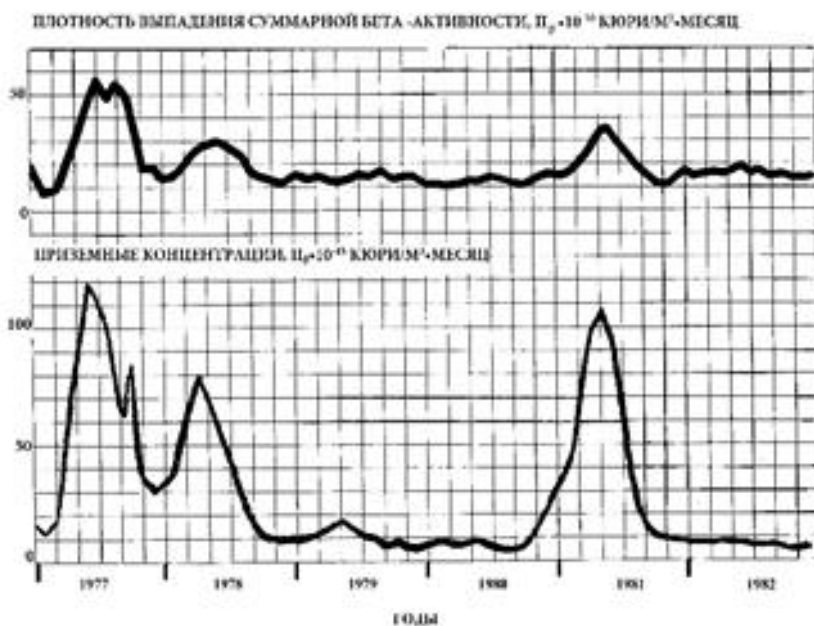


Рис. 6. Влияние проведенных в КНР атмосферных ядерных взрывов в 1976-1980 гг. на динамику плотности выпадений (верхняя кривая) из атмосферы и приземной концентрации (нижняя кривая) суммарной бета-активности [35]

Результаты радиоэкологических исследований конца прошлого века показали, что вызываемые радиационным фактором последствия существенно меньше последствий от вредного влияния на население других негативно воздействующих факторов различной природы. Коренные народы Севера (пастухи-оленеводы и др.) подвержены воздействию целого ряда неблагоприятных факторов (холодовые нагрузки, примитивность бытовых условий, монотонность питания с недостатком овощей и фруктов, ограниченность медицинского обслуживания и т.д.). В конце XX века угрожающей медико-социальной проблемой для здоровья населения Севера стал туберкулез. В решении Коллегии Минздравмедпрома России от 24 декабря 1994г. №24 «О неотложных мерах борьбы с туберкулезом в Российской Федерации» было отмечено, что заболеваемость туберкулезом малочисленных народов Севера в 6-10 раз превышает средний российский показатель, равный 43 случаям на 100 тыс. населения. По мнению специалистов Научно-исследовательского института медицинских проблем Севера, расположенного в г. Красноярске, негативное влияние на здоровье коренного населения оказывает злоупотребление алкоголем. Организм коренных народов Крайнего

Севера не защищен от алкогольного воздействия. Это приводит к резкому снижению иммунитета, развитию инфекций, туберкулеза, онкологических заболеваний. Возможные негативные последствия радиационных и тепловых факторов плавучей атомной теплоэлектростанции, могущих оказать негативное экологическое воздействие на окружающую среду «северов» детально проанализированы в [27–29,33].

В последние годы в связи с изменением климата Земли и увеличением частоты и интенсивности экстремальных погодных условий представляется целесообразным дополнительно проанализировать перечисленные выше позиции по воздействию неблагоприятных экологических факторов, которые могут отрицательно воздействовать на работу ПАТЭС и привести к возникновению штатных и/или аварийных ситуаций. Прямым следствием этого должно стать завершение широкомасштабных геофизических исследований арктических регионов, остановленных в 90-е годы прошлого столетия. В определенной мере эти исследования в новых условиях могут быть продолжены на этапах организации экологического мониторинга на территориях (акваториях) воздействия ТОО - одного из самых эффективных инструментов, позволяющих сосредоточить максимальное внимание на достаточности и взаимоувязке получаемой информации совокупных воздействий на окружающую среду по всем зонам ведения работ (на промплощадках, санитарно-защитной, планирования защитных мероприятий, дальнего распространения следов) в соответствии с согласованными установленным порядком показателями. Программы контроля ТОО с указанием зон ответственности каждая организация обязана согласовывать установленным порядком в комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности (КЧС и ПБ) субъектов Российской Федерации. Вариант организации регулярных мероприятий участниками аварийной готовности детально проанализирован в [32–34].

Госкорпорация «Росатом» рассматривает ПАТЭС как новое поколение российских технологий атомного судостроения для надежного круглогодичного энергоснабжения объектов промышленности, инфраструктуры и населения в удаленных, в топливодефицитных, экстремально суровых северных районах. Энерготехнологии плавучей атомной теплоэлектростанции позволят обеспечить: а) сокращение объемов завоза органического топлива; б) сокращение объемов использования угля в качестве основного топлива, сжигание которого наносит существенный вред окружающей среде; в) развитие промышленно-портовых инфраструктурных проектов; г) разработку и функционирование месторождений полезных ископаемых, включая шельфы арктических и дальневосточных морей; е) повышение безопасности жизнедеятельности населения, качества жизни в целом, преломления негативной тенденции оттока трудоспособного населения с «северов». Внедрение в депрессивных регионах сети автономных атомных электростанций малой и средней мощности, встроенных в региональный хозяйственный механизм ядерных энергоисточников по принципу атомных энерго-технологических комбинатов (АЭТК) позволит начать форми-

рование в регионах «сотовой структуры» хозяйственных связей сети атомных электростанций малой и средней мощности с поэтапным «закольцовыванием» в общегосударственную экономическую систему.

Заключение. Для северных территорий России должны быть детально проанализированы проблемы принципиально новой ситуации, требующей на всех уровнях управления осознания аномальных угроз потенциальных последствий глобального изменения климата, игнорирование которых может привести к масштабным авариям с труднопредсказуемыми последствиями в производственной, социальной, транспортной инфраструктурах макрорегионов, сдерживанию темпов роста производства наиболее «погодочувствительных» секторов экономики (сельское, лесное, водное хозяйства, транспорт, туристско-рекреационный комплекс, жилищно-коммунальное хозяйство). Многообразие и различие природы воздействующих на экологическую безопасность жизнедеятельности населения негативных факторов определяет необходимость постоянного отслеживания их в составе РСЧС, объединяющей органы управления, силы и средства функциональных и территориальных подсистем участников аварийного реагирования, уполномоченных на обеспечение защиты населения и территорий при координирующей роли МЧС России. Практика реализации национальных проектов позволяет объективно предварительно оценить масштабность и сложность мероприятий стратегического развития российской Арктики, обеспечения национальной безопасности России на период до 2035 года.

Россией накоплены значительные опыт и возможности адаптации социально-экономической сферы к проведению работ в жестких арктических условиях, преодоления неблагоприятных экологических последствий климатических изменений. Их реализация в настоящее время – исключительно актуальна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их влияние на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. 1535 с.
2. Оценка макроэкономических последствий изменений климата по территории Российской Федерации на период до 2030 года и дальнейшую перспективу /Под ред. В.М. Катцова, Б.Н. Порфирьева. М.: Росгидромет, 2011. 252 с
3. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. – Москва, 2021. – 104 стр. ISBN 978-5-906099-58-7
4. The Global Risks Report 2019 14th Edition// World Economic Forum Geneva, 115pp
5. *Wallemaq P.* (2018) Economic Losses, Poverty & Disasters 1998–2017, Brussels, Geneva, p. 33.
6. *Lehmann J., Coumou D., Frieler K. et al.* Future changes in extratropical storm tracks and baroclinicity under climate change // Environ. Res. Lett. 2014. V. 9(8). P. 084002.

7. Zubov V., Rozanov E., Egorova T. et al. Role of external factors in the evolution of the ozone layer and stratospheric circulation in 21st century // *Atmos. Chem. Phys.* 2013. V. 13(9). P. 4697–4706.

8. Хон В.Ч., Мохов И.И., Погарский Ф.А. Оценки ветро-волновой активности в арктическом бассейне при возможных изменениях климата в 21 веке по модельным расчетам // *ДАН.* 2013. Т. 452. № 4. С. 445–448.

9. Аржанов М.М., Елисеев А.В., Мохов И.И. Влияние климатических изменений над сушей внетропических широт на динамику многолетнемёрзлых грунтов при сценариях RCP в XXI в. по расчётам глобальной климатической модели ИФА РАН // *Метеорология и гидрология.* 2013. № 10. С. 31–42.

10. Фалеев М.И., Цыбиков Н.А., Сидорович Т.И. Особенности учета стратегических рисков глобального изменения климата и деградации вечной мерзлоты при реализации приоритетных проектов устойчивого развития северных территорий Российской Федерации // *Наука и технологии обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях. Материалы мероприятий деловой части программы, организатором которых выступил ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). Ч. I / МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021. С. 214–236.*

11. Материалы III Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны: в 3 ч. ЧI. Проблемы гражданской обороны/Алешков М.В. [и др.] – 2019 - Москва, 2019.- Академия ГПС МЧС России. - 65-74с.- Фалеев М.И., Цыбиков Н.А. Преодоление экологических проблем предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций – одно из приоритетных направлений организации спасательных операций.

12. Материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны: в 3 ч. ЧI. Проблемы гражданской обороны/Алешков М.В. [и др.] – 2019.- Академия ГПС МЧС России.- Цыбиков Н.А. Экологическая безопасность экономической деятельности – одно из приоритетных направлений устойчивого развития современной России. – М.: Академия ГПС. МЧС России, 2018. - С.242-250.

13. Океанография и морской лёд / Под ред. И.Е. Фролова. М.: Paulsen, 2011. 432 с. 11.

14. Фундаментальные проблемы пространственного развития Российской Федерации: междисциплинарный синтез / Под ред. В.М. Котлякова. М.: Медиа-Пресс, 2013. 664 с.

15. Здоровье населения России: влияние окружающей среды в условиях изменяющегося климата / Под ред. А.И. Григорьева. М.: Наука, 2014. 428 с.

16. Revich B.A., Tokarevich N., Parkinson A.J. Climate change and zoonotic infections in the Russian Arctic // *Int. J. Circumpolar Health.* 2012. V. 71. P. 18792.

17. Анисимов О.А., Жильцова Е.Л., Ренева С.А. Оценка критических уровней воздействия изменения климата на природные экосистемы суши на территории России // *Метеорология и гидрология.* 2011. № 11. С. 31–41.

18. Мохов И.И., Малышкин А.В. Аналитическая оценка критического уровня глобального потепления для перехода от роста к уменьшению массы Антарктического ледового щита // *ДАН.* 2011. Т. 436. № 3. С.97–400

19. Бореальные леса России: возможности для смягчения изменения климата / А. Н. Филипчук, Н. В. Малышева, Т. А. Золина, А. Н. Югов. – DOI 10.24419/LNI.2304-

3083.2020.1.10. – Текст: электронный // Лесохоз. информ. : электронный сетевой журнал. – 2020 – № 1 – С. 92–113.

20. *Izrael Yu.A., Volodin E.M., Kostrykin S.V. et al.* The ability of stratospheric climate engineering in stabilizing global mean temperatures and an assessment of possible side effects // *Atmos. Sci. Lett.* 2014. V. 15(2). P. 140–148.

21. *Израэль Ю.А., Володин Е.М., Кострыкин С.В. и др.* Возможность геоинженерной стабилизации глобальной температуры в XXI в. с использованием стратосферных аэрозолей и оценка возможных негативных последствий // *Метеорология и гидрология.* 2013. № 6. С. 9–23. 170.

22. *Кароль И.Л., Киселёв А.А., Генихович Е.Л., Чичерин С.С.* Сокращение выбросов короткоживущих атмосферных примесей как альтернативная стратегия замедления изменений климата // *Изв. РАН. Физика атмосферы и океана.* 2013. Т. 49. № 5. С. 503–522.

23. *Zamolodchikov D.G., Grabovsky V.I., Kraev G.N.* A twenty year retrospective on the forest carbon dynamics in Russia // *Contemp. Probl. Ecol.* 2011. V. 4. № 7. P. 706–715

24. *Елисеев А.В.* Оценка изменения характеристик климата и углеродного цикла в XXI веке с учетом неопределенности значений параметров наземной биоты // *Изв. РАН. Физика атмосферы и океана.* 2011. Т. 47. № 2. С. 147–170.

25. *Гладильщикова А.А., Дмитриева Т.М., Семенов С.М.* Специальный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата «Глобальное потепление на 1.5°C» // *Фундаментальная и прикладная климатология.* 2018. Том 4. № С. 5–18.

26. *Семенов С.М., Иголкина Е.Д.* Современные климатообусловленные глобальные изменения океана и криосферы: специальный доклад межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) 2019 года // *Фундаментальная и прикладная климатология.* 2019. Том 4. № С. 30–48.

27. *Зверьков В.А., Каганов В.М., Фалеев М.И., Цыбиков Н.А., Шкатулов П.Ф.* Варианты оптимизации комплексного радиоэкологического мониторинга в Арктической зоне России при эксплуатации плавучей атомной теплоэлектростанции «Академик Ломоносов». Основные принципы формирования и рекомендации по организации подсистем экологического мониторинга различных уровней антропогенного воздействия на прилегающих к техногенно опасным объектам территориях и акваториях // *Технологии гражданской безопасности.* 2020. т.17, №3(65). С. 53–61

28. *Зверьков В.А., Каганов В.М., Фалеев М.И., Цыбиков Н.А., Шкатулов П.Ф.* Варианты оптимизации комплексного радиоэкологического мониторинга в Арктической зоне России при эксплуатации плавучей атомной теплоэлектростанции «Академик Ломоносов». Предложения по организации радиоэкологического мониторинга в районе расположения плавучей атомной теплоэлектростанции, других техногенно опасных объектов I и II категории ядерной и радиационной опасности. 2020. т.17, №4 (66). С. 69–79.

29. *Зверьков В.А., Каганов В.М., Фалеев М.И., Цыбиков Н.А., Шкатулов П.Ф.* Варианты оптимизации комплексного радиоэкологического мониторинга в Арктической зоне России при эксплуатации плавучей атомной теплоэлектростанции «Академик Ломоносов». Оценка воздействия нерадиоактивных факторов на компоненты природной среды в районе расположения плавучей атомной теплоэлектростанции // *Технологии гражданской безопасности.* 2021. т.18, №1 (67). С. 60–64.

30. *Израэль Ю. А.* Экология и контроль состояния природной среды. 2-е изд., доп. М.: Гидрометеиздат, 1984. 560 с
31. *Секи Х.* Мониторинг эфтрофикации методом исследования динамики микробного поглощения растворенной в воде органики // В кн.: «Комплексный глобальный мониторинг загрязнения окружающей природной среды. Труды II Международного симпозиума». Л., 1982.
32. *Е.Н. Никитина.* Изменение климата в Арктике: адаптация в ответ на новые вызовы // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. 2019. Т. 12. № 5. С. 177–200. DOI: 10.23932/2542-0240-2019-12-5-177-200
33. *Зверьков В.А., Фалеев М.И., Цыбиков Н.А., Шкатулов П.Ф.* Плавучая атомная электростанция «Академик Ломоносов» в решении проблемы обеспечения устойчивого развития арктических регионов России//Стратегия гражданской защиты. 2019.т.9. № 2 (17). С. 48-63.
34. Факты и проблемы, связанные с захоронением радиоактивных отходов в морях, омывающих территорию Российской Федерации (Материалы доклада Правительственной комиссии по вопросам, связанным с захоронением в море радиоактивных отходов, созданной распоряжением Президента РФ от 24.10.1992 г. за № 613-рп). Администрация Президента РФ, М., 1993 (108 с).
35. *Иванов А.Б., Красилов Г. А., Логачев В. А., Матущенко А. М., Сафронов В. Г.* Северный полигон Новая Земля. Радиоэкологические последствия ядерных испытаний. М.: ГИПЭ, 1997. 85 с.
36. *Саркисов А. А., Антипов С. В., Высоцкий В. Л., Никитин В. С., Сосунов Г.С.* Реабилитация арктической акватории от затопленных ядерных и радиационно опасных объектов – актуальная задача развития Арктики// Морской вестник. 2020. S1(14). С. 116 – 120.
37. *Рамзаев П. В., Моисеев А.А., Троицкая А.А. и др.* Основные итоги радиационно-гигиенических исследований миграции глобальных выпадений в Приарктических районах СССР в 1959-1966 гг.//Документы НКДАР ООН. М.Атомиздат, 1967. 14с.
38. *Рамзаев П. В., Троицкая А. А., Книжников А. И. и др.* Цезий -137 и Стронций-90 в биосфере Крайнего Севера СССР. НКРЗ при Минздраве СССР, 1980. 45с.
39. *Троицкая М.И., Ермакова А.П., Книжников А.И., Теплых Л.А.* Дозы облучения населения районов Крайнего Севера. Препринт. М.: ЦНИИАтоминформ (ОН-6), 1986. 16с.
40. *Махонько К. П., Павлова Л. Н.* Радиоактивные продукты в атмосфере СССР от китайских ядерных взрывов. Спб. : Гидрометеиздат, 2001. 136 с. ISBN 5-286-01437-2

УДК 628.5:631.41

В. Г. Сироткин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АНАЛИЗ ОПАСНОСТИ И ПАРАМЕТРОВ РИСКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ И ВОДОЁМОВ ВБЛИЗИ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕПРОДУКТООБЕСПЕЧЕНИЯ

Аннотация: в статье рассмотрены особенности проведения анализа опасности и параметров риска загрязнения почв и водоемов вблизи предприятий нефтепродуктообеспечения. В процессе исследования представлена разработанная автором структурная схема основных групп факторов, формирующих комплексный экологический риск предприятий нефтепродуктообеспечения. На конкретном примере описан сценарий реализации аварийной ситуации на нефтеперекачивающей станции, приводящий к загрязнению окружающей среды.

Ключевые слова: почва, воздух, загрязнение, нефть, пожар, разлив, риск, оценка.

V. G. Sirotkin

ANALYSIS OF HAZARD AND RISK PARAMETERS FROM SOIL AND WATER POLLUTION NEAR OIL PRODUCTS SUPPLY ENTERPRISES

Abstract: the article discusses the features of the analysis of the hazard and risk parameters of soil and water pollution in the vicinity of oil supply enterprises. In the course of the study, a block diagram of the main groups of factors that form the complex environmental risk of oil products supply enterprises developed by the author is proposed. On a specific example, the scenario of the implementation of an emergency situation at an oil pumping station, leading to environmental pollution, is described.

Keywords: soil, air, pollution, oil, fire, spill, risk, assessment.

В последние годы проблема нефтяных загрязнений становится всё более актуальной. Развитие промышленности и транспорта требует увеличения добычи нефти как энергоносителя и сырья для химической промышленности. Это в свою очередь влечет к расширению масштабов, развитию и усложнению технологий, используемых нефтехимическим комплексом, который представляет собой группу предприятий по производству органического и неорганического сырья на основе нефтяных фракций, природного газа и продуктов нефтепереработки (пункты приема нефти, сырьевые резервуарные парки, насосные и смешительные станции, реагентное хозяйство, технологическое оборудование, парки,

трубопроводы, очистные сооружения, службы водо- и электроснабжения и т.д.) [1]. Нефть и нефтепродукты представляют собой один из наиболее распространенных и опасных техногенных загрязнителей, что обусловлено способностью углеводородов образовывать токсичные соединения в почвах, поверхностных и подземных водах. Кроме того, нефтепродукты значительно отличаются по своим свойствам летучестью, вязкостью, растворимостью в воде, способностью всасываться в пористые материалы (почва) [2]. Ежегодно миллионы тонн нефти выливаются на поверхность Мирового океана, попадают в почву и грунтовые воды, сгорают, загрязняя воздух. Большинство земель в той или иной степени загрязнены нефтепродуктами.

С учётом вышеизложенного проблема загрязнения почвенного покрова и подземных вод, зоны активного водообмена нефтепродуктами обусловила появление многочисленных исследований, направленных на разработку подходов к анализу возникающих угроз и выработке мер повышения уровня экологической безопасности. В тоже время усложнение технологий добычи и переработки нефти, расширение объёмов резервуарных парков, увеличение количества истощенных месторождений, рост концентрации мест захоронения отходов предопределяют необходимость разработки новых и усовершенствования уже существующих подходов по регулированию безопасности работ на предприятиях нефтяной промышленности, что обуславливает актуальность темы данной статьи.

В настоящее время значительное количество научно-исследовательских работ посвящено экологическим проблемам нефтедобывающего и нефтеперерабатывающего комплекса и подходам к управлению экологической безопасностью данной отрасли. Однако, несмотря на имеющиеся труды и широкий интерес ученых к рассматриваемой тематике, не все вопросы еще решены, а ряд проблемных моментов требует более детального исследования и проработки. Так, в настоящее время отсутствует системная оценка наиболее рискованных участков на предприятиях нефтепродуктообеспечения на основе анализа целостной картины процессов переработки и хранения нефти для предотвращения развития экологически опасных сдвигов. Кроме того, актуальной является необходимость в формировании методологии управления безопасностью объектов нефтяного комплекса, обеспечивающей учет многофакторных воздействий.

Таким образом, с учётом вышеизложенного, цель работы заключалась в рассмотрении подходов к анализу опасности и исследованию параметров риска загрязнения почв и водоёмов вблизи предприятий нефтепродуктообеспечения.

Прежде всего отметим, что риски негативного влияния предприятий нефтепродуктообеспечения на окружающую среду связаны со следующими сферами их деятельности: проведение геологических исследований и поисково-разведочных работ; разработка нефтяных месторождений; транспортировка нефти по магистральным и промышленным трубопроводам; хранение нефти; обустройство и эксплуатация хранилищ; подготовка и переработка сырья; экс-

плуатация компрессорных станций и т.д. [3]. Кроме того, в местах долговременной добычи нефти существует возможность развития таких опасных геологических процессов как подтопление подземными водами, просадки грунта над производимыми пластами, миграция углеводородных флюидов в зонах тектонических нарушений и т.п.

Очевидно, что анализ и оценка рисков загрязнения почв и водоёмов вблизи предприятий нефтепродуктообеспечения предполагает их чёткую классификацию, группировку и ранжирование, что в свою очередь позволит выбрать наиболее подходящий и эффективный аналитический инструментарий. На сегодняшний день разработано большое количество самых разнообразных классификаций рисков и опасностей, продуцируемых нефтяной промышленной, но для целей проводимого исследования в таблице 1 представлена разработанная автором структурная схема основных групп факторов, формирующих комплексный экологический риск предприятий нефтепродуктообеспечения.

Итак, на основе существующей методической базы можно выделить следующий комплекс методов и инструментов, позволяющих решать задачи оценки риска загрязнений почв и водоемов предприятий нефтепродуктообеспечения. В него входят:

1. Оценка частоты возникновения аварий:

- методы надёжности технических систем (метод дерева событий, общий логико-вероятностный метод);
- методы анализа статистических данных;
- нормативные данные об отказе оборудования.

2. Определение количества, продолжительности и особенностей выбросов в атмосферу опасных веществ.

3. Расчет возможных полей поражения: пожар разлива; взрыв паровоздушной смеси; пожар возгорания; факельное горение.

4. Определение количества пострадавших.

5. Оценка ущерба.

Рассмотрим на конкретном примере с использованием сценарного подхода анализ опасностей и параметров риска загрязнения почв и водоемов вблизи предприятий нефтепродуктообеспечения.

Под сценарием возможных аварий обычно подразумевается последовательность логически связанных между собой отдельных событий (утечка, выброс, испарение, возгорание, горение и взрыв, воздействие на людей и оборудование), которые обусловлены конкретным инициированным событием (например, разгерметизацией резервуара хранения нефти) [4].

Таблица 1. Структурная схема основных групп факторов, формирующих комплексный экологический риск предприятий нефтепродуктообеспечения

Классификация группы факторов экологического риска	Основные факторы формирования риска	Параметры	Степень восстановления при снятии комплексного риска
Техногенная	Износ и старение оборудования; несоблюдение паспортных и технологических регламентных характеристик; несовершенные технологии; ограниченная (несвоевременная) пространственно-временная информация	Протяженность линейных объектов; число локальных объектов; количество нефти и нефтепродуктов однократно обращающиеся на линейных и локальных объектах п	Практически полная за период ликвидации аварии и при осуществлении защитных мер
Геологическая	Активизация опасных экзогенных геологических процессов; несовершенство мониторинга состояния геологической среды в зоне воздействия объектов предприятий нефтепродуктообеспечения	Степень пораженности опасными экзогенными геологическими процессами в процентах от площади административной области; природная защищенность подземных вод от загрязнения с поверхности в процентах от площади административной области	Ограничена при действии опасных экзогенных геологических процессов; практически полная при выполнении защитных мер или инженерной мелиорации грунтов
Социальная	Аварийное влияние на экологическое состояние окружающей природной среды промышленно-городской агломерации, воздуха; ухудшение условий эксплуатации систем водоснабжения, почвенных покровов	Плотность населения; процент использования поверхностных вод в структуре водопользования	Ограничена при действии опасных экзогенных геологических процессов; практически полная при выполнении защитных мер или инженерной мелиорации грунтов

На основе анализа причин возникновения и факторов, определяющих результаты аварий, учитывая особенности применяемых технологических процессов, свойства и распределение опасных веществ, можно выделить следующие типичные сценарии аварий:

С1 – разлив нефти, сопровождающийся загрязнением площадки;

С2 – пожар разлива нефти на открытой площадке (с горением в обрушении или за его пределами при переливе из-за обрушения);

С3 – открытый пожар в резервуаре (с горением на свободной поверхности жидкости);

С4 – сгорание («пожар-загорание») паров нефти;

С5 – взрыв паровоздушной смеси на открытой площадке;

С6 – взрыв паровоздушной смеси в замкнутом (полузамкнутом) пространстве.

Перечень возможных реализаций обозначенных сценариев на нефтеперекачивающей станции в случае аварии приведен в таблице 2.

Таблица 2. Реализация сценариев аварий на нефтеперекачивающей станции

Наименование технологического участка	Наименование технологического оборудования	Событие, инициирующее аварийную ситуацию	Список возможных типовых сценариев развития аварии
Оборудование линейной производственно-диспетчерской станции	Резервуары с нефтью	Полная разгерметизация (разрушение) резервуара	С1, С2, С4, С5
		Частичная разгерметизация резервуара	С1, С2, С4, С5
		Вспышка паровоздушной смеси внутри резервуара	С3, С6
	Насосное оборудование	Полная разгерметизация оборудования	С1, С2, С6
		Частичная разгерметизация оборудования	С1, С2, С6
	Насосное оборудование на открытой площадке	Полная разгерметизация оборудования	С1, С2, С4, С5
		Частичная разгерметизация оборудования	С1, С2, С4, С5
	Ёмкость утечек	Образование взрывоопасной смеси в газовом пространстве подземной емкости	С6
	Технологические трубопроводы	Полная разгерметизация (разрыв) трубопровода	С1, С2, С4, С5
		Частичная разгерметизация (трещина) трубопровода	С1, С2, С4, С5

Основными опасными последствиями аварий, описанных в таблице 2, которые влекут за собой загрязнений грунта и воздуха, являются: образование зоны загрязнения при разливе нефти; образование зоны огневого и термического поражения при пожарах разлива; образование зоны поражения высокотемпера-

турными продуктами сгорания паров нефти при реализации сценария «пожар-вспышка»; образование воздушной ударной волны при взрывных преобразованиях облаков паровоздушной смеси на открытой площадке или в замкнутом пространстве; образование и распространение токсичных продуктов сгорания при пожарах.

В качестве основных поражающих факторов аварии можно выделить: прямое огневое воздействие и тепловой поток с поверхности пламени; высокотемпературные продукты сгорания паров нефти; избыточное давление во фронте воздушной ударной волны.

Таким образом, оценка и анализ риска загрязнения почв и водоемов вблизи предприятий нефтепродуктообеспечения должна проводиться с использованием методического аппарата, который учитывает особенности этих объектов, динамику развития чрезвычайных ситуаций, виды и специфику возможных рисков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермаков В.В., Иващенко И.С. Требования к системам непрерывного мониторинга нефтезагрязненных территорий // Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина. 2020. № 3 (300). С. 97-103.
2. Аковецкий В.Г., Афанасьев А.В., Ильченко А.А. Аэрокосмический мониторинг в задачах оценки геоэкологических рисков аварийных разливов нефти и нефтепродуктов // Вычислительные технологии. 2021. Т. 26. № 1. С. 72-85.
3. Zhang, Laibin; Cai, Shuang; Hu, Jinqiu An adaptive pre-warning method based on trend monitoring: Application to an oil refining process // Measurement. 2019. Volume. 139; pp 163-176.
4. Пусенкова Н.Н. Добыть и не разлить: политика российских нефтяных компаний по предотвращению техногенных аварий в Арктике // Экологический вестник России. 2020. № 5. С. 8-15.

УДК: 504.72.06

А. В. Скалова, Е. М. Бабурина, Н. Д. Сидоров, А. А. Гуцин, Г. И. Гусев
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

ОЧИСТКА ФЕНОЛСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД В ПЛАЗМЕННО-КАТАЛИТИЧЕСКОМ РЕАКТОРЕ

Аннотация: одним из новых направлений использования плазмохимических систем защиты окружающей среды, позволяющим существенно интенсифицировать процессы разложения органических соединений и снизить энергозатраты, является применение совмещенных плазменно-каталитических процессов (СПКП). В подоб-

ных системах активные компоненты плазмы воздействуют как на катализатор, так и на раствор, содержащий фенол, что может приводить к ускорению деструкции не только исходного органического соединений, но и продуктов его разложения. Изучение кинетики трансформации органических соединений (на примере фенола, растворенного в воде) под действием диэлектрического барьерного разряда (ДБР) и в СПКП является актуальным. Показано, что использование катализатора Pt/Al₂O₃ в плазменной системе приводит к увеличению как степени разложения фенола (с 60 до 90.2 % при заданных параметрах обработки) и скорости процесса его деструкции, а также к снижению энергетических затрат по сравнению с воздействием ДБР.

Ключевые слова: Плазма, экология, водоочистка, фенол, катализаторы, кислород, диэлектрический барьерный разряд.

A. V. Skalova, E. M. Baburina, N. D. Sidorov, A. A. Gushchin, G. I. Gusev

PURIFICATION OF WASTEWATER CONTAINING PHENOL IN A PLASMA-CATALYTIC REACTOR

Abstract: one of the new directions in plasma-chemical systems for protecting the environment, which makes it possible to significantly intensify the processes of decomposition of organic compounds and reduce energy costs, is the use of combined plasma-catalytic processes (CPCP). When the model solution enters the reactor, where the catalyst is located in the discharge zone, both the catalyst and the solution are affected by active plasma components, which can lead to accelerated degradation of organic compounds dissolved in water, as well as to a change in the composition of the resulting degradation products. The study of the kinetics of the transformation of organic compounds (by the example of phenol dissolved in water) under the action of dielectric barrier discharge DBD and in CPCP is topical. It is shown that the use of a Pt/Al₂O₃ catalyst in a plasma system leads to an increase in both the degree of phenol decomposition (from 60 to 90.2% at given treatment parameters) and the rate of its destruction process, as well as to a decrease in energy costs compared to the effect of DBD.

Keywords: plasma, ecology, water treatment, phenol, catalysts, oxygen, dielectric barrier discharge.

Фенолы и их производные относятся к группе приоритетных органических загрязнителей, повсеместно распространенных в окружающей среде [1-3]. Они высокотоксичны, обладают канцерогенными свойствами и устойчивы к биодegradации [4-6].

В последние годы отечественные и зарубежные исследователи уделяют внимание технологиям очистки воды от органических соединений, основанным на передовых окислительных процессах, к которым относятся в том числе и плазменные процессы [7]). Существует ряд публикаций по изучению разложения хлорфенолов в диэлектрическом барьерном разряде (ДБР) [8-9], в которых приводятся не только кинетические данные, но и основные продукты разложения [10, 11].

Качественно новым направлением в плазмохимических системах защиты окружающей среды, позволяющим существенно интенсифицировать процессы разложения органических соединений и снизить энергозатраты, является применение совмещенных плазменно-каталитических процессов (СПКП) [2]. При поступлении модельного раствора в реактор, где в зоне разряда расположен катализатор, происходит воздействие активных компонентов плазмы как на катализатор, так и на раствор, что может приводить к ускорению деструкции органических соединений, растворенных в воде, а также к изменению состава образующихся продуктов деструкции. Поэтому, изучение кинетики трансформации органических соединений (на примере фенола, растворенного в воде) под действием ДБР и в совмещенных плазменно-каталитических процессах является актуальным. Таким образом, целью работы являлось изучение деструкции фенола в совмещенном плазменно-каталитическом процессе с использованием в качестве катализатора – платины, нанесенной на оксид алюминия. Для достижения поставленной цели, были установлены следующие задачи по проведению исследования:

1. Исследование деструкции фенола в плазме диэлектрического барьерного разряда с находящимся внутри реактора слоем катализатора (Pt/Al_2O_3).
2. Изучение кинетики образования продуктов деструкции фенола и определение их качественного и количественного состава.
3. Установление оптимального времени контакта раствора с разрядной зоной при обработке водных растворов, содержащих фенол.
4. Определение скорости и энергетических затрат разложения фенола.

Материалы и методы

Концентрация токсиканта в водных растворах подбиралась на основе типичных концентраций вещества в промышленных стоках производств, от которых данный поллютант наиболее часто попадает в водные объекты [2, 4]. Водные растворы фенола готовились смешиванием навески с известным объемом воды. Начальная концентрация фенола в воде во всех опытах составляла 100 мг/л. Расход модельного раствора варьировался в пределах 0,1-0,5 мл/с.

Схема экспериментальной установки для обработки водных растворов фенола в плазме диэлектрического барьерного разряда представлена в [2], основным элементом которой являлся реактор диэлектрического барьерного разряда.

В качестве плазмообразующего газа использовался технический кислород, расход газа во всех опытах составлял 8,3 мл/с. Расход газа-носителя контролировался с помощью газового расходомера. Барьерный разряд возбуждался от высоковольтного трансформатора. Среднеквадратичное значение напряжения в экспериментах составляло 16,5 кВ. При этом ток разряда составлял 13 мА. Частота напряжения, приложенного к электродам, составляла 800 Гц.

Контроль значений первичного напряжения осуществлялся вольтметром марки Д 5015. Входная мощность составляла 8,6 Вт/см³ и определялась как мощность, прикладываемая к 1 см³ разрядной зоны. Время контакта с разрядной зоной реактора τ_k изменялось в диапазоне приблизительно 1,2 – 2,5 с. Величины τ_k рассчитывались по формуле (1), где h , см² – толщина слоя жидкости при ламинарном течении в поле силы тяжести; $L = 8$ см – длина зоны разряда, Q , см³/с – скорость потока раствора.

Толщина слоя жидкости при ламинарном течении в поле силы тяжести может быть рассчитана [2]:

$$\tau_k = \frac{\pi D \cdot h \cdot L}{Q} \quad (1)$$

Параметры эксперимента представлены в табл. 1.

Таблица 1. Параметры проведения эксперимента

Параметр	Значение	Единица измерения
Концентрация фенола	10-50	мг/л
Частота	800	Гц
Мощность, вкладываемая в разряд	8,6	Вт/см ³
Сила тока	13	мА
Напряжение	16,5	кВ
Расход плазмообразующего газа (O ₂)	0,5	л/мин
Масса катализатора	1000	мг
Время контакта	1-2,9	с

В качестве катализатора в работе использовали Pt/Al₂O₃. Катализатор Pt/Al₂O₃ обладает достаточно большой удельной поверхностью (155,4 ± 1,1 м²/г). Масса катализатора, помещаемого в зону горения плазмы, во всех экспериментах составляла 1 г.

Эффективность очистки водных растворов от фенола (α , %) оценивалась по формуле:

$$\alpha(\%) = \frac{C_{in} - C}{C} \times 100 \quad (2)$$

где C_{in} и C начальная концентрация и концентрация после обработки раствора, содержащего фенол (мг/л) в ДБР.

Концентрацию фенола в растворе после достижения стационарного состояния определяли на входе и выходе реактора флуориметрическим методом [12] с использованием прибора «Флюорат-02М» (Люмэкс, Россия).

Общую концентрацию карбоновых кислот (КК) получали путем измерения оптической плотности цветной реакции кислот с м-ванадатом аммония при длине волны λ 400 нм [22]. Для этих целей использовался спектрофотометр Hitachi U-2001 (Hitachi, Япония). Общая погрешность измерений не превышала $\pm 10\%$ [13].

Общую концентрацию альдегидов измеряли флуоресцентным методом (спектрофлуориметр «Флюорат-02М»). Флуоресцентное вещество образовалось в результате взаимодействия альдегидной группы и 1,3-циклоксегандиона в присутствии ионов аммония. Относительная погрешность определения составила 25% при доверительном уровне 0,95 [13].

Определение степени минерализации исходного соединения проводили по изменению концентрации общего органического углерода после обработки водных растворов фенола в ДБР [14].

Результаты и обсуждение

Кинетическая кривая (зависимость концентрации от времени контакта (τ_k , с)) были обработаны в соответствии с соотношением, которое справедливо для реактора идеального вытеснения:

$$n_k = n_n \times \exp(-K \times \tau_k) \quad (7)$$

где n_n - концентрация фенола на входе в реактор, мкмоль/л, n_k - концентрация фенола на выходе из реактора, мкмоль/л, K - эффективная константа скорости разложения, с^{-1} .

Кинетическая кривая удовлетворительно описывается уравнением псевдопервого порядка с эффективной константой скорости $(0.73 \pm 0.04) \text{с}^{-1}$.

Скорость и энергетические затраты разложения фенола были оценены для времени контакта раствора с зоной плазмы $\tau_k = K^{-1}$. Скорость процесса разложения составила 445.8 мкмоль/л·с при обработке модельных растворов с катализатором в разрядной зоне, а энергетические затраты - 0.024 молекулы/100 эВ. Таким образом, использование Pt/Al₂O₃ увеличивает как степень разложения (с 60 до 90.2 % при заданных параметрах обработки), так и скорости, и энергетические вклады в процесс деструкции, так как значения, полученные ранее при обработке раствора без катализатора, показали меньшую эффективность деструкции на 30 %.

При обработке водных растворов в СПКП наблюдалось увеличение степени минерализации исходного соединения, что подтверждается как снижением в системе после обработки содержания общего органического углерода.

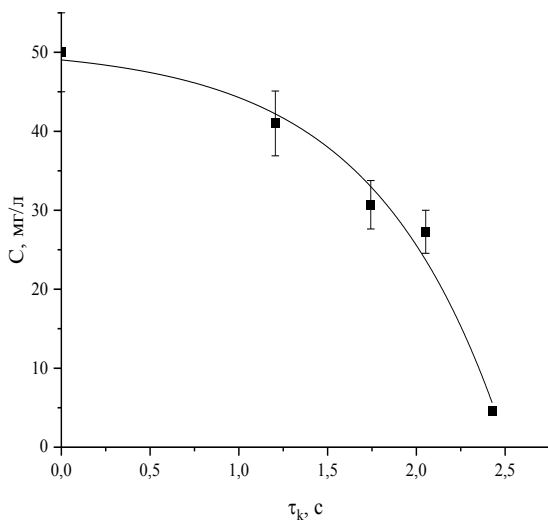


Рис. 1. Кинетика деструкции фенола от времени разряда с зоной горения плазмы

При обработке водных растворов фенола различной концентрации, а также при изменении времени контакта обрабатываемого раствора, происходит снижение рН обрабатываемых растворов, что говорит об образовании карбоновых кислот (КК). Действительно, при измерении концентрации карбоновых кислот после обработки растворов в ДБР, наблюдалось увеличение содержания КК в растворе, прошедшем обработку, однако концентрации КК незначительны, и при максимальном времени контакта 2,5 секунд, и наибольшей концентрации фенола (50 мг/л) составили порядка 150 мкг/л. Известно, что в ДБР одним из основных окислителей является озон [2]. Вклад озона в процессы деструкции фенола можно оценить по разнице его концентраций при обработке водных растворов с фенолом и без него (табл. 2).

Таблица 2. Влияние озона на процесс деструкции фенола

Условия эксперимента	С (O ₃), см ⁻³	С (O ₃), ммоль/л
без катализатора, без обработки раствора	3,3 · 10 ¹⁶	1,2
без катализатора, обработка раствора	2,5 · 10 ¹⁶	0,91
Pt/Al ₂ O ₃ , без обработки раствора	4,1 · 10 ¹⁶	1,51
Pt/Al ₂ O ₃ , обработка раствора	3,85 · 10 ¹⁶	1,43

На выходе из реактора без использования катализаторов, концентрация озона составляет 3,3 · 10¹⁶ см⁻³ при заданных параметрах обработки, а в присутствии фенола — 2,47 · 10¹⁶ см⁻³, то есть 0,83 · 10¹⁶ см⁻³ или 0,3 ммоль/л озона может участвовать в окислительных процессах.

Стехиометрическое уравнение реакции окисления фенола имеет вид:



Для полного окисления 1 моля фенола требуется 4 моль озона, т.е. его концентрации в системе недостаточно, поэтому можно сделать вывод, что озон не является основным окислителем. На незначительный вклад озона в процессы окисления указывает также тот факт, что, несмотря на увеличение скорости деструкции фенола в присутствии катализатора, концентрация озона, как с

Pt/Al₂O₃, так и без него, практически одинакова. При использовании катализаторов на окисление расходуется примерно 0,1 - 1 ммоль/л озона, что меньше, чем без них, следовательно, другие активные частицы, образующиеся в зоне разряда, должны участвовать в окислительных процессах, и увеличение их концентрации в зоне горения разряда, может быть инициировано присутствием катализаторов. Взаимодействие активных частиц плазмы с фенолом осуществляется первоначально с открытием ароматического кольца и образованием промежуточных органических соединений с более низкой молекулярной массой (таких как альдегиды и карбоновые кислоты), которые впоследствии окисляются до CO₂ и H₂O, что подтверждается высокой степенью минерализации.

Выводы

В работе проведено исследование деструкции фенола в плазме диэлектрического барьерного разряда с находящимся внутри реактора слоем катализатора (Pt/Al₂O₃). Определено оптимальное время контакта раствора с разрядной зоной при обработке водных растворов, содержащих фенол – 2.5 секунды. Скорости и энергетические затраты разложения фенола были оценены для времени контакта раствора с зоной плазмы $\tau_k = K^{-1}$. Таким образом, с использованием Pt/Al₂O₃ степень разложения составляет не менее 90 %. Выявлена кинетика образования продуктов и определен их качественный состав. Обнаружено, что в результате дегградации фенола образуются карбоновые кислоты. Конечными продуктами деструкции являются монооксид и оксид углерода в газовой фазе. Степень минерализации исходного соединения составляет порядка 90 %.

Работа выполнена в рамках государственного задания на выполнение НИР (Тема №FZZW-2020-0010) с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ (при поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-15-2021-671). Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук (МК-3784.2022.1.3).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bilgin Simsek E., Aytas B., Duranoglu D., Beker U., Trochimczuk A.W. A comparative study of 2-chlorophenol, 2, 4-dichlorophenol, and 2, 4, 6-trichlorophenol adsorption onto polymeric, commercial, and carbonaceous adsorbents. Desalin.Water Treat. 2016. V. 57. N 21. P. 9940-9956.
2. Butman M.F. et al. Synergistic Effect of Dielectric Barrier Discharge Plasma and TiO₂-Pillared Montmorillonite on the Degradation of Rhodamine B in an Aqueous Solution // Catalysts. – 2020. – V. 10. – №. 4. – P. 359.
3. Du C.M., Yan J., Cheron B. Degradation of 4-chlorophenol using a gas–liquid gliding arc discharge plasma reactor. Plasma Chem. Plasma Process. 2007. V. 27. N 5. P. 635-646.
4. Gushchin A.A., Grinevich V.I., Shulyk V.Y., Kvitkova E.Y., Rybkin V.V. Destruction kinetics of 2,4 dichlorophenol aqueous solutions in an atmospheric pressure dielectric barrier discharge in oxygen. Plasma Chem. Plasma Process. 2018. V. 38. N 1. P. 123-134.

5. *Hallaj T., Amjadi M.* Determination of 2, 4-dichlorophenol in water samples using a chemiluminescence system consisting of graphene quantum dots, rhodamine B and cerium (IV) ion. *Microchim. Acta.* 2016. V. 183. N 3. P. 1219-1225.

6. *Hoseini S.N., Pirzaman A.K., Aroon M.A., Pirbazari A.E.* Photocatalytic degradation of 2, 4-dichlorophenol by Co-doped TiO₂ (Co/TiO₂) nanoparticles and Co/TiO₂ containing mixed matrix membranes. *J. Water Process Eng.* 2017. V. 17. P. 124-134.

7. *Jiang G., Lan M., Zhang Z., Lv X., Lou Z., Xu X., Dong F., Zhang S.* Identification of active hydrogen species on palladium nanoparticles for an enhanced electrocatalytic hydrodechlorination of 2, 4-dichlorophenol in water. *Environ. Sci. Technol.* 2017. V. 51. N 13. P. 7599-7605.

8. *Leong S., Razmjou A., Wang K., Hapgood K., Zhang X., Wang H.* TiO₂ based photocatalytic membranes: A review. *J. Membr. Sci.* 2014. V. 472. P. 167-184.

9. *Li S., Ma X., Liu L., Cao X.* Degradation of 2, 4-dichlorophenol in wastewater by low temperature plasma coupled with TiO₂ photocatalysis. *RSC Adv.* 2015. V. 5. N 3. P. 1902-1909.

10. *Lu N., Li J., Wang X., Wang T., Wu Y.* Application of double-dielectric barrier discharge plasma for removal of pentachlorophenol from wastewater coupling with activated carbon adsorption and simultaneous regeneration. *Plasma Chem. Plasma Process.* 2012. V. 32. N 1. P. 109-121.

11. *Yang H., Tezuka M.* Plasma-induced decomposition of dichlorophenols and trichlorophenols in water by means of anodic contact glow discharge electrolysis. *Plasma Chem. Plasma Process.* 2013. V. 33. N 6. P. 1043-1052.

12. ПНД Ф 14.1:2:4.182-02. Методика выполнения измерений массовой концентрации фенолов в пробах питьевых, природных и сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02».

13. *Лурье Ю.Ю.* Аналитическая химия промышленных сточных вод. М.: Химия. 1984. 448 с.

14. ПНД Ф 14.1: 2:4.187-02. Методика измерения массовой концентрации формальдегида в пробах природных, питьевых и сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости Флюорат-02 // ООО "Люмэкс". 2002.

15. ПНД Ф 14.1:2:4.190-2003. Методика измерения бихроматной окисляемости (химического потребления кислорода) в пробах природных, питьевых и сточных вод фотометрическим методом с использованием анализатора жидкости Флюорат-02. ООО "Люмэкс". 2003.

УДК 699.058

А. А. Соколов¹, Д. Е. Захаров¹, С. В. Натареев^{1,3}, Е. А. Шварев³

¹ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

²Выксунский металлургический завод

³Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РЕГЕНЕРАЦИЯ ПРИРОДНОГО КАТИОНИТА ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АППАРАТЕ ПРОТОЧНОГО ТИПА

Аннотация: в статье проведены исследования регенерации композиционного древесно-хитозанового катионита от ионов меди и цинка растворами гидроксида натрия в емкостном аппарате проточного типа. Эффективность работы аппарата оценивалась по степени регенерации сорбента, удельному расходу регенерационного раствора и другим показателям. Отмечены преимущества и недостатки работы ионообменного аппарата.

Ключевые слова: емкостной аппарат проточного типа, природный катионит, регенерация адсорбент.

A. A. Sokolov, D. E. Zakharov, S. V. Natareev, E. A. Shvarev

REGENERATION OF NATURAL CATIONITE FROM HEAVY METAL IONS IN A FLOW-TYPE APPARATUS

Abstract: the article studies the regeneration of composite wood-chitosan cationite from copper and zinc ions with sodium hydroxide solutions in a flow-type capacitive apparatus. The efficiency of the device was evaluated by the degree of regeneration of the sorbent, the specific consumption of the regeneration solution and other indicators. The advantages and disadvantages of the ion exchange apparatus are noted.

Keywords: flow-type capacitive apparatus, natural cationite, adsorbent regeneration.

Проводимые в чрезвычайных ситуациях мероприятия по обеспечению водой различных потребителей зависят от характера и масштаба аварии или катастрофы, обстановки, сложившейся в результате стихийного бедствия и других факторов [1]. Последствием чрезвычайной ситуации может быть ухудшение качества воды в природных источниках. Поэтому перед подачей потребителям вода подвергается очистке. Подразделениями МЧС для очистки воды от растворенных примесей используются блочно-модульные станции, в которых предусмотрена ионообменная обработка в ионитовых фильтрах, загруженных обычно синтетическими сорбентами [2]. Данные материалы представляют собой твердые нерастворимые в воде и органических растворителях высокомолекулярные соединения, способные к ионному обмену на активных группах кис-

лотного или основного характера, входящими в состав цепи полимера. В связи с высокой стоимостью ионитов существует необходимость замены данных материалов более дешевыми природными сорбентами, которые должны иметь следующие потребительские свойства: однородный гранулометрический состав, достаточную механическую прочность, высокую сорбционную емкость, возможность многократной регенерации с целью повторного использования и др. [3, 4]. При этом сравнение эффективности работы сорбентов целесообразно проводить при одинаковых условиях [5, 6]. Экономичность ионообменных установок во много зависит от эффективности процесса регенерации сорбента, т.к. применяемые для восстановления обменной емкости ионитов растворы сильных кислот (серная, соляная, азотная) и щелочей (гидроксид натрия, гидроксид калия) имеют высокую стоимость [7]

Данная работа посвящена регенерации композиционного древесно-хитозанового катионита (КДХК) от ионов меди и цинка с целью повторного использования сорбента и утилизации извлеченных из него ценных компонентов. Опыты проводили на лабораторной ионообменной установке, показанной на рис. 1.

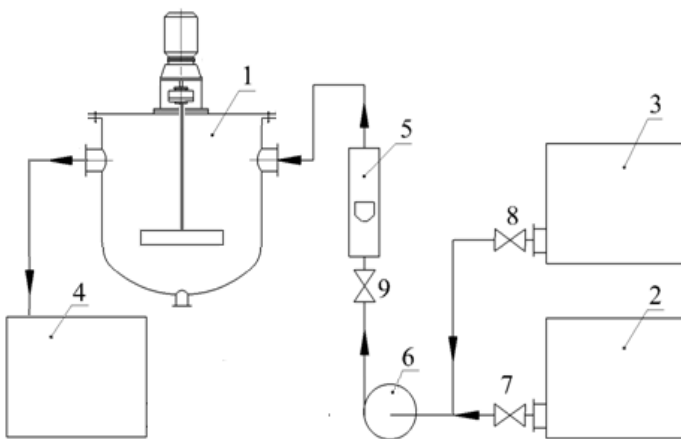


Рис. 1. Схема лабораторной ионообменной установки:
 1 – ионообменный аппарат емкостного типа;
 2 – емкость для исходного раствора; 3 – емкость для регенерационного раствора;
 4 – емкость для отработанных растворов; 5 – ротаметр;
 6 – центробежный насос;
 7–9 – вентили

Установка работает следующим образом. На стадии сорбции в аппарат 1 загружали катионит, заливали его дистиллированной водой и с помощью насоса 6 из емкости 2 подавали исходный раствор, содержащий ионы тяжелых металлов (ИТМ). Расход раствора в аппарат контролировали с помощью ротаметра 5. Очищенный раствор отводился из аппарата 1 самотеком в емкость 4. При проведении процесса через определенные промежутки времени на выходе из аппарата отбирали на анализ пробы воды. По экспериментальным данным строили выходную кривую ионного обмена. После насыщения катионита ИТМ проводили его регенерацию. Методика исследования регенерации катионита практически не отличалась от методики исследования процессов ионообменной сорбции. Приготовленный регенерационный раствор находился в емкости 3, из которой он подавался с помощью насоса 6 в аппарат 1. Опыт заканчивался при отсутствии в растворе десорбированных из катионита ионов.

Для опытов использовали емкостной аппарат с эллиптическим днищем, изготовленный из полипропилена. Аппарат имел следующие размеры: внутренний диаметр аппарата $D_a = 0,1$ м; высота аппарата $H_a = 0,13$ м; рабочий объем аппарата $V_a = 9,1 \cdot 10^{-4}$ м³. Перемешивание суспензии проводили двухлопастной мешалкой, изготовленной из нержавеющей стали. Мешалка имела следующие размеры: диаметр $d_m = 0,055$ м; ширина лопасти $h_m = 0,01$ м. Частота вращения мешалки составляла 5 с^{-1} . Для проведения процесса сорбции использовали растворы сульфатов меди и цинка. Регенерацию катионита проводили раствором гидроксида натрия.

Основные показатели работы емкостного аппарата проточного типа приведены в таблице.

Исследование процесса регенерации КДХК в емкостном аппарате проточного типа заключалось в снятии выходных кривых ионного обмена, которые представлены на рис. 2.

На основании экспериментальных выходных кривых с помощью уравнения материального баланса рассчитывали кинетические кривые ионного обмена, которые показаны на рис. 3.

Таблица. Основные показатели работы емкостного аппарата проточного типа

Показатель	Обмен $\text{Na}^+ - \text{Cu}^{2+}$	Обмен $\text{Na}^+ - \text{Zn}^{2+}$
Катионит (форма)	КДХК (Cu^{2+})	КДХК (Zn^{2+})
Исходный раствор	NaOH	
$V \cdot 10^4, \text{ м}^3$	8,4	
$\bar{V} \cdot 10^5, \text{ м}^3$	7	
$V/\bar{V}, \text{ м}^3/\text{м}^3$	12	
$Q \cdot 10^6, \text{ м}^3/\text{с}$	2,5; 3,6	
$C_{\text{вх}}, \text{ кг-ЭКВ}/\text{м}^3$	0,08	
$C_0, \text{ кг-ЭКВ}/\text{м}^3$	0,08	

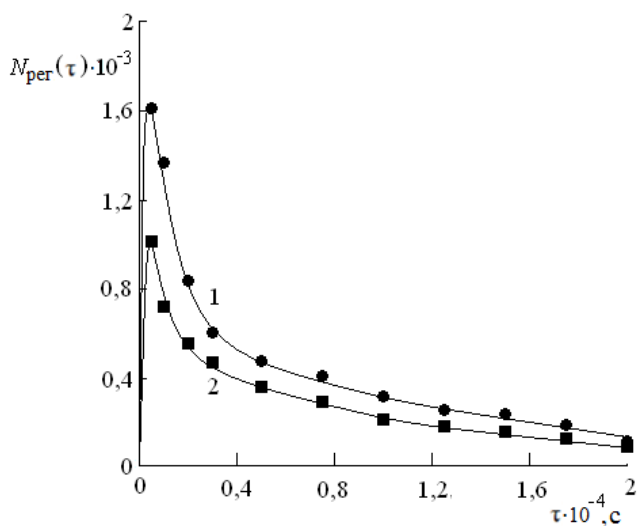


Рис. 2. Выходные кривые ионного обмена $\text{Na}^+ - \text{Cu}^{2+}$ на КДХК:
 $C_{\text{вх,рег}} = 0,08 \text{ кг-ЭКВ}/\text{м}^3$; $Q \cdot 10^6, \text{ м}^3/\text{с}$;
 1 – 2,5; 2 – 3,6

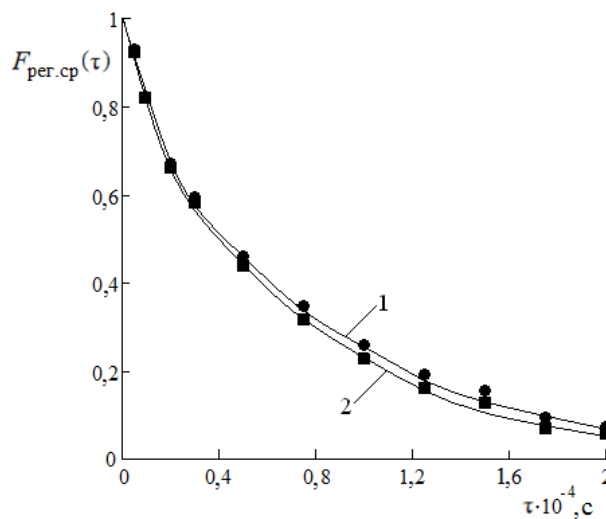


Рис. 3. Кинетические кривые ионного обмена $\text{Na}^+ - \text{Cu}^{2+}$ на КДХК:
 $Q \cdot 10^6, \text{ м}^3/\text{с}$; 1 – 2,5; 2 – 3,6

Из анализа полученных экспериментальных данных можно сделать вывод о том, что на первых стадиях процесса концентрация ИТМ в растворе внутри аппарата быстро повышается до максимального значения, поскольку происходит интенсивная десорбция сорбированного вещества из КДХК, что видно из кинетических кривых ионного обмена (рис. 3). При дальнейшем восстановлении обменной емкости сорбента, концентрация раствора постепенно уменьшается, асимптотически приближаясь на последних стадиях десорбции к нулю. Установлено, что десорбция ионов меди раствором NaOH с КДХК протекает быстрее по сравнению десорбцией ионов цинк. Степень регенерации сорбента от ионов тяжелых металлов не превышает 80 %.

На основании полученных экспериментальных исследований можно сделать выводы о высокой эффективности регенерации КДХК от ИТМ раствором гидроксида натрия. Данный сорбент может быть рекомендован для очистки воды при ликвидации последствий в чрезвычайных ситуациях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Виноградов С.Д.* Водоснабжение – одна из важнейших задач первоочередного жизнеобеспечения населения в чрезвычайных ситуациях // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2013. № 2. С. 533–537.
2. *Подолько П.М.* Снабжение населения питьевой водой в условиях чрезвычайных ситуаций // Технологии техносферной безопасности. 2017. Вып. 1 (17). С. 1–9.
3. СТО ВТИ 37.002–2005. Основные требования к применению ионитов на водоподготовительных установках тепловых электростанций. Технологические рекомендации по диагностике их качества и выбору. Челябинск. 2005. 87 с.
4. *Захаров Д.Е., Натарева С.В., Сироткин А.А.* Очистка отработанных технологических растворов от ионов тяжелых металлов в емкостном аппарате проточного типа // Современные решения научных и производственных задач в химии и нефтехимии. III Международная конференция: сборник материалов международной конференции. – Казань: Редакционно-издательский центр «Школа», 2018. С. 561-568.
5. *Полянский Н.Г., Горбунов Г.В., Полянская Н.Л.* Методы исследования ионитов. – М.: Химия, 1976. 208 с.
6. *Селеменев В. Ф., Славинская Г. В., Хохлов В. Ю.* и др. Практикум по ионному обмену: Учебное пособие. Воронеж: Издательство Воронежского государственного университета, 2004. 160 с.
7. *Волжинский А.И., Константинов В.А.* Регенерация ионитов. Теория процесса и расчет аппаратов. Л.: Химия, 1090. 240 с.

УДК 331.451

А. Е. Ткачева¹, Е. А. Жирнова¹, А. А. Снежко²

¹СибГУ им. М. Ф. Решетнева

²ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПРИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ УСЛОВИЙ ТРУДА.

Аннотация: исследуются вопросы идентификации вредных и опасных факторов при специальной оценке условий труда. Проанализирован процесс специальной оценки условий труда. Разработана причинно-следственная диаграмма Исикавы для анализа влияния вредных и опасных производственных факторов на человека.

Ключевые слова: специальная оценка условий труда, идентификация вредных и опасных факторов.

A. E. Tkacheva, E. A. Zhirnova, A. A. Snezhko

IDENTIFICATION OF HARMFUL AND DANGEROUS FACTORS WITH A SPECIAL ASSESSMENT OF WORKING CONDITIONS.

Abstract: the issues of identification of harmful and dangerous factors with a special assessment of working conditions are investigated. The process of special assessment of working conditions is analyzed. The Ishikawa causal diagram has been developed to analyze the influence of harmful and hazardous production factors on humans.

Keywords: special assessment of working conditions, identification of harmful and dangerous factors.

С 1 января 2014 года взамен аттестации рабочих мест по условиям труда была введена специальная оценка условий труда, которая проводится во исполнение положений статьи 212 Трудового Кодекса Российской Федерации на основании федерального закона № 426 ФЗ «О специальной оценке условий труда». Целью исследования является анализ вредных и опасных производственных факторов на человека при специальной оценке условий труда.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать цели, содержание и функции специальной оценки условий труда
2. Рассмотреть классификацию условий труда
3. Проанализировать процесс специальной оценки условий труда.
4. Провести причинно-следственный анализ и разработать диаграмму по влиянию вредных и опасных производственных факторов на человека.

Функция специальной оценки условий труда такая же, как и аттестация рабочих мест по условиям труда, т. е. для определения фактических условий труда на рабочем месте, разрабатываются меры по улучшению условий труда и предоставления различных гарантий и компенсаций работникам, имеющим вредные или опасные условия труда на рабочем месте. Однако характер соответствующей процедуры претерпел некоторые изменения в связи с введением новых понятий, таких как «идентификация вредных и опасных производственных факторов». В то же время исключается понятие «оценка травмоопасности на рабочем», в настоящее время данный параметр больше не оценивается [1].

Целью специальной оценки условий труда является обеспечение безопасности и комфорта персонала на рабочем месте, а также определение гарантий и компенсаций, предоставляемых работникам за вредные или опасные условия труда.

Специальная оценка условий труда проводится совместно работодателем и организацией, имеющей разрешение на проведение измерений и внесенной в реестр Минтруда России. Это положение вытекает из требования Федерального закона № 426 ФЗ «О специальной оценке условий труда».

Во время специальных оценок производятся измерения, которые должны быть выполнены с помощью современных измерительных приборов высокого класса точности в соответствии с утвержденными методическими рекомендациями и хорошо подготовленными экспертами [3].

Перед проведением специальной оценки условий труда должна быть избрана комиссия, формируемая работодателем. Число членов комиссии должно быть нечетным, чтобы избежать споров, в результате которых голоса могут разделяться. Обычно в этот состав комиссии входят представители работодателей, в том числе эксперты по охране труда, представители выборных органов высших профсоюзных организаций или другого представительного органа работников. Перед началом работы комиссия должна утвердить список рабочих мест, по которым будут проводить специальную оценку условий труда [2].

Важным этапом специальной оценки условий труда является отнесение условий труда на рабочем месте в зависимости от степени вредности и опасности к классу (подклассу). При осуществлении этой процедуры учитывается степень отклонения фактических значений вредных и опасных факторов, результаты исследований и измерений этих факторов и соответствующих нормативов условий труда, а также продолжительность их воздействия на сотрудников в течение рабочего дня. Классификация условий труда приведена на рис. 1.

Специальная оценка условий труда проводится в соответствии с Приказом № 33н «Об утверждении методики проведения специальной оценки условий труда» и включает три основных этапа: идентификации вредных и опасных факторов (рис.2), проведение испытаний и измерений физических значений вредных и опасных факторов и формирование выводов (рис.3).

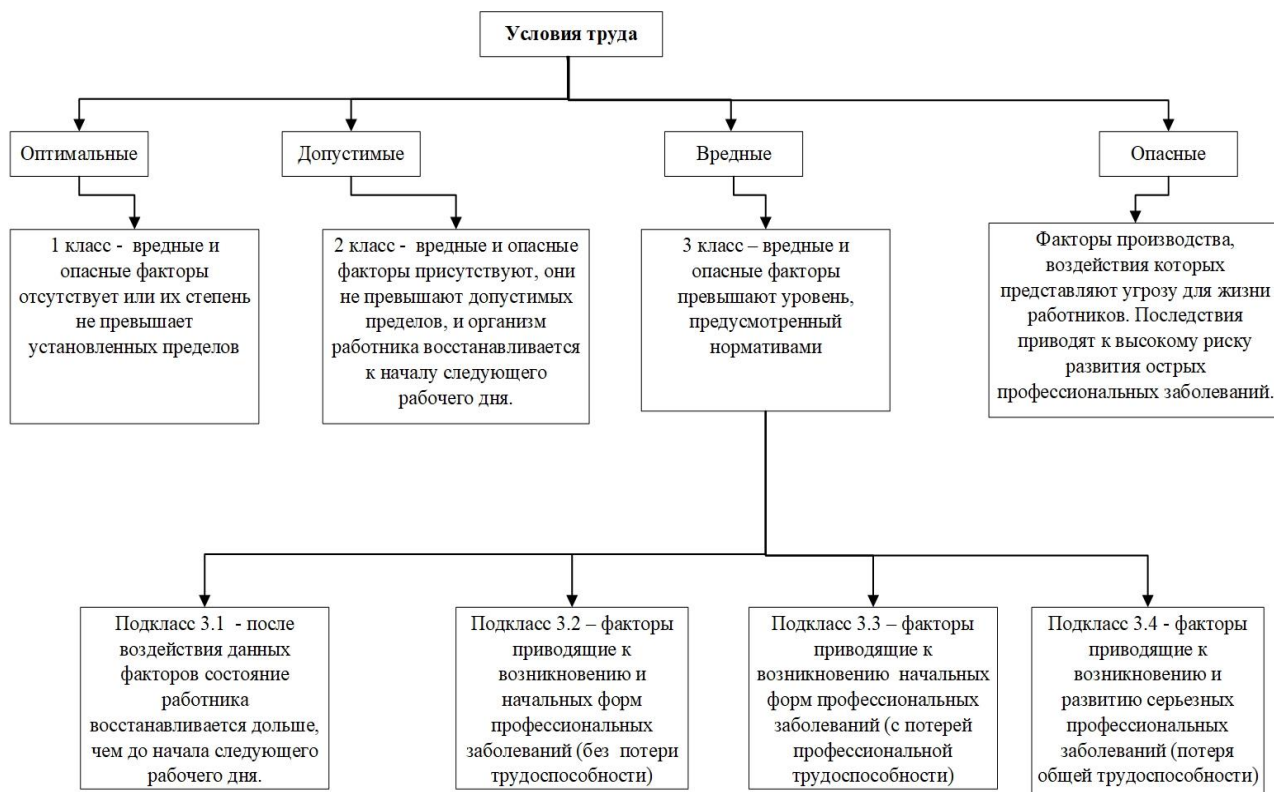


Рис. 1. Классификация условий труда

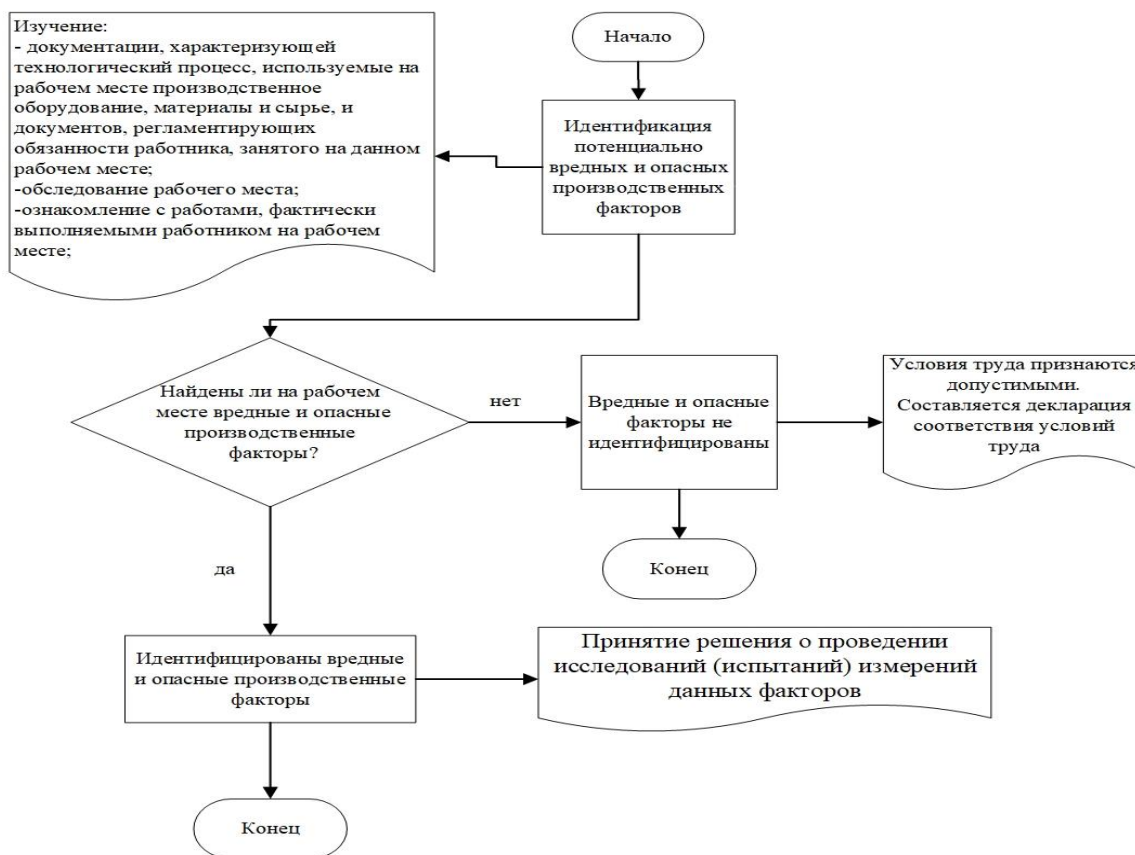


Рис. 2. Методика проведения специальной оценки условий труда

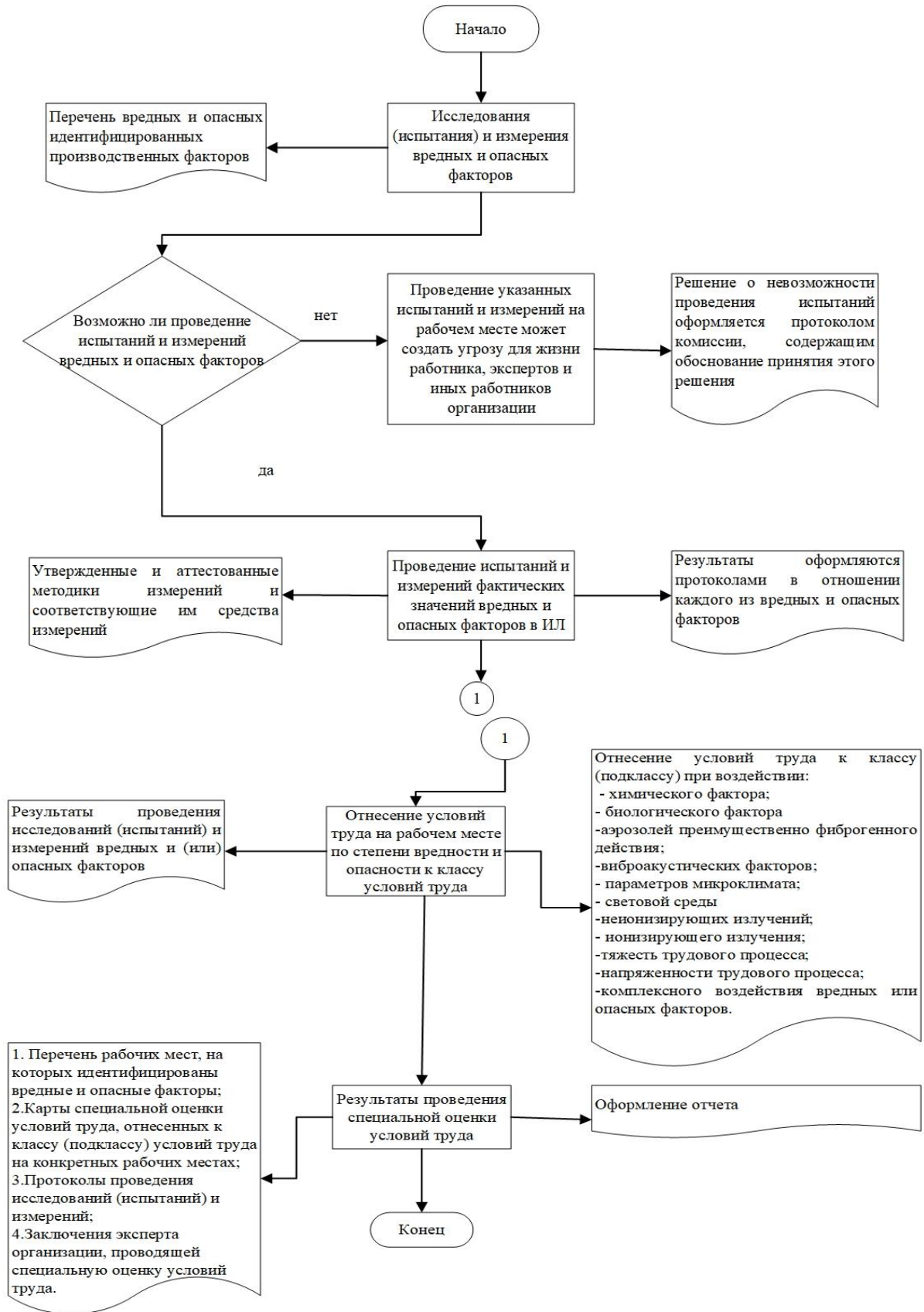


Рис. 3. Проведение испытаний и измерений физических значений вредных и опасных факторов

В ходе исследования проведен причинно-следственный анализ и разработана диаграмма Исикавы по влиянию вредных и опасных производственных факторов на человека. Содержание каждого производственного фактора представлено на диаграмме (рис. 4)

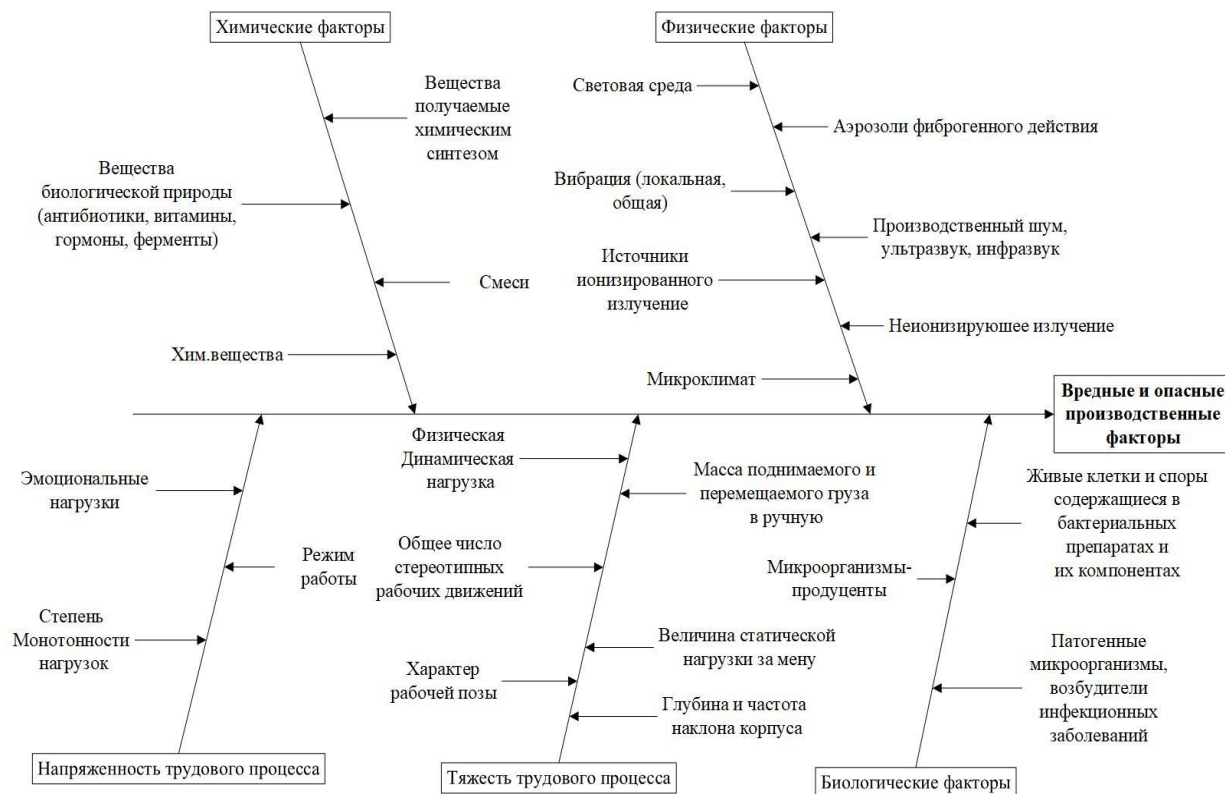


Рис. 4. Диаграмма Исикавы по влиянию вредных и опасных производственных факторов на человека

Таким образом, с помощью специальной оценки условий труда совершенствуется система управления охраной труда и промышленной безопасностью организации. Каждое рабочее место должно проходить комплексную оценку в соответствии с эргономическими, гигиеническими и техническими нормативами, а также другими требованиями, связанными с охраной труда. На рабочих местах должны использоваться современные средства индивидуальной и коллективной защиты, приборов контроля вредных и опасных веществ в рабочих зонах. Идентификация вредных и опасных с помощью специальной оценки условий труда может значительно снизить число жертв на производстве, снизить уровень производственного травматизма и сократить число работников, работающих в условиях, не соответствующих требованиям безопасных условий труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вахрушева А. В. Специальная оценка условий труда: изменения в порядке организации и проведения процедуры: Научная публикация. – Киров, 2021. 4 с.
2. Харачих Г. И., Абитова Ш. Ю., Абильтарова Э. Н. Специальная оценка условий труда: Учебное пособие. - Лань, 2019 г. 184 с.
3. Чепелев Н. И. Специальная оценка условий труда: Учебное пособие. - ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», 2019. 198 с.

УДК: 574.587

Е. А. Урекин, Т. М. Колесова

ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет»

ФОРМИРОВАНИЕ ЗООБЕНТОСНЫХ СООБЩЕСТВ МАЛЫХ РЕК ГПЗ «КОЛОГРИВСКИЙ ЛЕС» ИМ. М. Г. СИНИЦЫНА ПОД ВЛИЯНИЕМ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ *CASTOR FIBER L.*

Аннотация: в статье представлены результаты исследования биоразнообразия и количественных показателей сообществ зообентоса малых рек на территории кологривского кластера ГПЗ «Кологривский лес» им. М. Г. Сеницына. Также показана экологическая оценка состояния водной среды с помощью методов биоиндикации по показателям сообществ зообентоса. Оценена роль *Castor fiber L.* в формировании количественных и качественных показателей сообществ зообентоса и экологического состояния.

Ключевые слова: зообентос, численность, биомасса, таксономическая структура, биоиндикация, индекс Пантле-Букка, *Castor fiber L.*, малые реки, кологривский заповедник.

Е. А. Urekin, T. M. Kolesova

FORMATION OF ZOOBENTHOS COMMUNITIES OF SMALL RIVERS OF THE STATE NATURE RESERVE «KOLOGRIVSKY FOREST» NAMED AFTER M. G. SINITSYN UNDER THE INFLUENCE OF *CASTOR FIBER L.* VITAL ACTIVITY

Abstract: the article presents the results of a study of biodiversity and quantitative indicators of zoobenthos communities of small rivers on the territory of the Kologrivsky cluster of the state Nature Reserve "Kologrivsky forest" named after M. G. Sinitsyn. An ecological assessment of the state of the aquatic environment using bioindication methods based on indicators of zoobenthos communities is also shown. The role of *Castor fiber L.* in the formation of quantitative and qualitative indicators of zoobenthos communities and ecological status is assessed.

Keywords: zoobenthos, abundance, biomass, taxonomic structure, bioindication, Pantle-Buck index, *Castor fiber* L., small rivers, Kologrivsky Nature reserve.

Введение

Оценка качества водной среды является главной задачей при любых предпринимаемых действиях в области охраны водных экосистем. Своевременный прогноз позволяет выбрать оптимальную стратегию и тактику для природоохранных мероприятий [7].

Зообентос – экологическая группа гидробионтов, обитающая на поверхности грунта или в его толще. Донные беспозвоночные и их сообщества являются чувствительными индикаторами загрязнения биогенными и токсическими веществами, закисления и эвтрофикации водоемов. Использование зообентоса в качестве биоиндикации удобно в связи с доступностью учета, а также с тем, что качественный состав и структура донных гидробионтов отражают состояние экосистемы за длительный период в отличие от других групп водных беспозвоночных, которые дают экологическую оценку в конкретный момент времени [1].

Отечественные и зарубежные исследователи уделяют большое внимание экологическим проблемам малых рек, которые нередко подвергаются антропогенному загрязнению [8]. Однако помимо антропогенного воздействия в ряде регионов России становится более значимо влияние зоогенного фактора – жизнедеятельности *Castor fiber* L. [2]. В результате бобровой жизнедеятельности изменяются гидрологические и гидрохимические особенности биотопов, что приводит к переформированию сообществ гидробионтов.

Исследование влияния жизнедеятельности *C. fiber* L. на развитие сообществ зообентоса имеет большое значение для оценки состояния и изучения механизмов функционирования водных экосистем, так как *C. fiber* L. является средообразователем. Бобры строят плотины, пруды. Такие участки реки характеризуются водой с медленным течением и низким содержанием кислорода, который необходим многим зообентонтам для аэрирования дыхательных поверхностей, высоким содержанием питательных веществ, загрязнением, вызванным древесными остатками. В данном случае наблюдаются низкие количественные показатели зообентоса [2].

Целью данного исследования явилось изучение качественного и количественного состава сообществ зообентоса малых рек кологривского кластера ГПЗ «Кологривский лес» им. М. Г. Сеницына с последующей экологической оценкой как на реках с влиянием бобровой деятельности, так и без нее.

Материал и методы

Материалом для исследования послужили пробы зообентоса, отобранные в водных экосистемах малых рек заповедника. Материал собирали в июне 2021 года. Всего было отобрано 18 количественных и 18 качественных проб зообентоса, в которых обследовано 318 экземпляров зообентонтов. Отбор материала для исследования проводили на реках Сеха, Понга, Лондушка и Нелка ГПЗ «Кологривский лес» им. М. Г. Синицына.

Сбор бентосных организмов проводили по общепринятым в гидробиологии методикам [9].

При определении видовой принадлежности представителей зообентоса использовались определительные таблицы следующих авторов: С. Я. Цалолихин, В. Р. Алексеев, 2016 [6]; Б. М. Мамаев, 1972 [4]; Б. М. Мамаев и др., 1976 [5]; Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов, 1977 [3].

Для экологической оценки исследуемых водных экосистем использовали индекс сапробности Пантле-Букка (в модификации М. В. Чертопруда).

Результаты и обсуждения

На р. Сеха пробы были собраны в верхнем и среднем течениях с 5 станций, на 2 из которых имелись следы бобровой деятельности, а именно плотины. В данном случае, пробы отбирались до и после плотины по течению. Дно в местах взятия проб илистое или песчано-илистое, местами каменистое.

Пробы на р. Понга отбирали на 5 станциях в верхнем и среднем течениях. Дно, как правило, илистое, песчано-илистое или песчано-каменистое. На всех исследованных станциях следов бобровой деятельности не выявлено.

На р. Лондушка было собрано 4 пробы в среднем и нижнем течениях. Дно песчано-илистое, местами исключительно каменистое или илистое. Все точки сбора имели следы бобровой деятельности. В данном случае, пробы отбирали до и после плотины по течению. Также на одной станции пробы брали в бобровом пруду. Лишь на одной станции пробы были взяты только после плотины по течению.

Пробы на р. Нелка отбирали на 3 станциях, которые так или иначе были связаны с бобровой деятельностью. На двух точках пробы брали в бобровых прудах на расстоянии 1,5-2 м от плотины. На одной точке сборы проводили вдоль плотины, а на другой – близ бобрового канала. На обеих точках дно песчано-илистое. На третьей станции пробы брали на расстоянии 1 м до плотины по течению. Дно песчано-илистое с большим количеством растительного детрита.

В составе зообентоса за период исследования выявлено 58 видов беспозвоночных, относящихся к 5 классам: *Clitellata*, *Bivalvia*, *Gastropoda*, *Arachnida* и *Insecta*. Количество видов, обнаруженных в каждой из исследуемых рек, различно и продемонстрировано в таблице 1.

Таблица 1. Таксономическая структура изученных рек за период исследования

Река	Р. Сеха	Р. Сеха*	Р. Понга	Р. Лондушка*	Р. Нелка*
Количество видов в пробе	15	9	34	25	7
Из них:					
<i>Clitellata</i>	3 (20%)	2 (22%)	2 (5%)	4 (16%)	4 (57%)
<i>Bivalvia</i>	-	1 (11%)	3 (9%)	2 (8%)	-
<i>Gastropoda</i>	2 (13%)	1 (11%)	7 (21%)	4 (16%)	-
<i>Arachnida</i>	-	-	-	1 (4%)	-
<i>Insecta</i>	10 (67%)	5 (56%)	22 (65%)	14 (56%)	3 (43%)

Примечание:

Знаком «*» обозначены реки, места взятия проб с которых находились под влиянием *C. fiber* L.

Исходя из данных таблицы, можно сделать вывод, что наибольшее видовое разнообразие характерно для р. Понга (34 вида), представленное в большинстве *Insecta* (65%). Вероятнее всего, это связано с наиболее благоприятными условиями для формирования сообществ зообентоса в данной экосистеме: отсутствие бобровой деятельности, оптимальное содержание кислорода в реке, низкий уровень загрязнения. Меньше всего видов встречено в р. Нелка (7 видов), из которых доминирующая роль принадлежит *Clitellata* (57%), а именно *Hirudinea*. На р. Нелка, вероятно, относительно небольшое количество видов связано с негативной по отношению к бентосным сообществам деятельностью *C. fiber* L.. Пробы на этой реке собирались в бобровых прудах, которые характеризуются стоячей водой с низким уровнем растворенного кислорода, высоким содержанием питательных веществ и загрязнением, вызванным древесными остатками. В таком случае наблюдается низкое разнообразие, численность и биомасса зообентоса. В р. Сеха в местах взятия проб без влияния *C. fiber* L. количество обнаруженных видов (15 видов) больше, чем в тех местах, где это влияние наблюдалось (9 видов). В условиях влияния бобровой деятельности по сравнению с участками рек, где она отсутствует, уменьшается количество обнаруженных видов. Так, количество видов класса *Insecta* уменьшилось с 10 до 5. Бобровая деятельность оказывает негативное влияние на развитие сообществ зообентоса, уменьшая биоразнообразие и изменяя таксономическую структуру. Однако стоит отметить, что р. Лондушка занимает второе место по количеству обнаруженных видов пробах (24 вида), не смотря на наличие бобровой деятельности в каждой точке отбора. Но всё же по количеству обнаруженных видов р. Лондушка уступает р. Понга, где отсутствовало воздействие со стороны *C. fiber* L.

Изучение количественных характеристик проб зообентоса включало в себя определение показателей численности (экз./м²) и биомассы (г/м²). Количественные показатели сообществ зообентоса района исследования представлены в таблице 2. Для экспонирования влияния *C. fiber* L. на сообщества зообентоса

усреднили показатели по местам взятия проб с наличием бобровой деятельности и без нее.

Таблица 2. Значения численности (экз./м²) и биомассы (г/м²) проб зообентоса

Река	Станция	Численность (экз./м ²)	Биомасса (г/м ²)	Усредненные показатели	
				Численность (экз./м ²)	Биомасса (г/м ²)
Сеха	*Верхнее течение (Кордон «Северный»), 10 м до плотины	42	8,4	42	8,4
	*Верхнее течение (Кордон «Северный»), 30 м после плотины	116	9,5	116	9,5
	Верхнее течение (Кордон «База»)	42	24,2	84	76,9
	«Слив»	52	7,4		
	Среднее течение («Старый мост»)	158	45,3		
Понга	«Слив»	221	401,1	128	181,1
	Верхнее течение («Будка Звездочкина»)	94	9,5		
	Среднее течение («Синяя будка»)	84	327,4		
	Среднее течение («Будка Ярыгина»)	105	80,0		
	Среднее течение («Кордон»)	137	87,4		
Лондушка	*Среднее течение («Мост»), 40 м до плотины	326	251,6	326	251,6
	*Среднее течение («Мост»), 6 м после плотины	94	190,5	94	190,5
	*Нижнее течение («Кочки»), 40 м после плотины	221	127,3	221	127,3
	*«Слив», бобровый пруд	84	115,8	84	115,8
Нелка	*Плот. 1, бобровый пруд	32	44,2	32	44,2
	*Плот. 2, бобровый пруд	31	2,1	31	2,1
	*«Мельница», 1 м до плотины	42	20	42	20

Примечание:

Знаком «*» обозначены станции, где наблюдалось влияние *C. fiber* L.

По данным таблицы можно сделать вывод, что *C. fiber* L., действительно, может оказывать влияние на численность и биомассу зообентонтов.

Так, в р. Сеха происходит увеличение количественных показателей по мере отдаления от бобровой плотины. Биомасса на участках реки без воздействия *C. fiber* L. имеет более высокие средние показатели. Однако численность меньше, что, возможно, связано с наличием на участках с бобровой деятельностью видов, нетребовательных к хорошему качеству воды. На таких участках встречались личинки *Sialis*, численность которых составляла 97 экз./м². Спектр их расселения в водоемах и водотоках широк, поскольку они приспособлены к обитанию в обедненных кислородом водах.

На р. Понга численность варьировала от 84 до 221 экз/м², а биомасса – от 9,5 до 401,1 г/м². Основную биомассу составили моллюски *Viviparus contectus* Millet, *Lymnaea stagnalis* L. и *Anodonta cygnea* L.. Численно преобладали поденки *Baetis rhodani* Pictet, ручейники семейства *Limnephilidae* и, в меньшей степени, олигохеты *Enchytraeidae* Vejdovsky. Такие высокие и переменные количественные показатели, вероятно, связаны с благоприятными условиями формирования сообществ зообентоса: отсутствие бобровой деятельности, оптимальное содержание кислорода в воде, низкий уровень загрязнения.

В р. Лондушка, не смотря на наличие жизнедеятельность *C. fiber* L. на всех станциях, количественные показатели достаточно высоки. Однако можно увидеть определенные закономерности. Так, на станции «Среднее течение («Мост»)» пробы брали до и после плотины по течению реки. Оказалось, что численность и биомасса зообентонтов уменьшилась после плотины по течению, что, возможно, связано с влиянием *C. fiber* L. В бобровом пруду (станция «Слив») наблюдаются самые низкие количественные показатели, что может быть связано с отсутствием течения и, как следствие, низким содержанием растворенного в воде кислорода.

На р. Нелка обнаружены самые низкие количественные показатели проб зообентоса по всему району исследования. На двух из исследуемых точек (станции «Плот. 1, бобровый пруд» и «Плот. 2, бобровый пруд») течение вовсе отсутствует, поскольку на этих участках реки сформированы бобровые пруды. На третьей точке (станция «Мельница», 1 м до плотины») имеется плотина, которая оказывает тормозящее действие на течение, что, в свою очередь, приводит к накоплению органики и низкому содержанию растворенного в воде кислорода до плотины по течению реки.

Таким образом, влияние *C. fiber* L. в ряде случаев очевидно. Однако, как именно влияет бобровая деятельность на развитие сообществ зообентоса определить на данный момент не предоставляется возможным. Так, в р. Сеха на станциях «Верхнее течение (Кордон «Северный»), 10 м до плотины» и «Верхнее течение (Кордон «Северный»)», 30 м после плотины после плотины показатели численности и биомассы увеличиваются. Обратный эффект воздействия *C. fiber* L. на количественные показатели наблюдается в р. Лондушка (станции

«Среднее течение («Мост»), 40 м до плотины» и «Среднее течение («Мост»), 6 м после плотины»).

Для определения влияния *C. fiber* L. на качество воды проводили расчеты индекса по пробам, взятых с мест с наличием бобровой деятельности и без нее. Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты расчетов индекса Пантле-Букка

Река	Станция	Значение индекса Пантле-Букка	Класс качества
Сеха	*Верхнее течение (Кордон «Северный»), 10 м до плотины	1,86	3
	*Верхнее течение (Кордон «Северный»), 30 м после плотины	2,17	3
	Верхнее течение (Кордон «База»)	1,96	3
	«Слив»		
	Среднее течение («Старый мост»)		
Понга	«Слив»	2,23	3
	Верхнее течение («Будка Звездочкина»)		
	Среднее течение («Синяя будка»)		
	Среднее течение («Будка Ярыгина»)		
	Среднее течение («Кордон»)		
Лондушка	*Среднее течение («Мост»), 40 м до плотины	2,50	3-4
	*Среднее течение («Мост»), 6 м после плотины	2,56	4
	*Нижнее течение («Кочки»), 40 м после плотины	2,08	3
	*«Слив», бобровый пруд	2,50	3-4
Нелка	*Плот. 1, бобровый пруд	3,00	4
	*Плот. 2, бобровый пруд	2,67	4
	*«Мельница», 1 м до плотины	2,5	3-4

Примечание:

Знаком «*» обозначены станции, где наблюдалось влияние *C. fiber* L.

Исходя из данных таблицы, можно сделать вывод, что все исследованные реки имеют 3-4 класс качества (α - β -мезосапробные). Хотелось бы отметить, что в местах с бобровой деятельностью значения индексов в большинстве случаев были выше, чем на участках без нее. Это свидетельствует об относительно низком качестве воды. На реках Лондушка и Нелка, которые на каждой станции отбора проб были подвергнуты деятельности *C. fiber* L., имели по большей части 4 класс качества (α -мезосапробные). Возможно, это связано с деятельностью *C. fiber* L. на этих реках: строительство плотин, запруды. Это приводит к изменению гидрологических и гидрохимических особенностей рек и, как следствие, ухудшение качества воды и угнетение зообентосных сообществ. Также уменьшается количество растворенного в воде кислорода и, как следствие, уменьшение видов, требовательных к содержанию кислорода.

Выводы

Влияние зоогенного фактора – жизнедеятельности *C. fiber* L. – носит комплексный характер, определяющий как ухудшение сообществ зообентоса, так и улучшение. В целом, это влияние можно охарактеризовать как нарушение. В процессе внедрения *C. fiber* L. на участки рек его модифицирующая деятельность нарушение будет резким на первых этапах. С течением времени происходят постепенные изменения прибрежной полосы, гидрологических и гидрохимических характеристик реки, что, в конечном счете, приводят к изменениям в структуре зообентосных сообществ. Таким образом, влияние *C. fiber* L. нельзя с уверенностью назвать негативным или положительным по отношению к сообществам зообентоса, поскольку в ряде случаев оказываются противоположные эффекты.

Для изучения оценки состояния и механизмов функционирования водных экосистем под влиянием *C. fiber* L. необходимо дальнейшее изучение, проведение мониторинга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Безматерных Д. М.* Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири: Экология. Серия аналит. обзоров мир. лит-ры, 2007. № 85. С. 1-86.
2. *Завьялов Н.А.* Влияние речного бобра на экосистемы малых рек. М.: Наука, 2005. 356 с.
3. *Кутикова Л. А., Старобогатов Я. И.* Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 511 с.
4. *Мамаев Б. М.* Определитель насекомых по личинкам. М. : Просвещение, 1972. 400 с.
5. *Мамаев Б. М., Медведев Л. Н., Правдин Ф. Н.* Определитель насекомых европейской части СССР. М. : Просвещение, 1976. 304 с.

6. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 2. Зообентос / Под ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цалолихина. М.-СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. 457 с.

7. *Сиротина М. В.* Биоиндикация водных экосистем: учеб.-метод. Пособие. – Кострома: Костром. гос. ун-т., 2018. 224 с.

8. *Скальская И.А.* Изменение структуры зооперифитона малой реки в связи с поселениями бобров: Биология внутренних вод, 2007. № 2. С. 71-75.

9. *Чертопруд М. В.*, Чертопруд Е. С. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра европейской России. М.: Макс Пресс, 2003. 195 с.

УДК: 340.135(574)

А. Ю. Худякова

ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ БИОЛОГО-СОЦИАЛЬНОГО ХАРАКТЕРА В 2021 ГОДУ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Аннотация: биолого-социальная ЧС (ГОСТ Р 22.0.04-95) - состояние, при котором в результате возникновения источника биолого-социальной ЧС на определенной территории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, существования с/х животных и произрастания растений, возникает угроза жизни и здоровью людей, широкого распространения инфекционных болезней, потерь с/х животных и растений. ЧС биолого-социального характера обусловлены жизнедеятельностью болезнетворных (патогенных) микроорганизмов.

Ключевые слова: Инфекционные заболевания, паразитарные, короновирусная инфекция, болезни сельхозживотных, болезни леса.

A. Yu. Hudyakova

BIOLOGICAL AND SOCIAL EMERGENCIES IN 2021 IN THE CENTRAL FEDERAL DISTRICT OF THE RUSSIAN FEDERATION

Abatract: biological and social emergency (GOST R 22.0.04-95) is a condition in which, as a result of the occurrence of a source of biological and social emergencies in a certain area, the normal conditions of life and activity of people, the existence of agricultural animals and the growth of plants are violated, there is a threat life and health of people, widespread infectious diseases, losses of agricultural animals and plants. Emergencies of a biological and social nature are caused by the vital activity of pathogenic (pathogenic) microorganisms.

Keywords: Infectious diseases, parasitic, coronavirus infection, farm animal diseases, forest diseases.

Введение

Биолого-социальная ЧС (ГОСТ Р 22.0.04-95) – состояние, при котором в результате возникновения источника биолого-социальной ЧС на определенной территории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, существования с/х животных и произрастания растений, возникает угроза жизни и здоровью людей, широкого распространения инфекционных болезней, потерь с/х животных и растений. ЧС биолого-социального характера обусловлены жизнедеятельностью болезнетворных (патогенных) микроорганизмов.

В 2021 г. произошло 88 ЧС биолого-социального характера, в которых пострадали 146 чел., гибели людей не допущено (в 2020 г. – 0 чел.).

По сравнению с 2020 г. количество ЧС биолого-социального характера увеличилось на 43,33% (в 2020 г. – 60), количество пострадавших уменьшилось на 10,98% (в 2020 г. – 164 чел.).

Среди ЧС биолого-социального характера в 2021 г. наибольшее количество составили ЧС, связанные с инфекционными заболеваниями сельскохозяйственных животных (81 ЧС – 94,18%, в 2020 г. – 58 ЧС).

Сведения, по данным МЧС России, о количестве ЧС биолого-социального характера и субъектах Российской Федерации, в которых они произошли, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Сведения о количестве ЧС биолого-социального характера в федеральных округах и субъектах Российской Федерации

Федеральный округ	Количество ЧС биолого-социального характера, ед.	Субъекты РФ, в которых произошли ЧС биолого-социального характера, их количество, ед.
ЦФО	38	Костромская область – 7, Владимирская область – 6, Калужская область – 5, Брянская область – 3, Ярославская область – 3, Ивановская область – 2, Курская область – 2, Смоленская область – 2, Тамбовская область – 2, Белгородская область – 1, Воронежская область – 1, Липецкая область – 1, Орловская область – 1, Тверская область – 1, Тульская область – 1
СЗФО	2	Республика Коми – 1, Псковская область – 1
ЮФО	2	Краснодарский край – 1, Ростовская область – 1
СКФО	2	Ставропольский край – 2
ПФО	24	Республика Башкортостан – 7, Нижегород-

Федеральный округ	Количество ЧС биолого-социального характера, ед.	Субъекты РФ, в которых произошли ЧС биолого-социального характера, их количество, ед.
		ская область – 6, Республика Марий Эл – 4, Пермский край – 3, Кировская область – 1, Пензенская область – 1, Самарская область – 1, Саратовская область – 1
УФО	5	Свердловская область – 2, Тюменская область – 1, Челябинская область – 1, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра – 1
СФО	1	Республика Тыва – 1
ДВФО	14	Приморский край – 9, Забайкальский край – 2, Хабаровский край – 2, Амурская область – 1
Итого:	88	37 субъектов РФ

Как видно из таблицы, больше всего биолого-социальных ЧС произошло на территории Центрального федерального округа (ЦФО). Поэтому рассмотрим далее биолого-социальные ЧС, произошедшие на территории ЦФО, причины возникновения и меры по предупреждению и ликвидации.

Инфекционные, паразитарные болезни и отравления людей

ЧС эпидемического характера в 2021 году на территории Центрального региона не зарегистрировано, но эпидемиологическая обстановка оставалась сложной.

Для предотвращения ЧС эпидемического характера были реализованы мероприятия по санитарной охране территории ЦФО от завоза и распространения инфекций, на которые распространяются международные медико-санитарные правила (ММСП), разработан алгоритм действий при выявлении каждого случая острого инфекционного заболевания. Проводился эпидемиологический мониторинг за заболеваемостью особо опасными инфекциями (ООИ), за движением лиц, пересекающих государственную границу Российской Федерации из стран, неблагополучных по инфекциям, на которые распространяются ММСП.

В то же время, причинами вспышек острых кишечных инфекций послужили некачественные пищевые продукты, нарушения технологии их приготовления, а также факторы, связанные с продолжающимся загрязнением источников водоснабжения, плохим содержанием и несвоевременным ремонтом систем водопровода и канализации.

В 2021 году зафиксировано снижение числа заболевших различными болезнями (ГРИПП, ОРВИ, ОРЗ, корь и т.д.) по отношению к 2020 году. Это обусловлено тем, что на территории ЦФО преобладало распространение новой ко-

ронавирусной инфекции, а также исполнение населением требований Роспотребнадзора.

Организованная работа по обеспечению необходимого охвата населения иммунизацией против гриппа, профилактике острых кишечных заболеваний, вирусных гепатитов, коклюша, туберкулеза, природно-очаговых инфекций, кори, ОРВИ, необходимой иммунизации против COVID-19 предотвратила эпидемический характер заболеваний.

Между тем не исключалась возможность ввоза и распространение носителей карантинных инфекционных заболеваний людей, животных автомобильным и железнодорожным транспортом, а также вследствие биологического терроризма.

Вместе с тем ситуация, связанная с угрозой биологического терроризма показывает неготовность в ряде субъектов городских и районных ЦГСЭН к оперативной работе, диагностике инфекционных заболеваний в условиях ЧС, в связи с недостатком оборудования и средств. Основная причина - многолетний дефицит федерального, регионального финансирования. В таблице 2 приводятся сведения о массовых заболеваниях людей.

Таблица 2. Сведения о массовых инфекционных, паразитарных заболеваниях и отравлениях людей

Федеральный округ, субъект Российской Федерации	Инфекционные заболевания и отравления людей	Количество групповых заболеваний, ед.		Количество неблагополучных районов, ед.		Число потерь населения, чел.			
		2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	Заболело		Умерло	
						2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
ЦФО Белгородская область	Инфекционные	4	3	2	3	92	51	0	0
	Паразитарные	0	0	0	0	0	0	0	0
	Пищевая токсикоинфекция	0	0	0	0	0	0	0	0
	Прочие отравления	0	0	0	0	0	0	0	0
ЦФО Брянская область	Инфекционные	0	0	0	0	67	67	0	0
	Паразитарные	0	0	0	0	0	0	0	0
	Пищевая токсикоинфекция	0	0	0	0	0	0	0	0
	Прочие отравления	0	0	0	0	0	0	0	0
ЦФО Владимирская область	Инфекционные	0	0	0	0	0	0	0	0
	Паразитарные	0	0	0	0	0	0	0	0
	Пищевая токсикоинфекция	0	0	0	0	0	0	0	0
	Прочие отравления	0	0	0	0	0	0	0	0
ЦФО Воро- нежская область	Инфекционные	103	78	38	29	1713	1387	2	0
	Паразитарные	0	0	0	0	0	0	0	0
	Пищевая токсикоинфекция	0	3	0	1	0	11	0	0

РАЗДЕЛ 2. БИОЛОГИЯ, ЭКОЛОГИЯ И ЧЕЛОВЕК

Федеральный округ, субъект Российской Федерации	Инфекционные заболевания и отравления людей	Количество групповых заболеваний, ед.		Количество неблагоприятных районов, ед.		Число потерь населения, чел.			
		2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	Заболело		Умерло	
						2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
	Прочие отравления	2	39	1	7	2	59	0	4
ЦФО, Ивановская область	Инфекционные	0	0	0	0	0	0	0	0
	Паразитарные	0	0	0	0	0	0	0	0
	Пищевая токсикоинфекция	0	0	0	0	0	0	0	0
	Прочие отравления	0	0	0	0	0	0	0	0
ЦФО, Калужская область	Инфекционные	7	0	4	0	263	0	2	0
	Паразитарные	0	0	0	0	0	0	0	0
	Пищевая токсикоинфекция	0	0	0	0	0	0	0	0
	Прочие отравления	0	0	0	0	0	0	0	0
ЦФО, Костромская область	Инфекционные	0	0	0	0	21513 4	294714	0	0
	Паразитарные	0	0	0	0	708	703	0	0
	Пищевая токсикоинфекция	0	0	0	0	0	0	0	0
	Прочие отравления	0	0	0	0	0	0	0	0
ЦФО, Курская область	Инфекционные	0	0	4	4	15	15	0	0
	Паразитарные	0	0	0	0	0	0	0	0
	Пищевая токсикоинфекция	0	0	0	0	0	0	0	0
	Прочие отравления	0	0	0	0	0	0	0	0
ЦФО, Липецкая область	Инфекционные	153	135	20	20	1563	1074	0	0
	Паразитарные	0	0	0	0	0	0	0	0
	Пищевая токсикоинфекция	0	0	0	0	0	0	0	0
	Прочие отравления	0	2	0	2	0	5	0	1
ЦФО, Московская область	Инфекционные	4	1	1	1	12	12	0	0
	Паразитарные	0	0	0	0	0	0	0	0
	Пищевая токсикоинфекция	6	1	1	1	1	1	0	0
	Прочие отравления	28	22	16	16	49	49	38	38
ЦФО, Орловская область	Инфекционные	19	33	11	11	1332	1332	1	1
	Паразитарные	0	0	0	0	0	0	0	0
	Пищевая токсикоинфекция	0	0	0	0	0	0	0	0
	Прочие отравления	0	0	0	0	41	41	30	30
ЦФО, Рязанская область	Инфекционные	10	15	6	6	69	69	-	-
	Паразитарные	0	0	0	0	0	0	0	0

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Федеральный округ, субъект Российской Федерации	Инфекционные заболевания и отравления людей	Количество групповых заболеваний, ед.		Количество неблагополучных районов, ед.		Число потерь населения, чел.			
		2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	Заболело		Умерло	
						2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
	Пищевая токсикоинфекция	0	0	0	0	0	0	0	0
	Прочие отравления	0	0	0	0	0	0	0	0
ЦФО, Смоленская область	Инфекционные	0	5	27	27	17315	17315	337	337
	Паразитарные	0	0	0	0	0	0	0	0
	Пищевая токсикоинфекция	0	0	0	0	0	0	0	0
	Прочие отравления	0	0	0	0	0	0	0	0
ЦФО, Тамбовская область	Инфекционные	3	25	12	12	671	671	1	1
	Паразитарные	0	0	0	0	0	0	0	0
	Пищевая токсикоинфекция	0	0	0	0	0	0	0	0
	Прочие отравления	0	0	0	0	0	0	0	0
ЦФО, Тверская область	Инфекционные	-	-	42	42	22 269	22 269	453	453
	Паразитарные	0	0	0	0	0	0	0	0
	Пищевая токсикоинфекция	0	0	0	0	0	0	0	0
	Прочие отравления	0	0	0	0	0	0	0	0
ЦФО, Тульская область	Инфекционные	143	579	0	0	22845	22845	750	750
	Паразитарные	0	0	0	0	0	0	0	0
	Пищевая токсикоинфекция	0	0	0	0	0	0	0	0
	Прочие отравления	0	0	0	0	0	0	0	0
ЦФО, Ярославская область	Инфекционные	5	10	3	3	364	364	0	0
	Паразитарные	0	0	0	0	0	0	0	0
	Пищевая токсикоинфекция	0	0	0	0	0	0	0	0
	Прочие отравления	0	0	0	0	0	0	0	0
ЦФО, Москва	Инфекционные	0	0	0	0	0	0	0	0
	Паразитарные	0	0	0	0	0	0	0	0
	Пищевая токсикоинфекция	0	0	0	0	0	0	0	0
	Прочие отравления	0	0	0	0	0	0	0	0
ЦФО, ИТОГО:	Инфекционные	405069	327824	148	148	392204	392204	1605	1605
	Паразитарные	0	0	0	0	0	0	0	0
	Пищевая токсикоинфекция	7	1	1	1	1	1	0	0
	Прочие отравления	30	77	28	28	174	174	81	81

Коронавирусная инфекция COVID-19

Главный государственный санитарный врач Российской Федерации постановлением от 24.01.2020 № 2 «О дополнительных мероприятиях по недопущению завоза и распространения новой коронавирусной инфекции, вызванной 2019 – nCoV» обязал организовать комплекс превентивных и профилактических мероприятий на территориях субъектов Российской Федерации.

В ЦФО 27 января 2020 года был создан оперативный штаб по взаимодействию профильных органов исполнительной власти для выработки мер по предупреждению завоза и распространения новой коронавирусной инфекции на территории Российской Федерации, а именно:

- вводились ограничения на передвижение граждан между регионами, а также режимы нерабочих дней и самоизоляции;
- организовывались кампании по вакцинации граждан против новой коронавирусной инфекции;
- организованы специализированные койко-места, для тяжелых больных с подтвержденным диагнозом COVID-19, оборудованные специализированной техникой для мониторинга состояния и поддержания, в случае необходимости, дыхательных функций;
- продолжались профилактические мероприятия в отношении лиц, прибывающих на территорию федерального округа, в том числе из заграничных поездок, а также с контактными лицами дома и на производстве.

Всего с начала пандемии на территории ЦФО было выявлено свыше 3424726 случаев заболевания. Из них 30% выявлено в 2020 году.

Активно велась пропаганда профилактических мер борьбы с распространением коронавирусной инфекции:

- организовано информирование населения через средства массовой информации о COVID-19;
- разъяснялись правила ношения масок для защиты органов дыхания, применение дезинфицирующих средства;
- разъяснялась необходимость соблюдения социальной дистанции (1,5-2 м от человека) в период обострения заболеваемости;
- организовано доведение до коллективов взрослых и детей правил организации деятельности в период роста заболеваемости COVID-19 через сайты Управлений, Департаментов, органов местного самоуправления, учреждений и организаций.
- информирование руководителей бизнес сообществ, а также всех типов образовательных учреждений.

Особо опасные болезни сельскохозяйственных животных и рыб

В 2021 году на территории ЦФО зарегистрированы такие заболевания сельскохозяйственных животных как: африканская чума свиней, бешенство, лептоспироз и др. (таблица 3).

Таблица 3. Сведения об инфекционных, паразитарных и зоонозных заболеваниях животных и птицы

Субъект РФ	Наименование инфекционных и наиболее опасных заболеваний животных и птицы	Количество чрезвычайных ситуаций, ед.		Количество животных, птиц (тыс. голов)			
		2020 г.	2021 г.	Заболело		Пало	
				2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
ЦФО	Бешенство, нозематоз, африканская чума свиней, бруцеллез собак, варроатоз, инфекционная анемия лошадей (ИНАН), лейкоз крупного рогатого скота, инфекционный эпидидимит, пастереллез крупного рогатого скота, сальмонеллез птиц, бруцеллез мелкого рогатого скота, листериоз, оспа овец и коз, бешенство собак, кошек, орнитоз, вирусная геморрагическая болезнь кроликов, бешенство (дикие звери), бешенство (МРС), узелковый дерматит	739	533	41302,4	2846,5	40953,7	81541,3

Высокий уровень заболеваемости бешенством наблюдается по всей территории ЦФО, в 2020 году на территории округа 88 % заболеваемость бешенством животных протекала среди диких плотоядных.

В 2021 году значительно снизилось количество вспышек бешенства животных, в большей части - это дикие животные (63%): енотовидные собаки, лисицы и один волк. Во всех случаях, кроме одного (волк) дикие животные, больные бешенством, заходили на территорию населенных пунктов, в личные подворья граждан. И как следствие были заражены домашние животные.

На территориях устанавливались ограничительные мероприятия (карантин). Противоэпизоотические мероприятия по ликвидации и профилактике заболевания проведены в полном объеме.

В настоящее время разносчиком вируса бешенства в природе на территории ЦФО является красная лисица и енотовидная собака, в популяции которых вирус может поддерживаться неопределенно долго. От численности и

плотности населения этих животных зависят масштабы и интенсивность заболеваний.

Следует помнить, что бешенством болеют все млекопитающие животные, в том числе сельскохозяйственные и дикие травоядные (лоси, кабаны, олени и др.), которые могут являться потенциально больными бешенством, при этом, не проявляя признаков агрессии.

В населенных пунктах поддерживать бешенство могут безнадзорные собаки, кошки и грызуны. Интенсивность возникновения бешенства среди домашних животных находится в прямой зависимости от уровня их иммунизации против бешенства.

Заболеемость африканской чумой свиней (АЧС) остается высокой, причиной заболеваемости является занос вируса АЧС из неблагополучных регионов Российской Федерации при несанкционированном ввозе живых животных, животноводческой продукции и кормов.

Государственной ветеринарной службой субъектов Российской Федерации ЦФО проводится постоянный мониторинг АЧС среди домашних свиней, свиноводческой продукции и кабанов. Осуществляется мониторинг охотничьих угодий области с целью выявления погибших кабанов, а также особей с признаками заболевания АЧС.

В областях ЦФО действуют целевые программы по обеспечению эпизоотического благополучия территории по африканской чуме свиней, бешенству и другим заразным и особо опасным болезням животных на 2016-2022 годы, в рамках которых осуществляется укрепление материально-технической базы учреждений для предотвращения возникновения и ликвидации заболеваемости животных АЧС, бешенством и другими заразными и особо опасными болезнями животных.

В целях недопущения заноса инфекционных заболеваний в ЦФО организовано:

- взаимодействие между областями по вопросу контроля ввозимой продукции;
- на базах хранения и предприятиях переработки животноводческой продукции осуществляется государственной ветеринарной контроль;
- проводится информационное оповещение о мерах по предупреждению и недопущению распространения заразных, особо опасных болезней животных путем распространения листовок и памяток (ежегодно более 2000 экз.);
- еженедельно размещается информация об изменении эпизоотической ситуации в Российской Федерации и ЦФО.

Проводилась работа по предотвращению ЧС и улучшению неблагоприятной обстановки по следующим основным направлениям:

- вакцинация домашних и диких животных;
- мониторинг «городского» бешенства и бешенства в дикой природе;
- регулирование численности диких плотоядных животных;
- отлов безнадзорных собак на территории муниципальных образований;

- нормативно-правовое регулирование;
- информирование населения об опасности бешенства.

С целью контроля эпизоотической ситуации по бешенству и принятия мер по предотвращению распространения заболевания на территории округа ежегодно проводится эпизоотический мониторинг и мониторинг на заразные болезни животных.

В целях профилактики возникновения случаев заболевания бешенством людей проводится комплекс работ среди диких плотоядных животных посредством депопуляции их численности и проведения кампании по антирабической иммунизации диких плотоядных животных в осенне-зимний и зимне-весенний периоды.

Карантинные и особо опасные болезни и вредители сельскохозяйственных растений и леса

Эпифитотий и вспышек массового размножения наиболее опасных болезней и вредителей сельскохозяйственных растений на территории Центрального федерального округа в 2021 году не отмечено.

Основными причинами проявления болезней растений в 2021 году явились: достаточный запас семенной и почвенной инфекции, несоблюдение севооборотов, нарушение агротехнических приемов в технологии возделывания и высокая насыщенность севооборотов зерновыми культурами (таблица 4).

Таблица 4. Сведения о распространении наиболее опасных болезней и вредителей сельскохозяйственных растений и леса

Субъект РФ	Болезни и вредители сельскохозяйственных растений и леса	Количество чрезвычайных ситуаций (очагов), ед.		Площадь очагов, тыс. га	
		2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
ЦФО	Бактериальный ожог плодовых культур, шарка слив, западный цветочный трипе, американская белая бабочка, золотистая картофельная нематода, ясеневая изумрудная златка, вредители сельскохозяйственных растений, болезни леса, корневая губка, сосновый шелкопряд, болезни сельскохозяйственных растений (пятнистости, ржавчина, септориоз, фитофтороз картофеля), саранчовые, луговой мотылек, клоп-вредная черепашка,	2282	1851	274230,7	259994,7

Субъект РФ	Болезни и вредители сельскохозяйственных растений и леса	Количество чрезвычайных ситуаций (очагов), ед.		Площадь очагов, тыс. га	
		2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
	зерновые колосовые культуры, колорадский жук, мышевидные грызуны, зерновые клопы, мышевидные грызуны, непарный шелкопряд				

В 2021 году на территории лесного фонда округа не зафиксированы вспышки активности вредителей и болезней леса. Фитосанитарное состояние лесных насаждений лесного фонда субъекта оценивается как удовлетворительное. Возникновение очагов вредителей и болезней леса, их распространение, не прогнозируется.

В целом эпидемическая обстановка в 2021 г. по инфекционной заболеваемости (за исключением новой коронавирусной инфекции COVID-19) оценивалась как благополучная. Среди возможных причин тенденции снижения заболеваемости по отдельным формам инфекционных заболеваний следует назвать введенный в связи с пандемией COVID-19 комплекс санитарно-противоэпидемических мероприятий, в том числе использование масок, обработка рук кожными антисептиками, соблюдение социальной дистанции, усиление дезинфекционного режима, снижение межличностных контактов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2019 г.: государственный доклад. – М.: МЧС России; ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2020. – 260 с.
2. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 году». - М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021. - 288 с. ISBN 978-5-6045734-4-0.

УДК: 543.31

А. С. Цветков¹, С. А. Буймова¹, А. Г. Бубнов^{1,2}, С. Д. Буймов³

¹ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

²Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

³МБОУ СШ № 28 г. Иваново

БЕЗОПАСНОСТЬ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В ВЕНДИНГОВЫХ АППАРАТАХ

Аннотация: в работе приведено описание образцов питьевой воды из вендинговых аппаратов г. Иваново, а также сравнение полученных экспериментальных данных химического состава воды с информацией, представленной производителями на водоматах. Оценено различное влияние химических соединений, обнаруженных в пробах воды, на организм человека и рассчитаны показатели риска.

Ключевые слова: безопасность, качество, вода, риск, вендинговый аппарат, химический анализ, поллютанты.

A. S. Tsvetkov, S. A. Buymova, A. G. Bubnov, S. D. Buimov

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF DRINKING WATER IN VENDING MACHINES

Abstract: the paper provides a description of samples of drinking water from vending machines in Ivanovo, as well as a comparison of the obtained experimental data on the chemical composition of water with the information provided by manufacturers on vending machines. Various effects of chemical compounds found in water samples on the human body were assessed and risk indicators were calculated.

Keywords: safety, quality, water, risk, vending machine, chemical analysis, pollutants.

Проблема качества источников питьевой воды в настоящее время стала одной из самых актуальных проблем человечества. Различные загрязняющие вещества последние десятилетия были обнаружены не только в поверхностных водных объектах, но и в глубоких артезианских резервуарах и скважинах, вода из которых поставляется для продажи в вендинговые аппараты, которые становятся в последние годы достаточно популярны из-за своего удобства и доступности.

В связи с этим работы являлся контроль качества питьевой воды в вендинговых аппаратах.

В соответствии с целью работы поставлены следующие задачи:

- выполнить описание образцов питьевой воды, приобретенной в вендинговых аппаратах различных торговых марок, составить схематичное расположение водоматов на карте г. Иваново и области;
- провести сравнительную характеристику химического состава образцов питьевой воды на основе протоколов испытаний, представленных производителями;
- провести сравнительную характеристику полученных экспериментальных данных о химическом составе воды с информацией, представленной на вендинговом аппарате;
- рассчитать показатели риска по различным методикам на основе полученных экспериментальных данных, характеризующих состав образцов воды.

На территории г. Иваново функционируют вендинговые аппараты по продаже питьевой воды нескольких марок: «Родн. Здоров. Прир. Артезиан. вода», «Прир. источ. Чист. Артезиан. вода» и «Источ. здоров. Чист. вода». (табл. 1). Источником водозабора первых двух являются артезианские скважины, вендинговые аппараты третьей марки подключены к централизованной системе водоснабжения г. Иваново.

Таблица 1. Исследованные образцы питьевой воды из вендинговых аппаратов

Торговая марка	Производитель, страна	Максимальный объём тары, л.	Стоимость одной упаковки, руб.	Стоимость одного литра, руб.	Срок годности, мес.
«Родн. здоров. Прир. Артезиан. вода»	ИП Толмачева А.В., Россия	19	95	5	12
«Прир. источ. Чист. Артезиан. вода»	ООО «Природная вода», Россия	19	95	5	12
«Источ. здоров. Чист. вода»	ИП САБАНИН В.Б., Россия	19	57	3	6

Схематичное расположение вендинговых аппаратов указанных выше марок представлено на рис. 1.

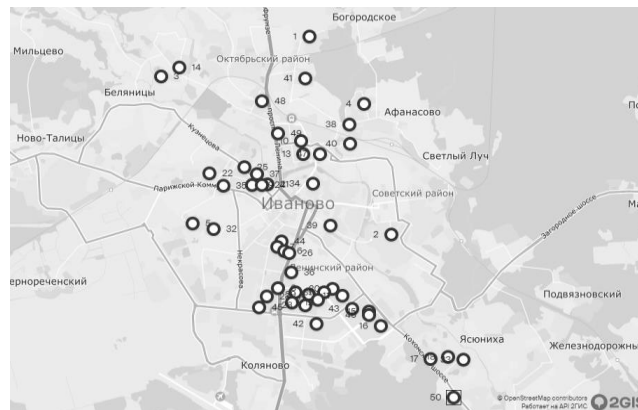
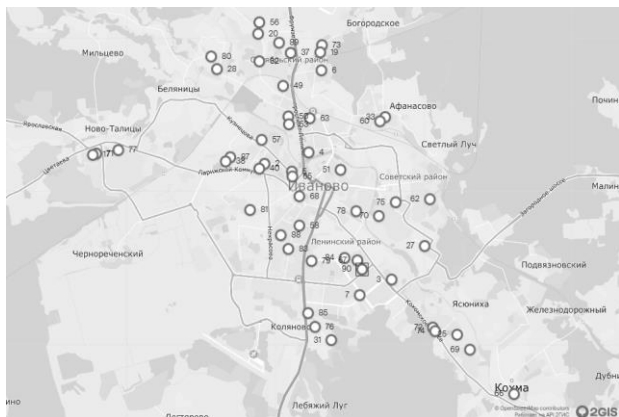
Перед поступлением в вендинговые аппараты осуществляется контроль химического состава артезианской воды, о чем свидетельствуют протоколы лабораторных испытаний, представленные на водоматах. Поскольку протоколы испытаний были датированы 2018 годом, в работе проводился подробный химический и микробиологический анализ данных проб воды на наличие различ-

ных загрязнителей. Образцы воды питьевой из вендинговых аппаратов были отобраны в холодный и теплый периоды 2021 и 2022 гг.

Все пробы были проанализированы по 14 показателям: NO_2^- , NH_4^+ , Cl^- , Al^{3+} , $\text{Fe}_{\text{общ}}$, SO_4^{2-} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , общая жесткость и pH.

(а)

(б)



(в)



Рис. 1. Схематичное расположение вендинговых аппаратов различных марок: а – "Родн. здоров. Прир. Артезиан. вода» (90 водоматов в городах Иваново и Кохма); б – "Прир. источ. Чист. артезиан. вода» (50 водоматов в городах Иваново и Кохма); в – "Источ. здоров. Чист. вода» (8 водоматов в г. Иваново)

Результаты проведенного эксперимента показали, что наблюдались превышения значений ПДК_{пит} по содержанию соединений Fe (на уровне от 1,1 до 1,83 долей ПДК_{пит}) во всех проанализированных пробах воды. Для образца марки «Источ. здоров. Чист. вода» содержание Cl^- находилось на уровне 1,04 ПДК_{пит}.

Кроме того, было выявлено несоответствие по содержанию NO_2^- и SO_4^{2-} в образцах воды марки «Прир. источ. Чист. Артезиан. вода» (в протоколах испытаний на водоматах указано заниженное значение данных показателей). Отметим, что качество воды непостоянно и меняется в разные периоды года, не смотря на то, что вода для некоторых вендинговых аппаратов отбирается из артезианских скважин.

Повышенное содержание $Fe_{\text{общ}}$ в питьевой воде оказывает негативное влияние на почки, печень, ЖКТ, может вызывать гемохроматоз (поражение тканей), а также аллергические реакции. Превышение Cl^- в потребляемой человеком питьевой воде может оказывать негативное влияние на сердечно-сосудистую систему, пищеварительно-кишечный тракт, может способствовать развитию новообразований, мочекаменной и почечнокаменной болезни. Повышенное содержание NO_2^- и SO_4^{2-} , может привести к различным аллергическим реакциям, нарушению работы щитовидной железы и нервной системы, также вызвать раздражение ЖКТ, слизистых оболочек носа, рта, глаз.

Кроме физико-химических показателей качества, пробы воды питьевой контролировали по микробиологическим показателям. В эксперименте определяли общее микробное число (количество мезофильных аэробных и факультативных анаэробных микроорганизмов), которое показывает общую обсемененность пробы и высокую вероятность наличия патогенной микрофлоры. Пробы воды для микробиологического анализа были отобраны в соответствии с ГОСТ 31942-2012 (ISO 19458:2006) [1]. Исследование отобранных проб питьевой воды проводились в соответствии с МУК 4.2.1018-01 [2].

Результаты микробиологического анализа показали несоответствие нормативным требованиям всех отобранных проб воды из водоматов по общему микробному числу (рис. 2). Поэтому применение такой воды без предварительной обработки (как минимум кипячения) не рекомендуется.

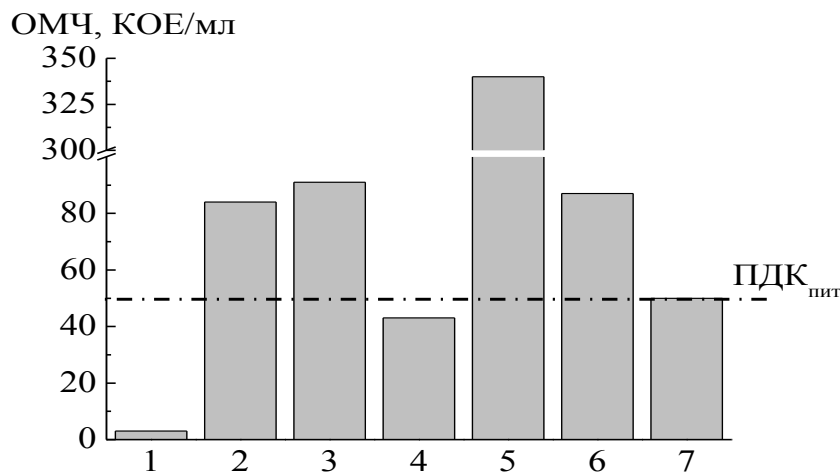


Рис. 2. Результаты микробиологического анализа проб воды из вендинговых аппаратов

- 1 – «Родник здоровья. Природная артезианская вода» г. Иваново, ул. Батурина, 17;
- 2 – «Природный источник. Чистая артезианская вода» г. Иваново, ул. Громобоя, 25;
- 3 – «Природный источник. Чистая артезианская вода» г. Иваново, ул. Дунаева, 40;
- 4 – «Природный источник. Чистая артезианская вода» г. Иваново, ул. Ушакова 1-ая, 70;
- 5 – «Природный источник. Чистая артезианская вода» г. Иваново, ул. Поэта Ноздрина, 11;
- 6 – «Источник здоровья. Чистая вода» г. Иваново, ул. Садовая, 36;
- 7 – ПДК_{пит} = 50 КОЕ/мл.

По полученным в ходе эксперимента значениям химического состава воды был проведён расчёт риска для здоровья населения согласно Р 2.1.10.1920-04 [3], а именно:

- риск развития неблагоприятных органолептических эффектов (немедленного действия);
- риск развития длительной (хронической) интоксикации;
- риск специфического действия (канцерогенных эффектов);
- общетоксический суммарный риск.

В расчете риска немедленного действия учитывались вещества с органолептическим признаком вредности (ЛПВ): Cl^- , SO_4^{2-} , NO_2^- , Zn^{2+} , $\text{Fe}_{\text{общ}}$ (и др.); при расчете риска хронической интоксикации – вещества с органолептическим и санитарно-токсикологическим ЛПВ, а также соединения, обладающие канцерогенными свойствами (NH_4^+ , Ni^{2+} , Al^{3+} и т.п.).

Результаты расчётов величин риска представлены на рис. 3.

Полученные результаты можно представить в виде табл. 2.

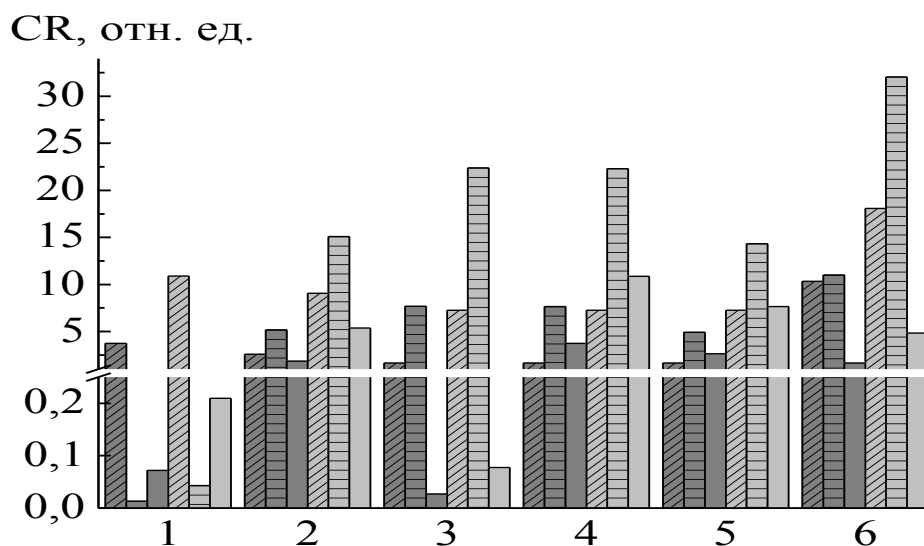


Рис. 3. Значения показателей риска для различных групп населения

1 — «Родник здоровья. Природная артезианская вода» г. Иваново, ул. Батурина, 17;

2 — «Природный источник. Чистая артезианская вода» г. Иваново, ул. Громобоя, 25;

3 — «Природный источник. Чистая артезианская вода» г. Иваново, ул. Дунаева, 40;

4 — «Природный источник. Чистая артезианская вода» г. Иваново, ул. Ушакова 1-ая, 70;

5 — «Природный источник. Чистая артезианская вода» г. Иваново, ул. Поэта Ноздрина, 11;

6 — «Источник здоровья. Чистая вода» г. Иваново, ул. Садовая, 36;

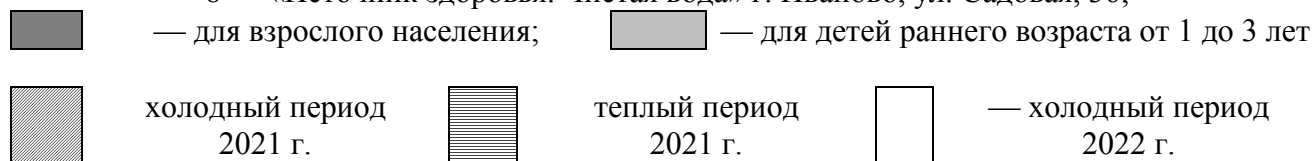


Таблица 2. Величина уровня риска от употребления воды из вендинговых аппаратов

Наименование торговой марки	Возраст	2021 г.		2022 г.
		Холодный период	Теплый период	Холодный период
«Родник здоровья. Природная артезианская вода» г. Иваново, ул. Батурина, 17	Взрослые	удовлетворительный	приемлемый	приемлемый
	Дети (от 1 до 3 лет)	удовлетворительный	приемлемый	приемлемый
«Природный источник. Чистая артезианская вода» г. Иваново, ул. Громобоя, 25	Взрослые	удовлетворительный	удовлетворительный	приемлемый
	Дети (от 1 до 3 лет)	удовлетворительный	удовлетворительный	удовлетворительный
«Природный источник. Чистая артезианская вода» г. Иваново, ул. Дунаева, 40	Взрослые	приемлемый	удовлетворительный	приемлемый
	Дети (от 1 до 3 лет)	удовлетворительный	неудовлетворительный	приемлемый
«Природный источник. Чистая артезианская вода» г. Иваново, ул. Ушакова 1-ая, 70	Взрослые	приемлемый	удовлетворительный	удовлетворительный
	Дети (от 1 до 3 лет)	удовлетворительный	неудовлетворительный	удовлетворительный
«Природный источник. Чистая артезианская вода» г. Иваново, ул. Поэта Ноздрина, 11	Взрослые	приемлемый	удовлетворительный	удовлетворительный
	Дети (от 1 до 3 лет)	удовлетворительный	удовлетворительный	удовлетворительный
«Источник здоровья. Чистая вода» г. Иваново, ул. Садовая, 36	Взрослые	удовлетворительный	удовлетворительный	приемлемый
	Дети (от 1 до 3 лет)	неудовлетворительный	неудовлетворительный	удовлетворительный

Оцененные в работе величины экономического ущерба и индивидуальных рисков (при хроническом воздействии) от перорального употребления исследованных образцов воды питьевой можно отнести к средним и высоким. В связи с этим можно рекомендовать дополнительную очистку и обеззараживание воды в вендинговых аппаратах.

Выводы:

1. Проведена сравнительная характеристика химического состава образцов питьевой воды на основе протоколов испытаний, представленных производителями, с результатами, полученными в ходе проведения эксперимента. Выявлено, что в протоколах испытаний (2018 г.) представлены заниженные значения некоторых показателей. Химический анализ образцов, проводимый в 2021 и 2022 гг. показал повышенное содержание соединений железа и несоответствие проб воды по микробиологическим показателям.

2. Рассчитаны показатели риска по двум методикам (Р 2.1.10.1920-04 и ДонНТУ) на основе полученных экспериментальных данных. Данная оценка может быть использована для сравнительной характеристики качества образцов питьевой воды различного происхождения и обоснованием проведения мероприятий по реконструкции вендинговых аппаратов, а также рекомендаций для производителей и компаний, обслуживающих водоматы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 31942-2012 (ISO 19458:2006) «Вода. Отбор проб для микробиологического анализа (Переиздание)» от 12.12.2012 № 31942-2012 // Официальное издание. М.: Стандартинформ. - 2019 г. - с изм. и допол. в ред. от 01.01.2014.

2. МУК 4.2.1018-01 «Санитарно-микробиологический анализ питьевой воды (с Изменениями N 1,2)» от 09.02.2001 № 4.2.1018-01 // официальное издание Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, Москва. - 2001 г. - с изм. и допол. в ред. от 01.07.2001.

3. «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» от 05.03.2004 № 2.1.10.1920-04. - М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. - 2004 год г. - с изм. и допол. в ред. от 05.03.2004.

УДК: 581.4+581.5

О. Ж. Цырендоржиева

Сахалинский государственный университет

**ФАНЕРОФИТЫ И ХАМЕФИТЫ В СОСТАВЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ
ПАРКА КУЛЬТУРЫ И ОТДЫХА им. Ю. А. ГАГАРИНА
г. ЮЖНО-САХАЛИНСК**

Аннотация: в статье рассматривается видовое разнообразие фанерофитов и хамефитов городского парка культуры и отдыха областного центра Сахалинской области. Дается классификация по отношению к экологическим факторам среды.

Ключевые слова: фанерофиты, хамефиты, растительность, сциофиты, гелиофиты, деревья, лианы, экологические факторы.

O. Zh. Tsyrendorzhiyeva

**FANEROPHYTES AND CHAMEPHYTES IN THE COMPOSITION OF VEGETATION
OF THE PARK OF CULTURE AND RECREATION THEM. YU. A. GAGARIN,
YUZHNO-SAKHALINSK**

Abstract: The article considers the species diversity of phanerophytes and chamephytes of the city park of culture and recreation of the regional center of the Sakhalin region. The classification in relation to environmental factors is given.

Keywords: phanerophytes, chamephytes, vegetation, sciophytes, trees, lianas, environmental factors.

Флора Сахалинской области уникальна. Она насчитывает более 2000 видов растений (Баркалов, Таран, 2004). Основным растительным богатством Сахалина является лес, темнохвойная елово-пихтовая тайга. Богатство и разнообразие растительного мира области позволяют широко его использовать. К сожалению, с начала 30-х годов прошлого столетия леса острова Сахалина подвергались рубкам, а также лесным пожарам. Сегодня лес занимает свыше 43 тыс. км², или более половины всей территории острова (территория Сахалина около 78 тыс. кв. км), доля гарей от общей площади лесов составляет 4,97 %, а доля вырубок - 2,2 % (Ивашинников, 2002).

Территория городского парка культуры и отдыха имени Ю. Гагарина расположена в южной части острова Сахалин в окрестностях г. Южно-Сахалинска. В целом южная часть о. Сахалин характеризуется следующими природно-климатическими особенностями: по рельефу относится к южному гористому району, горы имеют небольшую высоту и сильно рассечены; юг Сахалина от-

носится к Южно-Сахалинской климатической области, здесь отмечается активная циклоническая деятельность, большое количество как летних, так и зимних осадков (годовая сумма осадков 990-1110 мм); Сусунайская низменность имеет некоторые черты континентальности климата и отличается сравнительно холодной зимой, годовая суммарная радиация достигает 110 ккал/см; лето прохладное, самым теплым месяцем является август, его средняя температура 18°C. Продолжительность активного вегетационного периода равняется 120 дней.

Особый интерес вызывают древесные растения, произрастающие вокруг нас. Поэтому интересным стало изучить видовой состав фанерофитов парка культуры и отдыха им. Ю. Гагарина, расположенного в черте г. Южно-Сахалинска. Городской парк культуры и отдыха – самый уникальный из всех парков Дальнего Востока, являющейся многопрофильным творческим центром индустрии отдыха и развлечений в условиях природной среды. Он начинает свою вековую историю еще в период японской оккупации Южного Сахалина. Здесь наблюдается как видовое разнообразие древесных растений, так и встречается достаточно большое количество их жизненных форм.

Цель исследования: составить список фанерофитов и хамефитов парка культуры и отдыха им. Ю. А. Гагарина и провести их экологический анализ.

Для реализации данной цели необходимо было решить следующие **задачи:**

- 1) маршрутным методом обследовать зеленую зону парковой территории;
- 2) выявить видовое разнообразие фанерофитов и хамефитов;
- 3) провести экологический анализ их по отношению к свету, влаге и почве.

Исследования по изучению фанерофитов и хамефитов парка культуры и отдыха им. Ю.А. Гагарина проводили в период 2020-2021 гг. Был проведен анализ видовой состав фанерофитов и хамефитов: распределение по семействам и родам, а также жизненным формам (Толмачев, 1956, 1959; Воробьев, 1968) и экологическим группам.

Результаты. Видовой состав фанерофитов парковой зоны достаточно разнообразен. Общий флористический список фанерофитов включает 28 видов высших сосудистых растений из 11 семейств и 20 родов. К ведущим семействам относятся: *Pinaceae* – 7, *Rosaceae* – 5, *Betulaceae* – 4, что характерно для бореально-умеренных флор Голарктики (Толмачев, 1974), далее *Salicaceae* – 3, *Aceraceae* – 2, *Celastraceae*, *Taxaceae*, *Saxifragaceae*, *Actinidiaceae*, *Magnoliaceae* – по 1 виду. 28 видов фанерофитов парка культуры и отдыха им. Ю. А. Гагарина включают 19 деревьев, 7 кустарников и 2 вида лиан.

Из выявленных 28 видов фанерофитов на долю хвойных приходится 8 видов и на лиственных - 20. Среди хвойных пород можно выделить темнохвойные: 4 вида – Ель аянская – *Picea ajanensis* (Siebold ex Zucc.), *Picea abies* (L.), *Abies sachalinensis* (F. Schmidt Mast.), *Taxus cuspidate* (Siebold et Zucc. ex Endl.)

и светлохвойные (3 вида – *Larix cajanderi* (Mayr), *Pinus pumila* (Pall.) Regel, *Pinus sylvéstris* (L.) породы фанерофитов.

Видовой состав хамефитов парка культуры и отдыха им. Ю.А. Гагарина большим многообразием не отличается. В ходе маршрутных исследований выявлено 11 видов, принадлежавших к 10 родам и 7 семействам. 3 семейства представлены 2 родами: *Ericaceae*, *Brassicáceae*, *Saxifragaceae*. Численно значительно преобладают одновидовые роды (в списке их больше половины от общего числа родов). Это общее свойство всех бореальных флор, следствие их миграционного характера (Баранова, 2000; Паринова, 2010).

По отношению к экологическим факторам наибольшее число видов относится к факультативным гелиофитам – 15 видов (*Sorbus commixta*, *Sorbus sambucifolia*, *Sorbaria sorbifolia*, *Crataegus chlorosarca*, *Populus Maximowiczii*, *Sáliz cáprea*, *Alnus hirsuta*, *Ulmus laciniata*, *Alnus maximowiczii*, *Acer pictum*, *Acer ukurunduense*, *Ribes sachalinense*, *Actinidia kolomikta*, *Schizandra chinensis* и др.); 7 видов – к гелиофитам *Rosa amblyotis*, *Cornus alba*, *Betula tauschii*, *Betula ermanii* и др.) и 5 видов к сциофитам *Euonymus macroptera*, *Piceae ajanensis*, *Picea ábies*, *Abies sachalinensis*, *Taxus cuspidata*.

Свет для зеленых растений является одним из основных экологических факторов. По отношению к этому экологическому фактору хамефиты, произрастающие на территории городского парка распределены следующим образом: сциофитов выявлено всего 7 видов, факультативных гелиофитов – 4 вида и светолюбивых не выявлено.

В связи с неравномерным увлажнением почвы на территории парка встречаются фанерофиты достаточно сильно увлажненных мест обитания (гигромезофиты), умеренно увлажненных мест обитания (мезофиты), достаточно засушливых мест обитания (ксеромезофиты) По отношению к влаге наибольшее число исследуемых фанерофитов – 20 видов относятся к мезофитам (*Rosa amblyotis*, *Sorbus commixta*, *Sorbus sambucifolia*, *Sorbaria sorbifolia*, *Crataegus chlorosarca*, *Euonymus macroptera*, *Cornus alba*, *Populus Maximowiczii*, *Betula tauschii*, *Betula ermanii*, *Ulmus laciniata*, *Piceae ajanensis*, *Picea ábies*, *Abies sachalinensis*, *Taxus cuspidate*, *Acer pictum*, *Acer ukurunduense*, *Ribes sachalinense*, *Actinidia kolomikta*, *Schizandra chinensis*), 5 видов – к гигромезофитам (*Salix sachalinensis*, *Sáliz cáprea*, *Alnus hirsute*, *Alnus maximowiczii*, *Larix cajanderi*,) и 2 вида – к ксеромезофитам (*Pinus pumila* *Pinus sylvéstris*).

По отношению к влаге хамефиты распределены следующим образом: гигромезофитов – 3 и мезофитов – 8 видов.

По всей территории парка распространены почвы с невысоким уровнем плодородия. Фанерофиты района исследования по отношению к плодородию почв делятся на две группы: олиготрофы и мезотрофы Анализ показал, что мезотрофов среди фанерофитов наибольшее – 24 вида (*Rosa amblyotis*, *Sorbus commixta*, *Sorbus sambucifolia*, *Sorbaria sorbifolia*, *Crataegus chlorosarca*, *Euonymus macroptera*, *Cornus alba*, *Populus Maximowiczii*, *Salix sachalinensis*, *Sáliz cáprea*, *Betula tauschii*, *Betula ermanii*, *Alnus hirsuta*, *Ulmus laciniata*, *Alnus*

maximowiczii, *Piceae ajanensis*, *Picea abies*, *Abies sachalinensis*, *Taxus cuspidata*, *Acer pictum*, *Acer ukurunduense*, *Ribes sachalinense*, *Actinidia kolomikta*, *Schizandra chinensis*) и всего 3 вида олиготрофов (*Larix cajanderi*, *Pinus pumila*, *Pinus sylvéstris*).

Выводы

Видовой состав фанерофитов парка культуры и отдыха им. Ю.А. Гагарина достаточно разнообразен: 28 видов, принадлежавших к 20 родам и 11 семействам, среди которых наибольшим количеством видов обладают семейства: *Pinaceae* – 7; *Rosaceae*, *Betulaceae* насчитывают 5 видов, *Betulaceae* – 4 вида, *Salicaceae* – 3, *Aceraceae* – 2, *Celastraceae*, *Taxaceae*, *Saxifragaceae*, *Actinidiaceae*, *Magnoliaceae* – по 1 виду.

Фанерофиты парка культуры и отдыха им. Ю. А. Гагарина включают 19 деревьев, 7 кустарников и 2 лианы. На долю хвойных – 8 видов (*Piceae ajanensis*, *Picea abies*, *Abies sachalinensis*, *Taxus cuspidate*, *Larix cajanderi*, *Pinus pumila*, *Pinus sylvéstris*) и лиственные 20 видов (*Rosa amblyotis*, *Sorbus commixta*, *Sorbus sambucifolia*, *Sorbaria sorbifolia*, *Crataegus chlorosarca*, *Euonymus macroptera*, *Cornus alba*, *Populus Maximowiczii*, *Salix sachalinensis*, *Salix caprea*, *Betula tauschii*, *Betula ermanii*, *Alnus hirsuta*, *Ulmus laciniata*, *Alnus maximowiczii*, *Acer pictum*, *Acer ukurunduense*, *Ribes sachalinense*, *Actinidia kolomikta*, *Schizandra chinensis*).

Видовой состав хамефитов парка культуры и отдыха им. Ю.А. Гагарина большим многообразием не отличается. В ходе маршрутных исследований было выявлено 11 видов, принадлежавших к 10 родам и 7 семействам.

По отношению к свету среди фанерофитов наибольшее число видов относится к факультативным гелиофитам - 15; 7 – к гелиофитам и 5 видов к сциофитам. А среди хамефитов: сциофитов выявлено 7 видов, факультативных гелиофитов – 4 и светолюбивых не выявлено.

По отношению к влаге наибольшее число исследуемых фанерофитов (20 видов) относятся к мезофитам, 5 видов – к гигромезофитам и 3 вида – к ксеромезофитам.

По отношению к почве среди фанерофитов мезотрофов наибольшее число видов - 24 вида и всего 3 вида олиготрофов. По отношению к кислотности почвы все фанерофиты – ацидофилы.

В целом фанерофиты и хамефиты городского парка, представлены типичными представителями растительности южной части Сахалина. Среди них встречаются все основные лесообразующие хвойные (ель, пихта, лиственница) и лиственные виды (тополь, березы, ивы). Кроме этого в составе древесных видов много кустарников (клен, смородина, шиповник) и даже два вида лиан (актинидия и лимонник).

Древесные виды, к которым относятся фанерофиты и хамефиты в значительной мере определяют внешний облик городского парка. Среди них имеются представители различных экологических групп, которые формируют непо-

вторичный растительный покров парка, создавая привлекательные условия для отдыха жителей и гостей нашего города.

В дальнейшем планируем исследовать зеленый массив парковой зоны для оценки жизненного и экологического состояния объектов исследования, а также рассмотреть разнообразие травянистых видов растений, акцентируя внимание на ядовитых и редких исчезающих видов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баркалов В.Ю., Таран А.А. Список видов сосудистых растений острова Сахалин // Растительный и животный мир острова Сахалин (Материалы международного сахалинского проекта). – Владивосток: Дальнаука, 2004. – ч.1. -С. 39-66.
2. Воробьев Д.П. Дикорастущие деревья и кустарники Дальнего Востока. – Л.: Наука, 1968. – 277 с.
3. Воронов А.Г. Геоботаника. Учеб. Пособие для ун-тов и пед. ин-тов. Изд. 2-е. М.: Высш. шк., 1973. 384 с
4. Ворошилов В.И. Определитель растений советского Дальнего Востока. – М.: Наука, 1982. – 672 с.
5. Иващенко Ю.К. Физическая география Дальнего Востока России. – Владивосток: Изд-во Дальневосточного университета, 1999. – 322 с.
6. Толмачев А.И. Деревья, кустарники, деревянистые лианы Сахалина. – М., Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1956. – 172 с.
7. Толмачев А.И. О флоре острова Сахалина. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1959. – 103 с.
8. Толмачев А.И. Геоботаническое районирование острова Сахалина. М.; Л., 1955. 78 с.
9. Еремин В.М., Цырендоржиева О.Ж. Сравнительная анатомия лиан Сахалина и Курил. Южно-Сахалинск, 2007. 173 с.
10. Усенко Н.В. Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока. – Хабаровск, 1969. – 415 с.

УДК: 630.432

В. В. Чеберяк
ДВПСА МЧС России

ВЛИЯНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Аннотация: лес считается одним из наиболее важных и незаменимых ресурсов, а лесные пожары представляют постоянную угрозу экологическим системам, инфраструктуре и экологическим аспектам сообщества. Лесные пожары оказывают серьезное воздействие на все компоненты природной экосистемы, особенно на загряз-

нение воздуха, баланс поверхностных вод, почвы, гибель диких видов животных и изменение микроклимата. Исследование воздействия лесных пожаров на экосистемы является очень актуальной проблемой, особенно в условиях изменения климата. В данной статье проанализировано негативное влияние лесных пожаров на окружающую среду.

Ключевые слова: экология, лесные пожары, изменение климата, почвы, леса, пожар, окружающая среда.

V. V. Cheberyak

THE IMPACT OF FOREST FIRES ON THE ENVIRONMENT

Abstract: the forest is considered one of the most important and irreplaceable resources, and forest fires pose a constant threat to ecological systems, infrastructure and environmental aspects of the community. Forest fires have a serious impact on all components of the natural ecosystem, especially on air pollution, the balance of surface waters, soil, the death of wild animal species and changes in the microclimate. The study of the impact of forest fires on ecosystems is a very urgent problem, especially in the context of climate change. This article analyzes the negative impact of forest fires on the environment.

Keywords: ecology, forest fires, climate change, soils, forests, fire, environment.

Лесной пожар является частью природы. Он играет ключевую роль в формировании экосистем, выступая в качестве агента обновления и изменений. Но огонь может быть смертельным, разрушая дома, среду обитания диких животных и древесину, а также загрязняя воздух выбросами, вредными для здоровья человека. Огонь также выделяет углекислый газ, который является один из главных парниковых газов. Воздействие пожара зависит от условий леса до пожара и действий по управлению, предпринятых или не предпринятых после пожара, и может быть длительным.

Проблема возникновения пожаров и минимизации их последствий носит глобальный характер, ведь ежегодно на Земле происходит около 7 миллионов пожаров. В Российской Федерации среднегодовое количество лесных пожаров составляет около 8 тыс. до 40 тыс. лесных пожаров, охватывающих площади от 500 тыс. до 18,2 млн гектаров. Наиболее уязвимые зоны расположены в Сибири и на Дальнем Востоке.

Увеличение антропогенных воздействий приводит к увеличению частоты лесных пожаров. Основными причинами возникновения лесных пожаров являются: интенсивный характер доступа населения к лесным угодьям, тесное размещение населенных пунктов и рекреационных объектов, местные транспортные и климатические условия. Распространение пожаров зависит от состояния и структуры растений и скорости ветра. Большинство пожаров происходит в лесах вблизи крупных мегаполисов [1,2].

Среди наземных пожаров наиболее опасными являются лесные пожары, которые ответственны за уничтожение дикой природы, размывание почвы и изменение речного баланса. Лесные пожары являются наиболее серьезным явлением в окружающей среде, которое приводит к значительным экономическим и экологическим последствиям.

Лесные пожары являются причиной снижения водохозяйственной, почвообрабатывающей, санитарной, климатической и экологической функций леса в природных экосистемах. Уничтожение прибрежных лесов приводит к застою берегов рек и заиливанию [2].

Экологические эффекты после лесных пожаров основаны на загрязнении воздуха углекислым газом и пиролизными продуктами из легковоспламеняющихся древесных материалов и сжигании кислорода. Углекислый газ занимает основное место в массовой концентрации антропогенного загрязнения. Экологическая значимость процессов горения углерода и разложения органики зависит от масштаба пожара и времени, необходимого для восстановления растительности [2].

Сажа, которая в основном представляет собой свободный углерод и продукты неполного сжигания древесины, включает различные органические компоненты с большим количеством фенольных соединений, обладающих мутагенными и канцерогенными свойствами, выбрасываются в воздух от лесных пожаров.

Задымленный воздух приводит к ухудшению поверхностного микроклимата, увеличивает туманные дни и снижает пропускаемость атмосферы, из-за этого видимость, яркость и ультрафиолетовое излучение ослабевает.

Лесные пожары оказывают влияние на снижение радиационного баланса, увеличение тепла также влияет на почву, изменение турбулентности теплового потока и усиление конвекции. Из-за большой площади поврежденных лесов их насчитывается более 100 га. Следствием этого может стать локальное изменение климата.

Выбросы тепла и дыма от крупных лесных пожаров изменяют динамику атмосферы, процесс рециркуляции воздуха и погодные условия в некоторых регионах. Особенности ландшафта на отдельных территориях, расположенных в долинах и межгорных котловинах, формируются из-за застоя воздушных масс, четкого направления ветра и длительных периодов спокойной погоды, вызывающих интенсивные и длительные периоды задымленности от лесных пожаров, что создает серьезные угрозы здоровью населения.

Огромные объемы загрязняющих элементов сбрасываются в водные объекты с поверхностным стоком из лесных массивов после пожаров [5].

Периоды максимума и пика пожаров часто совпадают с летним маловодным периодом. Это особенно опасно для малых рек, поскольку может вызвать сток и даже привести к гибели людей [4, 5].

Лесные насаждения оказывают влияние на качество поверхностного стока и оказывают влияние на температурный баланс водных объектов. Лес создает переход между поверхностным стоком и землей, а также снижает критические нагрузки поверхностного стока [3, 4].

Жизнеспособность микроорганизмов снижается с увеличением загрязнения тяжелыми металлами. Исследования [3] показали, что загрязнение почвы тяжелыми металлами серьезно влияет на структуры сообщества микроорганизмов. В соответствии с выводами исследования отмечена отрицательная корреляция с биомассой почвенных микробов и концентрацией тяжелых металлов.

Исследования [3] показывают, что присутствие тяжелых металлов обычно является причиной снижения дыхания почвы и наблюдается отрицательная корреляция между дыханием почвенных микробов и концентрацией тяжелых металлов.

Лесные пожары уничтожают большие площади леса, что создает риск нарушения экологической устойчивости малых рек и повышает риск затопления, поэтому реализация мероприятий по снижению этого негативного воздействия на формирование водных экосистем является актуальной задачей [6, 7].

Лесные пожары несут ответственность за загрязнение почвы химическими веществами, включая тяжелые металлы, которые приводят к деградации экосистем.

Загрязнение почв тяжелыми металлами представляет угрозу для растений, животных, поверхностных и подземных вод и здоровья человека [6, 7].

Микроорганизмы играют одну из важнейших ролей в обеспечении устойчивого уровня продуктивности почв путем разложения органического вещества и утилизации питательных веществ. Но их количество может быть уменьшено такими стрессовыми факторами, как экстремальные температуры, минерализация, химическое загрязнение [7].

После повышения концентрации тяжелых металлов из-за лесного пожара они были смыты ливневыми и тальными водами на водные объекты. В связи с этим целесообразна разработка мероприятий по защите водной экосистемы от поверхностных сточных вод после лесного пожара.

Природная пожарная опасность лесных массивов определяется их возрастным и породным составом. Высокая пожарная опасность присутствует в лесах, пораженных вредителями и болезнями, которые вызвано резкими климатическими изменениями последних лет. Климатические изменения провоцируют массовое размножение вредителей и распространение болезней. Кроме того, леса ослаблены промышленным загрязнением.

Изменения в политике управления земельными ресурсами, включая лесное хозяйство, необходимы для повышения устойчивости лесов и других экосистем к воздействию пожаров в контексте изменения климата, особенно в районах, подверженных пожароопасности. Они также могут служить для выявления областей, где пожарный риск может быть повышен при рассмотрении раз-

личных сценариев изменения климата, и для принятия превентивных мер пожарной безопасности.

Чтобы улучшить состояние борьбы с лесными пожарами необходимо четко определить распределение обязанностей, способствовать эффективному сотрудничеству между федеральными, региональными и местными органами власти, участвующими в тушении пожаров и обеспечить надлежащую подготовку персонала и наличие достаточных финансовых ресурсов. Политика борьбы с пожарами должна быть перенесена на общественную арену, поскольку люди являются основным источником лесных пожаров в стране. Однако такие изменения требуют доступа общественности к надежным, точным и полным данным о лесных пожарах и их негативном воздействии на окружающую среду.

Что мы можем сделать, предотвращая лесной пожар. Все мы слышали выражение: «Береги лес от пожара». Принимая превентивные меры, мы можем помочь в успешной ликвидации или снижении риска и количества лесных пожаров. Первый шаг в предотвращении лесного пожара – это никогда не оставлять огонь без присмотра. Полностью потушите огонь, прежде чем покинуть место отдыха. Будьте внимательны к тому, где вы выбрасываете горящие спички, сигареты, любые тлеющие предметы и следите за тем, чтобы они никогда не попадали на землю. Если вы устраиваете костер, держите поблизости лопату, воду, чтобы предотвратить любую возможную вероятность возникновения пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Исаева Л. К.* Экология пожаров, техногенных и природных катастроф: учебное пособие. - М.: Академия ГПС МВД России, 2001. 301 с.
2. *Исаева Л. К.* Пожары и окружающая среда [Текст] / Л.К. Исаева. - М.: Изд. Дом «Калан». 2001. 222 с.
3. *Литвиненко Л. В., Гордеева В.А.* Влияние тяжелых металлов на жизнеспособность целлюлозоразрушающих бактерий в условиях многолетнего техногенного загрязнения дерново-луговых почв // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2017. № 2, Ч. III. С. 50-54.
4. *Орловский С. Н.* Борьба с лесными, степными и торфяными пожарами. LAMBERT Academic Publishing. ФРГ, 2016. 493 с.
5. *Ходаков В. Е., Жарикова М. В.* Лесные пожары: методы исследования. – Херсон: Гринь Д.С., 2011. 470 с.
6. *Шарагин А. М.* Влияние лесных пожаров на экологическую ситуацию: Успехи современного естествознания, 2011. № 7. 236-236 с.
7. *Щербов Б. Л.* Лесные пожары и их последствия/ Б.Л. Щербов –Новосибирск: Академ. Изд. Гео, 2015. 211с.

РАЗДЕЛ 3

ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ПЕДАГОГИКИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

УДК 614.841

А. А. Аппакова, Т. А. Мочалова, О. Е. Сторонкина

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ФОРМИРОВАНИЕ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ УЧАЩИХСЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ ПОСРЕДСТВОМ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ДЕТСКОЙ ШАЛОСТИ С ОГНЕМ

Аннотация: в статье описаны некоторые современные формы и методы проведения противопожарной пропаганды; сформулированы предложения по разработке методики обучения учащихся начальных и средних классов мерам пожарной безопасности в период распространения коронавирусной инфекции с использованием дистанционных методов обучения.

Ключевые слова: противопожарная пропаганда, дистанционные методы обучения, флешмоб, интерактивная выставка, онлайн-урок.

A. A. Appakova, T. A. Mochalova, O. E. Storonkina

FORMING A SAFETY CULTURE OF STUDENTS IN GENERAL EDUCATIONAL ORGANIZATIONS THROUGH THE APPLICATION OF MODERN EDUCATIONAL METHODS TO PREVENT CHILDREN'S PRANKS WITH FIRE

Abstract: the article describes some modern forms and methods of fire prevention propaganda; proposals were formulated to develop a methodology for teaching primary and secondary school students fire safety measures during the spread of coronavirus infection using distance learning methods.

Keywords: fire prevention propaganda, distance learning methods, flash mob, interactive exhibition, online lesson.

В настоящее время проблема обеспечения безопасности жизнедеятельности остается актуальной. Государственная политика направлена на снижение рисков возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера [1]. Одним из наиболее часто встречающихся видов чрезвычайных ситуаций являются пожары. Показатели числа пожаров и погибших при них взрослого и детского населения напрямую зависят от уровня пожарно-

технических знаний каждого человека, от отношения граждан к проблеме существования пожаров и безопасности жизнедеятельности. Поскольку человеческий фактор имеет решающее значение в проблеме возникновения пожаров, необходимо изменить общественное сознание, применяя соответствующие профилактические формы воздействия и передовые информационные технологии. К таким формам относятся противопожарная пропаганда, обучение мерам пожарной безопасности, информирование о мерах пожарной безопасности, являющиеся на протяжении уже многих лет приоритетными направлениями государственной политики в области обеспечения пожарной безопасности.

Целью данной работы является разработка эффективной методики обучения учащихся начальных и средних классов мерам пожарной безопасности в период распространения коронавирусной инфекции с использованием дистанционных форм обучения.

Область деятельности противопожарной пропаганды настолько объемна, что на местах можно постоянно развивать и совершенствовать ее формы, используя при этом самые различные средства с учетом социальных, национальных и природных особенностей местности. К этой работе также могут быть привлечены журналисты и блогеры. Необходимо более активно использовать возможности средств массовой информации. От качества подготовленных материалов и правильной организации их размещения, в том числе и в средствах массовой информации, во многом зависит и достижение искомого результата. Пропагандистские тексты должны не только привлечь внимание и возбудить интерес читателей, слушателей, зрителей, но и побудить их к оценке представленных фактов, готовности к действиям, направленным на обеспечение как собственной, так и коллективной безопасности. Важно нащупать ту мотивацию, которая способна побудить человека к соответствующим действиям [2].

Формы противопожарной пропаганды постоянно совершенствуются, появляются их новые разновидности. В настоящее время активно используются такие современные формы, как мастер-классы, флешмобы, форумы, форматы «Диалог на равных», интерактивные выставки.

Один из примеров проведения профилактических мероприятий в формате флешмобов, это VII Всероссийский пожарно-спасательный флешмоб «Пожарные покатушки на коньках», стартовавший в феврале 2018 года на главном катке страны на территории ВДНХ (г. Москва). К данному мероприятию присоединились также сотрудники огнеборцы и спасатели республики Чувашия, работники ВДПО, студенты техникумов и колледжей, учащиеся школ. Все они вышли на центральный каток города Чебоксары. Участники флешмоба провели эстафету на коньках, опробовали себя в силовом многоборье – первенстве по кроссфиту. Для детей брандмейстеры устроили увлекательные «пожарные» состязания на «ватрушках». После спортивного турнира на льду ребята вспомнили и закрепили основные правила безопасности, повторили номера экстренных служб.

В муниципальных образованиях республики Чувашия также имеются интересные примеры проведения флешмобов. Так, в декабре 2018 года пожарные Чувашии присоединились к Всероссийскому музыкальному флешмобу «МЧС дарит музыку!». Масштабная акция, приуроченная к профессиональному празднику – Дню спасателя Российской Федерации, состоялась в одном из торгово-развлекательных центров города Чебоксары. На сцене выступил инструментальный ансамбль Главного управления МЧС России по Чувашской Республике «Служу Отечеству». Пока взрослые знакомились с творчеством артистов-огнеборцев, юные горожане дружно повторяли правила безопасности. Вместе со спасателями ребята примеряли боевую одежду пожарных, учили азы безопасности жизнедеятельности и участвовали в тематических конкурсах.

По сути, проводимые флешмоб-акции в большей степени относятся к агитационной работе. Позитивная роль флешмоб-акций заключается в том, что они одновременно дают возможность и творческого самовыражения, и массовой активизации населения для выражения общественных интересов к сфере обеспечения пожарной безопасности.

В мире существует множество форматов пособий для изучения пожарной безопасности детьми и подростками, но, самая эффективная форма учебного процесса – интерактивные выставки.

В 2019 году в детском парке им. А.Г. Николаева г. Чебоксары состоялась интерактивная выставка «Я-пожарный», которую организовали и провели сотрудники МЧС России в рамках городского праздника «Первоклассный день». Юные горожане смогли поближе познакомиться с профессией пожарного, примерить на себе боевую одежду брандмейстеров, повторить элементарные правила пожарной безопасности. Через игры ребенок познает азы пожарной безопасности, также через игру, легко и с удовольствием, можно осваивать и самые сложные компетенции.

Одной из современных форм пожарной пропаганды является проведение встреч с учащимися образовательных учреждений муниципальных образований Чувашии «Диалог на равных» - проект Федерального агентства по делам молодежи, который реализуется в рамках нацпроекта «Образование». Формат такого диалога подразумевает живое общение, в ходе которого дети могут обмениваться вопросами и мнениями в рамках обеспечения культуры безопасности. Это помогает спикеру проще выстроить контакт с аудиторией, а участникам – задать все интересующие вопросы.

В целях повышения эффективности пропаганды пожарной безопасности с детьми предлагаем организовать проведение теоретических и практических занятий на базе Центра противопожарной пропаганды и общественных связей г. Чебоксары. Проводить уроки, беседы, инструктажи будут сотрудники Главного управления МЧС России по Республике Чувашии, ветераны пожарной охраны и работники ВДПО Чувашии.

С целью предотвращения распространения коронавирусной инфекции (COVID-19) нами будет разработана методика проведения сотрудниками Главного управления онлайн-уроков ОБЖ с использованием видеоконференцсвязи (ZOOM, Скайп и пр.). На уроках планируется продемонстрировать практические способы применения огнетушителя, надевания боевой одежды пожарного, порядок тушения лесных пожаров, оказания помощи пострадавшему в случае потери сознания (использование манекена «Максим») и получения ожогов, травм. С целью лучшего усвоения и запоминания правил пожарной безопасности, истории пожарной охраны, сотрудниками Центра противопожарной пропаганды и общественных связей г. Чебоксары теоретическая база будет сопровождаться также демонстрацией макетов и экспонатов пожарного музея, включая все 3 зала (исторический зал, зал профилактики, зал службы и автоматики). Школьники смогут освоить элементарные правила пожарной безопасности и, в случае необходимости применить их.

Благодаря современным технологиям возможность подключиться одновременно к онлайн-уроку появится сразу у нескольких классов образовательных учреждений муниципальных образований Чувашии. Данная возможность позволит повысить культурный, интеллектуальный и нравственный потенциал детей в вопросах обеспечения комплексной, в том числе и пожарной безопасности.

Разработанная методика позволит сформировать у детей умения и навыки, необходимые для моментального реагирования в чрезвычайных ситуациях. Результаты работы могут быть использованы сотрудниками надзорных органов МЧС России при проведении профилактической работы с учащимися общеобразовательных организаций.

Противопожарная пропаганда это сложная, кропотливая, ежедневная работа специалистов пожарной охраны за каждую человеческую жизнь в борьбе с огненной стихией.

Результатом формирования противопожарного образовательного пространства является:

- 1) предупреждение детской гибели;
- 2) недопущение пожаров в образовательных организациях;
- 3) сокращение количества пожаров по причине детской шалости с огнем;
- 4) повышение культурного, интеллектуального и нравственного потенциала детей в вопросах обеспечения комплексной, в том числе и пожарной безопасности;
- 5) формирование позитивного образа сотрудника МЧС России у населения, в том числе и детей;
- 6) заинтересованность школьников и молодежи к героической профессии «Пожарный» и «Спасатель».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента РФ от 1 января 2018 г. № 2 «Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года».
2. Противопожарная пропаганда: учеб. пособие для обучающихся в образовательных организациях высшего образования МЧС России / О.Д. Ратникова [и др.]. М.: ВНИИПО, 2017. 414 с.

УДК 371.3

И. Р. Бакулина

ФГБОУ ВО Поволжский государственный технологический университет

ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС ДЛЯ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО ТЕМЕ «СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ»

Аннотация: современный образовательный процесс в последнее время претерпел значительные изменения в условиях вынужденного перехода в дистанционный формат. В поиске новых методик и наиболее подходящих технических средств для проведения занятий находятся преподаватели всех дисциплин. В статье рассмотрен пример использования элемента «Тест» в системе LMS Moodle, как инструмента для самообучения по дисциплине «Инженерная графика».

Ключевые слова: графические дисциплины, онлайн-обучение, образовательные технологии, инновации в образовании, дистанционное обучение, тесты, LMS Moodle, самостоятельная работа.

I. R. Bakulina

ELECTRONIC RESOURCE FOR STUDENTS' WORK ON THE TOPIC «CONNECTIONS OF PARTS»

Abstract: the modern educational process has recently undergone significant changes in the conditions of a forced transition to a distance format. Teachers of all disciplines are in search of new methods and the most suitable technical means for conducting classes. The article considers an example of using the «Test» element in the LMS Moodle system as a tool for self-study in the discipline «Engineering Graphics».

Keywords: graphics disciplines, online learning, educational technologies, innovations in education, distance learning, tests, LMS Moodle, independent work.

Современные реалии заставляют варьировать методы и технологии обучения в процессе активизации учебно-познавательной деятельности студента. Процесс разработки и внедрения новых методов и методик обусловлен также сокращением часов, отводимых на аудиторную работу со студентом. Задача использования инновационных образовательных технологий в учебном процессе прочно закрепилась в федеральных государственных образовательных стандартах высшего профессионального образования [2]. Образовательный процесс претерпевает некоторые изменения и в ходе изучения графических дисциплин. Широко внедряются в учебный процесс массовые открытые онлайн-курсы и электронные курсы, которые позволяют организовать дистанционное образовательное пространство для обучающихся и педагога. Платформы, на которых создаются и размещаются онлайн-курсы, обладают хорошим набором современных инструментов обучения и контроля знаний, и может использоваться как непосредственно во время онлайн-занятий, так и при самостоятельной работе дистанционно.

Активизация работы студента в дистанционном формате основана на использовании электронных курсов, вебинаров, что требует пересмотра формы выдачи заданий и адаптации их под новый формат. Сегодня на кафедре начертательной геометрии и графики Поволжского государственного технического университета накоплен большой опыт создания и применения в учебном процессе электронных курсов разработанных в обучающей среде Moodle, онлайн-курсов, вебинаров.

На электронных курсах удобным инструментом, позволяющим автоматизировать проверку ответов студентов, без участия преподавателя, безусловно, является тест. Современные тесты выполняют на онлайн-курсах много разных функций. Тесты можно использовать для контроля, но не менее важно уметь их использовать с целью обучения [3], т.к. в современных реалиях тестирование должно быть еще и инструментом обучения слушателя и способом получения обратной связи. Через тесты мы можем не только сказать студенту, в чем его ошибка, но и указать путь к достижению верного результата. Тесты, используемые для обучения, так называемые формирующие, отличаются по содержанию и настройкам от тестов для контроля.

Немного предыстории разработки задания, о котором речь идет в данной статье. В период дистанционного обучения одной из проблем, с которой столкнулись преподаватели, было отсутствие оперативной обратной связи со студентами. Не всегда студенты соблюдали учебную дисциплину, часто пропускали вебинары по разным причинам (в некоторых случаях у студентов отсутствовала техническая возможность, некоторым потребовалось время на перестройку и адаптацию к данному формату работы). Преподаватель, заходя в начале рабочего дня в свою электронную почту, находил множество сообщений от студентов с однотипными вопросами: «А какой мне брать вариант задания?», «Куда можно прикрепить ответ на задание?», «Где я могу увидеть свою оценку за за-

дание?». А фотоизображения ответов, размещенных на электронных курсах, не всегда можно было расшифровать (рис. 1).

Было

Вариант 1 Атаев Даурак Т.И.И-12
 Номинальный диаметр резьбы $d = 48 \text{ мм}$
 Толщина присоединяемой детали $b = 80 \text{ мм}$
 Шпилька номинальной прочности:
 Шпилька с выточкой на конце длиной
 $L_1 = 1,25d$ по ГОСТ 22034-76
 Длина ~~выточки~~ выточкой на конце $L_2 = 60 \text{ мм}$
 Длина шпильки $L_f = 146 \text{ мм}$
 Стандартная длина фланца шпильки:
 Длина и расстояние: $L_0 = 150 \text{ мм}$
 Длина ~~фланца~~ фланца $L_0 = 108 \text{ мм}$

Стало

Вопрос 1
 Осталось попыток: 2
 Балл: 1,00
 Отметить вопрос
 Редактировать вопрос

Исходные данные:

1. Номинальный диаметр резьбы $d = 36 \text{ мм}$
2. Шаг резьбы (крупный) $P = 4 \text{ мм}$
3. Толщина присоединяемой детали $b = 55 \text{ мм}$

Материал основной детали - латунь.

Внимание! Перед началом расчета откройте в отдельной вкладке методические указания:

Соединение шпилькой: методические указания к выполнению задания по инженерной графике для технических направлений подготовки / сост. Н. Т. Новоселов. - Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2017. - 24с.

1. Расчет параметров шпильки

Опираясь на схему параметров шпильки и их обозначений (рис. 1), и исходные данные, выполните расчет деталей резьбового соединения. Результаты расчетов внесите в соответствующие ячейки.




Рисунок 1 - Схема параметров шпильки и их обозначение

Рис. 1. Окно ввода исходных данных

Возникла необходимость пересмотреть способы выдачи вариантов индивидуальных заданий, используя для этого элемент LMS Moodle «Тест». Исходные данные были заложены в тестовый вопрос, выпадающий студенту при прохождении тестирования. Перед началом тестирования студенту на экране выводилась инструкция, в которой подробно описывалась последовательность его работы с заданием. Обучающимся заранее было не известно, какой вариант попадет для расчета и графического воплощения. Таким образом, при настройке элементов электронного курса, работало правило «не зайдешь - не узнаешь». В этой статье мы не будем рассматривать технический процесс настройки теста, а подробно остановимся именно на «сценарии» тестирования.

Выдавая студенту задание в традиционной рукописной форме, мы тратим какой-то временной интервал на подготовку самих вариантов, и минимум времени занимает сама выдача задания, но при этом будем тратить много времени на проверку ответа студента. Выдавая студенту задание с помощью теста, конечно, требуется иногда больше времени на разработку вопроса, настройку вопроса, но мы при этом уже не будем тратить время на проверку расчетных параметров.

Подготовительный этап разработки задания начинается с создания банка вопросов на электронном курсе. Система LMS Moodle поддерживает все стандартные типы тестовых заданий и, кроме того, целый ряд оригинальных типов тестовых заданий, существенно расширяющих возможности преподавателя по созданию адекватных средств для оценки успешности освоения студентами конкретных аспектов учебной дисциплины. Для данного задания выбран тип вопроса «с вложенными ответами» [1]. Вопросы данного типа позволяют вводить текст, в котором с помощью специальных кодов создаются встроенные вопросы типа «Множественный выбор», «Числовой ответ» или «Короткий ответ».

Так как данный тест используется в режиме «самообучение и самоконтроль», есть особенности его настроек. При работе с данным заданием нам было важно не наказывать обучающегося за неправильный ответ, а дать возможность довести «до ума» студенту тот вариант, который ему выпадает случайным образом. Для того, чтобы у студента была возможность отредактировать свой ответ, если были неверно рассчитаны параметры, использован режим поведения вопросов «Интерактивный с несколькими попытками» (рис. 2) и настроено разрешение на повторный ответ в попытке. То есть студент имеет возможность дать повторный ответ и исправить часть вопроса, каждая последующая попытка будет основана на предыдущей.

▼ Свойства вопроса

Случайный порядок ответов

Режим поведения вопросов

Разрешить повторный ответ в попытке

Каждая попытка основывается на предыдущей

Рис. 2. Настройки режима поведения вопроса

При использовании данного типа вопроса сам тест содержит только один вопрос, а вот текст вопроса уже содержит более 20 параметров, которые студенту необходимо рассчитать или определить по справочным таблицам (рис. 3). Текст этого вопроса содержит большой объем справочных таблиц, поясняющих иллюстраций и гиперссылок на методические указания для успешного выполнения задания.

Исходные данные:

1. Номинальный диаметр резьбы $d = 20$ мм
2. Шаг резьбы (крупный) $P = 2,5$ мм
3. Толщина присоединяемой детали $b = 45$ мм

Материал основной детали - алюминий.

Исходные данные
появляются после начала
тестирования

Внимание! Перед началом расчета откройте в отдельной вкладке методические указания:

Соединение шпилькой: методические указания к выполнению задания по инженерной графике для студентов технических направлений подготовки / сост. Н.Т. Новоселов.–Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2017. –24с.

1. Расчет параметров шпильки

Таблица 8 (стр. 14 методических указаний)

Шаг резьбы P , мм	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
Величина фаски s , мм	1,6		2		2,5		3,0		4,0			

2.4 Длина l_3 нарезания резьбы в отверстии (рис. 4) равна $l_3 = l_1 + 0,25 d =$ мм.

Текст, справочные
таблицы.
Рекомендации
для успешной работы
с заданием

Рис. 3. Пример реализации вопроса с вложенными числовыми ответами в задании по инженерной графике

После ввода в поле для ответа всех параметров у студента появляется возможность проверки ответа. На экране студент видит, сколько правильных ответов он дал, какие параметры были рассчитаны правильно. Ячейки с неправильными ответами обнуляются. При повторной попытке неправильные ответы можно пересчитать (рис. 4).

После того, как все параметры рассчитаны верно, завершения тестирования и отправки ответа студент видит отзыв. Отзыв содержит указания по оформлению графической части данного задания. В комментариях к ответу расписаны рекомендации по выбору масштаба, требования по компоновке чертежа, может быть дана ссылка на методическую литературу (рис. 5).

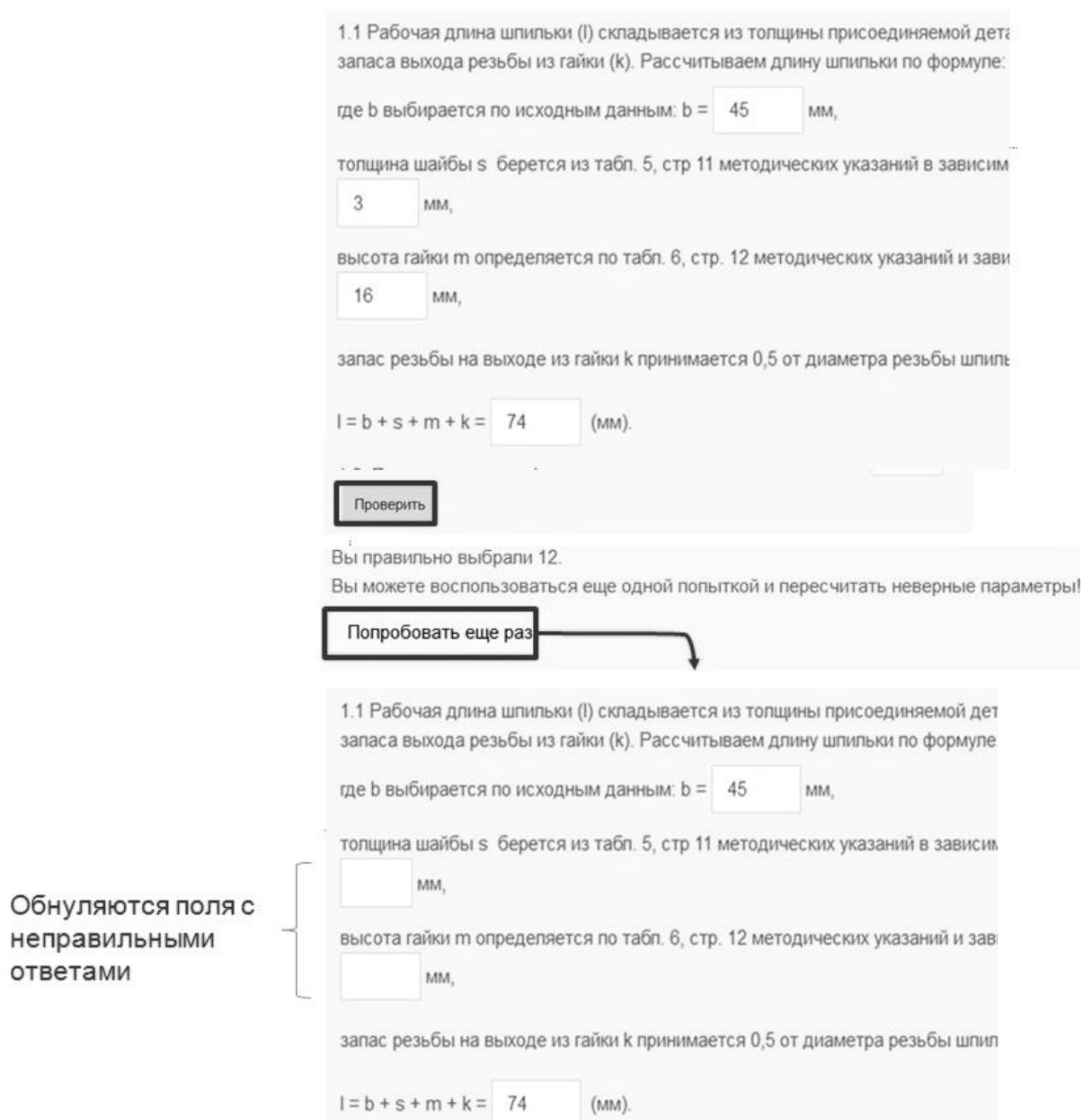


Рис. 4. Пример работы с расчетными параметрами при использовании повторной попытки

Если студенту не удалось с первой попытки дать правильный ответ, и он использовал повторную попытку для редактирования ответа, в итоговую оценку заложен штрафной балл.

Данный режим прошел успешную апробацию и используется именно в тех заданиях, где расчетные параметры далее используются для выполнения графической части.

Чтобы активизировать работу студента с заданиями в режиме самоконтроля, в структуре электронного курса вводятся некоторые ограничения, легко реализуемые в LMS Moodle:

- к тестам и заданиям доступ открывается только после просмотра видео или текста лекции по изучаемой теме;
- по каждой теме, наряду с тестами для самоконтроля, размещаются итоговые тестирования. К итоговому тестированию по изучаемой теме слушатель допускается, если наберет не менее 50 % от максимальной оценки за тесты для самоконтроля;
- ограничение на количество используемых попыток для прохождения тестирования и штрафные баллы за дополнительные попытки, что уменьшает соблазн пройти тест «наобум».

Тест начат	Вторник, 28 Апрель 2020, 11:17
Состояние	Завершённые
Завершен	Вторник, 28 Апрель 2020, 11:42
Прошло времени	25 мин. 25 сек.
Баллы	0,93/1,00
Оценка	13,93 из 15,00 (93%)

Итоговая оценка снижена на величину заложенного штрафа

1.1 Рабочая длина шпильки (l) складывается из толщины присоединяемой детали (b), толщины шайбы (s), высоты гайки за вычетом резьбы из гайки (k). Рассчитываем длину шпильки по формуле: $l = b + s + m + k$,

где b выбирается по исходным данным: $b = 45$ мм,

толщина шайбы s берется из табл. 5, стр 11 методических указаний в зависимости от диаметра резьбы шпильки d : $s = 3$ мм,

высота гайки m определяется по табл. 6, стр. 12 методических указаний и зависит от диаметра резьбы шпильки d : $m = 16$ мм,

за вычетом резьбы на выходе из гайки k принимается 0,5 от диаметра резьбы шпильки d : $k = 0,5 d = 10$ мм.

$l = b + s + m + k = 74$ (мм).

Если Вы выполнили все расчеты параметров верно, перепишите их в тетрадь.
 Эти параметры будут необходимы вам при разработке чертежа.
 Рекомендуемый масштаб для данного варианта 1:1.
 Пример выполнения чертежа смотрите в методических указаниях "Соединение шпилькой".

После того, как все параметры указаны верно, появляются рекомендации по оформлению работы и тест можно завершить

Рис. 5. Пример итогового отзыва на ответ

Представленные методические разработки являются частью большой работы, которая непрерывно проводится на кафедре начертательной геометрии и графики Поволжского государственного технологического университета. Применение таких средств и технологий дает возможность интенсифицировать процесс обучения, сделать его интересным, позволяет выйти на новый уровень преподавания. Опыт, полученный при реализации данного задания в дистанционном формате, сегодня успешно используется при работе со студентами заочной формы обучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белая книга электронного обучения: учебное пособие / под общ. ред. *И. Н. Нехаева*. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2017. – 156 с.
2. *Бурханова Ф. Б.* Внедрение инновационных активных и интерактивных методов обучения и образовательных технологий в российских вузах: современное состояние и проблемы / Ф. Б. Бурханова, С. Е. Родионова // Вестник Башкирского университета. – 2012. – № 4. – С. 1862-1875.
3. *Мамай С. П.* Методика составления тестовых заданий: Учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2001.-58 с.

УДК 37.01

О. С. Бекиш, А. Р. Сябитова

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского»

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА: ПОНЯТИЕ И КОМПОНЕНТЫ

Аннотация: В статье рассматривается понятие экологической культуры. Особое внимание обращается на компоненты экологической культуры и их трактовку. Поднимается проблема уровня сформированности экологической культуры в современном обществе.

Ключевые слова: экология, культура, экологическая культура и её компоненты: экологические знания, ценности, поведение, просвещение.

O. S. Bekish, A. R. Syabitova

ECOLOGICAL CULTURE: THE CONCEPT AND COMPONENTS

Abstract: this article is about the concept of ecological culture. Special attention is focused on the components of ecological culture. The authors also raise the problem of the level of development of ecological culture among Russians.

Keywords: ecology, culture, ecological culture, ecological knowledge, environmental values, environmental behavior, environmental thinking, ecological education.

В XXI в. человечество столкнулось с глобальными экологическими проблемами: загрязнение атмосферы, деградация почв, опустынивание, истощение «озонового слоя» и др. За долгие годы своего пребывания на планете человек не только не смог приостановить неумолимо надвигающуюся экологическую катастрофу, а наоборот только усугубил свои взаимоотношения с природой. В последнее время все чаще стали говорить о необходимости охраны окружающей среды. Обеспечение экологической безопасности на сегодняшний день стало проблемой всех сфер общественной жизни: политической; экономической; социальной, включая психологическую составляющую; духовной, куда входит педагогическая деятельность и образование в целом. Поэтому всё чаще политики, исследователи, психологи, педагоги и экологи считают, что наиболее верным подходом к решению образовавшихся проблем является формирование человека с иным типом отношения к окружающей среде. Но чтобы изменить свое отношение, необходимо рассматривать понятие «экология», с точки зрения культуры.

Понятие «экология» в науке появилось в 1866 г. благодаря биологу Эрнсту Геккелю, которое в дословном переводе с греческого языка обозначает «учение о доме». Ученый давал термину следующее определение: «раздел биологии об отношениях живых организмов между собой и с окружающей средой» [12]. Американский эколог Юджин Одум рассматривал «экологию» как «междисциплинарную область знаний об устройстве и функционировании многоуровневых систем в природе и обществе в их взаимосвязи» [13]. Пика своей популярности, экология как наука достигла в XXI в., в связи с обеспокоенностью населения и ученых за состояние природы. Тотай А. В. указывает, что перед современной экологией как наукой стоит цель – «определение основных законов функционирования биологических систем различного уровня во взаимосвязи с окружающей средой и умение их использовать для устойчивого развития цивилизации путем управления природными и антропогенными системами, человеческим обществом и биосферой в целом» [10]. Поэтому, несомненно, это наука будущего, от прогресса которой зависит развитие человечества.

Культурой, в своем самом простом понимании, называют все то, что создано руками человека. Благодаря этому он веками менял окружающее пространство. Но именно результаты человеческой деятельности XX в. и стали

подвергаться анализу. Культура, в переводе с латинского, означает «выращивание». В философии трактуется, как специфический способ организации и развития человеческой жизнедеятельности, представленный в продуктах материального и духовного труда, в системе социальных норм и учреждений, в духовных ценностях, в совокупности отношений людей и природы, между собой и к самим себе. Эдуард Тейлор, английский этнолог и культуролог трактовал культуру, как «совокупность традиций, обычаев, социальных норм, регулирующих поведение тех, кто живет сейчас, и передаваемых тем, кто будет жить завтра» [9].

Культуру часто противопоставляют природе, но ряд авторов объединяет понятие «экологии» и «культуры» в одно. Принято считать, что впервые понятие экологическая культура было введено Дмитрием Сергеевичем Лихачевым. Под этим определением ученый понимал «целостность природного и культурного мира, которая является общим домом для всего человечества» [5]. Важно отметить, что экологическая культура затрагивает такую область деятельности, которая способствует развитию системы «общество-природа».

Витольд Альбертович Ясвин считал, что «экологическая культура есть способность людей пользоваться своими экологическими знаниями и умениями в практической деятельности» [11]. То есть люди, у которых не сформирована экологическая культура, могут иметь необходимые знания, но при этом в жизни их не применяют. Александр Николаевич Павлов отмечает, что экологическая культура связывает воедино материальный, информационный и духовный миры. И «появление у человека персональной ответственности перед Богом, природой и людьми - это и есть первый признак экологической культуры» [7]. Н. М. Мамедов имеет схожие взгляды и в своем труде указывает: «важнейшим признаком экологической культуры является отказ от наивного антропоцентризма и переход к системе взглядов, которая строится биосфероцентристски» [6]. Ученый убежден, что об экологической культуре можно говорить лишь тогда, когда человек ставит природные факторы выше, чем социально-экономические.

Экологическая культура является многоуровневым понятием, которое включает в себя любую человеческую деятельность. Она включает в себя следующие компоненты: экологические знания, экологическое мышление, экологические ценности, экологическое поведение. Скажем несколько слов о каждом из компонентов.

Экологические знания - это система знаний об окружающем нас мире. Сущность экологических знаний проявляется в двух случаях: в понимании человеком природы и процессе её познания [8]. Одним из самых значимых экологических знаний принято считать введенный Б. Коммонером закон экологии о взаимосвязи всего в природе [2]. Для того, чтобы в полной мере понять, о чем гласит этот закон, необходимо знание взаимосвязей в природе и влияния на эти взаимосвязи деятельности человека. Также к этому компоненту относят и знание нормативно-правовых документов: федеральные, региональные законы (а

также документы других уровней); Красная книга; административные меры, распоряжения и т. д. Экологические знания человек может получить из курса краеведения, естествознания, биологии и др., в ходе которых получает сведения о животных, природе и экологических проблемах.

Экологическое мышление — это умение анализировать и устанавливать причинно-следственные связи экологических проблем, а также умение прогнозировать последствия деятельности человека. Экологическое мышление иначе можно трактовать, как образ мыслей и чувств. Для них характерны: чувство личной ответственности, представление о неразрывности природы и человека, убежденность во взаимосвязи всех происходящих в мире процессов. Экологическое мышление состоит из сознательной и подсознательной сторон. Оно не возникает на пустом месте, а рождается в результате воспитания и образования.

Экологические ценности - это нравственные отношения по отношению к природе: стремление сохранить, эмпатия, радость, возмущение и т. д. Зарипова Р. С. обращает внимание, что экологическими ценностями являются: ответственность за свою деятельность; уважение к любым формам проявления жизни; взаимосвязь «человек-общество-природа» соответствует принципам «транспарентности, открытости, равенства возможностей» не только на бумаге, но и в реальной жизни, а также «развитие экологического мышления в общественном сознании» [1].

Активное продвижение принципов экологического мышления в *Экологическое поведение* - это комплекс конкретных действий и поступков людей, которые напрямую или косвенно связаны с воздействием на природу. Экологическое поведение бывает сознательным, бессознательным и избирательным. Оно определяется особенностями экологического мышления и практическими умениями человека в области природопользования. Состояние природы напрямую зависит от экологического поведения людей. [3]

Зачастую экологическая культура зависит от экологического сознания, и является, по мнению А. Н. Кочергина, отражением «социальных, природных и специфических социально-экологических законов функционирования системы «природа-общество», которые выступают объектами отражения одной из форм сознания»[4]. Экологическое сознание бывает 3-х типов: глобальное (отражает общие экологические законы), региональное (связано с климатическими и геологическими условиями региона) и локальное (связано с условиями проживания и деятельностью человека).

В федеральном законе «Об охране окружающей среды» сказано, что формирование экологической культуры происходит посредством экологического просвещения. В свою очередь в нормативно-правовых документах под экологическим просвещением подразумевается совокупность знаний об экологической безопасности, использовании природных ресурсов и состоянии окружающей среды. Эта обязанность, связанная с образованием населения, возложена на органы государственной власти и власти субъектов РФ, органы местного самоуправления, общественные организации (из крупнейших в мире и России

можно выделить: Гринпис, Фонд дикой природы, Зеленый крест, Всероссийское общество охраны природы, Центр экологической политики России и др.), средства массовой информации и конечно же образовательные организации, в их числе учреждения культуры, музеи, библиотеки и самое главное – это учебные заведения (школы, колледжи, университеты).

В настоящее время исследования развития компонентов экологической культуры проводят на всех уровнях современного общества. Так, например, в 2021 году SberCIB Investment Research провел исследование под названием «Потребительский индекс Иванова» (Иванов - условный россиянин со средним уровнем дохода). В исследовании приняли участие 2 300 человек в возрасте от 18 до 65 лет, которые проживают в 164 российских городах с населением свыше 100 000 жителей. В исследование вошел блок вопросов по экологии. По его результатам, 68% опрошенных осознают наличие экологических проблем. Наиболее актуальными из них респонденты считают загрязнение воздуха и воды, а также утилизация отходов. Проблемы климатических изменений и сокращения биоразнообразия опрошенные посчитали менее существенными. 88% респондентов считают, что решением экологических проблем должно заниматься государство. Менее половины опрошенных (41%) считают, что непосредственно само население должно принимать участие в борьбе за экологическое благополучие. Опрос показал, что только 12 % придерживаются сотрудничества населения, бизнеса и государства в отношении экологических проблем. 78 % респондентов не готовы переплачивать за эко-френдли товары и услуги. Всего 26 % опрошенных могут отказаться от вредных для природы товаров. 30 % не знают об экологических проектах в своих регионах, но готовы их поддерживать и участвовать в них. Около 14 % лично принимают участие в экологических проектах и поддерживают их материально.

Данное исследование показывает, что у большинства респондентов имеется небольшой уровень экологических знаний: они осведомлены об экологической обстановке, имеют представление о деятельности экологических организаций. Экологическое мышление, ценности и поведение прослеживаются примерно у четверти опрошенных: они принимают участие в экологических организациях, готовы пожертвовать своим комфортом на благо природы. Можно отметить нехватку экологического просвещения населения. По результатам исследования можно сказать, что люди не готовы жертвовать своими потребностями ради экологического благополучия, а значит имеют низкий уровень сформированности экологической культуры.

В сравнении с исследованием, которое было проведено в 2010 г. ВЦИОМ (всероссийским центром изучения общественного мнения). 29 % из 1600 опрошенных информированы о деятельности экологических организаций. Большинство респондентов поддерживает их работу. Жители городов также отмечали состояние воздуха, воды и утилизацию отходов в качестве главных экологических проблем. ВЦИОМ было отмечено, что для россиян *окружающая среда воспринимается не как самостоятельная ценность, а лишь как условие*

комфортного образа жизни. Заметим, что временной промежуток между исследованиями составляет более 10 лет. За это время из учебных заведений выпустилось несколько миллионов человек, но уровень экологической культуры не изменился. Респонденты не осознают в полной мере свою ответственность за экологическое благополучие страны и мира в целом.

Таким образом, на сегодняшний день отмечается низкий уровень сформированности экологической культуры населения, который не позволяет добиться экологического благополучия. Причина экологических кризисов находится, в первую очередь, в сознании человека, его поведении и деятельности, причём на всех уровнях современного общества. Для формирования экологической культуры необходимо комплексное развитие всех её компонентов, посредством не только экологического просвещения населения (экологические знания), но и осознания важности полученной информации каждому человеку (экологическое мышление, экологические ценности, экологическое поведение).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зарипова Р. С.* Основы экологической культуры / Р. С. Зарипова, В. Р. Махубрахманова. - М.: Юрайт, 2021. - 106 с.
2. *Клетина З. А.* Шаги к экологической культуре // Начальная школа.-2009.-№9.-стр. 15-17.
3. *Косарева В. В.* Проблема формирования рационального экологического поведения в России//21 Международная научная конференция “Современные техники и технологии”.-2015.-286-289 стр.
4. *Кочергин А. Н., Марков Ю. Г., Васильева Н. Г.* Экологическое знание и сознание. - Новосибирск, 1987. -218 с.
5. *Лихачев Д. С.* Русская культура / Д. С. Лихачев. — М. : Искусство, 2000.
6. *Мамедов Н. М.* Культура, экология, образование./ Н. М. Мамедов — М.: Изд-во РЭФИА, 1996.-51с.
7. *Павлов А. Н.* Основы экологической культуры/А. Н. Павлов-С.Пб: Политехника, 2004.- 334 с.
8. *Пилюгина А. В.* Экологическое знание: структура и функции.// Вестник северного федерального университета. 2011 г. 64-66 стр.
9. *Тайлор Э. Б.* Антропология (Введение к изучению человека и цивилизации) / Э.Б.Тайлор. – СПб: Изд-е И.И.Билибина и Ко, 2002. –445 с.
10. *Тотай А. В.* Экология / А. В. Тотая, А. В. Корсакова. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 352 с.
11. *Ясвин В. А.* История и психология формирования экологической культуры. Удобно ли сидится на вершине пирамиды? / В. А. Ясвин. — М. : Наука, 2000.
12. *Haeckel E.* Generalle Morphologie der Organismen. Bd. I. Allgemeine Anatomie der Organismen. Bd. II. Allgemeine Entwicklungsgeschichte der Organismen. Berlin. 1866.
13. *Odum E. P., Odum H. T.* Fundamentals of Ecology / 1st ed. Philadelphia (PA) : W. B. Saunders Co., 1953. 383 p.

УДК 378+37.02

А. В. Борисенко, А. А. Сушкевич, В. С. Усков
ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России»

СОВРЕМЕННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ. ВОЗМОЖНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ

Аннотация: представлены размышления о возможном устройстве образовательного процесса в школе и ВУЗе. Обсуждены современные проблемы и пути их решения.

Ключевые слова: педагогика, высшее образование, высшая школа, образовательные технологии, обучение, воспитательный процесс, учебный процесс.

A. V. Borisenko, A. A. Sushkevich, V. S. Uskov

MODERN EDUCATION. OPPORTUNITIES AND CHALLENGES

Abstract: reflections on the possible design of the educational process at school and university are presented. Modern problems and their solutions are discussed.

Keywords: pedagogy, higher education, higher school, educational technology, learning, educational process, learning process.

Вопросы педагогики насущны и актуальны в любое время, вне зависимости от страны, государственного строя или времени, в котором живут люди.

В нынешнее время возможностей получить образование или просто знания огромное количество. И эти возможности должны только расти. Право человека получить хорошее образование должно быть базовым. К этому нужно стремиться.

За последнее время, особенно это стало заметно во время эпидемии Covid-19, возможности онлайн-образования заметно расширились. Теперь не является проблемой изучать иностранный язык с преподавателем через какую-либо программу, обеспечивающую голосовую и видео связь. При надлежащем качестве интернет-соединения качество образования (по определенным предметам) практически не уступает обучению в привычном для нас формате в классе. Конечно, такой формат является дополнительным, но не основным. Живой контакт между преподавателем и учениками, а также между самими учениками ничем не заменить. Нельзя полноценно заменить лабораторные работы и многие практические занятия. Нам представляется идеальным совмещение классического формата с возможностями, которые дают современные технологии.

Образование начинается с момента рождения человека. В школу ученик ходит как на работу, изучая разные предметы, которые часто для него никак не выстраиваются в единую картину мира. Он должен сдавать предметы, получать за это оценки, но удовольствие от познания мира пропадает. И это огромная трагедия, когда люди в таком молодом возрасте мало способны удивляться, радоваться малым и большим открытиям. Хочется, чтобы школа была местом, куда идешь с желанием, где школьник может выбрать для себя интересные темы и заниматься ими углубленно. И чтобы ему не мешали в этом, а помогали. Приходить самостоятельно к выводам, к своему собственному пониманию это бесценно. И чем раньше у человека закрепится эта привычка, тем лучше.

Среди важнейших дисциплин современного школьного образования, которые необходимо внедрять как можно раньше (решение об этом должны принимать эксперты по своим направлениям, а не обычные чиновники), отметим следующие:

- основы критического мышления
- основы нейрофизиологии
- основы политической культуры
- основы коммуникационной культуры

Вышеперечисленные дисциплины нельзя называть факультативом и давать в конце обучения в школе. Это должно быть основой. Необязательно, чтобы эти предметы шли целую четверть. Нам кажется, что для начала может быть достаточным 5-10 уроков. При этом через год можно вновь к этому вернуться, но на более глубоком уровне.

«Основы критического мышления» позволят воспринимать скептически информацию, с которой человек сталкивается. В этой концепции человек (какой бы статус у него ни был!) не может просто прикрываться своим авторитетом. Он должен привести аргументы, доводы, доказательства. Очень важно научиться транспонировать (переносить) критическое мышление из одной сферы в другие. Есть много образованных людей, которые в своей области (или в области интересов) добросовестно ищут доказательства и являются большими специалистами. Но когда они говорят о чем-то другом, то могут использовать такие приемы как рационализация, когда эмоциональное отношение к рассматриваемой проблеме доминирует, а аргументы подстраиваются под собственные желания и выдаются как логически обоснованные.

Помимо этого, большой проблемой является страх сделать ошибку. И в школе часто наказывают за то, что человек ошибся. Или предложил какую-то альтернативу. Или просто проявил свободу мышления. Это преступление, так как зачастую блокирует желание человека проявлять инициативу на многие годы и десятилетия (порой и на всю жизнь), и формирует страх ошибиться и быть публично высмеянным за это. Ошибки должны поощряться. Ошибка – это то, что позволяет установить обратную связь с реальностью. Уметь делать ошибки – это признак развития человека. Уметь признавать ошибки – это тоже признак

развития человека. Как писал Сэмюэль Беккет, «Ошибитесь. Попробуйте снова. Ошибитесь лучше».

«Основы нейрофизиологии» позволят дать общее понимание того, как работает наш мозг, какое огромное количество причин и факторов влияют на его работу. Начиная от пренатального развития плода, социальной среды и заканчивая особенностями физиологии. Понимание колоссальной сложности нашего главного органа (и более широко всего организма) поможет не бояться различий между людьми. Люди разные – это не пустые слова. На это есть серьезные научные основания. И человек, понимающий это, будет гораздо более толерантным к другому. Он не сможет ограничиться сиюминутным порывом и назвать человека «таким-то» и успокоиться на этом. Нет, ему нужно будет много информации о человеке, и представление о нём будет строиться на гипотезах, а не на том, что он точно знает, кто перед ним, потому что это якобы очевидно. Это совсем не очевидно. Чаще всего мы не видим многих причин, а сталкиваемся лишь с их следствиями или проявлениями. Если мы сталкиваемся с кем-то, сильно не похожим на нас, очень хочется его обесценить и лишиться право на возможность жить по-другому. Это может быть, как сознательно, так и бессознательно. Цвет кожи, манера одеваться, социальные привычки, сексуальная ориентация – всё может оказаться «чужим» настолько, что это хочется обезвредить и лишиться право называть человеком. Этим очень легко манипулировать. Это благодатная почва для появления агрессии, ненависти, поиска «неправильных», «не достойных жить» и т.д.

«Основы политической культуры». Многие люди считают, что от их действий ничего не зависит. Они не могут изменить ситуацию в стране или повлиять на что-либо в своём городе или районе. Но это далеко не так. Существуют различные институты влияния каждого отдельного человека на государство. Это участие в выборах (в том числе в качестве участника или наблюдателя), создание и подписание петиций и т.д. Понимание, что от каждого человека зависит развитие и благополучие его страны, является очень важным. Индивидуальные усилия, индивидуальная проницательность, индивидуальный выбор могут в значительной мере повлиять на ситуацию. Представление о том, что люди, которые избираются, должны обязательно нравиться (внешне, по возрасту и т.д.), ошибочно. Главное – это соблюдение законных процедур, конкурентные выборы, сменяемость власти, разделение законодательной и исполнительной власти, независимость судебной системы, разнообразие СМИ, соблюдение прав и свобод человека. Демократические институты должны работать вне зависимости от того, кто находится у власти. Всему этому может быть посвящен курс «основы политической культуры».

«Основы коммуникационной культуры». Желание и умение услышать другого человека, а также желание донести свою позицию, является очень важным в преодолении противоречий между людьми, разобщённости, препятствий в виде различных ценностей и предыдущего опыта. Другая точка зрения – это не монумент, который нужно снести, потому что он какой-то не такой (непра-

вильный). Прежде всего необходимо понять, почему человек так мыслит, как он к этому пришел, что он хочет этим сказать, какие у него есть аргументы. Возможно, его позиция позволит изменить точку зрения или её переосмыслить. Эта идея, как нам кажется, является ещё одним путем поиска истины. Не упоение своей концепцией, потому что человеку нравится, как она звучит, а именно поиск.

Полагаем, что все вышеперечисленные курсы могут быть дополнены, скорректированы и т.д. Хочется, чтобы тезисы, о которых было написано выше, стали надстройкой в голове человека, – тем, что ведет его по жизни, что помогает отличать ему правду от лжи, добросовестные манипуляции от деструктивных, помогает с большей вероятностью приближаться к истине, отличать аргументированную точку зрения от конспирологии, уважать точку зрения другого человека, ценить свободу высказывания как своего, так и чужого, и т.д. Если человек встречается с информацией, которая не проходит эти фильтры, то внутри должен прозвучать сигнал тревоги, что нарушаются принципы честной работы с информацией. И это недопустимо!

Человек – существо, которое любит обманываться. Любит упрощать реальность вокруг себя. Любит находить смыслы там, где их нет. Не любит думать о том, что ему неприятно и склонен вытеснять это из себя. Так укореняется конформизм, к которому человек склонен изначально. И это нормально. Но об этом нужно знать и иметь об этом представление.

Существуют несколько эффектов, которым в той или иной мере подвержены многие люди. Это парейдолия и апофения. Парейдолия – зрительная иллюзия, при которой мы видим лица в неодушевленных предметах. Это могут быть горы, дома, картины. Всё что угодно. Эта иллюзия может быть забавной, а может приводить к заметным когнитивным искажениям. Апофения – это стремление выделять из фона некие важные знаки и находить несуществующие взаимосвязи. Если человек о чем-то усиленно думает, и ищет этому доказательства, то он их найдет. Но если человек знает о собственной уязвимости, о склонности к какому-то определенному взгляду на действительность, то он сможет не следовать этому как слепой вере (в большинстве случаев). Эту прививку (как от многих вирусных заболеваний, которые ставят в детстве), нужно получить как можно раньше.

Научное мышление предполагает развитие представлений человека о всём, что нас окружает. Это не статичная картина мира. Это не доктрина, а это модель (или одна из нескольких равноправных), которая(ые) на сегодняшний день лучше всего описывает(ют) реальность. И она неизбежно будет дополняться и трансформироваться. Быть готовым к пересмотру своих взглядов, подходов, методов – это неотъемлемая часть развития наших представлений. И это нормально. Признание своих ошибок, просчетов, упущений это нормально. Человек может заблуждаться. Может во что-то верить просто потому, что ему приятно так жить. Но желательно, чтобы он это осознавал. Потому что иначе это приводит к тому, что человек начинает агрессивно отстаивать свою веру,

своё желание видеть мир именно таким и еще зачастую навязывает свою позицию другим.

Когда школьник не боится пробовать разные вещи, он с большей вероятностью найдет то, что ему по душе, что его увлекает и притягивает. В этом случае выбор, чем заняться после окончания школы будет гораздо более осознанным. При этом человек может 1-2 года продолжать пробовать, продолжая искать в какую сторону ему идти. Самый лучший вариант, – когда человек сам принимает решение. Не из-под палки, не из-за страха, не из-за какого-то авторитетного мнения.

Каким же может быть высшее образование? Если все предметы, о которых говорилось выше, не войдут в школьную программу, стоит ввести их объединенный курс в дисциплины учебного плана. Конечно, эффективность воздействия на каждом временном этапе будет значительно ниже предыдущего, но все же как-то скорректирует взгляд обучающихся на важные вопросы.

Один из оптимальных вариантов – это возможность выбора отдельных дисциплин из перечня по выбору. Есть обязательный минимум, который заложен в программу каждой специальности. Но также существует большой спектр предметов, которые могут их дополнить. В этом случае на выходе выпускник обладает уникальными знаниями, потому что его перечень предметов, скорее всего, будет не совпадать с выбором его коллег. При условии, что выбор дисциплин на выбор широк и разнообразен. Примерно по такой схеме строится образование в ведущих американских ВУЗах и в нашем «Сколтехе» (Сколковский институт науки и технологий).

Другим фактором хорошего образования является минимизация бюрократического контроля, сокращение числа чиновников, целью которых является не помощь преподавателям, а надзор за ними, который выражается в создании огромного количества методических документов, которые порой не имеют отношение к действительности, по которым нужно отчитываться и выполнять установленные ими требования. Это касается как школы, так и среднего и высшего образования. Учителю (преподавателю) необходимо дать свободу в выборе им методики, учебников и т.д. Дать возможность проявить творчество. Дать возможность расправить крылья.

Воспитание. Это если не основная, то очень важная категория в педагогическом процессе. Часто воспитание понимают лишь как процесс, приводящий к социальной адаптации обучающегося, помогающий ему «встать на рельсы» образовательной деятельности и, в то же время, осуществлять свою деятельность по установившимся правилам. Но, в большей степени, это создание возможности и даже атмосферы для впитывания молодыми опыта общественного и исторического для дальнейшей активной общественной жизни и труда, приносящего не только овеществленные плоды, но и радость от самого процесса деятельности. Об этом, к сожалению, часто забывают, а ведь именно так можно вырастить поколение социально-ответственное и творческое, способное отойти от

шаблонов и создать если не прорыв, то видимое развитие во всех сферах деятельности.

Вопрос острее стоит именно в системе высшего образования, где преподаватель является узкопредметным специалистом и часто не уделяет внимания процессу воспитания, особенно сегодня, в связи с сильно возросшей учебной нагрузкой педагогов. Но в системе вузов силовых ведомств проблема встает еще острее. Здесь воспитание часто ассоциируют с муштрой и заменяют процессом натаскивания молодых именно на шаблонный тип поведения. Причем касается это не только командной линии, но и многих преподавателей в силу ряда причин: низкой профессиональной подготовки как педагога, эмоциональной усталости, перманентного стресса, профессионального выгорания, да и зачастую давления руководства в целях получения хороших формальных показателей. Все эти причины являются следствием сложившейся на сегодня ситуации падения престижа высокого звания (не так давно эта фраза воспринималось без пафоса и преувеличения) учителя в самом широком смысле этого слова. Ситуации, когда преподавателей рассматривают в первую очередь как «наемных работников, отрабатывающих свою нагрузку по максимуму», что, к сожалению, почти сразу передается ученикам и меняет их отношение не в лучшую сторону в большей степени даже не к педагогу, а к учебному процессу.

Сердцевину, главную часть образования, составляет обучение. Эффективная передача того самого опыта старшего поколения во взаимодействии обучающего и обучающегося и является, собственно, процессом обучения. Подходящая атмосфера, созданная при этом, во многом определяет успех всей деятельности в целом: без неё критически снижается уровень усвоения передаваемой информации, а воспитательный процесс в вышеупомянутом широком его смысле, как основа развития личности, практически невозможен. Достигнуть создания подходящего «духа учебы» возможно, нужно лишь дать возможность преподавателям с опытом работы самостоятельно строить канву учебного процесса, без контроля по формальным признакам. Обучающий должен почувствовать свободу действий, способность строить взаимодействие с обучающимися без оглядки на то, как посмотрит на это «большой брат» – вышестоящее руководство. Еще свежо в памяти то время, когда положение дел было именно таким и преподаватель, входящий в аудиторию, был уникальным творцом на время занятия, а не безликим функционером, работающим по заданной (кем и зачем?) программе. Когда занятие являло собой человеческое взаимодействие и передачу того самого опыта старших, а не натаскивание ментором своих подчиненных.

В условиях сегодняшнего дня создание таких условий усложнено вышеупомянутой большой нагрузкой на преподавателя, зачастую не дающей ему в полной мере даже не продумать проведение занятия – просто повторить учебный материал. Опираясь на наш опыт, можно сказать, что теперь очень часто это, подготовка к занятию, происходит в личное, нерабочее время. И если кто-то из преподавателей не имеет возможности или не желает регулярно работать

сверх норм, то это неизбежно отражается на классе работы даже опытных преподавателей. Еще более пагубно на учебном процессе сказывается перепрофилирование преподавателей, когда они вынуждены осваивать «с колес» и вести другие дисциплины. Такое положение вещей явилось следствием все той же резко возросшей учебной нагрузки, в результате чего произошли большие кадровые перестановки. Некоторые преподаватели совсем «потеряли» свои дисциплины и ведут ранее ими не освоенные в условиях большого объема работы.

Очень хочется, чтобы каждый из нас, кем бы мы ни были, изменили своё отношение к образованию. Это не может (наряду с медициной) продолжать находиться на периферии его приоритетов. Государство должно поощрять создание авторских школ, уникальных методик, а также помогать и на деле показывать, что образование – это очень важная часть фундамента в построении государства, в котором есть масса возможностей, в котором хочется жить и работать не только его гражданам, но и иностранцам.

УДК: 373

С. Ю. Голубев, К. Е. Романова

Шуйский филиал ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»

АКСИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГОТОВНОСТИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ЭКОНОМИКИ К ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Аннотация: аксиологические основы формирования готовности будущих учителей экономики к профессиональной деятельности во многом определяются ценностными ориентирами, которые признаются приоритетными в современной образовательной политике и формируют основу педагогического образования в России. В данной статье актуализируется значимость укрепления аксиологических основ: в частности – в формировании готовности будущих учителей экономики к профессиональной деятельности; в общем – в подготовке будущих педагогов.

Ключевые слова: аксиологические основы, учитель экономики, школьное экономическое образование, ценностные ориентиры экономического образования.

S. Yu. Golubev, K. E. Romanova

AXIOLOGICAL FOUNDATIONS FOR FORMING THE READINESS OF FUTURE TEACHERS OF ECONOMICS FOR PROFESSIONAL ACTIVITIES

Abstract: the axiological foundations for the formation of the readiness of future economics teachers for professional activities are largely determined by value orientations that are recognized as priorities in modern educational policy and form the basis of pedagogical educa-

tion in Russia. This article actualizes the importance of strengthening the axiological foundations: in particular, in the formation of the readiness of future teachers of economics for professional activities; in general - in the preparation of future teachers.

Keywords: axiological foundations, teacher of economics, school economic education, value orientations of economic education.

Трансформация роли учителя в современном обществе и предъявляемые повышенные требования к педагогу, как к профессионалу, меняют сегодня условия подготовки будущих учителей, определяют и корректируют актуальные аксиологические основы школьного экономического образования, при которых, в полной мере реализуются индивидуальные возможности на основе приоритета гуманистических ценностей.

Будущему учителю экономики важно осознавать свою гуманистическую миссию педагога, необходимость формирования у себя ценных профессиональных качеств личности; знать и применять приемы актуализации личностного потенциала учеников; реализовывать установки на ценностно-смысловое взаимодействие.

Фундаментальные базовые ценности нового поколения во многом закладываются в системе школьного, в том числе и экономического образования. Именно поэтому учитель экономики сегодня во многом задает нравственные ориентиры для ученика. В процессе обучения преобладающими в сознании учащихся становятся ценностные ориентиры, что сформированы у самого педагога, а так же те, что сформировались в результате восприятия ценностных основ, заложенных в программу предметной области.

Основной целью изучения экономики в школе является формирование и развитие экономической культуры, которое предполагает усвоение знаний, умений и навыков, определение ценностей и норм поведения в среде экономической деятельности.

Современное экономическое образование, направленное на формирование нравственно-экономических ценностных ориентаций учащихся, должно стать обязательным компонентом в обучении школьников, независимо от того, в какой сфере деятельности они будут заняты в будущем.

В исследованиях отечественных и зарубежных философов, историков и педагогов обосновано, что ценности всегда носили конкретно-исторический характер. Прежде всего, это находило свое отражение в том, что каждый культурно-исторический этап развития общества состоял из особенных, свойственных данному времени, иерархически выстроенных ценностей, совокупность которых определяла роль социальных отношений в обществе.

«Генезис аксиологии как самостоятельной научной дисциплины, начинает формироваться со второй половины XIX в., когда понятие «ценность» было введено в специальную философскую лексику, как философское осмысление ценности человеческого бытия» [4].

«В целом во второй половине XIX в. проходил эволюционный процесс становления ценностей педагогического образования от их обоснования в антрополого-гуманистической концепции к утверждению в культурно-антропологической концепции» [4].

Благодаря многовековой актуальности и значимости, понятие «аксиология» окончательно утвердилось в западной философии в начале XX в., когда в 1902 году французский философ Поль Лапи ввел его в научный оборот, определяя как часть философии, которая занимается вопросами ценностей [4].

Характерное для второй половины XIX в. усиление влияния ценностной парадигмы педагогического образования учителей, повлияло на развитие аксиологических оснований педагогической подготовки в начале XX в.

В сфере педагогического образования данного исторического периода характерны следующие тенденции: фундаментализация содержания образования, профессионально-педагогическая направленность обучения, процесс гуманизации педагогического образования, где в целом ценности становятся основополагающим философским и психологическим феноменом для педагогического образования, а становление профессиональных ценностных ориентаций будущего педагога – приоритетным направлением в его подготовке.

В это же время ведущей задачей педагогической аксиологии определяется развитие у будущего учителя значимых профессионально-ценностных качеств, таких как педагогический такт, чуткость, любовь к детям, духовность, бережное отношение к психическому состоянию детей и учет их индивидуальных особенностей.

Выводы отечественных исследователей свидетельствуют о том, что на протяжении XX в. совместными усилиями философов, культурологов и психологов происходило становление аксиологии в самостоятельное философское направление [2,4].

Закономерным этапом в становлении педагогической аксиологии в начале XX в. стало обогащение аксиологической проблематики в сфере педагогического образования, это характеризовалось возникновением новых взглядов на систему человеческих ценностей, изменением идеала человека и целей воспитания. Данное явление стимулировало науку к разработке новых концепций профессионально-личностной подготовки учителя в системе образования, где, в свою очередь, реализовывались гуманистический, антропологический и личностно-ориентированный подходы.

Исторический опыт свидетельствует, что постановка проблем ценностей имеет широкое социальное и нравственное значение, поскольку культурные традиции обесцениваются, а прежние идеологические устои разрушаются.

Краткий исторический анализ педагогической аксиологии отчасти подтверждает, что ценностные ориентации учителя всегда играли особую роль в организации и осуществлении педагогической деятельности. От системы ценностных ориентаций учителя зависит общая атмосфера образовательного процесса, систе-

ма отношений между учениками, родителями и учителем, а так же духовный потенциал подрастающего поколения.

Таким образом, возможно, заключить, что на современном этапе развития педагогики актуализировалось существенное противоречие между необходимостью дальнейшего развития системы ценностей педагогического образования и отсутствием этой системы в историко-педагогическом знании.

Сегодня данное направление исследований получает приоритетное значение, что закономерно предопределяет высокий научно-методический уровень актуальности обозначенной проблемы. Именно поэтому актуализируется потребность в возрождении и сохранении педагогических традиций, неразрывно связанных с национальными ценностями и аксиологическими приоритетами.

Новые образовательные тенденции в России способствуют значительным преобразованиям в системе педагогических ценностей. Именно поэтому вопрос формирования готовности будущих учителей экономики к профессиональной деятельности нуждается сегодня в переосмыслении, а имеющийся педагогический опыт подвергается изменениям с целью создания новых условий работы, оптимальных требований, критерий и путей формирования готовности к деятельности, максимально эффективной в современном образовательном пространстве.

Образовательные ценности в значении совокупности гуманистических приоритетов общества, системы гуманистических и социальных ценностей включают в себя фундаментальные, базовые, общечеловеческие, национальные, гражданские, семейные и личностные ценности.

Именно школьное образование служит средством изменения сознания детей, строит отношение к окружающему миру, закладывает систему ценностей и взгляды. Из этого следует, что необходимость формирования новой системы ценностей является стратегически важной как в формировании готовности педагогических кадров в высших учебных заведениях, так и школьных учреждениях.

Для установки ценностных ориентиров будущих учителей экономики необходимо рассмотреть ценностные ориентации современной молодежи.

С.С. Загребин в своих исследованиях утверждает, что «изменения экономических ценностных ориентаций молодежи связаны с социально-экономическими реформами, которые были проведены в девяностых годах XX в. Социальные изменения в российском обществе обусловлены переходом от одной экономической системы к другой. В результате этого были изменены фундаментальные положения в идеологии, что отразилось существенным образом на взаимоотношениях людей и, следовательно, на экономических ценностных ориентациях» [3].

Фундаментальные исследования С.С. Косенко подтверждают вышеизложенную тенденцию, согласно которой, «для современной молодежи являются наиболее значимыми материальные, а также статусные ценности, где на первом месте – высокий заработок и гарантии стабильной занятости» [5,6]. Данные исследования показывают, что экономические ценностные ориентации тесно связа-

ны с уровнем экономической культуры, которая в свою очередь характеризуется определенным уровнем экономического образования.

Анализ научных трудов показывает, что структуру экономических ценностей личности формируют накопленные знания, сведения и представления, как в рамках предметной области, так и в общем познании мира с экономической точки зрения.

Отечественные ученые утверждают, что целью экономического образования является усвоение основ социального опыта человечества. В том числе усвоение и основ экономической деятельности [1, 5, 6].

С.С. Демцура считает, что «экономические преобразования в многомерной реальности происходят быстрее, чем развитие и становление личности в конкретно-историческом периоде. Данное обстоятельство вызывает необходимость подготовки выпускника школы к будущей экономической деятельности в изменяющихся социально-экономических условиях» [1].

Анализируя работы С. С. Демцуры и А. И. Тюнина, становится очевидным, что для современной молодежи материальные ценности выходят на новый уровень, вместе с тем в их достижении наблюдается активное принятие собственных прав и свобод в области экономического права и экономических ценностей с позиции собственного благополучия. То есть в сознании молодых людей собственное материальное положение определяет успех, является залогом благополучия и стабильности, в то время как уровень ответственности и обязанностей в окружающей социально-экономической среде остается на довольно низком уровне [1, 7].

Таким образом, желание стабильности, личной выгоды и финансовой независимости искажают реальные ценности экономического образования, где важную роль играют вопросы, связанные с экономической ответственностью, ведением прозрачной и порядочной хозяйственной, экономической и предпринимательской деятельности, капиталовложением, прозрачной системой оплаты труда и добровольной оплатой налогов и пр.

Объективная потребность в педагогах-профессионалах в предметной области «Экономика» с широким кругозором, пониманием глобальных и локальных экономических проблем, умеющих объяснять суть экономических задач и явлений, при этом обладающих соответствующими ценностными ориентирами и установками – требует, прежде всего, структурных изменений в образовательной среде педагогических учебных заведений.

Для того чтобы будущий учитель экономики мог на практике реализовывать вышеуказанную функцию, в процессе формирования готовности будущих учителей экономики к профессиональной деятельности необходимо в большей степени учитывать концептуально-содержательные аспекты педагогического образования и аксиологические аспекты формирования личности будущего специалиста и формирования его готовности к профессиональной деятельности.

Являясь неотъемлемой составляющей современного школьного образования, предмет «Экономика» становится для школьников источником формирования экономических норм поведения, понимания и признания ценностей в услови-

ях постоянных экономических трансформаций, уважения права собственности, этических норм и основ финансовой грамотности и безопасности. Невозможно представить себе целостное мировоззрение современного школьника, как участника социально-экономических отношений без знания основ экономических отношений, институтов, процессов, существующих и развивающихся в стране и за ее пределами.

Все, кто заинтересован в развитии российского образования, – государство, семья, работодатель и общество в целом – уже осознали значимость экономических знаний в жизни человека. О востребованности качественного школьного экономического образования свидетельствуют данные многочисленных социологических исследований, в ходе которых проводились опросы родителей, администраций школ, учителей и учащихся.

Педагогический аспект ценностной направленности профессиональной подготовки педагогов заключается в том, чтобы гуманистические и общечеловеческие ценности стали значимыми, устойчивыми жизненными ориентирами, ценностными ориентациями будущих специалистов.

Подводя итоги, необходимо подчеркнуть, что аксиологические основы в структуре экономического образования являются важнейшими, поскольку отражают ценности и ценностные ориентации личности, убеждения, взгляды и идеалы. Таким образом, на современном этапе развития педагогического образования, процесс формирования готовности будущего учителя экономики к профессиональной деятельности в концептуальном плане необходимо рассматривать через призму аксиологического подхода, как обязательного условия становления гуманистической парадигмы образования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демцура, С. С. Формирование основ экономической культуры / С. С. Демцура // Известия высших учебных заведений. Уральский регион. – 2012. – № 4. – С. 152-160.
2. Жуйкова Т.П. Идеи ценностей, их развитие в общей аксиологии // Молодой ученый. – 2014. – №21.– С. 632-634.
3. Загребин С.С. Современные проблемы «модернизации» отечественного образования: полемические заметки // Инновационное развитие профессионального образования. – 2016. – № 3 (11). – С. 91–96.
4. Константинова, Н. Д. Подготовка будущих учителей в России в XIX – начале XX вв.: аксиологические основы / Н. Д. Константинова, М. В. Богуславский // Подготовка профессионала XXI века: теоретические поиски и эффективные практики. – М.; Брянск: «Полиграм-Плюс», 2020.
5. Косенко, С. С. Современное экономическое образование школьников / С. С. Косенко // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. – 2006. – № 3. – С. 31-40.
6. Косенко, С. С. Экономическое образование в школе: аксиологический подход / С. С. Косенко // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование, здравоохранение, физическая культура. – 2006. – № 16. – С. 209-213.

7. Тюнин А. И. Особенности экономического образования и восприятия в современных условиях / А. И. Тюнин, С. С. Демцура, Л. П. Алексеева [и др.] // Балтийский гуманитарный журнал. – 2019. – Т. 8. – № 3(28). – С. 163-166.

УДК: 37.03

В. В. Донских

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

ПРОБЛЕМА АКАДЕМИЧЕСКОЙ СВОБОДЫ В СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Аннотация: в данной статье поднимаются вопросы относительно правового положения и статуса педагога в современном обществе. Свобода его в выражении своего отношения к преподаваемой информации, в свободе выбора методов его обучения и учебных материалов. Проводится сравнительная параллель со свободой работы преподавателей в лицеях XIX в. Лицейское образование выражает связь эпох в педагогике, соединяя гуманистические традиции с ценностями современного общества.

Ключевые слова: академическая свобода, право, учитель, учащийся, учебное заведение, лицей, педагогика.

V. V. Donskikh

THE PROBLEM OF ACADEMIC FREEDOM IN THE MODERN EDUCATIONAL SYSTEM OF RUSSIA

Abstract: this article raises questions about the legal status and status of a teacher in modern society. His freedom in expressing his attitude to the information being taught, in choosing teaching methods and teaching materials. A comparative parallel is drawn with the freedom of work of teachers in lyceums of the XIX century. Lyceum education expresses the connection of epochs in pedagogy, combining humanistic traditions with the values of modern society.

Keywords: academic freedom, law, teacher, student, educational institution, lyceum, pedagogy.

Рассматривая проблему академической свободы в современной системе образования России, стоит особо выделить два источника. Первый из них называется «Рекомендация о положении учителей, принятая Специальной межправительственной конференцией о статусе учителей». Данная рекомендация принята 5.10.1966 г. на специальной межправительственной конференции, созванной ЮНЕСКО в Париже совместно с Международной организацией труда. На

ее основе определяются права, а также ответственность учителей также как и в международных стандартах, их подготовки и дальнейшего образования.

Также данная рекомендация содержит много предложений по поводу возможной деятельности учителей в отношении принятия решений в сфере образования через консультации и переговоры с органами образования. Рекомендацию сегодня стали рассматривать в качестве руководства по принципам, направленным на улучшение статуса учителей в интересах обеспечения качества образования.

Сама декларация имеет несколько разделов: определения; область применения; руководящие принципы; цели и политика в области образования; период обучения профессии учителя; повышение квалификации учителей; качество условий работы и возможность карьерной лестницы; права и обязанности учителей; обеспечение условий, необходимых для эффективного процесса обучения; заработная плата учителей; социальное страхование; нехватка учителей и заключительное положение.

Важную составляющую академической свободы в школе, как мне представляется, содержит такой раздел Рекомендации как права и обязанности учителей. Также профессиональные свободы. Пункт 61 гласит следующее: «При исполнении профессиональных обязанностей учителя должны пользоваться академической свободой» [1]. И далее объясняется, почему:

«Поскольку учителя полноправно обладают особой компетенцией в оценке учебных пособий и методов обучения, наиболее подходящих и перспективных для своих учащихся, то они должны, соответственно, играть главную роль при выборе и использовании учебных материалов, отборе необходимых учебников и применении методов преподавания в рамках утвержденных программ и с помощью органов народного образования».

Рассмотрим 65 пункт: «учителя должны быть свободны в выборе методов, которые им мыслятся наиболее необходимыми и объективными для оценки успеваемости учащихся, но при этом должна быть исключена субъективность по отношению к отдельным учащимся» [1]. То есть, речь идёт о том, чтобы учителя свободно применяли те методы обучения, которые, по их мнению необходимы и справедливы в отношении к учащимся.

В П. 68 сказано о том, что расследование приходящих жалоб должно проводиться таким образом, чтобы учителя имели полную возможность защитить себя в условиях справедливости и чтобы ход разбирательств не придавался огласки.

Теперь разберём другой документ «Федеральный закон об образовании в Российской Федерации», принятый 29.12.2012 г. В этом документе, а именно, в статье 47 части третьей содержится тринадцать академических прав и свобод. Мы говорим о тех академических правах и свободах, которые относятся непосредственно к педагогической деятельности, к ее осуществлению во всех относящихся к ней формах и видах. То есть, это "учительско-преподавательские", "воспитательские" права.

Свобода преподавания подразумевает право преподавателя выбирать и определять по своему усмотрению методики преподавания дисциплины, изменять их, определять дополнительный материал, выражать свое мнение по отношению к информации, составляющей предмет преподавания. Это и есть свобода определять характер, план и стиль чтения дисциплины.

Конституция Российской Федерации определяет этот принцип в ст. 44 – в данном случае каждому гарантируется свобода литературного, художественного, научного, технического и других видов творчества и преподавания. Интеллектуальная собственность в нашей стране охраняется законом [2].

Творческая инициатива может проявляться человеком как в непосредственно учебной работе, так по иным направлениям. Учебные программы педагог имеет свободу выбрать как авторские, так и разработать самостоятельно или в группе соавторов.

Также педагог имеет право адаптировать готовую авторскую программу под свои индивидуальные наработки и наложить на свой учебный график. Разработка учебных программ – это именно творческое право педагога, а не обязанность. В жизни же, зачастую это понимается именно так.

Право выбора учебников, пособий, методических материалов, иных средств обучения и воспитания: что это означает? Это право как раз о свободе педагога самостоятельно отобрать учебник, его автора, соответственно, год издания, контурные карты, дополнительные учебные пособия, которые, однако, должны отвечать требованиям ФГОС и образовательным программам. Также выбранные учителем учебники должны входить в федеральный перечень учебной литературы, рекомендованной к использованию при реализации соответствующих образовательных программ.

Пункты 5 и 6 посвящены праву на участие учителей разрабатывать образовательные программы, учебные планы, графики, а также полные курсы (допустим, элективные), модули дисциплин, методических пособий и иных средств обучения;

Также указывается на право заниматься научной, творческой, исследовательской деятельностью. Именно оно даёт возможность разработки и внедрения нововведений.

Пункты 7–13 иногда называют "обеспечительными" академическими правами. Это происходит потому, что они связаны с непосредственной преподавательской деятельностью.

Такие отдельные права, как право бесплатно пользоваться библиотекой, информационными ресурсами, на свободный доступ к информационным сетям и базам данных, учебным и методическим материалам, техническим средствам, музейным фондам и т.д. должны обеспечиваться соответствующими документами (например, Положением о библиотеке и т.п.).

Две основные формы обеспечивают право на участие в управлении образовательной организацией:

- коллективное решение общих вопросов (возможно, совещание при директоре, на котором при общем голосовании определяется решение того или иного вопроса);

- создание и организация деятельности коллегиальных органов управления учреждения с перечислением порядка их работы в локальных актах.

Педагогические работники при желании могут состоять в профсоюзной организации, что закреплено законодательством о профсоюзах.

13 пункт отражает право педагога на защиту профессиональной чести и достоинства. Он имеет право как на самозащиту (замечание в ответ на грубость и оскорбления, причем со стороны любых участников образовательного процесса), так и обращение в суд за компенсацией морального вреда.

Царскосельский лицей — это особенная, необыкновенная страница Российской истории. И в наши дни при изучении становления современного лицейского образования мы вновь обращаемся в своих исследованиях к самому первому лицейцу в России, подарившему миру столько замечательных людей.

Через уже сотни лет Царскосельский лицей служит нам заветом на пути совершенствования образования. Лицейское образование выражает связь эпох в педагогике, соединяет гуманистические традиции с ценностями современного общества. Лицей выступает для молодого поколения центром духовного развития, являясь одновременно частью системы в процессе подготовки специалистов, ориентированных в своей деятельности на достижение высоких результатов в науке, производстве, культуре и образовании.

Существовало две линии, находящиеся у истоков и определившие самобытность Царскосельского Лицея как своеобразного учебно-воспитательного учреждения:

- Характерные черты древнерусской педагогики
- Передовые русские общественно-педагогические идеи второй половины XVIII – начала XIX в.

Главная и ведущая задача в Царскосельском Лицее: патриотическое воспитание. Воспитывалось чувство гордости за Россию.

Принципы, которыми руководствовались педагоги Лицея [3]:

1) Искренне и глубокое уважение к личности воспитанника со стороны всех взрослых, работающих с детьми.

2) Разносторонняя деятельность лицеистов, обращённая к различным сторонам их психики – интеллектуальной, физической, сенсорной, художественно-эстетической.

3) Воспитание патриотизма, любви к отчизне в своих воспитанниках.

4) Профессионализм преподавателей.

Всё это способствовало развитию академической свободы, никем и ничем не ограниченной, в умах воспитанников Лицея.

Сравнивая современных педагогов (в большей степени работников лицеев) с их лицейскими предшественниками, не углубляясь в детали, можно выделить общее:

- их высокий профессионализм, отсутствие формализма в работе;
- индивидуальный подход к каждому ребенку, стремление глубоко и всестороннее узнать личность воспитанника;
- использование таких педагогических методов, которые помогут обеспечить в учебном заведении комфортный моральный климат как фактор эффективности обучения;
- использование педагогических приёмов, поощряющих свободу высказываний и креативность обучаемых, возбуждающих стремление к творческой деятельности;
- особый упор на историко-патриотическое воспитание, любовь к Родине.

Если же коснуться проблемы академической свободы в современной системе образования России, рассмотрев такие документы как:

- «Рекомендация о положении учителей, принятая Специальной межправительственной конференцией о статусе учителей»;
- Конституция РФ;
- «ФЗ об образовании в Российской Федерации»,

можно понять, что такое академической свобода для педагогов в настоящее время; какие существуют категории академических прав и свобод.

Однако, изучая современное общество, напрашиваются выводы относительно правового положения и статуса преподавателя (с пониманием – «времени на другие»), что педагоги Царскосельского лицея, например, были более свободны в выражении своего отношения к преподаваемой информации, в выборе методов обучения и учебных материалов.

К сожалению, несмотря на довольно широкие, казалось бы, гарантии прав преподавателей XXI в., закреплённые в приведённых выше нормативно-правовых документах, учителя Пушкина, представляется, имели гораздо более высокий статус в обществе, имели больше возможностей влиять на принимаемые в своём учебном заведении решения, что во многом и определило такие выдающиеся результаты их работы в лице свобододлюбивых, высокоморальных выпускников. Выпускники лицеев, безусловно, во все времена считались людьми высокой культуры, в полной мере достойными уважения в обществе, потому, что действительно проявляли высокий интеллект, широкий кругозор и высочайший уровень нравственности. Все это свидетельствовало об особенной педагогической системе учебного заведения его подопечных.

История лицеев с момента их зарождения, естественно, очень сильно насыщена событиями и многогранна, и за все годы существования лицеев произошло огромное количество изменений, как в самих лицеях, так и в образовательной системе России в целом.

Несмотря на все эти изменения, постоянным остается одно: как в прошлом, так и сегодня лицеи несли, несут и будут нести в себе самые добрые педагогические традиции, воспитание в детях высокоморальных нравственных качеств, привитие активной жизненной позиции, гуманизма, патриотизма и таких умений, как самоорганизация, творческий подход ко всему, умение широко мыслить, стремление расширения культурного обогащения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендация ЮНЕСКО/МОТ о положении учителей 1966 г.
2. Конституция Российской Федерации. – М. : АЙРИС-пресс , 2016.
3. *Равкин З. И.* Педагогика Царскосельского Лицея Пушкинской поры (1811–1817 гг): Историко-педагогический очерк. – М.: Московский психолого-социальный институт: Флинта, 1999. – С. 10 .

УДК: 614.84

О. Е. Дорохова

ФГБОУ ВО Академия ГПС МЧС России

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРЕОЛИЗОВАННОГО ТЕКСТА В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ ГРАЖДАН МАТЕМАТИКЕ

Аннотация: статья посвящена проблеме оптимизации обучения иностранных граждан математике в вузах МЧС России. Одним из путей решения данной проблемы и повышения эффективности обучения, в том числе в процессе развития речевого навыка с использованием математических терминов, по мнению автора, является использование креолизованного текста, представляющего собой синтез двух частей: вербальной и невербальной. Невербальная составляющая в этом случае представима в виде интерпретированного текста, записанного в иконической форме с помощью символов и знаков, а также систематизированной информации, представленной в табличном или схематическом виде.

Ключевые слова: иностранные обучающиеся, математика, креолизованный текст, оптимизация обучения.

O. E. Dorokhova

USE OF CREOLIZED TEXT IN THE PROCESS OF TEACHING FOREIGN CITIZENS IN MATHEMATICS

Abstract: The article is devoted to the problem of optimizing the teaching of mathematics to foreign citizens in the universities of the Ministry of Emergency Situations of Russia. One of the ways to solve this problem and increase the effectiveness of learning, including in the process of developing a speech skill using mathematical terms, according to the author, is the use of a creolized text, which is a synthesis of two parts: verbal and non-verbal. The non-verbal component in this case can be represented in the form of an interpreted text written in iconic form using symbols and signs, as well as systematized information presented in a tabular or schematic form.

Keywords: foreign students, mathematics, creolized text, learning optimization.

На сегодняшний день сотрудничество министерства МЧС с дружественными государствами имеет огромное значение для укрепления экономических, политических и научно-технических интересов нашей страны. Многие государства, объединяя свои усилия в борьбе с чрезвычайными ситуациями (ЧС) различного характера, стремятся к выработке единых действий и подходов к предупреждению и ликвидации последствий техногенных аварий или природных стихийных бедствий. Важнейшим направлением этого взаимодействия является обучение иностранных слушателей российскими специалистами в вузах МЧС России. Так, например, за время существования специального факультета по работе с иностранными гражданами Академии ГПС МЧС России было подготовлено более двух тысяч специалистов пожарной охраны Афганистана, Болгарии, Анголы, Венгрии, Германии, Вьетнама, Монголии, Йемена, Кубы, Никарагуа, Словакии, Чехии и других государств.

Обучение иностранных курсантов и слушателей сопряжено с рядом проблем, в наибольшей степени проявляющихся на начальном этапе, в том числе и на подготовительных курсах. В первую очередь это обусловлено языковым барьером, трудностями адаптации к новой социальной среде, особенностями организации учебного процесса в ведомственном вузе МЧС России. Ситуация усугубляется, если в одной группе обучаются иностранные курсанты с различным уровнем базовой школьной подготовки.

Преподаватель в процессе проведения занятия должен учитывать тот факт, что иностранным обучающимся сложно быстро воспринимать большой объем текста учебного материала, так как сначала необходимо мысленно перевести текст на родной язык, обдумать, потом перевести свои ответы на русский язык, или использовать онлайн-сервисы для непосредственного перевода текста. Кроме того, дополнительного времени для освоения требует не только сложный учебный материал, но и развитие речевого навыка с использованием математических и технических терминов. При этом программа обучения не

предполагает такие временные затраты, что может повлечь за собой уменьшение запланированного материала.

Исходя из этого, необходим поиск путей оптимизации и повышения эффективности процесса обучения, включая учебные аудиторские занятия, самостоятельную работу и изучение специфических терминов на родном для иностранных граждан языке.

Одним из решений данной проблемы, на наш взгляд, является использование в процессе обучения совокупности письменной или устной текстовой составляющей с информацией, представленной в иконической форме. Такого рода синтез характерен для креолизованного текста, представляющего собой «текст, фактура которого состоит из двух частей (вербальной (языковой/ речевой) и невербальной (принадлежащей к другим знаковым системам, нежели естественный язык)» [5]. В тоже время Е. Е. Анисимова считает, что креолизованный текст является семиотически осложненным текстом, в структуре которого задействованы средства разных семиотических кодов, в том числе иконические средства [1].

Научные исследования, посвященные использованию креолизованного текста в процессе обучения, в большей степени касаются гуманитарных наук, в том числе при обучении различным языкам. Особый акцент в данном случае делается на внедрение видео- и звукофайлов, картинок, плакатов и т. д.

В математике наряду со стандартными знаками математических действий и операторов применимы символы, способствующие формализации хода рассуждений математических операций и являющиеся логическими эквивалентами некоторых слов или выражений. Эти символы – кванторы были внедрены в математический язык в середине XX века с целью получения максимально понятного и однозначно воспринимаемого текста. Кроме того, кванторы стали общепринятыми в международной практике.

Так, символом \forall обозначен квантор всеобщности, который в тексте заменяет выражения вида «для любого значения переменной x », «любому x »; символ \exists определяет квантор существования, соответствующий фразе «существует такое значение x » и символ $\exists!$ «существует единственное значение x » и т. п. Кроме того, часто используются символы « \in », « \notin », « \emptyset » « \subset », « \supset », являющиеся сокращением слов «принадлежит», «не принадлежит», «пустое множество», «такой, что»; символ « \therefore » применим в формулировках, когда речь идет о каком-либо правиле, знак « $\{$ » применяется в задании и описании множеств [2].

Одним из примеров замены вербального текстового предложения совокупностью кванторов является определение предела функции в точке, а именно: «Число A называется пределом функции в точке x_0 , если для любого положительного ε найдется такое положительное число δ , зависящее от ε , что для всех $x \neq x_0$, удовлетворяющих неравенству $|x - x_0| < \delta$, выполняется неравенство $|f(x) - A| < \varepsilon$. Это определение, записанное с помощью кванторов, имеет вид: « $\forall \varepsilon > 0 \exists \delta(\varepsilon) > 0, \forall x: |x - x_0| < \delta, x \neq x_0 \Rightarrow |f(x) - A| < \varepsilon$ [3].

Обучающимся необходимо предложить интерпретировать вербальную составляющую в невербальную и, наоборот, преобразовать и прочесть иконическую запись в виде классического определения.

Так же универсальным способом преобразования текста и понимания его смысла в математике является использование различного рода схем и таблиц. Причем, подходы к данному изложению различны:

- учебный материал темы полностью или частично в виде схемы (таблицы) предоставляет преподаватель в готовом виде;
- преподаватель делает заготовку схемы (таблицы), обучающиеся заполняют содержательную часть самостоятельно;
- преподаватель предлагает произвести анализ и синтез текста и представить его в схематическом (табличном) виде.

В качестве примера рассмотрим тему «Нелинейные операции над векторами».

Нелинейные операции над векторами включают в себя скалярное, векторное и смешанное произведения, каждое из которых можно рассмотреть по схеме:

1. обозначение;
2. определение;
3. свойства;
4. формула расчета через координаты;
5. геометрические и физические приложения.

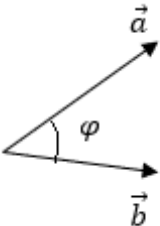
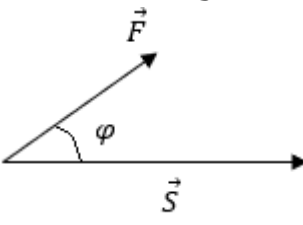
Создадим заготовку таблицы по указанным пунктам, заполнив ячейки для скалярного произведения. При этом вербальную форму определения, свойств, геометрических и физических приложений [3] заменим иконической записью, что существенно минимизирует время конспектирования учебного материала.

Остальные ячейки таблицы обучающиеся должны заполнить самостоятельно, используя текст лекции и/или учебную литературу. В данном случае задание можно дифференцировать по сложности: предложив иностранным курсантам провести анализ и синтез текста с последующей трансформацией на родном для них языке или на русском языке; изменяя объем предоставляемой информации (с доказательствами или без и т. д.).

Рассмотренная практика использования креолизованного текста в процессе обучения математике позволяет:

- минимизировать затраты времени на конспектирование и изучение запланированного объема информации;
- оптимизировать процесс обучения и повысить его эффективность (рационально распределяя время аудиторных занятий и самостоятельной работы на теоретическую, практическую части и отработку речевых навыков с использованием математических терминов);
- индивидуализировать и дифференцировать процесс обучения.

Таблица. Пример использования креолизованного текста при изучении темы: «Нелинейные операции над векторами»

НЕЛИНЕЙНЫЕ ОПЕРАЦИИ НАД ВЕКТОРАМИ		
I.	Скалярное произведение векторов \vec{a} и \vec{b}	
	Обозначение	$\vec{a} \cdot \vec{b}$ или (\vec{a}, \vec{b})
	Определение	$\vec{a} \cdot \vec{b} = \vec{a} \cdot \vec{b} \cdot \cos\varphi$, $\vec{a} \neq \vec{0}$, $\vec{b} \neq \vec{0}$
		 <p>Рисунок 1.</p>
	Свойства	<ol style="list-style-type: none"> $\vec{a} \cdot \vec{b} = \vec{b} \cdot \vec{a}$ (переместительное); $(\lambda\vec{a}) \cdot \vec{b} = \lambda(\vec{a} \cdot \vec{b})$ (сочетательное); $\vec{a} \cdot (\vec{b} + \vec{c}) = \vec{a} \cdot \vec{b} + \vec{a} \cdot \vec{c}$ (распределительное); $\vec{a}^2 = \vec{a} ^2$ – скалярный квадрат; если $\vec{a} \perp \vec{b}$, то $\vec{a} \cdot \vec{b} = 0$ (условие ортогональности векторов); обратное: если $\vec{a} \cdot \vec{b} = 0$ и $\vec{a} \neq \vec{0}$, $\vec{b} \neq \vec{0}$, то $\vec{a} \perp \vec{b}$.
Формула расчета через координаты	Если $\vec{a} = (a_x, a_y, a_z)$, $\vec{b} = (b_x, b_y, b_z)$, то $\vec{a} \cdot \vec{b} = a_x \cdot b_x + a_y \cdot b_y + a_z \cdot b_z$.	
Геометрические и физические приложения	<ol style="list-style-type: none"> Угол между векторами: $\cos\varphi = \frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{ \vec{a} \cdot \vec{b} };$ Проекция вектора \vec{a} на вектор \vec{b}: $\text{пр}_{\vec{b}}\vec{a} = \frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{ \vec{b} };$ Работа постоянной силы \vec{F}: $A = \vec{F} \cdot \vec{S}$  <p>Рисунок 2.</p> <p>\vec{S} – перемещение под действием силы \vec{F}.</p>	

II.	Векторное произведение векторов \vec{a} и \vec{b}	
	Обозначение	
	Определение	
	Свойства	
	Формула расчета через координаты	
	Геометрические и физические приложения	
III.	Смешанное произведение векторов \vec{a} , \vec{b} и \vec{c}	
	Обозначение	
	Определение	
	Свойства	
	Формула расчета через координаты	
	Геометрические и физические приложения	

Данный подход может быть также использован при изучении смежных дисциплин, изучаемых на подготовительных курсах и первых курсах вузов МЧС России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анисимова Е. Е.* Лингвистика текста и межкультурная коммуникация (на материале креолизованных текстов): Учеб. пособие для студ. фак. иностр. яз. вузов. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 128 с.
2. *Ивин А. А.* Логика. Учебник для гуманитарных факультетов // М.: ФАИР-ПРЕСС, 2002. – 277 с.
3. *Письменный Д. Т.*, Конспект лекций по высшей математике: [в 2 ч.] Ч. 1. /11-е изд. – М.: Айрис-пресс, 2011. – 288 с.
4. *Пересторонина И. Л., Панькова Е. С.* Понятия семиотического, креолизованного и рекламного текста в лингвистике // Проблемы романо-германской филологии, педагогики и методики преподавания иностранных языков. 2012. №9. С. 83-89. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatiya-semioticheskogo-kreolizovannogo-i-reklam-nogo-teksta-v-lingvistike> (дата обращения: 21.03.2022).
5. *Сорокин Ю.А., Тарасов Е.Ф.* Креолизованные тексты и их коммуникативная функция // Оптимизация речевого воздействия: коллективная монография. – М., 1990. – С. 180–186.

УДК: 004.02, 37.013

Е. В. Егорычева

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет
им. В.И. Ленина»

ПРИМЕНЕНИЕ САД-СИСТЕМ ПРИ ОБУЧЕНИИ ГРАФИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ СТУДЕНТОВ С ОВЗ

Аннотация: статья посвящена применению САД-систем в процессе обучения студентов с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) графическим дисциплинам, таким как начертательная геометрия и инженерная графика. Рассматривается методика визуализации учебной информации, а также выполнения и проверки задач посредством использования САД-систем. Предложенные методики позволят сделать более полноценной подготовку студента по графическим дисциплинам на практических занятиях и при самостоятельной работе.

Ключевые слова: САД-системы, инклюзивное обучение, графические дисциплины, решение задач, проверка, визуализация учебной информации.

Е. V. Egoricheva

APPLICATION OF CAD SYSTEMS IN TRAINING GRAPHIC DISCIPLINES OF STUDENTS WITH DISABILITIES

Abstract: the article is devoted to the use of CAD systems in the process of teaching students with disabilities graphic disciplines, such as descriptive geometry and engineering graphics. The methods of visualization of educational information, as well as the execution and verification of tasks through the use of CAD systems are considered. The proposed methods will make it possible to make a more complete preparation of a student in graphic disciplines in practical classes and in independent work.

Keywords: CAD systems, inclusive learning, graphic disciplines, problem solving, verification, visualization of educational information.

Одной из форм образовательных технологий современного высшего образования, которая активно развивается в настоящее время, является инклюзивное обучение. В ближайшее время элементы инклюзивного обучения не потеряют своей актуальности, и будут широко внедряться в образовательный процесс университетов. Согласно статистике, количество студентов с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ), зачисленных на обучение по программам высшего образования ежегодно растет [3, 5]. Успешность образования таких студентов зависит от многих факторов:

- подготовленности ВУЗа к обучению студентов с ОВЗ (нормативно-правовая база, финансовая обеспеченность, развитость инфраструктуры, наличие индивидуальных учебных планов и графиков обучения и т. д.);

- подготовленности профессорско-преподавательского состава к участию в инклюзивном обучении (специальная подготовка по работе с инвалидами и лицами с ОВЗ, наличие специальных методик и технологий организации образовательного и коррекционного процесса и др.);

- готовности студентов без ОВЗ к совместному обучению (стремление помочь, проявление активной жизненной позиции к любым видам дискриминации или неприязни к лицам с ОВЗ и т.д.);

- готовности самих студентов, имеющих инвалидность или ОВЗ, к обучению в вузах (социализация и адаптация личности в инклюзивной образовательной среде и т. д.).

В настоящее время от всех выпускников, в том числе и с ОВЗ, технических ВУЗов, требуется не только высокий уровень профессиональной подготовки, но и проявление таких фундаментальных форм умственной деятельности инженера, как образное мышление и техническое творчество. Графические дисциплины в большей степени, чем другие предметы, способствуют развитию таких качеств. Целями освоения графических дисциплин являются:

- развитие геометрического пространственного мышления студентов, как основу конструирования;

- развитие умения графически отобразить геометрическую информацию о форме, размерах и взаимном положении объектов;

- получение знаний научных теоретических основ графических построений и т.д.

Особенностью графических дисциплин является то, что восприятие учебной информации студентами имеет визуальный аспект, проходит в большей степени через их зрительно-образное восприятие пространственных геометрических форм. Следовательно, обучение графическим дисциплинам будет происходить более успешно, особенно для студентов с ОВЗ, если в процессе обучения применяется визуализация учебной информации (рис.1).

Визуализация учебной информации важна на всех этапах образовательного процесса: на лекционных, практических занятиях, при закреплении изученного материала, при организации самостоятельной работы студентов, а также при проверке и оценке усвоения учебного материала [6].

Применение САД-систем для визуализация учебной информации при изучении графических дисциплин, таких как начертательная геометрия и инженерная графика, дает возможность:

- использовать твердотельные модели в качестве наглядного материала при изучении различных разделов дисциплин;

- изучить создание чертежа по 3D модели объекта и многое другое.

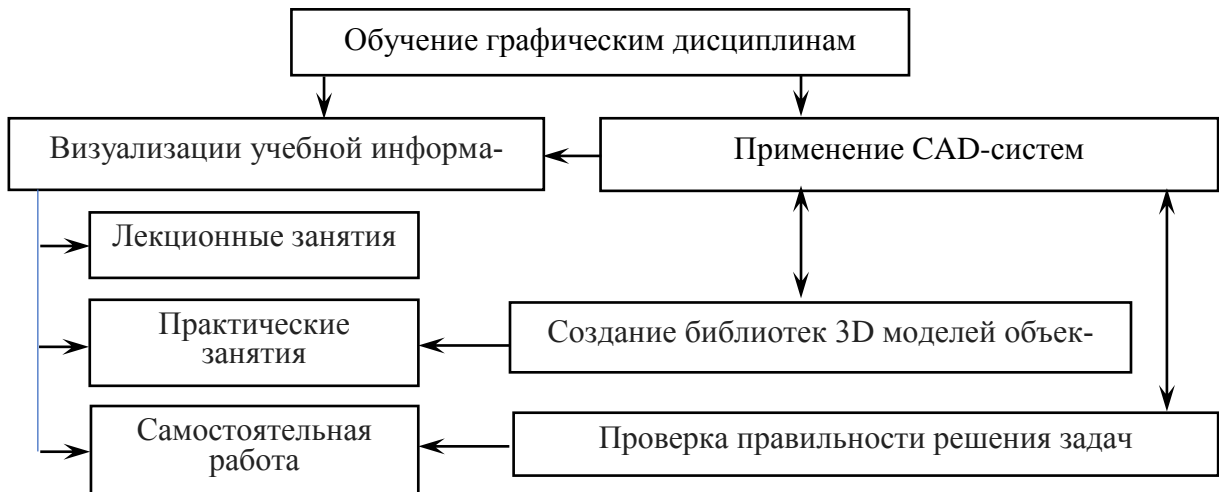


Рис. 1. Применение визуализации учебной информации при обучении графическим дисциплинам

Для визуализации учебной информации при обучении студентов, имеющих ОБЗ, рационально создать библиотеку твердотельных моделей деталей в САД-системах (рис.2).

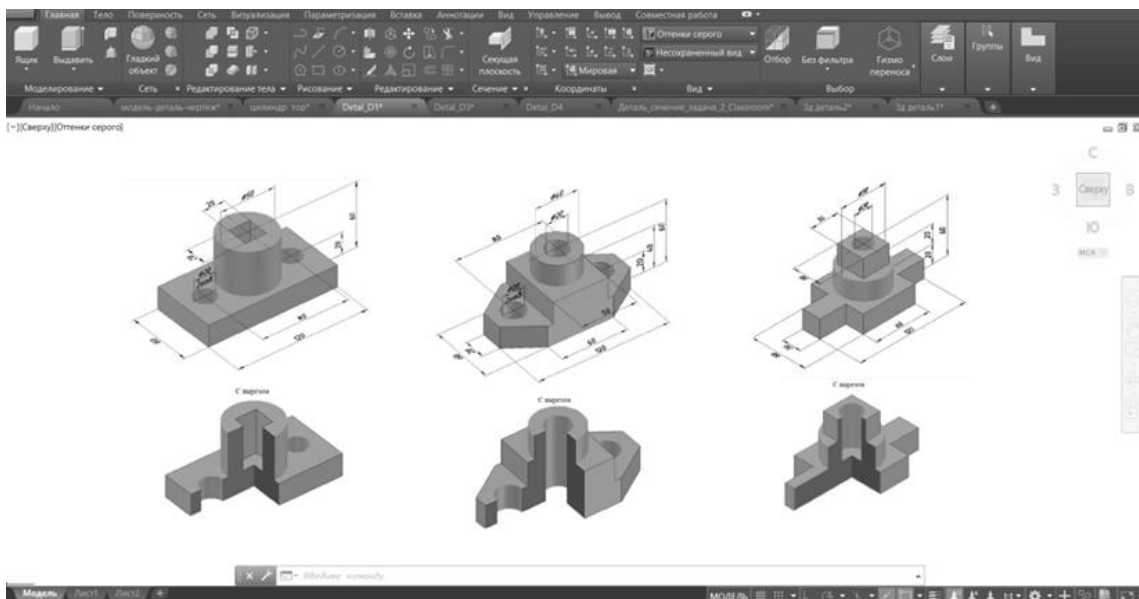


Рис. 2. Создание библиотеки 3D моделей деталей

Это позволит:

- преподавателю акцентировать внимание на определении необходимого и достаточного количества изображений детали, разрезов, сечений; определении размеров; учете технологии изготовления самого изделия и т. д.;

- студенту самому «покрутить» модель детали: рассмотреть ее со всех сторон, определить наружную и внутреннюю конфигурацию;
- студенту под руководством преподавателя создать ассоциативный чертеж детали на основании 3D модели; нанести размеры и изучить правила оформления чертежа (рис. 3).

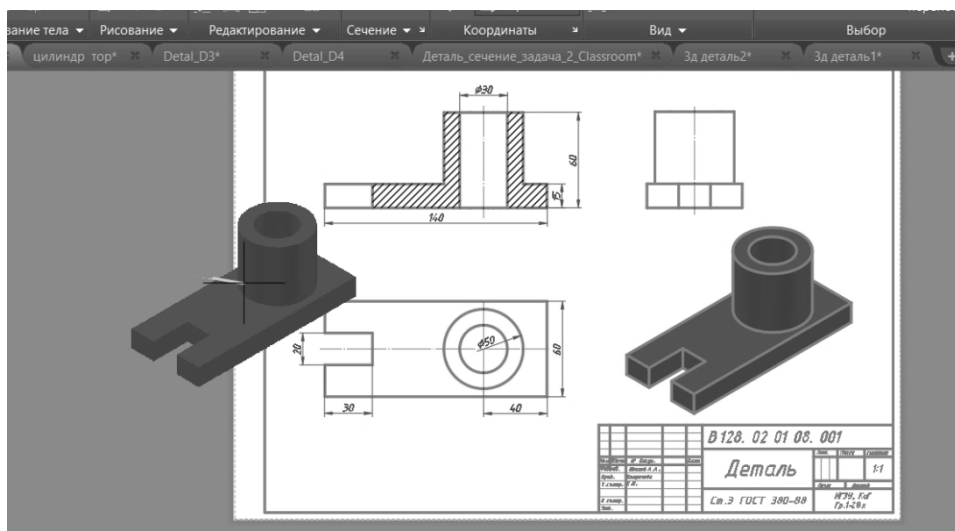


Рис. 3. Создание ассоциативного чертежа по модели

В библиотеке твердотельные модели деталей более рационально представлять с вырезом внутренней конфигурации детали, это в значительной мере упрощает процесс понимания учебного задания и облегчает работу над ним [4]. Такое визуальное представление позволяет увидеть внутренние поверхности, их взаимное расположение и пересечения. Работа с такой моделью позволяет студентам гораздо быстрее освоить и понять процесс построения чертежа и перейти к самостоятельной работе.

Также рационально разработать библиотеку параметризованных геометрических моделей для изучения различных поверхностей и их пересечения. Размеры, форма и взаимное расположение геометрических объектов определяют характер линии пересечения. Изменение параметров даже одинаковых фигур влечет за собой изменение формы линии пересечения.

Разработка особых методик представления учебной информации важна не только на этапе усвоения теоретического материала дисциплин, но и при решении практических задач. Для студентов с особыми образовательными потребностями выполнение задач по начертательной геометрии (метрических и комплексных построений) является достаточно сложным процессом [2]. Методика решения задачи с возможностью выбора правильного варианта на каждом этапе решения позволяет сделать более полноценной подготовку студента при самостоятельной работе и на практических занятиях.

Способ представления решения метрических и комплексных задач в САД-системе (AutoCAD, Компас 3D) реализуется с помощью использования дополнительных слоев, так называемых «промежуточных» и «итогового» слоев. Начальные данные задачи выполняются по заданным координатам. Каждый этап решения задачи представлен несколькими дополнительными «промежуточными» слоями с верными и неверными построениями. Студенту, для выполнения задачи, необходимо подключать дополнительные слои с правильными построениями на каждом этапе решения, то есть «построение» задачи проходит в режиме выбора «верных промежуточных» слоев. Для проверки правильности выполнения задания необходимо включить дополнительный слой с конечным результатом построения («итоговый» слой). При наличии несовпадений наложенных итоговых изображений студенту необходимо проработать все промежуточные этапы заново. Это позволит проанализировать ход построения, определить на каком этапе была допущена ошибка и внести необходимые исправления в решение (рис. 4).

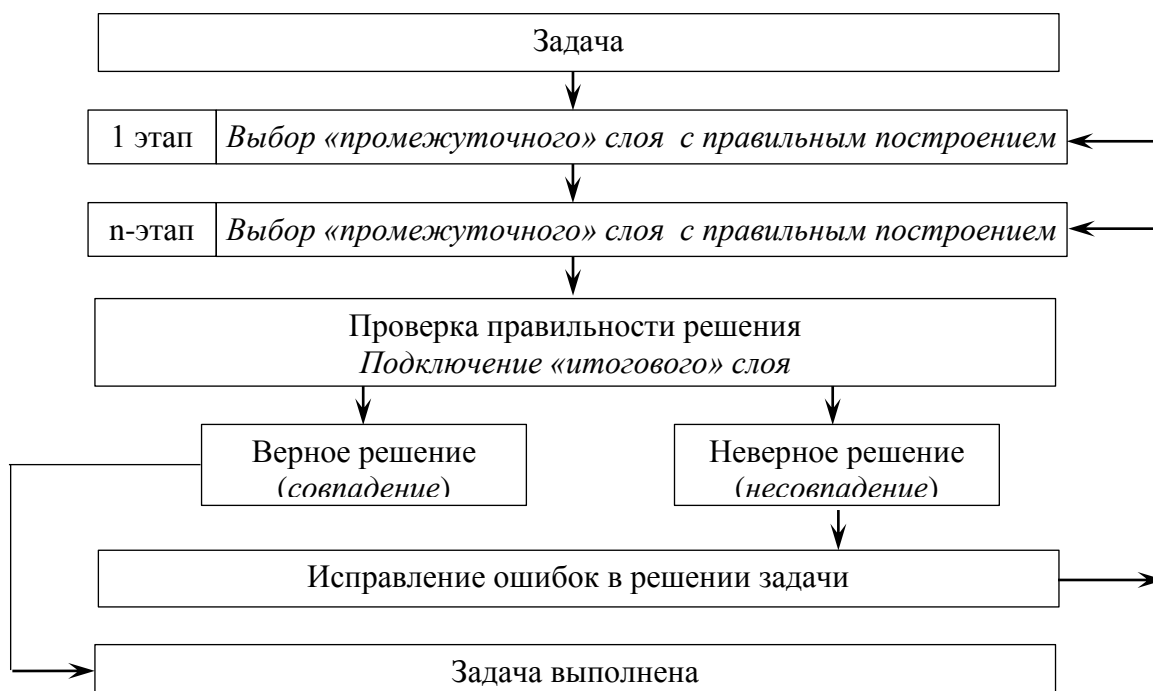


Рис. 4. Схема реализации выполнения и проверки решения задач

Данный способ решения задач рационально использовать при выполнении задач на определение размеров геометрических элементов по чертежу [1]. Также подобная методика актуальна при самостоятельной подготовке обучающихся.

Таким образом, происходит обеспечение интенсификации обучения, активизации учебной и познавательной деятельности, формирование и развитие пространственного воображения и образного мышления у студентов с особыми образовательными потребностями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Егорычева Е.В.* Оптимизация проверки заданий по начертательной геометрии в условиях смешанного обучения / Е.В. Егорычева, А.П. Акулова. Перспективы развития высшей школы. Материалы II Международной научно-практической конференции. Тюмень, 2021. С. 23-26.

2. *Егорычева Е.В.* Инженерная и компьютерная графика: решаем задачи : практикум / Е.В. Егорычева Е.В. – Иваново : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», 2019. – 108 с.

3. *Медведева Е.Ю.* Мониторинг процесса и результатов инклюзивного высшего образования в России. [Электронный ресурс] / Е.Ю. Медведева, О.Н. Двуреченская. – Режим доступа: [https://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view File/236/237](https://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/File/236/237)

4. *Новожилова С.А.* Информационное обеспечение в современных технологиях обучения графическим дисциплинам / С.А. Новожилова, Е.В. Егорычева // Геометрия и графика: Журнал. – Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М". – 2013. – №3. – т.1, ч.1. – С.33 – 35.

5. *Резник Г.А.* Развитие инклюзивного образования в вузах России / Г.А. Резник, М.А. Курдова // Экономика и социум. Рубрика: Современные науки и образование: Журнал. – 2016. – 11-2 (30).

6. *Tjurina S.Yu.* Experience of introduction of pedagogical technologies in technical university / S.Yu. Tjurina, E.V. Egoricheva. Материалы всероссийской научно-практической конференции с дистанционным и международным участием. Ульяновск, 2021. С. 243-245.

УДК: 614.842.8

А. В. Ермилов, А. В. Наумов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА»

Аннотация: в статье рассматриваются пути совершенствования методологической основы учебной дисциплины «Пожарная тактика». Основными направлениями являются: переработка теоретического материала на основе современных исследований в области пожаротушения; применение ситуационных пожарно-тактических за-

дач для комплексной оценки знаниевой составляющей профессиональной подготовленности курсантов; разработка тематических баз дифференцированных практико-ориентированных задач по тушению пожаров на объектах экономики; проведение практических занятий в классе ситуационного моделирования профессиональной деятельности.

Ключевые слова: курсант, профессиональная подготовка, практические занятия, ситуационное моделирование.

A. V. Ermilov, A. V. Naumov

WAYS TO IMPROVE THE EDUCATIONAL DISCIPLINE «FIRE TACTICS»

Annotation: the article discusses ways to improve the methodological basis of the discipline «Fire tactics». The main directions are: processing of theoretical material on the basis of modern research in the field of firefighting; application of situational fire-tactical tasks for a comprehensive assessment of the knowledge component of the professional readiness of cadets; development of thematic bases of differentiated practice-oriented tasks for extinguishing fires at economic facilities; conducting practical classes in the classroom of situational modeling of professional activity.

Key words: cadet, professional training, practical exercises, situational modeling.

Профессиональная подготовка в вузе МЧС России направлена на приобретение курсантами и студентами компетенций в рамках федерального государственного образовательного стандарта. Компетенция состоит из знаний, навыков, умений, способностей и качеств личности, значимых для профессии. Способности являются важной составляющей компетенции. Б.А. Душков, Б.А. Смирнов, А.В. Королев понимали под способностью особенности личности, позволяющие ей успешно овладевать видами деятельности, а также реализовывать их в сложных профессиональных ситуациях [1, с. 625]. Содержание способностей детально раскрыто в трудах В.Д. Шадрикова. Автор указывал на то, что способности являются механизмом реализации деятельности. Структура способностей в процессе становления специалиста постоянно меняется в зависимости от своего оперативного проявления [2, с. 105]. Автор указывал, что способности подразделяются на общие и специальные. Специальные способности необходимо формировать в специально созданных условиях, способствующих выполнению курсантами учебной деятельности максимально приближенной к реальной профессиональной деятельности.

Рассматривая содержание учебных дисциплин учебно-научного комплекса «Пожаротушение» можно подчеркнуть, что учебная дисциплина «Пожарная тактика» обеспечивает комплексное применение знаний на практике таких пожарно-тактических дисциплин, как: «Пожарная техника»; «Подготовка газодымозащитника»; «Пожарно-строевая подготовка». Данная дисциплина оказывает непосредственное формирование направленности, внимательности, наблюдательности, воображения и др. Таким образом, возникает необходимость совер-

шенствования методологической составляющей учебной дисциплины «Пожарная тактика» в рамках нормативно-правовых актов МЧС России.

Анализ исследований и специальной литературы позволил выделить следующие направления:

1. Переработка теоретического материала на основе современных научных исследований в области пожаротушения.

Социально-экономическая обстановка привела к серьезным изменениям объектов экономики. В частности множество производственных объектов стали банкротами и сменили класс функциональной пожарной опасности. Также, объекты экономики в своем большинстве стали частными и застрахованными на случай пожара. В настоящее время остается актуальным ряд учебников по пожарной тактике, таких авторов как П.П. Ключ, А.М. Матвейкин, Я.С. Повзик, А.В. Подгрушный, В.В. Терехнев и др. [3; 4]. Современное развитие науки и практики в области пожаротушения требует переработки содержания теоретического материала дисциплины в рамках требований нормативно-правовых актов МЧС России. В частности: информационным системам поддержки и принятия решений руководителем тушения пожара; выбора насосно-рукавных схем для подачи огнетушащих веществ; рационального применения приборов подачи огнетушащих веществ с регулируемым расходом огнетушащих веществ и др.

2. Применение ситуационных пожарно-тактических задач для комплексной оценки знаниевой составляющей профессиональной подготовки курсантов.

Одним из условий качественного становления выпускника по профессиональному назначению является личностно-ориентированное обучение. Таким образом, становится важным определить провалы в профессиональной подготовленности. С этой целью разработаны ситуационные практико-ориентированные задачи, которые являются отражением модели профессиональной ситуации на месте тушения пожара (рис. 1) [5, с. 39].

Предлагаемая схема расстановки сил и средств имеет восемь показателей, пять из которых содержат в себе логические ошибки, основанные на требованиях нормативно-правовых актов МЧС России, а также теоретической основы пожарно-технических дисциплин, таких как: «Пожарная тактика»; «Пожарная техника»; «Пожарно-строевая подготовка»; «Подготовка газодымозащитника». Преподаватели, оценивая курсанта, видят уровень развития его внимательности, наблюдательности, воображения, что позволяет производить своевременную коррекцию его подготовки.

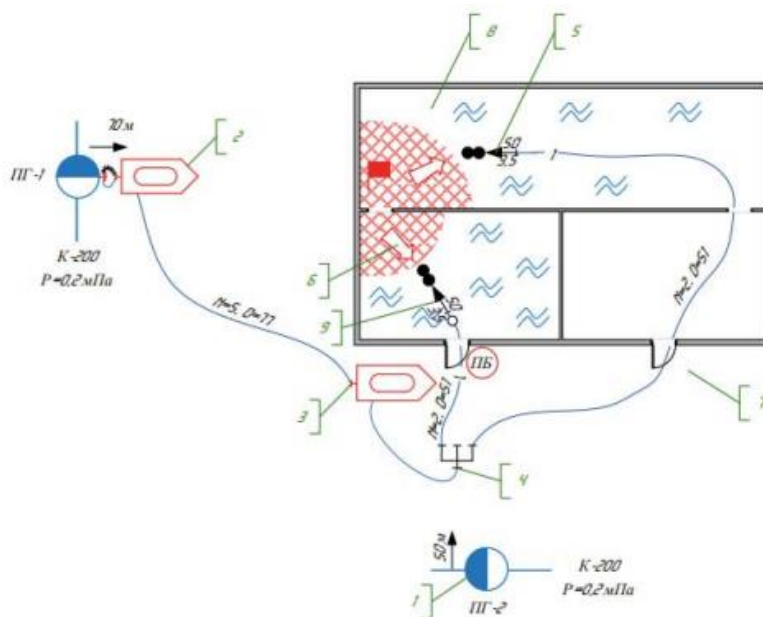


Рис. 1. Ситуационная практико-ориентированная задача

3. Разработка тематических баз дифференцированных практико-ориентированных задач по тушению пожаров на объектах экономики (рис. 2).

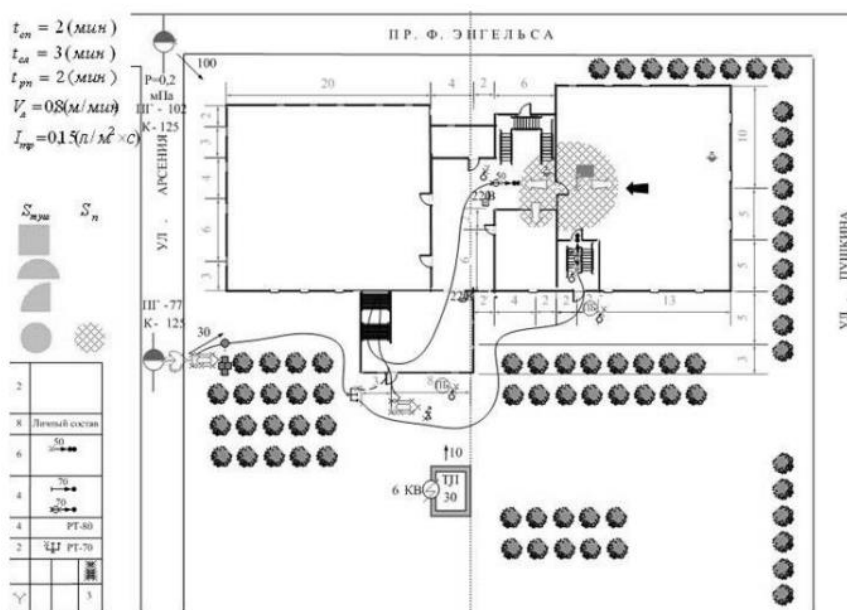


Рис. 2. Практико-ориентированная задача по тушению пожаров на объектах экономики

Проведенные исследования показали, что внедрение в учебный процесс практико-ориентированных задач позволяет осуществить комплексную подготовку курсантов и оценку их подготовленности [6]. В частности выявить прова-

лы в подготовке, что важно при изучении четвертого раздела учебной дисциплины «Пожарная тактика», а именно «Тушение пожара на различных объектах экономики». Данный раздел содержит темы, каждая из которых раскрывает оперативно-тактическую характеристику объектов экономики, особенности развития пожара и самое главное – частные условия тушения пожара пожарно-спасательными подразделениями. Преподаватели, оценив подготовленность курсантов, могут делать акценты на проблемные вопросы и разрабатывать варианты заданий для практических занятий [6, с. 184].

4. Проведение практических занятий в классе ситуационного моделирования профессиональной деятельности [7, с. 204].

Практические занятия на его базе обеспечивают создание условий для моделирования действий руководителя тушения пожара на различных уровнях сложности:

- начальник караула (оценка оперативной обстановки; разведка пожара (выбор решающего направления); расстановка сил средств дежурного караула; управление дежурным караулом);

- оперативный дежурный (оценка оперативной обстановки; разведка пожара (выбор решающего направления); расстановка сил средств пожарно-спасательных частей; управление начальниками караулов пожарно-спасательных частей);

- поэтапное прибытие сил и средств согласно расписания выезда пожарно-спасательного гарнизона (позволяет в динамике рассмотреть процесс развития и тушения пожара с учетом изменяемой расстановки сил и средств прибывающих пожарно-спасательных подразделений).



Рис. 3. Класс ситуационного моделирования

Выделенные пути совершенствования учебной дисциплины «Пожарная тактика» обеспечат профессионально-ориентированную социализацию человека [7]. У курсанта будет формироваться профессиональная сфера сознания, отношение к профессиональной деятельности и накапливаться опыт деятельности по профессиональному назначению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Душков Б.А., Смирнов Б.А., Королев А.В. Психология труда, профессиональной, информационной и организационной деятельности: Словарь / Под ред. Б.А. Душкова; прил. Т.А. Гришиной. - 3-е изд. - М.: Академический Проект: Фонд «Мир», 2005. - 848 с.
2. Шадриков В.Д. Формирование базовых компетенций на основе деятельностного подхода / В.Д. Шадриков // Мир Психологии. 2014. №3. С. 105-119.
3. Повзик Я.С., Ключ П.П., Матвейкин А.М. Пожарная тактика: учебник для пожарно-технических училищ. М.: Стройиздат, 1990. – 335 с.
4. Тербнев В.В., Подгрушный А.В. Пожарная тактика: Основы тушения пожаров. М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. – 322 с.
5. Ермилов А.В. Разработка практико-ориентированных задач при оценке подготовленности курсантов в области пожаротушения / А.В. Ермилов, О.Н. Белорожев // Пожарная и аварийная безопасность. 2020. № 2 (17). С. 36-42.
6. Ермилов А.В. Развитие интеллектуальной составляющей управленческой компетентности начальника караула пожарно-спасательной части / А.В. Ермилов, В.А. Смирнов, М.С. Кнутов // Технологии техносферной безопасности. 2017. № 3 (73). С. 178-185.
7. Ермилов А.В. Пути совершенствования учебной дисциплины «Организация пожаротушения» / А.В. Ермилов, М.О. Баканов, И.В. Багажков // В сборнике: Актуальные вопросы естествознания. Материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Составители О.В. Хонгорова, М.Г. Есина. 2020. С. 203-205.
8. Мардахаев Л.В. Профессионально-ориентированная социализация обучающихся и необходимость ее стимулирования // ЦИТИСЭ. 2017. № 3 (12). С. 28. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30797586>.

УДК: 37

С. А. Зайцева, В. С. Киселев, В. В. Иванов

Шуйский филиал ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОФОРИЕНТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ВУЗА СО ШКОЛЬНИКАМИ СРЕДСТВАМИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

Аннотация: в статье рассмотрены технологии организации профориентационной работы вуза со школьниками средствами образовательной робототехники. Доказывается, что это приносит значительно больший эффект, чем стандартная информационная реклама. Для организации вузом контекстной профориентационной работы со школьниками может, наряду со многими другими средствами, результативно использоваться образовательная робототехника, которая имеет множество способов применения и даёт возможность не только приобщиться к современному техническому творчеству обучающимся школ, но и расширить сферу своих профессиональных возможностей студентам и учителям.

Ключевые слова: профессиональная ориентация, робототехника, вуз, школа, студент, учитель, обучающийся.

S. A. Zaitseva, V. S. Kiselev, V. V. Ivanov

ORGANIZATION OF VOCATIONAL GUIDANCE WORK OF THE UNIVERSITY WITH SCHOOLCHILDREN BY MEANS OF EDUCATIONAL ROBOTICS

Abstract: The article considers the technologies for organizing the career guidance work of a university with schoolchildren by means of educational robotics. It is proved that this brings a much greater effect than standard informational advertising. For the organization of contextual career guidance work with schoolchildren, along with many other means, educational robotics can be effectively used, which has many ways of application and makes it possible not only to join the modern technical creativity of school students, but also to expand the scope of their professional opportunities for students and teachers.

Keywords: professional orientation, robotics, university, school, student, teacher, student.

Одной из самых важных задач школьного образования можно назвать профессиональное самоопределение обучающихся. Успешность профессионального самоопределения играет важную роль, как для самого человека, так и для государства и общества в целом [1]. Государственные стандарты, нормативные и законодательные документы в области среднего общего образования содержат информацию о том, что все общеобразовательные учреждения долж-

ны проводить системную, квалифицированную и комплексную профориентационную работу с обучающимися.

Под профориентационной работой в рамках данного исследования будем понимать «систему мероприятий, направленных на подготовку молодёжи к выбору профессии» [2, с. 43].

Включение школьников в освоение робототехники может служить результативным методом популяризации технического и педагогического образования и средством профориентационной работы. Для контекстного включения школьников в образовательный процесс вуза и приобщение их к техническому творчеству и педагогической деятельности необходимо было подобрать предметную сферу. Робототехника может служить данной сферой в силу своей новизны, гибкости содержания и технологий, презентативности, наглядности, междисциплинарности, возможности работы в разновозрастных группах и обеспечения соревновательной составляющей.

В своём исследовании мы основываемся на определении образовательной робототехники которое дано доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана А.С. Ющенко. Под образовательной робототехникой в контексте образования школьников, будем понимать «вид развивающего учебного оборудования, которое используется для того, чтобы школьнику лучше усвоить знания школьной программы и получить необходимые дополнительные навыки» [3].

Целью нашего исследования является разработка, обоснование результативности и апробация механизмов профориентационной работы вуза со школьниками. На основании этого нами было выделено несколько задач:

- выявить возможности интеграции робототехники в профориентационную работу со школьниками;
- разработать программу профессиональной переподготовки для студентов «Педагогика дополнительного образования: Робототехника»;
- спроектировать и разработать механизмы организации профориентационной работы вуза со школьниками средствами образовательной робототехники;
- провести апробацию разработанных механизмов и оценку эффективности профориентационной работы вуза со школьниками.

Исследование предусматривает несколько этапов:

1 этап. Выявление перспектив интеграции робототехники в профориентационную работу со школьниками проводилось методом тематического контент-анализа публикаций с глубиной поиска 10 лет, размещенных в библиотеке eLibrary. Проведенный мониторинг публикаций по проблемам развития образовательной робототехники в мировой практике демонстрирует непрерывно возрастающий интерес исследователей к обозначенной проблеме. В ходе анализа публикаций было отмечено, что авторы в большинстве случаев обсуждают следующие вопросы: материальное и учебно-методическое обеспечение техниче-

ского образования школьников; направления развития детского технического творчества; механизмы организации мероприятий, соревнований и конкурсов; реализацию дополнительного технического образования школьников на основе дистанционных технологий; необходимость повышения квалификации работающих педагогов; подготовку педагогических кадров [4].

2 этап. Диагностика заинтересованности и готовности к получению дополнительного образования по образовательной робототехнике педагогов проведена на основе анкетирования студентов педагогических направлений подготовки. В исследовании приняли участие 185 студентов – будущих педагогов из 6 вузов России. К анкетированию привлекались будущие учителя математики, информатики, технологии, физики, начальных классов, педагоги дошкольных образовательных учреждений. Результаты проведенного анкетирования позволили констатировать, что 11 % опрошенных студентов считают себя компетентными в области образовательной робототехники, так как они либо уже прошли дополнительную подготовку в указанном направлении, либо получают дополнительное образование на момент опроса; в основном этот контингент – будущие учителя информатики и технологии. Таким образом имеется потенциал привлечения студентов к профориентационной работе вузов средствами образовательной робототехники.

3 этап. Проектирование и апробация технологий профориентационной работы вуза со школьниками средствами образовательной робототехники. Опишем те из них, которые по результатам апробации показали наибольшую результативность.

Технология №1 «Проведение мастер классов для обучающихся школ». Студенты, получающие дополнительную профессиональную квалификацию «Педагогика дополнительного образования: Робототехника» и студенты-волонтеры, которые уже освоили данную программу, под руководством педагогов проводят выездные занятия и мастер-классы со школьниками 2-6 классов. На данные занятия приглашаются и все заинтересованные обучающиеся 10 и 11 классов. Старшеклассники включаются в процесс совместной конструкторской и творческой деятельности, выступая наставниками для младших школьников и помощниками – партнерами для студентов. Таким образом, образуются разновозрастные группы, которые учатся рациональному взаимодействию. В процессе данных занятий происходит встроенная контекстная профориентационная работа с выпускниками: их ориентация на педагогическую профессию и на поступление на педагогические направления вуза. Некоторые выпускники школ в процессе данных занятий открывают у себя педагогические способности, у них меняется в положительную сторону отношение к педагогической профессии.

Технология №2 «Совместные занятия студентов и школьников в кружках и лабораториях робототехники на базе вуза». Ещё одной стороной взаимодействия с обучающимися является организация на базе университета кружка робототехники для школьников и студенческой лаборатории, что позволяет проводить, в том числе совместные занятия студентов и школьников. Данная

деятельность вносит вклад в развитие у студентов и школьников групповой сплочённости, формирует в них навыки совместной командной работы в разновозрастном коллективе. У школьников формируется положительное отношение к вузу, профориентационная работа проводится на основе включения выпускников школ в студенческое научное сообщество.

Технология №3. «Интеграция будущих педагогов в систему дополнительного образования школ на этапе обучения в вузе». Студенты, получившие дополнительную профессиональную квалификацию «Педагогика дополнительного образования: Робототехника» востребованы в школах, которые приобрели статус «Точка роста». Почти все выпускники данной программы вуза (82%) трудоустроены в систему дополнительного образования на базе Точек роста и Кванториумов. Система дополнительного школьного образования успешно сочетается (как во временном аспекте, так и по трудоемкости) с основным видом деятельности студента – процессом обучения в вузе. Плавная адаптация в педагогическую деятельность на этапе обучения значительно повышает вероятность дальнейшего трудоустройства выпускника по окончании обучения в вузе по профилю подготовки.

Технология №4. «Совместная адресная профориентационная работа школ и вуза». От директоров школ области систематически поступают в вуз заявки на трудоустройство выпускников. Многие школы заинтересованы и в привлечении студентов в систему дополнительного образования для обучения школьников робототехнике. Особенно ценным для сельских школ является трудоустройство студентов – выпускников данной школы, имеющих с ней территориальные связи. Вузом и руководством школ проводится совместная адресная работа по выявлению обучающихся в вузе студентов из жителей данной местности и создания для них условий по освоению программы «Педагогика дополнительного образования: Робототехника». В вузе накоплен положительный опыт когда студенты успешно осваивают основную программу бакалавриата или магистратуры и программу по образовательной робототехнике, а в выходные дни результативно включаются в педагогическую деятельность в системе дополнительного образования со школьниками.

В качестве решения проблемы обеспечения сельских школ специалистами в области образовательной робототехники мы видим привлечение (через педагогический коллектив школы) выпускников этих школ на педагогические образовательные программы вуза, а вуз берет на себя ответственность по реализации индивидуальных образовательных траекторий для данных студентов и подготовку их в рамках дополнительной программы в области образовательной робототехники. Данные студенты уже с первого года обучения могут и способны оказывать помощь своей школе и тем самым успешно адаптироваться к педагогической деятельности.

Технология №5. «Реклама вуза через включение мастер-классов по образовательной робототехнике в программу дней открытых дверей вуза». Студенты под руководством преподавателей заранее готовятся к мастер-классам и

проводят рекламную кампанию дней открытых дверей вуза. В связи с этим в данном мероприятии участвуют не только выпускники 11 классов, но и школьники других возрастов, учителя и руководство школ. Что обеспечивает пролонгированное действие рекламной кампании на следующие годы, а заинтересованность школьников в такого рода мероприятиях позволяет прогнозировать успешность наборов на первые курсы в будущем.

Реализация на практике описанных технологий убеждает в том, что контекстное осуществление профориентационной работы вуза со школьниками приносит значительно больший эффект, чем стандартная информационная реклама. Для организации вузом контекстной профориентационной работы со школьниками может, наряду со многими другими средствами, результативно использоваться образовательная робототехника, которая имеет множество способов применения и даёт возможность не только приобщиться к современному техническому творчеству обучающимся школ, но и расширить сферу своих профессиональных возможностей студентам и учителям.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Ивановской области в рамках научного проекта № 20-413-370001

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Роберт И. В. Информационно-образовательное пространство [Текст] / И.В.Роберт, И.Ш. Мухаметзянов, В. А. Касторнова. – М. : ИУО РАО, 2017. – 92 с.
2. Пряжников Н.С. Методы активизации профессионального и личностного самоопределения : учеб.-метод. пособие / Н.С. Пряжников. -М. : Моск. психолого-социальный ин-т ; Воронеж : НПО «МОДЭК», 2002. -400 с.
3. Всероссийский учебно-методический центр робототехники [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://xn----8sbhby8arey.xn--p1ai/news/smi/980-что-такое-obrazovatel'naya-robototekhn%C2%AD>
4. Развитие образовательной робототехники: проблемы и перспективы / С. А. Зайцева, В. В. Иванов, В. С. Киселев, А. Ф. Зубаков // Образование и наука. – 2022. – Т. 24. – № 2. – С. 84-115. – DOI 10.17853/1994-5639-2022-2-84-115.

УДК 656

К. И. Зиатдинов, А. Н. Ниткин, В. В. Кичайкин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ВОДИТЕЛЯ ПОЖАРНОГО АВТОМОБИЛЯ

Аннотация: в данной статье рассмотрены вопросы профессиональной надежности водителя пожарного автомобиля, описаны такие составляющие, как его пригодность, подготовленность и работоспособность.

Ключевые слова: надежность водителя, работоспособность, управление пожарным автомобилем, профессиональные навыки.

K. I. Ziatdinov, A. N. Nitkin, V. V. Kichaikin

PEDAGOGICAL SUPPORT OF THE PROCESS OF FORMATION OF A FIRE TRUCK DRIVER

Abstract: this article discusses the issues of professional reliability of a fire truck driver, describes such components as its suitability, preparedness and performance.

Keywords: driver reliability, efficiency, fire truck management, professional skills.

Деятельность водителя пожарного автомобиля обусловлена нервно-эмоциональным напряжением, так как пожарный автомобиль пользуется преимуществом на дороге в скорости движения, пересечения перекрестков на запрещающий сигнал светофора, маневрировании и т.д., что требует от водителя огромного внимания и повышенной зрительно-моторной реакции при ограниченном времени. От того, как скоро водитель доставит боевой расчет к месту пожара, катастрофы, аварии, чрезвычайной ситуации, будет зависеть спасение людей, находящихся в зоне пожара (ЧС), а также материальных ценностей. Помимо этого, водитель пожарного автомобиля несет большую ответственность за жизнь сослуживцев по боевому расчету и безопасность других участников дорожного движения.

Надежность водителя пожарного автомобиля определяется умением грамотно и безошибочно управлять автомобилем при любых дорожных условиях на протяжении всего рабочего времени. Профессиональную надежность водителя пожарного автомобиля обеспечивают такие составляющие, как его пригодность, подготовленность и работоспособность.

По состоянию здоровья и психофизиологическим качествам определяют пригодность к профессии водителя пожарного автомобиля. Зачастую такие качества водителя, как уверенность, решимость, твердость, хладнокровность,

действенность, резкость реакции, становятся решающими в предаварийной ситуации и работе на пожаре.

Подготовленность водителя пожарного автомобиля характеризуется уровнем его профессиональных умений, знаний, и навыков, которых он приобрел в процессе обучения и профессиональной деятельности. К понятию «Умение» относятся такие действия, которые человек приобретает в период получения образования по управлению транспортным средством во время учебной езды. В процессе практической деятельности вместе с умением у водителей формируются навыки. Наличие широкого спектра навыков и умений, обеспечивающих своевременные и правильные действия в сложных и критических дорожных ситуациях говорит об отличной подготовленности водителя пожарного автомобиля.

Важными психологическими составляющими мастерства водителя пожарного автомобиля являются умения, знания и навыки. К понятию «Знание» относится комплекс приобретенной информации о каком-либо предмете (объекте), событии, действии. Даже в совершенстве владея определенным объемом знаний, водитель, однако, еще не в состоянии должным образом управлять автомобилем. Для этого ему необходимо приобрести в практике управления автомобилем необходимые умения и навыки.

Навык – это такое действие, которое происходит машинально. Во время практической деятельности у водителей пожарных автомобилей вместе с навыками приобретается умение, которое определяет уровень его подготовленности к выполнению прямых обязанностей.

Формирование основных профессиональных навыков, необходимых в подготовке водителя пожарного автомобиля:

а) двигательные (осуществление отдельных и объединенных движений). Примером является манипуляция водителем органами управления транспортного средства;

б) сенсорные (ведущая роль органов чувств в сочетании с осмыслением). Например, слушать, как работает двигатель, определить, какая скорость движения и расстояние до объекта на глаз;

в) сенсорно-двигательные (прием и анализ информации, и соответствующие двигательные действия). Например, выполнение водителем действий при торможении - усилие на педаль тормоза при нажатии определяется в соответствии со скоростью движения пожарного автомобиля, состоянием дороги, дорожных условий и тому подобное.

Водителю пожарного автомобиля дает возможность уверенно использовать технические особенности автомобиля соответствующая подготовка. Управлять автомобилем с небольшими затратами сил, предотвращать возникновение опасных ситуаций, вовремя оценивать возможные изменения обстановки на дороге; в сложных условиях безопасно управлять автомобилем

Психологическая подготовка водителя имеет существенное значение к управлению пожарным автомобилем в любых дорожных условиях. Безопас-

ность на дороге требует от водителей постоянного повышения их профессионального мастерства.

Работоспособностью считается возможность человека делать работу на отлично и - это возможность выполнять работу качественно и высокопродуктивно. Большая работоспособность водителя пожарного автомобиля обеспечивает его профессиональную надежность. Снижение работоспособности водителя приводит к опасному управлению транспортным средством на дороге и, соответственно, большая вероятность попадания в ДТП. При употреблении алкоголя, наркотиков, утомлении, при болезненном состоянии, состоянии нервного возбуждения работоспособность значительно снижается.

Насколько правильно и точно отработан режим труда и отдыха водителя, тем и характеризуется его работоспособность, высокая или низкая.

От эмоционального состояния зависит надежность водителя. При положительном эмоциональном состоянии человека настроение становится приподнятым, его действия более правильными и конкретными, реакция - ускоряется, движения становятся более координированными. Противоположно действуют отрицательные эмоции (состояние депрессии, переживания, взволнованность), вызывая рассеянность и невнимательность.

Во время движения на транспортном средстве, водитель постоянно сталкивается с факторами эмоционального напряжения: аварийная ситуация на проезжей части, подъезд к нерегулируемому перекрестку, неожиданный выход пешеходов на нерегулируемый пешеходный переход и тому подобное. Опытные водители уверены, что в опасной ситуации, требующей быстрые и решительные действия, водители с твердым характером действуют быстро. Так наоборот, начинающие водители неправильно оценив дорожную обстановку поспешно выполняют неправильные действия, создавая опасную ситуацию на дороге. Тем самым, водители, способные правильно ориентироваться, решительно и быстро действовать в сложной дорожной ситуации - эмоционально устойчивы, что является одним из основных качеств водителя пожарного автомобиля. Всегда необходимо учитывать, что отрицательные эмоции могут быть результатом неблагоприятного психологического климата в дежурном карауле, семье, некультурность других участников дорожного движения.

На профессиональную надежность водителей пожарных автомобилей оказывают такие условия: организация дорожного движения при следовании к месту вызова, понимание других участников дорожного движения, время суток (в ночное время количество других участников дорожного движения меньше, что способствует к быстрому прибытию к месту вызова).

Немаловажный фактор в профессиональной надежности водителя пожарного автомобиля - это техническое состояние автомобиля, уровень его оснащения. Легкость в управлении, уверенность в его техническом состоянии благоприятно влияют на психофизиологическое состояние водителя, повышают его профессиональную надежность.

Не стоит забывать о взаимоуважении на дороге, которое способствует снижению аварийности и, как следствие, травматизма и смертности!

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романов А. Н. Автотранспортная психология: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / — М.: Издательский центр «Академия», 2002. — 224 с.
2. Филимонов С. В., Талышев С. Г., Илясов Ю. В. Основы управления транспортными средствами и безопасность движения: Учеб. пособие / — Пенза: Изд – во Пенз. гос. Ун-та, 2007.
3. Горев А. Э. Организация автомобильных перевозок и безопасность движения.: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Горев А. Э., Олещенко Е. М. – М.: Издательский центр «Академия», 2006.
4. Игнатов Н. А., Иларионов В. А., Мишуринов В. М. Инженерная психология, психофизиология труда и подготовка водителя автомобиля: Учеб. пособие. Ч. 1. М.: МАДИ, 1997. - 88 с.

УДК 623.6, 355.55

П. Н. Косырев

ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России

ОРГАНИЗАЦИЯ РАДИАЦИОННОЙ, ХИМИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ – ВАЖНЕЙШАЯ ЧАСТЬ ОСНОВНЫХ ФУНКЦИЙ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫХ МЧС РОССИИ

Аннотация: в статье, с учётом геополитической обстановки в современном мире, показана актуальность выполнения мероприятий радиационной, химической и биологической защиты населения и территорий и обосновывается необходимость создания в системе МЧС России службы радиационной, химической и биологической защиты. Даются общие рекомендации организационного характера по структуре и задачам службы. Рассмотрена роль образовательных организаций МЧС России в общей системе подготовки специалистов РХБ защиты.

Ключевые слова: безопасность, биологическая, защита, начальник, население, окружающая среда, служба, управление, радиационная, химическая, чрезвычайная ситуация.

P. N. Kosyrev

ORGANIZATION OF RADIATION, CHEMICAL AND BIOLOGICAL PROTECTION OF THE POPULATION - AS THE MOST IMPORTANT PART OF THE MAIN FUNCTIONS CARRIED OUT BY EMERCOM OF RUSSIA

Abstract: The article, taking into account the geopolitical situation in the modern world, shows the relevance of the implementation of measures for radiation, chemical and biological protection of the population and territories and substantiates the need to create a radiation, chemical and biological protection service in the system of the Russian Emergencies Ministry. General recommendations of an organizational nature on the structure and tasks of the service are given. The role of educational organizations of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the general system of training specialists of RCB protection is considered.

Keywords: security, biological, protection, chief, population, environment, service, management, radiation, chemical, emergency.

Введение

Государственная политика в области обеспечения ядерной, радиационной, химической и биологической безопасности является частью системы государственного управления в сфере национальной безопасности Российской Федерации и представляет собой совокупность целого комплекса правовых и других мер, направленных на защиту населения и окружающей среды от негативного воздействия опасных ядерно, радиационных, химических и биологических факторов на население и окружающую среду.

В МЧС России уделяется значительное внимание решению вопросов организации радиационной, химической и биологической защиты населения, а также контролю в этой области [1].

В современных условиях вероятными угрозами радиационного, химического и биологического характера, возникающими при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов, являются как первичные, связанные с возможным применением оружия массового поражения, так и вторичные факторы поражения объектов использования атомной энергии, химически опасных и биологически опасных объектов, характеризующиеся формированием зон радиоактивного загрязнения, химического заражения, эпидемиями, эпизоотиями и эпифитотиями [2,3].

В Плане мероприятий по реализации Концепции радиационной, химической и биологической защиты населения (далее - Концепция), утвержденным заместителем Министра МЧС России 04.02.2020, определены приоритетные мероприятия в целях совершенствования подготовки органов управления, сил и населения в области радиационной, химической и биологической защиты (далее – РХБ защиты):

разработка проекта профессионального стандарта специалистов РХБ защиты;

актуализация программ дополнительного профессионального образования и программ повышения квалификации специалистов РХБ защиты территориальных органов МЧС России, спасательных центров МЧС России (далее – СЦ МЧС России) и специализированных пожарно-спасательных частей федеральной противопожарной службы (далее – СПСЧ ФПС);

организация целевой подготовки специалистов РХБ защиты в высших военных учебных заведениях Министерства обороны Российской Федерации для СЦ МЧС России по программам высшего образования;

совершенствование профессиональных образовательных программ, реализуемых образовательными организациями МЧС России, в части изучения вопросов РХБ защиты;

подготовка предложений по развитию учебно-материальной базы для подготовки специалистов в области РХБ защиты в образовательных учреждениях МЧС России;

организация работы по подготовке инструкторов химической и радиационной разведки, химиков-дозиметристов, химиков-дегазаторов, нештатных специалистов РХБ защиты подразделений ФПС в учебных центрах ФПС;

обучение в институте развития МЧС России специалистов РХБ защиты;

мониторинг соответствия учебных программ и тематических планов по дисциплинам кафедр РХБ защиты образовательных организаций МЧС России и корректировка тематических планов с внедрением новых технологий и принятием на снабжение новых образцов вооружения и средств РХБ защиты.

В тоже время, в Концепции не рассматривается вопрос создания и развития службы РХБ защиты в системе МЧС России для обеспечения РХБ безопасности населения и территорий.

Изложение основного материала исследований

Как известно, в результате чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) могут возникать поражающие факторы, которые воздействуют на население, материальные и культурные ценности и окружающую среду. Мероприятия, проводимые в рамках РХБ защиты, предусматривают максимальное ослабление воздействия на население, силы гражданской обороны (далее – ГО) и единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС (далее – РСЧС) последствий разрушения (аварий) радиационно, химически и биологически опасных объектов в мирное и военное время и применения противником оружия массового поражения (далее - ОМП), а также обеспечить их жизнедеятельность в условиях РХБ загрязнения (заражения).

В настоящее время Функциональная подсистема органов управления РХБ защиты в системе МЧС России представлена отделом организации радиационной, химической, биологической защиты и первоочередного жизнеобеспечения Департамента гражданской обороны и защиты населения. Начальник отдела, по совместительству, должен являться начальником службы РХБ защиты МЧС

России. Отсутствие приказа по министерству о возложении на него этих обязанностей не позволяет ему в полной мере осуществлять контроль и управление действиями сил РХБ защиты в системе МЧС России.

На состояние и функционирование органов управления и сил РХБ защиты МЧС России отрицательно сказывается отсутствие в подразделениях центрального аппарата министерства соответствующих должностных лиц, отвечающих за вопросы РХБ защиты (Департамент спасательных формирований, Главное управление пожарной охраны, Управление авиации и авиационно-спасательных технологий и др.). В Главных управлениях МЧС России по субъектам Российской Федерации отсутствуют должности начальника службы РХБ защиты.

Проведенный анализ достаточности и эффективности сил и средств (формирований) МЧС России, предназначенных для решения задач РХБ защиты, показал, что в более чем в 10 % Главных управлений МЧС России по субъектам Российской Федерации отсутствуют штатные формирования для выполнения задач РХБ защиты.

В официальных документах МЧС России отсутствует упоминание о службе РХБ защиты, как органа управления системой РХБ защиты в целом. В то же время, в приказе МЧС России от 01.02.2013 № 57 «О переименовании, реорганизации некоторых подразделений федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы и внесении изменений в приложение № 1 к приказу МЧС России от 30.12.2011 № 812» приводится Типовое штатное расписание СПСЦ ФПС, в котором указана должность – начальник службы радиационной и химической защиты.

Возникшая несогласованность в названии должностей, отсутствие единого управления подразделениями РХБ защиты в ходе выполнения мероприятий по защите населения и территорий, а также недостаточный уровень подготовки органов управления, сил и населения в области РХБ защиты вызвало необходимость в 2020 году провести научно-исследовательскую работу по изучению возможности создания и развития службы РХБ защиты в МЧС России [4,5].

Анализ геополитической обстановки в современном мире показал необходимость выполнения мероприятий РХБ защиты населения и территорий как в мирное время, в рамках выполнения задач по защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера, так и в области ГО по защите от опасностей, которые могут возникнуть при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов.

В результате проведенного исследования [4,5] были выработаны и научно обоснованы предложения по созданию службы РХБ защиты МЧС России и ее структурных элементов.

Проведенный опрос ГУ МЧС России по субъектам Российской Федерации и анализ деятельности органов управления и сил РХБ защиты МЧС России в современных условиях позволил сделать вывод о целесообразности создания в центральном аппарате МЧС России самостоятельного органа управления –

Управление РХБ защиты (далее - управление). При этом, на начальника управления предусматривается возложить обязанности начальника службы РХБ защиты МЧС России. Это позволит сформировать единую вертикаль управления системой РХБ защиты населения и создать необходимые условия для своевременной оценки РХБ обстановки и планирования выполнения всего комплекса мероприятий РХБ защиты.

Вопросы защиты населения и территорий от РХБ заражения (загрязнения) невозможно решать в полном объёме и на высоком уровне без единой службы РХБ защиты.

Служба РХБ защиты должна состоять из структурных подразделений органов управления с подчинёнными им подразделениями, в том числе снабженческими и ремонтными, предназначенными для организации и осуществления РХБ защиты в МЧС России. Это позволит решать широкий спектр задач по: обеспечению радиационной и химической безопасности населения и сил РХБ защиты в мирное и военное время; развитию и подготовки формирований РХБ защиты; организации медико-биологической защиты населения; организации технического обеспечения органов управления и сил РХБ защиты [6].

Кроме того, необходимо учитывать, что ведение аварийно-спасательных и других неотложных работ при военных конфликтах может проводиться в условиях использования противником только обычных средств поражения (особенно высокоточного оружия и его систем). Данное обстоятельство несомненно приведет к возрастанию роли аэрозольного противодействия и использованию маскирующих пенных покрытий для противодействия средствам разведки и управления оружием противника. Возрастание реальности применения новых видов оружия с избирательной способностью поражения потребует необходимости развития технических средств, приемов и способов защиты личного состава и техники от него. Данная задача может решаться, в том числе, подразделениями специальной обработки, при соответствующем обеспечении и обучении личного состава.

В перспективе, после проведения комплексных исследований, задача по применению аэрозольных средств и нанесению на объекты защиты маскирующих пенных покрытий подразделениями специальной обработки в военное время может рассматриваться как одна из основных задач.

Перспективы внедрения централизованного управления всей службой РХБ защиты в системе МЧС России позволит оперативно маневрировать силами и средствами РХБ защиты, сосредотачивать их усилия в необходимом месте и в нужное время. Под контролем будут находиться все возможные РХБ опасные угрозы, исходящие как от окружающей среды, так и от вероятного противника.

В СЦ МЧС России, в СПСЧ ФПС и в ГУ МЧС России по субъектам Российской Федерации уже существует как штатная должность начальника службы РХБ защиты, так и по совместительству. При этом, в их подчинении должны

находиться также специальные подразделения, лаборатории и ремонтные мастерские.

Следует отметить, что в ГУ МЧС России по субъектам Российской Федерации, в первую очередь, штатную должность начальника службы РХБ защиты необходимо вводить там, где существуют реальные угрозы РХБ характера. В других субъектах эти должности могут временно исполняться по совместительству.

На рис. 1 представлена предлагаемая структура службы РХБ защиты МЧС России [7].

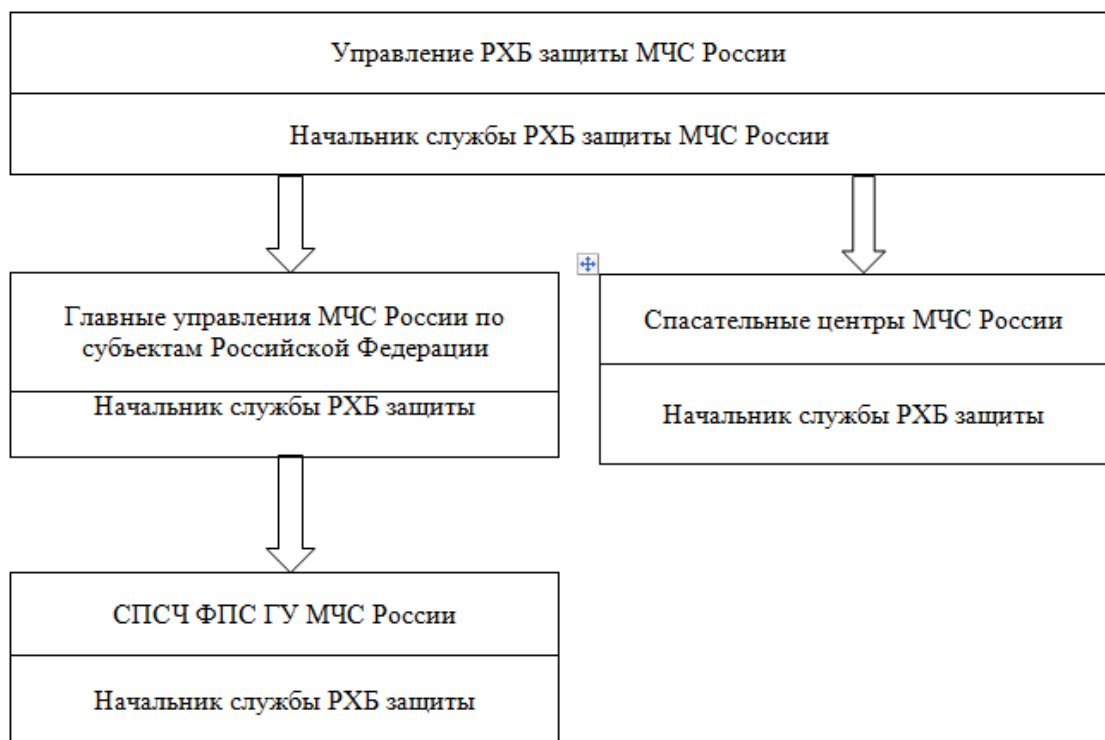


Рис. 1. Перспективная структура службы РХБ защиты МЧС России

В тоже время для создания и развития службы РХБ защиты МЧС России необходимо значительное количество высококвалифицированных специалистов, способных профессионально и оперативно решать вопросы по организации и выполнению мероприятий РХБ защиты населения и территорий в мирное и военное время.

В связи с этим остро встаёт вопрос о необходимости подготовки кадров на профессиональной основе.

Анализ подготовки специалистов РХБ защиты показал, что из имеющихся в системе МЧС России шести высших образовательных организаций и двадцати образовательных организаций дополнительного профессионального образования подготовка проводится только в Академии гражданской защиты МЧС России и 15 учебных центрах ФПС. С 2016 г. приостановлено обучение

офицеров МЧС России в Военной академии РХБ защиты Министерства обороны Российской Федерации. При этом, за последние годы по состоянию здоровья и достижения предельного возраста из системы МЧС России уволилось значительное количество опытных специалистов.

В настоящее время возникла необходимость проведения реформирования системы подготовки и повышения квалификации личного состава и обновления имеющейся учебно-тренировочной базы для подготовки специалистов РХБ защиты.

Наиболее актуальным вопросом в подготовке кадров является профессиональная переподготовка начальников служб РХБ защиты, которая может проводиться как в Военной академии РХБ защиты Министерства обороны Российской Федерации, так и в Академии гражданской защиты МЧС России. Обучение офицеров должно проводиться по специально разработанным программам профессиональной переподготовки и составлять не менее двух месяцев. В программе необходимо учесть особенности выполнения задач РХБ защиты населения и территорий, возложенными на МЧС России.

Подготовку прапорщиков внутренней службы на должности старших инструкторов химической и радиационной разведки для СПСЧ ФПС можно тоже проводить в Военной академии РХБ защиты Министерства обороны Российской Федерации.

В 15-ти учебных центрах ФПС проводится подготовка по повышению квалификации сотрудников в качестве штатных (в шести УЦ ФПС) и нештатных химиков-дозиметристов (в девяти УЦ ФПС). Анализ программ подготовки показал, что из 30 часов, отводимых на обучение, только 30% времени выделяется на практические занятия. Низкий уровень практической подготовки не позволяет специалистам РХБ защиты качественно выполнять поставленные задачи в условиях повышенного радиоактивного загрязнения местности. Поэтому количество практических занятий должно быть увеличено до 60-65 %.

Качество подготовки специалистов в немалой степени зависит от наличия и состояния учебно-материальной базы и учебно-тренировочных тренажерных комплексов, которые в настоящее время значительно устарели, в связи с поступлением в подразделения РХБ защиты новых образцов специальной техники.

В связи с этим, одним из приоритетных направлений совершенствования подготовки специалистов является разработка современных тренажерных комплексов. Внедрение в учебный процесс специальных интерактивных компьютерных программ позволит на классных занятиях отрабатывать практические навыки действий экипажа (расчета) в ходе подготовки специальных машин к выполнению поставленных задач.

Современные программы обучения требуют также разработки универсального учебно-тренажерного комплекса для отработки совместных практических действий специалистов РХБ защиты, пожарных и спасателей в условиях РХБ загрязнения (заражения).

Выводы и перспективы дальнейших исследований:

Совершенствование системы технических средств обучения специалистов РХБ защиты путем создания и интеграции специальных интерактивных обучающих компьютерных программ в процесс обучения как в учебных центрах и кафедрах высших учебных заведений, так и в подразделениях РХБ защиты СЦ МЧС России позволит в короткие сроки повысить уровень подготовки специалистов, автоматизировать контроль качества знаний, исключить дополнительное расходование материальных средств и сохранить специальное оборудование штатной техники.

Положительное решение всех вопросов, рассматриваемых в статье, позволит создать необходимые условия для достижения требуемого уровня системы безопасности населения и территорий в условиях РХБ загрязнения (заражения).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента Российской Федерации от 11 июля 2004 г. № 868 «Вопросы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

2. Концепция радиационной, химической и биологической защиты населения, утв. Коллегией МЧС России от 4 декабря 2019 г., протокол № 8/П.

3. *Косырев П.Н., Пашинин В.А., Сергеев И.Ю.* Актуализированная редакция Концепции радиационной, химической и биологической защиты населения: основные положения, задачи и перспективы реализации: Научно-аналитический журнал «Актуальные проблемы безопасности в техносфере» - М.: Сибирская ПСА МЧС России, № 2 (2) – 2021, стр.33-41.

4. Совершенствование радиационной, химической и биологической защиты населения Российской Федерации // отчет о НИР (заключ.): М. / ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ); рук. Романов Р.В.; исполн.: Косырев П.П., Садовский И.Л. [и др.]. - 2020. – 1035 с. - Текст: непосредственный.

5. Научно-методическое сопровождение мероприятий по организации обеспечения населения средствами индивидуальной защиты // отчет о НИР (заключ.): М. / ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ); рук. Молчанов С.А.; исполн.: Косырев П.Н., Новиков О.Н. [и др.]. - 2020. – 174 с. - Текст: непосредственный.

6. *Горбунов С.В.* Состояние и перспективы радиационной, химической и биологической защиты сил МЧС России / С.В. Горбунов, А.С. Старостин, Г.С. Черных // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования: научно-аналитический сборник / ФКУ ЦСИ ГЗ МЧС России - 2014. Т. 4. № 1(6). - 48-60 с.- ISSN 2224-8617. - Текст: непосредственный.

7. *Косырев П.Н.* Создание службы радиационной, химической и биологической защиты МЧС России как способ повышения эффективности реагирования на чрезвычайные ситуации // О.Н. Новиков, П.Н. Косырев // Технологии гражданской безопасности: научно-технический журнал / ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России. - 2021, № 1 (67), - 90-96 с. - Ежекв. - ISSN 1996-8493. - Текст: непосредственный.

УДК 614.878

Г. В. Котов, Н. С. Сологуб, А. В. Хмыз

Белорусский государственный педагогический институт им. Максима Танка

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ С ВЫБРОСОМ ОПАСНОГО ХИМИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

Аннотация: в статье рассматривается подход к рассмотрению чрезвычайных ситуаций в изучении учебной дисциплины «Безопасность жизнедеятельности человека» и научно-методический аспект по расчету зоны заражения в ситуации с выбросом опасного химического вещества, как один из примеров моделирования.

Ключевые слова: опасное химическое вещество, чрезвычайная ситуация, подготовка специалистов, безопасность жизнедеятельности.

G. V. Kotov, N. S. Sologub, A. V. Hmyz

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL APPROACH IN THE FIELD OF ENSURING LIFE SAFETY IN THE EMERGENCY WITH THE RELEASE OF A HAZARDOUS CHEMICAL SUBSTANCE

Abstract: the article considers an approach to the learning of emergency situations in the study of the academic discipline "Human Life Safety" and the scientific and methodological aspect of calculating the affected area in a situation with the release of a hazardous chemical substance, as one of the examples of modeling.

Keywords: hazardous chemical, emergency, training of specialists, life safety.

Введение. Одним из звеньев в теоретической подготовке людей к действиям в опасных ситуациях выступает дисциплина «Безопасность жизнедеятельности человека». Подготовка к реагированию и осознанным действиям при чрезвычайных ситуациях осуществляется как в отдельно взятых организациях, так и в учреждениях образования разного уровня. На базе БГПУ им. Максима Танка преподается учебная дисциплина «Безопасность жизнедеятельности человека», которая, с одной стороны, выступает продолжением школьного курса «Основы безопасности жизнедеятельности», а с другой – является частью в развитии профессиональных компетенций педагога по основам сознательного и ответственного отношения к личной безопасности и безопасности окружающих. Одна из задач учебной дисциплины «Безопасность жизнедеятельности человека» – изучение четких алгоритмов поведения и демонстрация причинно-следственных связей в возникновении чрезвычайных ситуаций и их последствий. В программе реализации учебной дисциплины отдельный блок посвящен

проблемам, связанным с возникновением чрезвычайных ситуаций и реагированием на них. Логика изучения темы строится на различном генезисе чрезвычайных ситуаций:

- природного характера (геологические, метеорологические, геофизические явления);

- техногенного характера (аварии с выбросом вредных веществ (радиоактивных, химических), транспортные аварии, пожары и взрывы на объектах социальной и хозяйственной сферы и др.);

- социального характера (эпидемии, вооруженные конфликты).

В условиях чрезвычайной ситуации возникает прямая или косвенная угроза не только окружающей среде, но и здоровью, а иногда и жизни людей. Важнейшей задачей в условиях любой чрезвычайной ситуации является защита людей, оказавшихся в опасности. Решающую роль при этом играет совокупность действий всех вовлеченных субъектов. Действия специализированных подразделений, ответственных и должностных лиц, а также отдельных граждан в значительной мере определяют тяжесть последствий и количество пострадавших.

Одним из направлений в подготовке людей к пониманию и выработке осознанного поведения и алгоритма при чрезвычайных ситуациях является детальный разбор и анализ смоделированных ситуаций. При изучении чрезвычайных ситуаций техногенного характера авторами сделан акцент на чрезвычайных ситуациях, связанных с выбросом опасного химического вещества.

Отличительной особенностью чрезвычайной ситуации с выбросом опасного химического вещества является отсутствие видимой угрозы. Большинство из возможных чрезвычайных ситуаций обладают характерными внешними признаками, указывающими на возникновение опасности. При пожаре это выделение дыма, при наводнении – резкий подъем уровня воды, при урагане – высокая скорость ветра и т. п. В условиях химического заражения наличие неблагоприятного фактора ощущается как ухудшение самочувствия, т. е. после прямого воздействия. Поэтому, задача обеспечения безопасности в чрезвычайной ситуации с выбросом опасного химического вещества должна решаться коллективно, с привлечением всех возможных сил и средств на различных уровнях. Коллективная защита реализуется с началом обнаружения угрозы, определением степени угрозы с использованием средств химической разведки, оповещением, организацией эвакуации и оцепления, оказанием помощи пострадавшим, ликвидацией аварии и ее последствий.

Проведение аварийно-спасательных работ не просто осуществляется в условиях чрезвычайной ситуации, оно должно быть заранее обоснованным и спланированным. Планирование должно быть всесторонним, в нем должны быть учтены, а по возможности и использованы все субъекты, так или иначе вовлеченные в обстоятельства чрезвычайной ситуации. Такими субъектами следует считать работников опасных химических объектов, органы и подразделения по ликвидации чрезвычайной ситуации, территориальные органы управ-

ления и самоуправления, отдельных должностных лиц и граждан, проживающих или временно находящихся на территории зоны заражения.

В случае возникновения чрезвычайной ситуации действие всех вовлеченных в нее субъектов должны быть правильными и обоснованными, т. е. опираться на имеющиеся знания и навыки поведения. Определяющую роль при этом решает подготовка специалистов, способных к принятию обдуманных, правильных решений, а также теоретические и практические основы по безопасности жизнедеятельности, которые реализуются в учреждениях образования. Осознанное поведение при чрезвычайных ситуациях предполагает знание общих основ обеспечения безопасности жизнедеятельности, которые начинают закладываться еще в школе и совершенствуются на протяжении всей жизни. Аргументированное принятие решения на укрытие в зданиях или самостоятельный выход из зоны заражения во многом может определить тяжесть последствий, или спасти жизнь.

Одним из аспектов при изучении тем, связанных с чрезвычайными ситуациями, является демонстрация научной основы методики расчета, моделирования и прогнозирования чрезвычайной ситуации с целью разработки безопасного алгоритма поведения.

Основная часть. Рассмотрим пример возможной чрезвычайной ситуации, ставшей следствием аварии на железнодорожном транспорте при перевозке жидкого хлора. Масса хлора, поступившего во внешнюю среду 780 кг. На расстоянии 400 м от источника выброса находится общеобразовательная школа. Температура воздуха 20 °С. Ветер южный. Взаимное расположение источника выброса и школы отражено на рис. 1–3. Территория школы на схеме отмечена окружностью.

При определении параметров зоны заражения используем понятия зон возможного и фактического заражения. Фактическая зона заражения – территория, в пределах которой имеет место превышение концентрации опасного вещества выше предельно допустимой. Возможная зона заражения – территория, на которой при определенных обстоятельствах может возникнуть угроза токсического поражения. Территория возможной зоны заражения рассматривается как зона оцепления, в пределах которой ограничивается перемещение транспорта и отдельных лиц. Лица, оказавшиеся на территории фактической зоны заражения, подлежат немедленной эвакуации [2].

При расчете глубины возможной зоны заражения воспользуемся руководящим документом РД-52 [3]. При расчете глубины фактической зоны заражения используем нормативный документ по расчету сил и средств при разливе хлора [4]. Скорость ветра определяет сектор распространения хлора на местности. В соответствии с [4], величина сектора распространения примеси принимается: при скорости ветра 2 м/с 90°; при скорости ветра 5 м/с 45°; 7 м/с – 24°.

На рис. 1 представлены результаты расчета параметров зоны заражения при скорости ветра 7 м/с. Территория возможной зоны заражения обозначена как сектор *a*, территория фактической зоны заражения – сектор *b*. Глубина воз-

возможной зоны заражения составляет $L_a = 650$ м. Глубина фактической зоны заражения $L_b = 450$ м. Здесь можно видеть, что при этих условиях территория школы находится вне зоны заражения.

При уменьшении скорости ветра до 5 м/с ситуация значительно меняется. Глубина возможной зоны заражения теперь составляет $L_a = 775$ м. Глубина фактической зоны заражения $L_b = 500$ м (рис. 2). В этих обстоятельствах территория школы оказывается в пределах фактической зоны заражения, и на первый план выходит задача организации эвакуации учащихся.

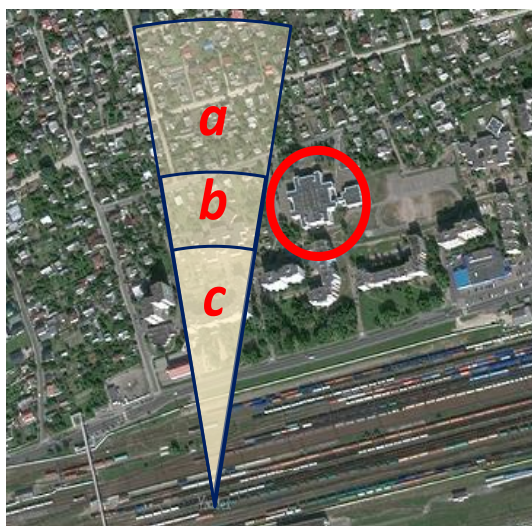


Рис. 1. Схема зоны заражения. $v = 7$ м/с
 $L_a = 650$ м $L_b = 450$ м $L_c = 355$ м

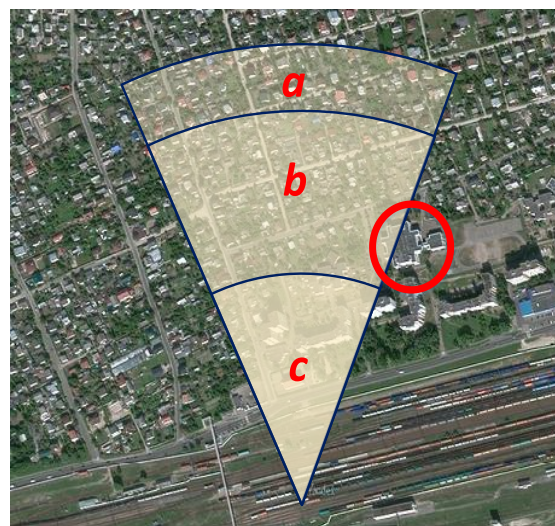


Рис. 2. Схема зоны заражения. $v = 5$ м/с
 $L_a = 775$ м $L_b = 500$ м $L_c = 390$ м

В условиях чрезвычайной ситуации силами аварийно-спасательных подразделений осуществляется боевая работа по ликвидации последствий чрезвычайной ситуации, в том числе постановка водяных завес [5]. При постановке водяных завес происходит уменьшение глубины фактической зоны заражения до 390 м (на схеме обозначена как сектор *c*) [4]. В данном случае территория школы находится уже в пределах возможной зоны заражения. Ответственное лицо может принять решение на самостоятельную эвакуацию, эвакуацию с использованием специальных средств защиты с помощью работников аварийно-спасательных подразделений, либо временное нахождение в изолированных помещениях.

При уменьшении скорости ветра до 2 м/с глубина возможной зоны заражения составляет $L_a = 2600$ м. Глубина фактической зоны заражения $L_b = 700$ м (рис. 3). Глубина фактической зоны заражения в условиях постановки завес $L_c = 550$ м.

В данных обстоятельствах территория школы полностью оказывается в пределах фактической зоны заражения. Единственным правильным решением является постановка водяных завес в 2 эшелона [1]. При использовании рукавных распылителей РР(20х0,066х0,5х0,005) в зависимости от давления в рукавной линии глубина фактической зоны заражения может быть снижена до 280–370 м [4]. Только при этих условиях может начаться организованный вывод учащихся с территории школы.

Выводы и перспективы дальнейших исследований.

Современное образование связано с внедрением в учебный процесс новых технологий обучения, которые обеспечивают качественные изменения в подготовке будущих специалистов. Одним из таких направлений выступает моделирование чрезвычайных ситуаций различного характера. Подобные задания, строящиеся на моделировании, позволяют в будущем реально оценить ситуацию и характер спасательных мероприятий, принять взвешенное решение о мерах безопасности и сохранения собственной жизни. В перспективе авторы планируют разработку аналогичных заданий по чрезвычайным ситуациям различного генезиса с целью внедрения в учебный процесс по подготовке специалистов, владеющих компетенциями осознанного поведения при чрезвычайных ситуациях.

Целенаправленное использование в высшей школе современных методов и приемов в преподавании учебной дисциплины «Безопасность жизнедеятельности человека» позволяет подчеркнуть междисциплинарный характер возникающих чрезвычайных ситуаций, что требует от любого человека разносторонних знаний по обеспечению как собственной безопасности, так и безопасности окружающих.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Котов Г. В. Концепция применения водяных завес при ликвидации чрезвычайных ситуаций с выбросом опасных химических веществ // Вестн. ун-та гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2021. – Т. 5, № 2. – С. 216-230.
2. Котов Г. В. Чрезвычайные ситуации с выбросом (проливом) опасных химических веществ: использование завес при ликвидации последствий : монография. – Минск: КИИ, 2015. – 232 с.

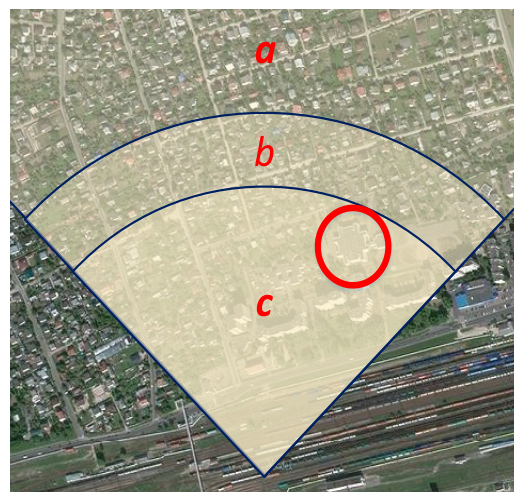


Рис. 3. Схема зоны заражения. $v = 2$ м/с
 $L_a = 2600$ м $L_b = 700$ м $L_c = 550$ м

3. Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте : РД 52.04.253–90 : введ. 01.07.90. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – 23 с.

4. Методика расчета сил и средств для постановки водяных завес при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с выбросом (проливом) хлора : утв. М-вом по чрезвычай. ситуациям Респ. Беларусь, 27.09.2011 г., № 210.

5. *Kotov G. V.* Efficiency of Contaminated Air-Flow Dispersion by Water Curtains // *Development in Earth Science.* – 2013. – Vol. 1, № 2. – P. 23–28.

УДК 371

Н. А. Кропотова, Ю. В. Шмелева

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОДУКТЫ ОБУЧЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДИСТАНЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация: в статье рассмотрен один из самых актуальных вопросов – образовательные продукты нового поколения. Авторами приводится не только определение, но и их классификация, причем категорирование образовательных продуктов, разделенных на две группы приведены в историческом аспекте. Также авторы привели аргументированное обоснование применения продуктового образования в высшей школе, поскольку обладает неоспоримыми достоинствами. Развитие технологий и внедрение инноваций способствует полномасштабной реализации рассмотренных новых образовательных продуктов с применением дистанционных технологий.

Ключевые слова: продуктивное образование, электронные продукты обучения, образовательные симуляторы, образовательный контент, образовательный тренажер, аналитика обучения, инновационное развитие образовательных платформ.

N. A. Kropotova, Yu. V. Shmeleva

EDUCATIONAL LEARNING PRODUCTS USING DISTANCE LEARNING TECHNOLOGIES

Abstract: the article considers one of the most pressing issues – educational products of a new generation. The authors provide not only a definition, but also their classification, and the categorization of educational products divided into two groups is given in the historical aspect. The authors also provided a reasoned justification for the use of product education in higher education, since it has undeniable advantages. The development of technologies and the introduction of innovations contributes to the full-scale implementation of the considered new educational products using distance technologies.

Keywords: product education, electronic learning products, educational simulators, educational content, educational simulators, learning analytics, innovative development of educational platforms.

С развитием науки и техники, а также стремительного развития и совершенствования информационных технологий, позволяют сделать обучение более разнообразным и эффективным.

В качестве образовательных продуктов подразумеваются открытые образовательные ресурсы:

- цифровая среда образовательной организации;
- электронная библиотека с электронными учебными изданиями;
- электронные учебно-методические комплексы дисциплин;
- тренажеры;
- автоматизированная многоуровневая программа тестового контроля Fire Test;
- электронная (виртуальная) лаборатория;
- чат для осуществления синхронного и асинхронного взаимодействия участников процесса обучения;
- электронное портфолио обучающегося;
- электронное портфолио преподавателя;
- электронное портфолио кафедры как структурного подразделения, отображающего преподаваемые дисциплины, научные направления кафедры и представление основных достижений;
- электронный журнал;
- система электронного документооборота;
- система контроля поручений;
- др. [1].

При этом электронные продукты можно классифицировать также по их выполняемым целям:

- обучение – получение новых знаний, знакомство с первоначальными умениями ведения профессиональной деятельности по какой-либо должности, как правило, осуществляемой в системе электронной библиотеки, использующей электронные учебные издания;
- отработка практических навыков и закрепление новых профессиональных действий с применением виртуальных тренажеров;
- контроль уровня усвоенных знаний с использованием системы Fire Test;
- поиск информации и путей проблемного разрешения - показ данных по запросу в системе имеющихся документов в электронной библиотеке или в открытом электронном документе;
- демонстрация – представление блок-схемы, путей поиска, объекта исследования и результатов расчетов, т.д.;

- имитация профессиональной деятельности с целью вовлечения обучающихся в профессиональную деятельность во время учебы – моделирование условий для формирования и последующей отработки практических навыков;
- эксперимент проводится с применением виртуальной (электронной) лаборатории;
- расчет проводится с применением различных программ обработки данных эксперимента: Origin, Excel, MathCad, MathLab, др.
- мотивация обучающихся получающих профессиональное образование с возможностью написания выпускной квалификационной работы в период обучения до выпускного курса;
- инновационные методы обучения, применяемые профессорско-преподавательским составом, позволяют поддерживать заинтересованность обучающихся в изучении дисциплин и мотивировать на творческое решение возникающих проблем, побудить к анализу, поиску решения, изобретению и рационализаторству [2].

Существует «педагогический дизайн» как отдельная прикладная область педагогики, используемая для конкретных образовательных продуктов, в ключевые задачи которой входит структуризация и категорирование обновленных образовательных продуктов.

Остановимся на категорировании образовательных продуктов, разделенных на две группы:

- унаследованные образовательные продукты – образовательные ресурсы, оставшиеся на рынке довольно давно, как правило, такие ресурсы практически не имеют инновационных внедрений, которые легко заменить новыми или аналогичными: электронные курсы для самостоятельного изучения; цифровая справочная информация; онлайн обучение (рис. 1), которая задействует синхронные образовательные платформы;



Рис. 1. Интерфейс аптечки первой помощи – а, «знаки безопасности» - б как учебный элемент электронного учебного издания по охране труда

- образовательные продукты нового поколения: симуляторы; игровое имитирующее обучение; когнитивное обучение; мобильное обучение; обучение с помощью искусственного интеллекта [3] (рис. 2).



Рис. 2. Подготовка пожарных с использованием технологии виртуальной реальности (VR)

Исходя из практического опыта педагогической деятельности, приходим к выводу, что интерес аудитории к продуктам старой формации постепенно снижается, уступая место образовательным инновационным продуктам следующего поколения:

- симулятивное обучение чаще всего применяется для отработки теоретических умений и навыков на практике, повторения или закрепления пройденного материала со всесторонним погружением в учебный процесс (симуляцию), например, VR-видео-ролики, снятые с углом обзора 360°, с просмотром через очки виртуальной реальности [4] (рис. 3);



Рис. 3. Реалистичный симулятор пожарного

- игровое профессиональное обучение основано на принципах геймификации, который содержит, как правило, соревновательный элемент, систему вознаграждения и наказания, по сути выполняющий контрольную функцию;

- когнитивное обучение основано на применении продуктов, предназначенных для развития обучающегося: оперативной памяти, организаторских навыков, тактических умений осуществления различных процессов и тактических операций, логическое мышление, творческое воображение, др. применение данной технологии способствует выработке метакогнитивных компетенций: саморефлексия, самопроверка, анализ;

- мобильное обучение – образовательная платформа, где основной обучающий контент с инструментами и приложениями доступны с мобильных устройств, как правило, содержат технологии расширенной реальности (Augmented Reality или AR). Например, детали узлов пожарной техники;

- обучение с помощью искусственного интеллекта – новое инновационное направление, приобретающее в образовании несколько функциональных назначений: автоматизированная оценка качества приобретаемых знаний с учетом работы преподавателя, актуализация и динамика уже усвоенных знаний, которые стали основой формирования определенных компетенций, по сути автоматизированная оценка уровня сформированности компетенций выпускника и динамика их совершенствования по годам обучения, оценка обучающимися деятельности преподавателя по дисциплине и в целом, виртуальные помощники учебной аудитории, персонализированное обучение, адаптивное обучение, отслеживание объективности оценки знаний обучающихся.

Основные достоинства продуктового подхода в образовании: разработка образовательных продуктов под определенную целевую аудиторию повышает эффективность обучения; образовательный контент и технология интересны для изучения; актуальные знания, которые закладываются в образовательный продукт способствующие отработке практических навыков и умений; адаптивна - меняется при изменении законодательства, с новыми рекомендациями, требованиями безопасности, др., а также полученными новыми аналитическими данными способна к корректировке и может быть применена в дальнейшем, причем стоит отметить что меняться может также при смене запросов пользователя так и разработчика; непрерывная обратная связь.

Таким образом, продуктовый подход к реализации образования позволяет гибко (адаптивно) разработать продукт на основе запросов потребителей с минимальными затратами и адаптивным логистическим механизмом его внедрения. Образовательный продукт может иметь техническое решение (сервис или платформа, симуляторы или тренажеры) или обучающий контент, а может совмещать эти два решения. Как правило такие продукты содержат метрики для оценки работы предложенных продуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кропотова Н. А., Легкова И. А. Электронная информационная образовательная среда как средство управления подготовкой кадров // Актуальные проблемы и инновации в обеспечении безопасности: материалы Всероссийской научно-практической конференции (в рамках Дней науки). Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2020. С. 85–94.
2. Легкова И. А., Кропотова Н. А. Новые методы интерактивного обучения профессиональной направленности // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции. Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2021. С. 211-214.
3. Подготовка пожарных с использованием виртуальной реальности. [Электронный ресурс] URL: <https://www.ivanovonews.ru/reports/1109833/>
4. [Электронный ресурс] URL: <https://www.youtube.com/watch?v=bszxxCnVQgU>

УДК: 624.351

С. В. Куликов

СПб ГКУ ДПО «УМЦ ГО и ЧС»

ДИДАКТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УДАЛЕННОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ

Аннотация: в статье анализируются проблемные вопросы подготовки специалистов гражданской обороны в особый период (обсервация, карантин), когда совместная с преподавателем учебная деятельность неосуществима и предлагается вариант преодоления возникших трудностей.

Ключевые слова: специалист, гражданская оборона, переподготовка, повышение квалификации, квалификационный минимум, дистанционная образовательная технология, формирование дидактических модулей, тестовый контроль.

S. V. Kulikov

DIDACTIC FEATURES OF REMOTE TRAINING OF CIVIL DEFENSE SPECIALISTS

Abstract: the article analyzes the problematic issues of training civil defense specialists in a special period (observation, quarantine), when joint educational activities with a teacher are not feasible and suggests a way to overcome the difficulties encountered.

Keywords: specialist, civil defense, retraining, advanced training, qualification minimum, distance education technology, formation of didactic modules, test control.

Реализация Основ государственной политики Российской Федерации в области гражданской обороны на период до 2030 года предполагает совершенствование мероприятий оперативной подготовки и обучения всех категорий специалистов гражданской обороны (далее – ГО), активизацию работы по внедрению новых форм подготовки всех групп населения с учетом развития современных приемов и способов цифровых коммуникаций.

В рамках федеральных проектов национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» и «Информационное общество» предусмотрено создание, развитие и внедрение информационных систем и технологий в области ГО и защиты населения от опасностей чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) мирного и военного времени.

Очевидно, что «цифровая трансформация системы управления РСЧС» объективно требует пересмотра программ и содержания подготовки специалистов ГО: руководителей ГО, членов комиссий по предупреждению и ликвидации последствий ЧС, командиров (начальников) аварийно-спасательных формирований и служб и целого ряда других. Важнейшим направлением реализации этой политики является непрерывная и качественная подготовка соответствующих групп населения в организациях, осуществляющих образовательную деятельность по дополнительным профессиональным программам в области ГО, в том числе в учебно-методических центрах по ГО и ЧС (далее – УМЦ ГОЧС), а также в организациях по месту работы граждан по программам курсового обучения.

В «Организационно-методических указаниях по подготовке органов управления, сил ГО и РСЧС на 2021 - 2025 годы» среди основных задач выделена «активизация работы по переработке и внедрению новых программ и форм подготовки всех групп населения, включая должностных лиц и работников в области ГО, в том числе с использованием компьютерных технологий». Профессиональная деятельность специалистов ГО направлена, прежде всего, на предотвращение или предельное снижение потерь населения и угрозы его жизни и здоровью от поражающих факторов источников ЧС. Специалисты ГО, по сути, представляют собой то первичное звено, которое находясь в непосредственной близости к населению страны, переориентируют на него крупномасштабные проекты государственных решений, доносят их до каждого гражданина и практически осуществляют на местах.

Нет сомнений, что такой важной и нужной деятельностью могут заниматься только люди, имеющие достаточный уровень знаний, обладающие живым умом и способностью к работе в сложных условиях обстановки. Специфика их деятельности определяется спецификой того структурного подразделения, в котором будет работать человек, а успех деятельности будет зависеть от их профессиональной квалификации.

Любая деятельность требует той или иной квалификации, которая напрямую зависит от наличия знаний, умений, навыков и компетенций работника, которому предстоит выполнять определенный вид деятельности. Как правило,

квалификация специалистов ГО приобретает в процессе обучения (переподготовки, повышения квалификации) в образовательных учреждениях дополнительного профессионального образования (далее – ДПО) по утвержденным дополнительным профессиональным программам (далее – ДПП). Реализация программ направлена на совершенствование и (или) получение новой компетенции, необходимой для профессиональной деятельности или повышение профессионального уровня в рамках имеющейся квалификации. Освоение ДПП должно обеспечивать возможность достижения планируемых результатов и получение новой компетенции, заявленной в программе. Поэтому срок обучения в УМЦ ГОЧС ориентирован на определенный объем часов учебных занятий. Такое положение вполне оправдано при подготовке специалистов ГО с отрывом от производства в мирное время.

В то же время в особом случае (угрожаемый период, военное время, эпидемии) организация подготовки специалистов ГО с отрывом от производства по ДПП может оказаться весьма затруднительной задачей, потребует совмещения обучения с основным местом работы, когда совместная с преподавателем учебная деятельность неосуществима.

Опыт организации удаленной подготовки специалистов ГО в период пандемии коронавируса указывает на то, что одним из возможных вариантов преодоления возникших трудностей может стать реализация электронного обучения с применением дистанционной образовательной технологии (далее – ДОТ). Такая технология ориентирована на самостоятельную работу обучаемого по добыванию необходимых знаний и освоению учебного материала под руководством преподавателя, использующего средства удаленного доступа. При этом затрачиваемое на обучение время определяется самим обучаемым, исходя из начального уровня его подготовки.

Переподготовка и повышение квалификации специалистов ГО дистанционно – современный и результативный способ обучения. Однако он несет в себе ряд сложностей и предъявляет повышенные требования, как к преподавателю, так и к обучаемому:

- обучение предполагает использование преподавателем компьютерных аппаратно-программных средств, особых методов и форм обучения, основанных на сетевых информационно-коммуникационных технологиях;

- помимо владения своей дисциплиной, от преподавателя ДПО требуется способность к оптимизации и адаптации ДПП с целью разработки дистанционных курсов электронного обучения, с учетом начального уровня подготовки обучаемого, грамотного их преподавания и контроля усвоения на средствах удаленного доступа;

- объективно необходима минимизация учебного материала предметной области без потери требований к уровню квалификации, представление его в виде блоков (модулей) с учетом специфики будущей деятельности специалиста, составление индивидуального плана электронного обучения; обучаемый специалист ГО, решаясь на прохождение курса повышения квалификации дистанци-

онно, должен отличаться достаточной компьютерной грамотностью, навыком пользования ПЭВМ, стремлением к самостоятельной работе, способностью соотнесения полученной информации с применением ее на практике, быть готовым к преодолению негативного влияния социальных, бытовых, профессиональных факторов на процесс обучения.

Следовательно, осуществление ДОТ на практике требует от преподавателя переработки ДПП, структурно-смысловой отбор содержания учебного материала с целью формирования учебных модулей, совокупность которых образуют индивидуальный план (траекторию) подготовки специалиста. Этот план должен полностью отвечать запросам, целям и уровню подготовленности обучаемого по специальности - составлять его квалификационный минимум.

Квалификационный минимум слушателя (далее – КМС) - минимальный тематический перечень вопросов, законодательных и нормативных документов, знание которых обязательно для квалифицированного выполнения функции специалиста в соответствии с его специализацией в области профессиональной деятельности. КМС конкретной категории специалиста ГО должен формироваться преподавателем ДПО в соответствии с квалификационными требованиями по специальности (специализации), исходя из начального уровня подготовленности обучаемого, который выявляется при входном тестировании. При высоком начальном уровне слушателю может предлагаться дополнительный учебный материал, способствующий углубленному изучению проблемных вопросов по специальности. Преподаватель ДПО может объединять учебные вопросы в блоки (модули), включать в них иллюстративный материал (слайды, видеофильмы), определять порядок их изучения слушателем, снабжать тестами для контроля усвоения, образуя дидактический модуль. Целесообразно допускать слушателя к изучению материала очередного модуля лишь после положительного результата тестирования знаний предыдущего модуля, тем самым формируя «траекторию обучения» по принципу «от простого – к сложному». Траектория обучения – это заранее продуманный план подготовки специалиста требуемой квалификации. Такой план повышения квалификации по сроку освоения определяется, прежде всего, напряжением собственных сил обучаемого.

Особенностью системы ДПО является то, что слушатели уже имеют определенный опыт профессиональной деятельности, позволяющий им предложить собственные варианты решения профессиональных задач. Поэтому в процессе обучения в системе ДПО, прежде всего, следует обращать внимание не столько на усвоение ими базовой информации, сколько на развитие способности к самостоятельному приобретению новых знаний и творческого мышления. В педагогической практике подготовки специалистов ГО приоритетными должны стать методы обучения, способные активизировать самостоятельную работу обучающихся, вовлечь их в процесс обучения, превратить из пассивных потребителей учебной информации в творческих соучастников добывания новых знаний.

Для эффективного использования дистанционной обучающей технологии в УМЦ ГОЧС необходима разработка научно-обоснованного дидактического обеспечения учебного процесса, частью которого являются гипертекстовые учебно-методические материалы (лекции, учебные пособия, учебники). Гипертекст – это текст, структура которого отформатирована языком разметки и имеет в своём формате гиперссылки на иные компоненты, давая возможность перехода между разными текстами, изображениями, видеофильмами. Такая технология открывает перед преподавателем новые педагогические приемы управления процессом удаленной подготовки слушателя. Осуществив структурно-смысловой отбор содержания учебного материала, снабженного гиперссылками, преподавателю предстоит оформить его в границах дидактических модулей, подготовить задания на выявление глубины понимания и тесты для контроля уровня овладения учебным материалом, составить график консультаций с использованием средств коммуникации.

Предлагаемая педагогическая методика подготовки специалистов ГО направлена на смену учения с информационно-репродуктивного метода на активно-творческий поиск под руководством преподавателя. Представляется, что в условиях дефицита времени на подготовку такой подход является наиболее эффективным. Отдельную проблему представляет разработка специальных технических средств и приемов, позволяющих идентифицировать находящегося на расстоянии пользователя. На практике это предполагает повышение требований к аппаратно-программному обеспечению ПЭВМ слушателя, влиять на которое образовательное учреждение имеет весьма ограниченные возможности. Лишь преодолев указанные трудности, система ДПО получит эффективный учебный инструментарий, позволяющий проводить переподготовку и повышать квалификацию при укороченном сроке обучения в сложный период.

Замечу, что кроме рассмотренных базовых компетенций специалиста ГО, личный состав нештатных формирований должен знать:

- предназначение формирования и свои функциональные обязанности; порядок сбора и приведения формирования в готовность;

- назначение, правила безопасной эксплуатация, порядок применения и обслуживания техники, механизмов и приборов, а также специального снаряжения и средств защиты, состоящих на оснащении формирования; порядок проведения, специальной обработки техники и территорий;

уметь: выполнять функциональные обязанности при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ; работать в средствах защиты, проводить санитарную обработку, специальную обработку техники и приборов, стоящих на оснащении; эксплуатировать, обслуживать и применять аварийно-спасательный инструмент и снаряжение, состоящие на оснащении формирования.

Следовательно, при удаленной подготовке возникает проблема приобретения обучаемым предусмотренных квалификацией практических умений. Очевидно, что в этом случае не обойтись без очно проводимых групповых за-

нятий по заранее согласованному графику. Результаты выполнения нормативов должны учитываться при итоговом тестировании. В то же время хочу отметить, что электронное обучение не может быть основным способом подготовки специалистов ГО, а должно рассматриваться лишь как вынужденная необходимость в сложных условиях обстановки, когда затруднен отрыв обучаемых от основной работы (угрожаемый период, военное время) или недопустима их совместная учебная деятельность (пандемия, карантин).

УДК 378

И. А. Легкова

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОРГАНИЗАЦИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ГРАФИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ

Аннотация: в статье рассмотрены современные средства и методы организации дистанционного обучения инженерно-графическим дисциплинам; проанализированы формы проведения занятий в онлайн режиме; выявлены проблемы дистанционного обучения графическим дисциплинам. При этом установлено, что при дистанционном обучении на первый план выходит самостоятельная работа обучающихся. Отмечено также, что дистанционный режим обучения требует больше затрат времени как преподавателя, так и обучающихся.

Ключевые слова: дистанционное обучение, современные образовательные технологии, графические дисциплины, методический материал, визуализация, системы автоматизированного проектирования.

I. A. Legkova

ORGANIZATION OF DISTANCE LEARNING IN GRAPHIC DISCIPLINES

Abstract: the article considers modern means and methods of organizing distance learning in engineering and graphic disciplines; analyzes the forms of online classes; identifies the problems of distance learning in graphic disciplines. At the same time, it is established that with distance learning, the independent work of students comes to the fore. It is also noted that the distance learning mode requires more time of both the teacher and the students.

Keywords: distance learning, modern educational technologies, graphic disciplines, methodological material, visualization, computer-aided design systems.

При переходе обучения на дистанционный режим в связи с пандемией применение информационных технологий приобрело особую актуальность. Современные средства и технологии и до этого внесли существенные изменения в образовательный процесс высшего образования. О разнообразии методов интерактивного обучения и цифровизации образования уже написано немало статей [1]. Но сложившаяся в 2020 году ситуация научила нас работать и учиться, не выходя из дома, что было бы невозможно без современных средств и инновационных методов обучения.

Ранее обучение с применением дистанционных образовательных технологий применялось в основном только для студентов и слушателей факультета заочного обучения. Этот опыт и использовался изначально для организации дистанционного обучения для обучающихся очной формы обучения. Но возникали определенные сложности в связи с небольшой практикой дистанционной работы, особенно применительно к дисциплинам, которые сложны для освоения, к которым относятся инженерно-графические дисциплины. При изучении графических дисциплин особую роль играет наглядность, так рассматривается форма и взаимное расположение различных предметов в пространстве, что невозможно без развития пространственного мышления обучающихся [2].

При переходе на дистанционный формат обучения не меняются традиционные формы проведения занятий: лекционные, практические, консультационные; но меняется формат их проведения. Методический материал для сопровождения занятий тоже необходимо перестроить, адаптировать под дистанционный формат, преобразовать его в более визуальную форму. Современные средства и технологии позволяют это сделать. В настоящее время при проведении занятий широко применяют мультимедийные презентации в программе Power Point, входящей в программный пакет Microsoft Office. Для сопровождения занятий, проводимых онлайн, материал презентаций был максимально визуализирован для его наглядного представления и лучшего восприятия. При этом наиболее эффективно использование трехмерной компьютерной графики и анимации [3]. Текст презентации тоже пришлось редактировать для лучшего его усвоения за счет его дополнения, систематизации и выделения наиболее значимых, существенных элементов.

Демонстрация графических построений в динамике при необходимости проводилась с помощью систем автоматизированного проектирования, например, AutoCad или Компас-3D. Построения, представленные на экране, заменили построения на аудиторной доске (рис.). Однако демонстрация построений в динамике в графическом редакторе занимает больше времени по сравнению с ее традиционным представлением в аудитории, даже несмотря на то, что преподавателем предварительно был подготовлен необходимый материал.

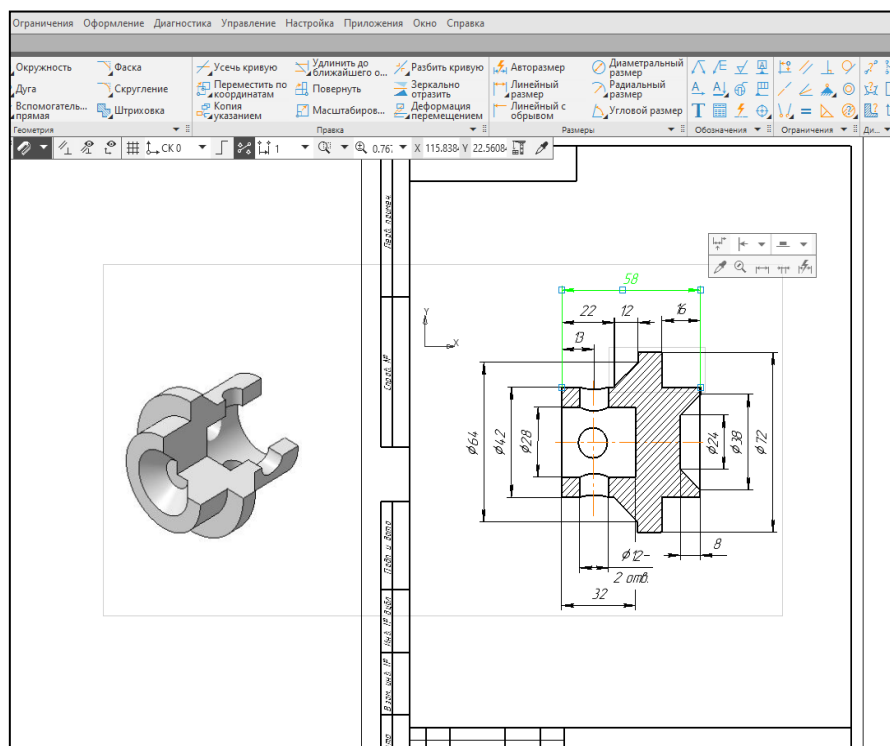


Рис. Демонстрация выполнения чертежа детали

Активно использовались на занятиях также разработанные ранее электронные учебные пособия по графическим дисциплинам с интерактивными элементами. Электронные мультимедийные издания формируют информационно-образовательную среду, которая помогает обучающимся легче и производительнее овладеть ее содержанием. Электронные учебники и пособия по графическим дисциплинам содержат большое количество иллюстраций, анимационных роликов, демонстрирующих геометрические объекты, а также объяснение материала с пошаговой иллюстрацией алгоритмов решения графических задач. Если раньше электронные учебные пособия использовались чаще для самостоятельной работы обучающихся, то при дистанционном обучении их содержание с успехом можно использовалось для демонстрации учебного материала при проведении занятий.

Дистанционный формат обучения не исключает и контроль знаний. С проведением текущего контроля успешно справлялась, разработанная в Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, многоуровневая автоматизированная система обучения, контроля и анализа уровня теоретических знаний обучающихся Firetest. Большая база вопросов, заложенная в систему, позволяет протестировать обучающихся по каждому разделу дисциплины, по каждой теме, по каждому занятию; проанализировать усвоение отдельной темы или дисциплины в целом на курсе, в группе или индивидуально обучающимся. Систематическое проведение контрольных мероприятий позволяет не только выявить пробелы в изучении материала, но и дисциплинировать обуча-

ющихся, мотивировать их на регулярное выполнение заданий и изучение материала.

При изучении инженерной графики обучающиеся учатся работать с графической документацией, поэтому одной из форм отчетности по дисциплине является выполнение графических работ [4]. При обучении в обычном режиме практические занятия построены таким образом, что курсант или студент справляется с выполнением графической работы в течение занятия и сдает ее преподавателю. Но некоторые обучающиеся по причине неготовности к занятиям, лени, неорганизованности или просто медлительности не успевают на занятии и вынуждены выполнять графические работы самостоятельно. А при переходе на дистанционное обучение самостоятельно выполнять работы пришлось всем обучающимся. И здесь на первый план вышло умение обучающихся работать самостоятельно, без возможности проконсультироваться с преподавателем по выполнению работы, как только возникли вопросы, и учесть типовые ошибки, которые преподаватель озвучивает в течение занятия. Не все обучающиеся оказались готовы к такому формату обучения, многие не привыкли работать самостоятельно и не умеют пользоваться технической литературой. У многих обучающихся возникли сложности не только потому что нет человека, который эмоционально подает учебный материал и не раз может повторить его, но и потому что нет контроля его текущей работы. Особенно важно это для курсантов и студентов первого года обучения, когда и изучаются графические дисциплины.

У преподавателя при проверке графических работ в дистанционном формате тоже возникли определенные трудности. Выполненные работы обучающиеся присылали в электронном формате (фото или сканированный вариант) по электронной почте, консультировать приходилось письменно каждого обучающегося, отмечая его ошибки и недочеты. Это процесс оказался достаточно трудоемким и очень затратным по времени. При этом у преподавателя нет возможности увидеть, понял ли обучающийся свои ошибки или нет. То есть графические работы отнимали много времени и у обучающихся на их выполнение, и у преподавателей на проверку, даже при условии проведения консультационных занятий в онлайн режиме.

Таким образом при дистанционном обучении использовались следующие обучающие средства:

- системы автоматизированного проектирования (AutoCad, Компас-3D и другие);
- мультимедийные презентации в программе Power Point;
- многоуровневая автоматизированная система обучения и контроля знаний Firetest (или другие системы интернет-тестирования);
- электронные мультимедийные издания (учебники и пособия);
- электронные аналоги печатных изданий (справочников, пособий и методических рекомендаций) в формате pdf.

Какие бы современные информационные способы и средства мы не использовали при проведении занятий в дистанционном формате, ничто не заменит занятия, где встречаются участники образовательного процесса: преподаватель и обучающийся. Усвоение знаний и формирование навыков лучше всего происходит в аудитории при их совместной работе. Такие занятия имеют огромный потенциал для решения задач. А дистанционное обучение графическим дисциплинам целесообразно как эффективное дополнение к традиционным методам обучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Легкова И. А., Кропотова Н. А. Новые методы интерактивного обучения профессиональной направленности // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции. – Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2021. С. 211-214.

2. Легкова И. А., Никитина С. А., Топоров А. В., Покровский А. А. Применение информационных технологий для развития пространственного мышления обучающихся / Информационные технологии в обеспечении федеральных государственных образовательных стандартов: материалы Международной научно-практической конференции. Елец, 2014. С. 296-300.

3. Легкова И. А., Никитина С. А., Зарубин В. П., Иванов В. Е. Визуализация учебного материала средствами системы Компас-3D / Современные проблемы высшего образования: материалы Международной научно-методической конференции. Курск, 2015. С. 34-38.

4. Легкова И. А. Новые возможности в инженерно-конструкторской подготовке обучающихся / Актуальные вопросы естествознания: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2021. С.237-240

УДК 378

И. А. Легкова, Н. А. Кропотова

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Аннотация: цифровая трансформация всех направлений жизнедеятельности, включая научную и образовательную деятельность, промышленность и производство, госслужбу и наемный труд и т.д., в настоящее время неизбежна. Это несет в себе инновации во все направления, в том числе и в сферу высшего образования. В статье рассмотрены перспективные направления внедрения цифровых технологий в высшем

образовании. Обоснованы применяемые цифровые технологии для повышения подготовки личного состава МЧС России на примере Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.

Ключевые слова: образовательный процесс; цифровая трансформация; информационные образовательные ресурсы; компьютерное тестирование; электронные учебники; интерактивные тренажеры.

I. A. Legkova, N. A. Kropotova

DIGITAL TRANSFORMATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS

Abstract: digital transformation of all areas of life, including scientific and educational activities, industry and production, civil service and wage labor, etc., is now inevitable. This brings innovations in all directions, including in the field of higher education. The article discusses the promising directions of the introduction of digital technologies in higher education. The applied digital technologies for improving the training of personnel of the Ministry of Emergency Situations of Russia are justified on the example of the IFRA of SFS of EMERCOM of Russia.

Keywords: educational technologies, educational process; digital transformation; information educational resources; computer testing; electronic textbooks; interactive simulators.

Современная Россия претерпевает глобальные изменения. Известно, что на федеральном уровне реализуется ряд направлений, имеющих отношение к развитию цифровой экономики государства, которая способствует повышению уровня и качества жизни и трудовой деятельности россиян, экономическое развитие и благополучие. В первую очередь это определено Стратегией развития информационного общества, реализуемой в России на 2017-2030 годы и программой «Цифровая экономика Российской Федерации». Цифровая трансформация (ЦТ) – это одна из первоочередных национальных целей развития Российской Федерации на период до 2030 года [1]. Апробация и внедрение новаций во все направления и сферы деятельности, в том числе и в сферу высшего образования. Сущность и значимость цифровой трансформации образования определяется:

- доступностью каждым участником образовательного процесса всех необходимых образовательных ресурсов для достижения успешного результата обучения;
- обеспечением персонализации образовательного процесса;
- применением методов искусственного интеллекта, средств дополненной и виртуальной реальности;
- развитием в образовательных организациях цифровой среды.

Министерством науки и высшего образования Российской Федерации активно проводится работа по реализации комплекса мероприятий, реализующих достижение национальных целей в части цифрового развития сферы высшего образования. Проекты развития цифрового образования представлены на рис. 1. 20 % студентов к концу 2024 года будут осваивать отдельные курсы и дисциплины, в том числе в онлайн, с использованием ресурсов иных образовательных организаций и университетов, обеспечивающих соответствие качества подготовки обучающихся мировому уровню [2].

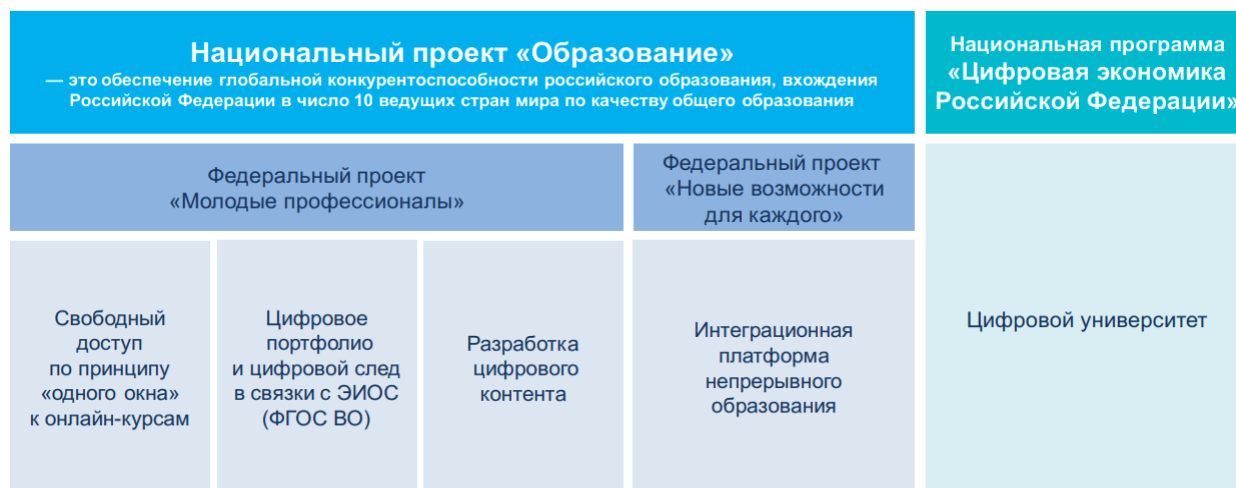


Рис. 1. Проекты развития цифрового образования

Основные принципы, на которых основывается цифровая платформа представлены на рис. 2.



Рис. 2. Цифровая платформа образования

Выделим лишь некоторые из них:

- Система электронного документооборота и управления;
- Искусственный интеллект;
- Обоснованная структура и содержание информационных образовательных ресурсов;
- Унификация цифровых образовательных продуктов.

Перспективные направления внедрения цифровых технологий в высшем образовании: электронный студенческий билет, электронная зачетная книжка, электронный документ об образовании, зачет учебных дисциплин, изученных в различных образовательных учреждениях онлайн [3].

Рассмотрим применяемые образовательные технологии в нашей академии при подготовке специалистов пожарной охраны:

1 - Ситуационные задачи, имитирующие производственную среду или технологический процесс, позволяет идентифицировать опасности и риски, оценивать профессиональные риски, проводить специальную оценку условий труда, а также расследование несчастных случаев на производстве с заполнением материалов расследования [4].

2 - Контроль знаний (компьютерное тестирование), которому как известно отводится определяющая роль адаптивного управления образовательным процессом. В этой связи в Ивановской академии была разработана и внедрена многоуровневая автоматизированная система обучения, контроля и анализа уровня теоретических знаний обучаемых FireTest (рис. 3), основанная на компетентностной модели становления специалистов.

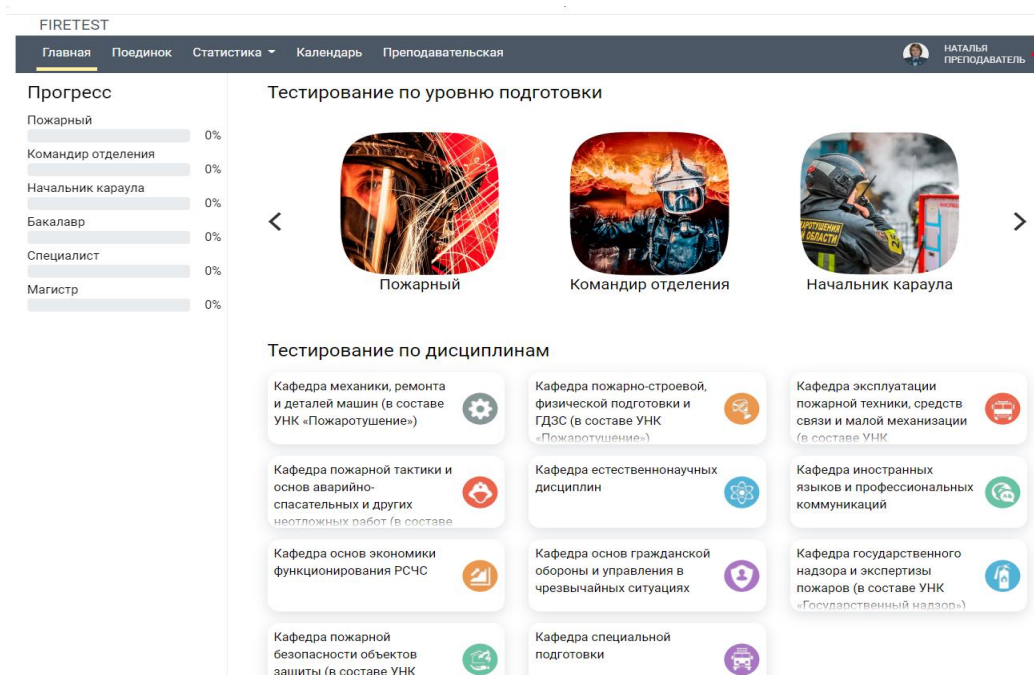


Рис. 3. Многоуровневая автоматизированная система FireTest

Особенностью нашей системы является поэтапное формирование компетенций с учетом профессиональной направленности. Для этого в системе тестового контроля предусмотрены ориентированные этапы освоения учебной программы, включающие пройденные дисциплины и практики по каждому году обучения. Кроме тестирования по уровню подготовки каждый обучающийся может самостоятельно проконтролировать свои знания по всем изучаемым дисциплинам. Также в системе FireTest предусмотрена игровая форма обучения в виде поединков, которые могут проходить с другими обучающимися или с преподавателями.

Компьютерное тестирование, реализованное в виде программы FireTest, позволяет получать достоверные и объективные оценки уровня знаний, своевременно выявлять пробелы в подготовке обучаемых на основе анализа полученных результатов и мотивировать их на качественное освоение изучаемых дисциплин.

3 - Электронные учебные издания с элементами дополненной реальности или 3D-контентом. Эти мультимедийные издания, позволяют расширить возможность существующих электронных учебников, дополнив их интерактивными трехмерными моделями и сценами [5]. Благодаря этим моделям и анимации появляется возможность взаимодействовать с обучающимися, вовлечь их в процесс изучения предмета, в деталях показать те или иные явления, визуализировать протекающие процессы и наглядно показать изучаемый материал в более понятной и интересной для обучающегося форме, чем традиционный технический текст.

4 - Электронные интерактивные тренажеры – современный инструмент, который делает электронное обучение более интересным, вариативным и подходит для решения сложных задач: демонстрационные электронные тренажеры моделируют и показывают детали, устройства и процессы, тренажеры по вождению различной пожарной техники (АЦЛ, катер ГИМС), тренажеры обучающие по алгоритму, обеспечивающего безопасные условия осуществления профдеятельности, а также тренажеры, обучающие личный состав поведению в нестандартных ситуациях с соблюдением требований охраны труда.

5 - VR-технологии, которые в последнее время также стали использоваться в образовательном процессе. В нашей академии введен в работу уникальный многофункциональный виртуально-тренажерный комплекс (МВТК-МЧС), предназначенный для обучения будущих специалистов МЧС с помощью технологии виртуальной реальности (рис. 4). Тренажер похож на игровой и крайне реалистичный симулятор. На нем можно отрабатывать различные сценарии чрезвычайных ситуаций любой сложности – от лесных пожаров до техногенных аварий на промышленных предприятиях. На этом тренажерном комплексе курсанты первого года обучения учатся работать с пожарным оборудованием в боевых условиях. Для обучающихся старших курсов задачи посложнее: будущие пожарные учатся работать в составе группы, отдавать команды, принимая решения. Таким образом отрабатывается коллективная работа личного состава,

направленная на решение одной общей задачи (как в сетевой многопользовательской игре). Новый тренажерный комплекс позволит готовить кадры для МЧС на ином качественном уровне.



Рис. 4. Многофункциональный виртуально-тренажерный комплекс

Цифровая трансформация – это новый этап развития современного общества и государства, внедряя производственные процессы в формате дистанционного обучения, электронного документооборота, индустрии 4.0 с ее данными, объединенные единой федеральной платформой – позволит объединить все заинтересованные стороны, участвующие в обеспечении безопасности, здоровья и благополучия работающего населения, и, значит, и стабильный рост экономики страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента РФ от 21 июля 2020 года № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года».
2. Кропотова Н. А., Легкова И. А. Компетентностная карта выпускника // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник», 2020, №1. С. 77-82. [Электронный ресурс] URL: http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2020/v1/N16_77-82.pdf.
3. Кропотова Н. А., Легкова И. А. Электронная информационная образовательная среда как средство управления подготовкой кадров // Актуальные проблемы и инновации в обеспечении безопасности: материалы Всероссийской научно-практической конференции (в рамках Дней науки). Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2020. С. 85–94.
4. Легкова И. А., Кропотова Н. А. Новые методы интерактивного обучения профессиональной направленности // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: матер. VIII Всероссий-

ской научно-практической конференции. – Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2020. С. 211-214.

5. Легкова И. А., Зуйкова К. С. Возможности трехмерной графики в подготовке специалистов технического профиля // Предупреждение. Спасение. Помощь: материалы Международной научно-практической конференции. Химки: АГЗ МЧС России, 2017. С.99-101.

УДК 378.14:004

В. К. Маркелов, О. А. Завьялова

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет», Шуйский филиал

ВОЗМОЖНОСТИ ИНТЕРАКТИВНЫХ ТРЕНАЖЁРОВ ВИЗУАЛЬНОЙ СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ «АЛГОРИТМ» ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЮ В РАМКАХ ШКОЛЬНОГО КУРСА ИНФОРМАТИКИ

Аннотация: в статье приводятся возможности создания интерактивных тренажеров для обучения программированию на основе языка Python с использованием визуальной среды разработки «Алгоритм». Рассматриваются интерактивные задания тренажера по теме «Ввод и вывод данных в Python». Обосновывается применимость данных заданий в рамках обучения программированию в школьном курсе информатики.

Ключевые слова: программирование, информатика, интерактивные тренажеры, методика обучения программированию, визуальная среда разработки, Python.

V. K. Markelov, O. A. Zavialova

POSSIBILITIES OF INTERACTIVE SIMULATORS OF THE VISUAL DEVELOPMENT ENVIRONMENT «ALGORITHM» FOR TEACHING PROGRAMMING IN THE FRAMEWORK OF THE SCHOOL COURSE OF INFORMATICS

Abstract: the article presents the possibilities of creating interactive simulators for learning programming based on the Python language using the visual development environment «Algorithm». The interactive simulator tasks on the topic «Data input and output in Python» are considered. The applicability of these exercises in the framework of teaching programming in the school course of informatics is substantiated.

Keywords: programming, informatics, interactive simulators, programming teaching methodology, visual development environment, Python.

Программирование является одним из основных разделов школьного курса информатики, который создает условия для развития логического и аналитического мышления обучающихся. В свою очередь, методика обучения программированию нуждается в постоянном обновлении и совершенствовании используемых методов, технологий и средств.

В рамках применения информационных образовательных технологий для обучения программированию в школьном курсе информатики, могут использоваться интерактивные тренажеры как класс интерактивных заданий, условия которых могут случайным образом меняться [2, с. 336]. Рассмотрим возможности интерактивных тренажеров для обучения программированию в школе на базе языка программирования Python. Python – это один из основных языков при изучении программирования в школьном курсе информатики. Простой синтаксис и низкий порог входа в язык позволяют обучающимся быстро освоить базовые алгоритмические структуры и акцентировать основное внимание на оттачивании навыков программирования [3, с. 96].

Для создания интерактивных тренажеров может использоваться конструктор программ «Алгоритм». Алгоритм – это бесплатная визуальная среда разработки для создания приложений, не требующая навыков программирования с открытым исходным кодом (до 2019 года – условно-бесплатная программа). Исходный код и мастер для установки программы доступны по следующей ссылке: <https://github.com/AlexVTro/Algorithm>.

Проектирование программ в данной среде разработки осуществляется посредством позиционирования и изменения свойств готовых объектов, таких как «Кнопка», «Надпись», «Память», «Текстовое поле» и т.д. В свою очередь, конструирование действий, которые могут выполняться в зависимости от событий над объектами («Клик», «Наведение курсора», «Получение фокуса») осуществляется при помощи алгоритмического языка программы, схожего со школьным алгоритмическим языком.

Интерфейс программы с исходным файлом интерактивного тренажера представлена на рис. 1. Представленную визуальную среду разработки можно использовать для создания интерактивных тренажеров по информатике при помощи таких объектов, как «Кнопка», «Надпись», «Закладки», «Текстовое поле», «Текстовый документ» и «Память».

Рассмотрим интерактивный тренажёр по теме «Ввод и вывод данных в Python», который может использоваться в рамках изучения соответствующей темы раздела «Программирование и алгоритмизация» на первых уроках программирования. Интерфейс меню тренажера представлен на рис. 2. Для того чтобы перейти к выполнению заданий тренажёра необходимо нажать на кнопку «Запустить тренажёр».

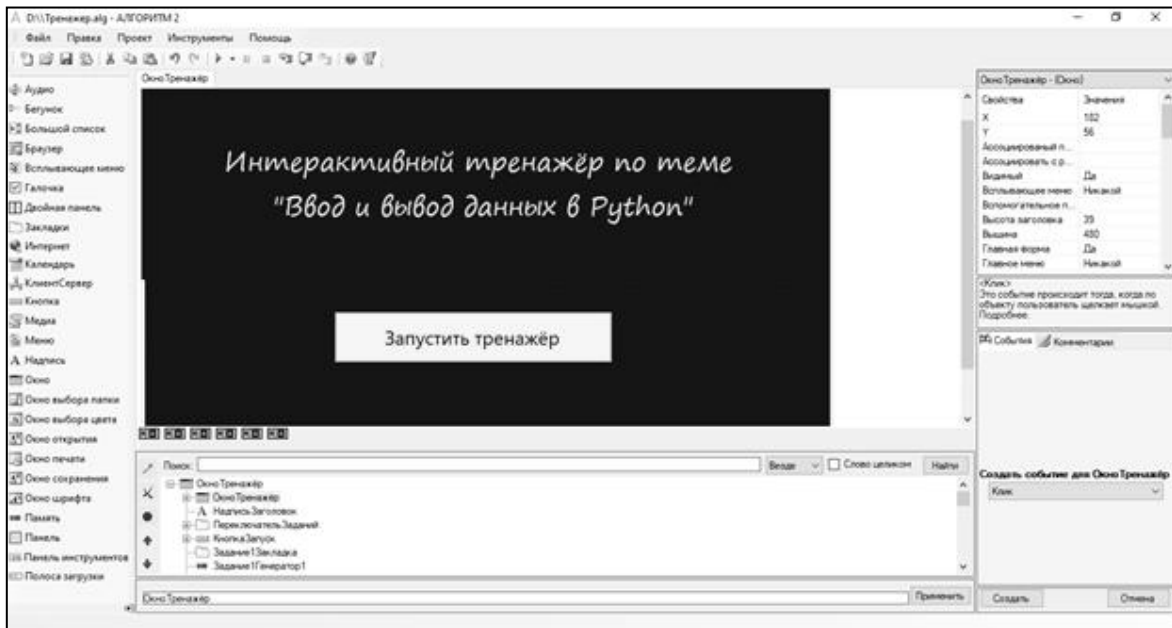


Рис. 1. Интерфейс визуальной среды разработки «Алгоритм»

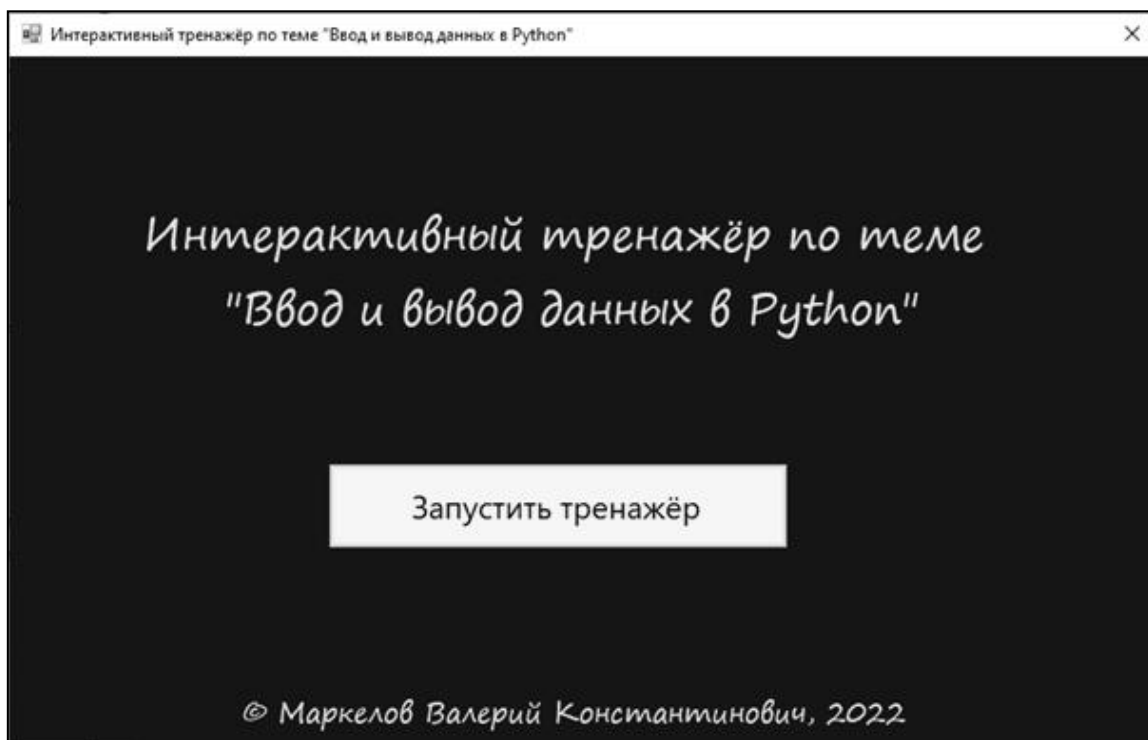


Рис. 2. Меню интерактивного тренажёра «Ввод и вывод данных в Python»

Интерактивный тренажер «Ввод и вывод данных в Python» состоит из трёх заданий, исходные данные которых при каждом запуске определяются случайным образом: «Задание 1. Символьный рисунок», «Задание 2. Форматный вывод данных» и «Задание 3. Работа с числами». При нажатии на кнопку

«Запустить тренажёр» обучающийся переходит к первому заданию. В данном задании обучающемуся необходимо написать программу на языке программирования Python для вывода на экран рисунка, состоящего из символов (нулей и единиц). После того как программа записана в соответствующее текстовое поле, необходимо нажать на кнопку «Проверить результат», чтобы определить правильность выполнения задания. Если задание интерактивного тренажёра выполнено верно, то на экране появится сообщение о том, что задание выполнено без ошибок (рис. 3), в противном случае будет выведено сообщение о том, что в задании присутствуют ошибки. Отдельно следует отметить, что обучающимся не нужно построчно перепечатывать символьные рисунки, представленные в задании. В данном задании присутствует возможность выделить и скопировать «рисунок», а затем вставить в соответствующее поле, чтобы превратить этот «рисунок» в программу, которая его выводит.

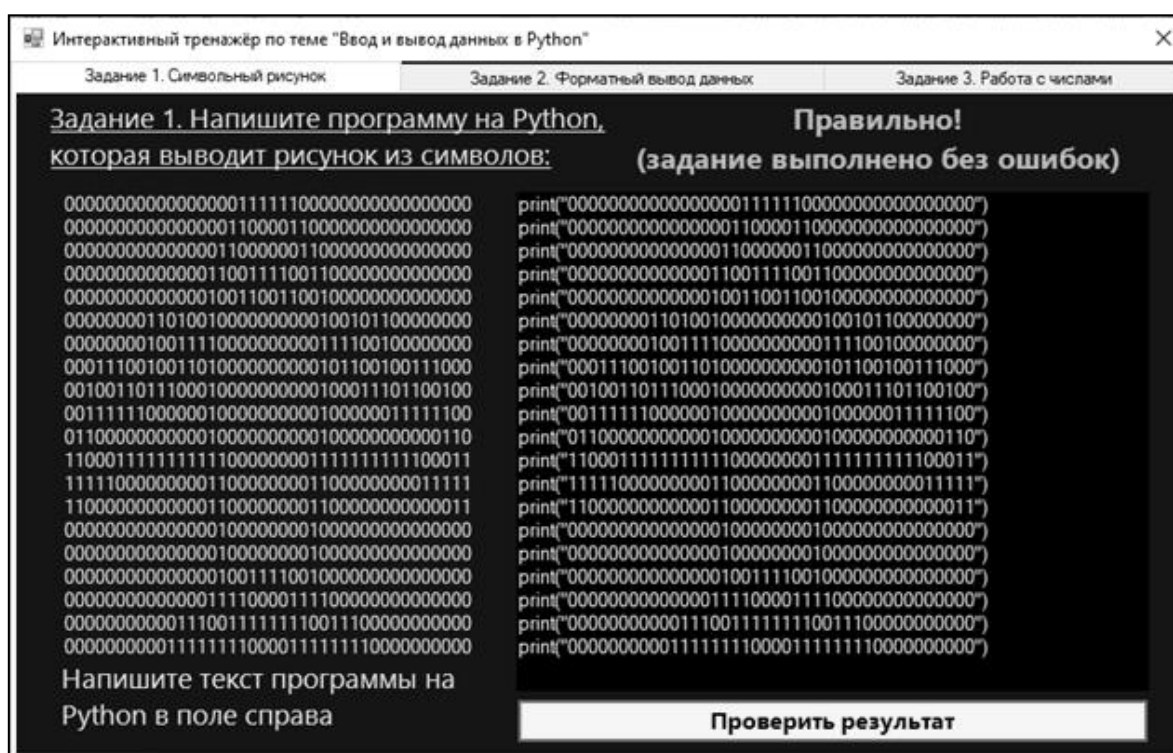


Рис. 3. Задание 1 «Символьный рисунок», выполненное без ошибок

Данное практическое задание направлено на закрепление у обучающихся умения использовать команду print для вывода текста на экран. Кроме того, оно способствует формированию мотивации обучающихся к изучению программирования. Обучающимся будет интересно «нарисовать» готовые «символьные рисунки», а затем придумать и реализовать собственные идеи.

Переход к новому заданию осуществляется при помощи переключателя заданий, расположенного в верхней части окна программы. При нажатии на кнопку с соответствующим номером задания, создается интерактивное задание с новыми исходными данными. В частности, при попытке перейти к заданию 1 «Символьный рисунок» появляется новое задание при этом решение предыдущего задания удаляется (рис. 4).

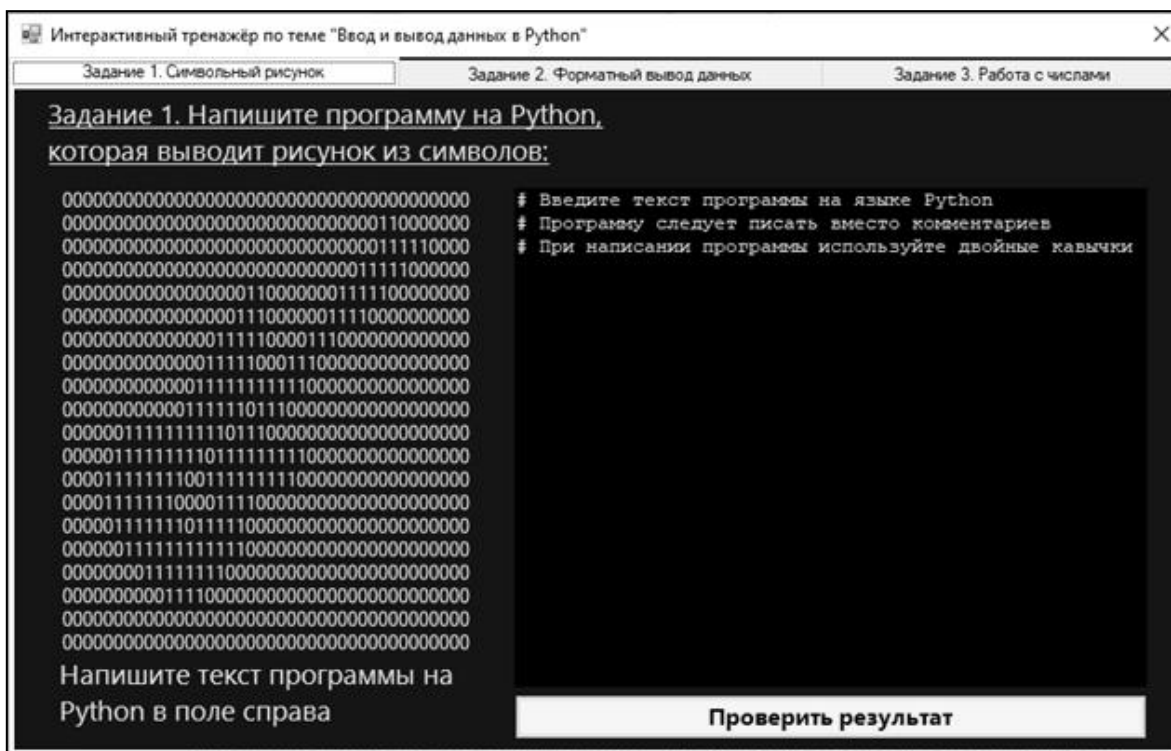


Рис. 4. Сгенерированное задание 1 «Символьный рисунок»

Рассмотрим задание 2 «Форматный вывод данных». В задании обучающимся необходимо дописать недостающие команды программы для вывода на экран суммы и разности чисел в заданном формате, используя команду `format`. При этом вывод на экран суммы и разности чисел должен осуществляться в разных строках программы. Данное задание проверяет умение обучающихся применять аргумент `end` команды `print` для реализации вывода на экран в одну или несколько строк, в зависимости от исходных данных задачи. Обучающийся записывает недостающие команды программы в соответствующие текстовые поля и нажимает на кнопку «Проверить результат», при этом рядом с соответствующими полями появляются символы «галочка» (если команда была записана правильно) или «крестик» (если команда была записана неправильно). В свою очередь, если задание интерактивного тренажёра выполнено верно, то на экране появится сообщение «Правильно (задание выполнено без ошибок)», иначе будет выведено сообщение «Неправильно (задание выполнено с ошибками)» (рис. 5).

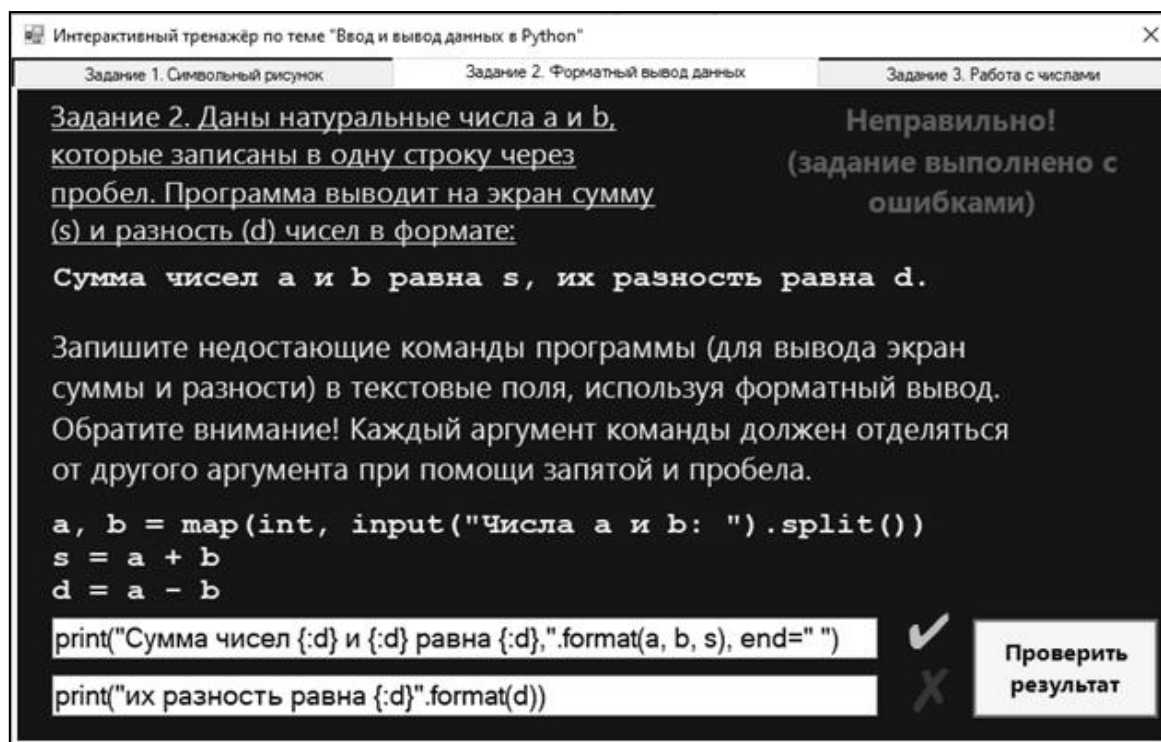


Рис. 5. Задание 2 «Форматный вывод данных», выполненное с ошибкой

В третьем задании «Работа с числами» от обучающегося требуется определить результат работы исходной программы для вычисления суммы двух натуральных чисел, найти и исправить ошибки, допущенные в ней, а затем записать результат работы исправленной программы для заданных чисел a и b . Данное практическое задание направлено на формирование у обучающихся умения находить ошибки в программе и исправлять их. Интерактивные тренажеры, содержащие реакцию на неправильные действия ученика, позволяют педагогу организовать индивидуальную работу обучающихся по закреплению изучаемого материала [1, с. 138].

Для выполнения задания обучающемуся необходимо выполнить три подзадания: определить, что будет выведено в результате работы программы, выбрать один из четырёх вариантов ответа; найти все возможные действия для исправления ошибок в программе (если они присутствуют), отметив галочками соответствующие ответы в списке, а также записать результат работы правильно работающей программы (сумму натуральных чисел a и b).

После нажатия на кнопку «Проверить результат», зелеными галочками будут отмечены подзадания, выполненные верно (рис. 6), а красными крестиками – подзадания, в которых были допущены ошибки.

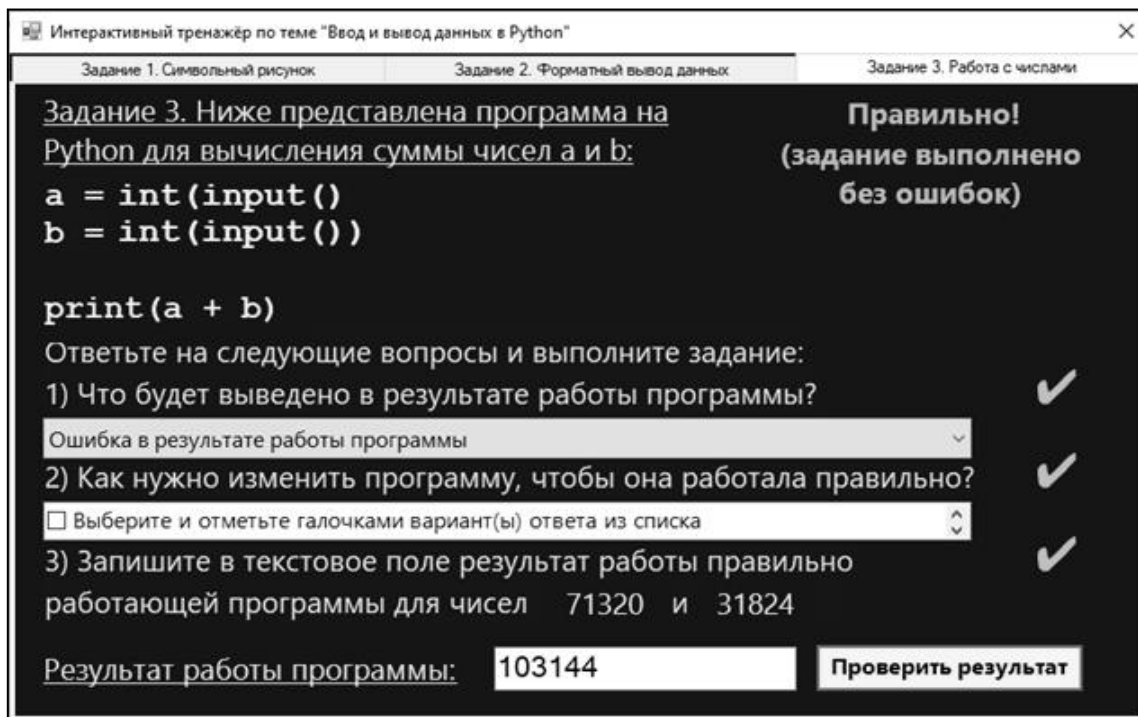


Рис. 6. Задание 3 «Работа с числами», выполненное без ошибок

Рассмотренный интерактивный тренажёр «Ввод и вывод данных в Python» доступен по следующей ссылке: <https://sites.google.com/view/algorithm-in-out-python/main>. На сайте можно скачать тренажер на свой компьютер, а также изменить его по своему усмотрению, используя исходный файл проекта, который также можно скачать на данной странице.

Практическая значимость интерактивного тренажера «Ввод и вывод Python» заключается в том, что он может быть использован при проведении уроков по данной теме в рамках изучения языка Python на этапе закрепления учебного материала на уроке комплексного применения знаний и умений. В свою очередь, визуальная среда разработки «Алгоритм» может применяться учителями информатики для создания интерактивных заданий и тренажеров в рамках обучения программированию и информатике в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликова Н. Ю. Формирование готовности педагога к использованию интерактивных средств обучения как важнейшей составляющей его информационной компетентности / Н. Ю. Куликова, Е. В. Данильчук, Н. В. Борисова // Вестник Волгоградской академии МВД России. – 2015. – № 2(33). – С. 136-141.
2. Маркелов В. К. Возможности языка Python 3.10 при обучении программированию в школе / В. К. Маркелов, О. А. Завьялова // Шуйская сессия студентов, аспирантов, педагогов, молодых ученых : Материалы XIV Международной научной конференции, посвященной Году науки и технологий Российской Федерации, 205-летию

начала подготовки педагогов в Ивановской области, Москва-Иваново-Шуя, 06–07 октября 2021 года / отв. редактор А.А. Червова. – Москва-Иваново-Шуя: Шуйский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный университет», 2021. – С. 96-97.

3. *Маркело, В. К.* Средства электронной поддержки как инструмент формирования профессиональных компетенций будущих учителей информатики в области преподавания программирования / В. К. Маркелов, О. А. Завьялова // Современное университетское образование: вызовы и проблемы, ценности и инновации, технологии и качество: сборник статей, Иваново, 24–25 ноября 2021 года. – Иваново: Ивановский государственный университет, 2021. – С. 333-342.

УДК: 378.124.082

*О. С. Маторина, В. А. Маштаков, О. В. Стрельцов,
О. Г. Меретукова, С. В. Нестерова*
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РОССИЙСКИХ И ЗАРУБЕЖНЫХ УНИВЕРСИТЕТАХ

Аннотация: рассмотрены основные подходы и методы, применяемые при проведении оценки эффективности педагогической деятельности университетов Российской Федерации. Приведены результаты анализа систем оценки результатов деятельности педагогического состава учебных организаций США, Японии, некоторых европейских стран, оказывающих образовательные услуги. Изложены критерии оценки педагогической деятельности и недочеты применяемых методик. На основе представленного материала сформулированы выводы и рекомендации в области применения.

Ключевые слова: оценка педагогической деятельности, подходы, методики, критерии, университеты, преподавательская деятельность, учебно-методическая деятельность, научно-исследовательская деятельность, образовательные организации, рейтинги, эффективность учебного процесса.

*O. S. Matorina, V. A. Mashtakov, O. V. Streltsov,
O. G. Meretukova, S. V. Nesterova*

**THE MAIN APPROACHES AND METHODS USED IN ASSESSING
THE EFFECTIVENESS OF PEDAGOGICAL ACTIVITY
IN RUSSIAN AND FOREIGN UNIVERSITIES**

Abstract: The main approaches and methods used in assessing the effectiveness of pedagogical activity of universities of the Russian Federation are considered. The results of the analysis of systems for evaluating the performance of the teaching staff of educational organizations in the USA, Japan, and some European countries providing educational services are presented. The criteria for evaluating pedagogical activity and the shortcomings of the methods used are described. Based on the presented material, conclusions and recommendations in the field of application are formulated.

Keywords: evaluation of pedagogical activity, approaches, methods, criteria, universities, teaching activities, educational and methodological activities, research activities, educational organizations, ratings, effectiveness of the educational process.

В настоящее время уровень экономического развития страны напрямую связан с такой важной сферой общественной жизни как образование. Одной из важнейших государственных функций является показатель эффективности системы образования страны [4]. Эффективность функционирования системы образования во многом зависит от профессиональных кадров, постоянное повышение квалификации которых повышает качество предоставляемых образовательных услуг. Также, немаловажным фактором является применение инновационных методов обучения, совершенствование профессиональной программы подготовки и разработка новых форм подачи информации в соответствии с современными особенностями восприятия учебного материала новыми поколениями целевой аудитории. Ввиду изложенных факторов академическим сообществом активно обсуждаются вопросы эффективности функционирования системы образования. Одним из центральных мест в процессе обсуждения является актуальный вопрос качества предоставляемых образовательных услуг и профессиональной пригодности педагогических кадров. Надлежащее качество инфраструктуры образовательных учреждений в соотношении с высоким уровнем квалификации педагогического состава высших учебных заведений влечет за собой повышение уровня функционирования системы образования.

В российской и зарубежной практике существуют и успешно применяются значимое количество методик и моделей, ориентированных на оценку личных и профессиональных качеств преподавательского состава. Методические характеристики применяемых моделей и методик имеют значимое сходство по своим структурным компонентам. Комплексный подход к изучению данной проблематики позволит выявить пути совершенствования и предоставит почву к разработке новых подходов.

Профессия преподавателя относится к инновационной, творческой деятельности, ввиду данных особенностей, определение четких индикаторов эффективности данной деятельности представляет сложность и имеет свою специфику. Предполагается, что деятельность преподавателя является многоаспектной и содержит следующие направления: учебно-методическое, социально-организационное, воспитательное, научно-исследовательское и т. п. Наряду с этим, каждый педагог привносит в свою деятельность индивидуальные составляющие, способствующие лучшему усвоению учебного материала слушателями (такие как творческий подход, оригинальность, инновационность и т. д.) [5]. Также в рамках проведения оценки преподавательской деятельности в российских высших учебных заведениях активно применяются методы рейтинговых оценок, проводятся опросы слушателей и выпускников образовательных организаций.

Ввиду разнообразия направлений деятельности преподавателя, который не только обладает определенным уровнем знаний и умением донести до целевой аудитории содержательную часть, но и занимается различными направлениями в рамках педагогической деятельности, оценка эффективности многоаспектной деятельности представляет сложный процесс.

Российские исследователи выделяют несколько основных подходов к процессу оценки качества работы преподавательской деятельности, среди них: системный, компетентностный, многоуровневый, социокультурный, аксиологический, деятельностный, оптимизационный и синергетический и т. д. [2]. В зависимости от применяемого подхода, определяются методики оценки педагогической деятельности, которых в настоящее время существует более сорока видов. Наиболее применимым подходом является деятельностный. Данный подход определяет компоненты и эффективность преподавательской деятельности в количественных показателях, основанием которых выступают фиксированные результаты. С целью определения рейтинга преподавателя имеют значение показатели активного участия в научно-исследовательской работе, количество изданных учебно-методических материалов, опубликованных статей, принятого участия в конференциях, сборках, симпозиумах, организованных для слушателей досуговых мероприятий и кружков, количество грамот, сертификатов и благодарностей за участие студентов в олимпиадах и т. д. [3].

В результате анализа зарубежного опыта применения подходов и методик к оценке преподавательской деятельности можно прийти к выводу о специфичности рассматриваемого вопроса. В большинстве своем в США университеты являются частными. Система образования США имеет свои особенности и давние традиции по направлению оценки качества педагогической деятельности в области высшего профессионального образования. Рассматриваемый нами вид деятельности в США относят к творческому виду и считают возможными различные вариации оценки качества [6]. Ведущим моментом является оценка конечного результата педагогической деятельности, а не процесс достижения и объем затраченных усилий. Максимальное количество возложенных функций

на одного преподавателя экономит объем денежного довольствия работодателя, но влечет за собой снижение качества работы и потенциально увеличивает текучесть кадров. Частные университеты США заинтересованы в конкурентоспособности предоставляемых ими образовательных услуг, поэтому приветствуют стремление к развитию и совершенствованию педагогического состава.

Основным критерием оценки педагогической деятельности является мнение самих слушателей о качестве предоставляемых образовательных услуг для реализации данной цели на регулярной основе проводятся социологические опросы и составляются рейтинги результатов деятельности преподавательского состава. Одним из самых применяемых является комплексный подход, в состав которого входят экспертные исследования и рефлексивные оценки преподавательской деятельности. К данным, полученным в результате комплексного подхода, применяется система оценки, в основу которой составляют стандарты, принятые в образовательной организации. По итогам проведенной оценки педагогической деятельности, данные результатов предоставляются: 1) руководителю образовательной организации в целях принятия управленческих решений, 2) в вышестоящую специализированную организацию для формирования общей оценки результативности деятельности образовательной организации и дальнейшего формирования комплекса мер по повышению эффективности деятельности, 3) преподавателю с целью предоставления возможности по внесению изменений в педагогическую деятельность [10].

Систему рейтинговых оценок не стоит считать основополагающей, с целью формирования объективных итоговых результатов преподавательской деятельности в зарубежных странах применяется комплексный подход. Основой данного вывода является экспертное мнение ученых Антверпенского университета, которые пришли к заключению, что рейтинговый метод оценки педагогической деятельности имеет ряд недостатков. Из основных недостатков можно привести небольшое количество вопросов по каждому из рассматриваемых в процессе применения метода параметров, что влечет за собой ограничение релевантности оценки. Ученые Антверпенского университета в своих исследованиях по данному вопросу опираются на европейский опыт и приводят вывод о целесообразности применения рейтингового метода в несколько этапов, а именно: разработка перечня вопросов, предварительный опрос слушателей учебной организации в целях выявления актуальных и значимых в настоящее время вопросов, в процессе последующего этапа перечень вопросов опросника корректируется, далее заключительный этап – основной опрос и обработка результатов [8].

В европейской практике также широко применяется метод экспертной оценки преподавательской деятельности. А рамках экспертного метода рассматриваются участие преподавателя в конференциях, лекциях, семинарах, проводится экспертный анализ методических материалов. Особенностью применения данного метода является участие экспертов коллег из преподавательского состава. Экспертная оценка включает в себя различные категории, обу-

словленные целями и задачами образовательной организации. Ученые Университета Британской Колумбии предложили структуризацию типов критериев. По их мнению, структуризация по типам критериев представляет собой ряд комплексов, среди которых: 1) комплекс критериев, сосредоточенных на оценке вклада преподавательского состава в эффективность результативности обучения слушателей образовательной организации; 2) комплекс критериев, ориентированный на оценку преподавательских навыков; 3) комплекс совокупности критериев, ориентированный на оценку принципов эффективного обучения, включающий в себя оценку коммуникации, обратную связь, уровень вовлеченности слушателей образовательной организации; критерии этического общения между преподавателем и слушателями [9].

В рамках проведения оценки, эксперты рассматривают показатели педагогической деятельности своих коллег с профессиональным подходом и несколько по иным качественным характеристиками, чем потребители образовательных услуг в случае применения рейтинговых оценок слушателей учебного заведения. Метод рейтинговых оценок педагогической деятельности слушателями и экспертный метод кардинально различны и могут быть применимы при комплексном подходе. Общим недочетом данных методов является так называемый «человеческий фактор», то есть при проведении оценочных мероприятий посредством методов, где решение принимает эксперт в отношении своего же коллеги или слушатель в отношении преподавателя, имеет место быть вероятность влияния на итоговое решение факторов личного восприятия, неверной трактовки информации, влияния стереотипности мышления или в отдельных случаях, личной неприязни и конфликта интересов и т. д. [7]. В целях эффективного применения методов и предотвращения риска влияния на результаты оценки вышеизложенных факторов, возможно осуществление подбора множественных кандидатур экспертов в составе комиссии для оценки совокупности мнений. Также для проведения всестороннего анализа оценки педагогической деятельности особое значение имеет подбор состава комиссии, обладающих необходимой квалификацией, знаниями и опытом в смежной специальности.

С учетом проявления особенностей рассматриваемых нами методов, в большинстве случаев, при проведении оценки педагогической деятельности, экспертный метод и метод рейтинговых оценок слушателей применимы в составе комплексного подхода. Наряду с рассмотренными методами в составе комплексного подхода, применимы метод оценки рейтингов выпускников учебной организации, метод оценки преподавательских навыков, награды, поощрения и навыки, изучение портфолио преподавательского состава.

Наиболее инертным методом является оценка преподавательской деятельности выпускниками. Выпускники являлись потребителями образовательных услуг и большинство из них в дальнейшем применяют на практике полученные знания и умения в области профессиональной деятельности. Применение данного метода в составе комплекса приводит к значимым результатам, но

в качестве одного из недочетов стоит указать значимые временные затраты на процесс поиска респондентов и передачу данных для дальнейшей обработки.

Особый интерес для нашего исследования представляет опыт Японии. Большинство высших учебных организаций Японии является частными. Проходить обучение в университете Японии могут иностранные граждане, курс обучения может быть не только на японском языке, но и на иностранном, например, английском. В японских образовательных учреждениях с особым вниманием относятся к дисциплине, а именно к учету посещаемости слушателем занятий. На основе изученных материалов можно прийти к выводу, что учебные организации, предоставляющие образовательные услуги являются сторонниками клиентоориентированного подхода, следовательно, качество образования в приоритете. Также, имеет место быть фактор доверия слушателю и основной груз ответственности за качество образования возлагается на плечи обучающегося, то есть основная программа обучения дополняется развитием и совершенствованием самостоятельно полученных слушателем знаний и умений. Система обеспечения качества образовательных учреждений Японии претерпела изменения от традиционной, основанной на стандартах университета, до комбинированного типа и сертифицированной оценки. Система сертифицированной оценки устанавливает внутреннюю гарантию качества образовательных услуг для слушателей. В рамках корпоративного принятия управленческих и кадровых решений комбинированный тип оценки качества является значимым фактором. Образовательные услуги университетов Японии являются одними из самых востребованных на мировом рынке. Обусловлено это инновационными образовательными технологиями и востребованностью на рынке труда направлений образования. Анализ исследований в данной области показал, что образовательная политика университетов Японии направлена в основном на воспитание творческой личности, которая способна действовать и принимать объективно взвешенные решения в зависимости от среды и сложившихся обстоятельств. Развитие творческих способностей личности слушателей в нескольких направлениях позволяет определить наибольшую склонность и собственный уникальный талант к определенной профессиональной деятельности, тем самым обеспечивая правильность выбора профессии.

В настоящее время в университетах Японии функционирует система самооценки образовательных организаций, а также, возможность привлечения независимых экспертов для сертифицированной оценки. В рамках применения клиентоориентированного подхода заложены процедуры оценки качества образовательных услуг внутреннего и внешнего системно-социального качества ориентированного на процесс обучения и объект. В рамках комбинированного подхода оценке качества педагогической деятельности подлежат следующие компоненты: восприятие слушателями образовательных программ, который напрямую связан с предоставляемыми услугами преподавательского состава и обеспечение определенных потребительских свойств. В данном случае применимы различные критерии оценки, подходы и методы. В университетах Японии

особое внимание уделяют возможности применения рейтинговых методик в том числе опросов слушателей как потребителей образовательных услуг, родителей студентов, а также экспертов [1].

Обобщая опыт применения подходов и методик к оценке преподавательской деятельности российских и зарубежных образовательных организаций, можно прийти к выводам, что существуют и успешно функционируют разнообразные подходы и методики управления качеством высшего образования. На уровне стран они обусловлены соотношением внутренней и внешней оценки. Также имеют место быть ряд недочетов и тонкостей при осуществлении процесса оценки педагогической деятельности, ввиду этого, популярны разноуровневые комплексные подходы. При определении подхода и методик руководителям образовательных организаций необходимо учитывать все нюансы, в том числе, стандарты оценки, культуру, психологические аспекты и т. д. Основными показателями эффективности педагогической деятельности являются: научные публикации, научно-исследовательская деятельность, методическая работа, научное руководство, кураторство, организация дополнительных образовательных программ в рамках факультативов, административная работа, преподавание, участие в конференциях, семинарах и т. д. Одними из самых популярных являются рейтинговые методики слушателей образовательных организаций, выпускников, родителей, экспертов, качественные и количественные методы. В настоящее время является актуальной разработка комплексных подходов с учетом особенностей образовательной организации, поставленных целей и задач руководителем и вышестоящим органом, осуществляющим контроль, составляющим рейтинги и принимающим управленческие решения по повышению эффективности функционирования системы образования.

Эффективное функционирование системы высшего образования напрямую зависит от комплекса мероприятий по оценке педагогической деятельности образовательной организации, своевременно принятых кадровых и управленческих решений, цикличности проводимых оценок, постоянной модернизации применяемых подходов и методик и позволяет самому преподавателю своевременно вносить коррективы в педагогическую деятельность, совершенствуя учебный процесс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ая Таканори*. О построении системы оценки профессорско-преподавательского состава в университете. Японский научно-исследовательский институт Лимитед [Электронный ресурс] - URL:<https://www.jri.co.jp/page.jsp?id=25507> (дата обращения: 09.03.2022).

2. *Богуславская Т.Н.* Типология подходов к оценке и определению качества дошкольного образования / Т.Н. Богуславская // Вестник Владимирского государственного университета им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. Серия: педагогические и психологические науки.— 2011.— № 29.— с. 93–96.

3. *Васильев, Е.Ю.* Подходы к оценке качества деятельности преподавателя вуза / Е. Ю. Васильева // Университетское управление: практика и анализ. - 2006.— № 2.— с. 74–78.

4. *Григораш О. В.* Современные технологии оценки эффективности работы кафедры технического вуза: монография / О. В. Григораш. – Чебоксары: ИД «Среда», 2018. – 216 с.

5. *Исаева Т. Е., Чуриков М. П., Котляренко Ю. Ю.* Эффективность оценивания деятельности преподавателей вузов: сравнение отечественных и зарубежных методик / Интернет-журнал «Науковедение» Том 7, №3 (2015) URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/141PVN315>.

6. *Юревич М.А.* Методики оценки педагогических кадров в высшей школе в Европе, США и Австралии / М.А. Юревич // Образовательные технологии. – 2013. №2. [Текст] – С. 104-115.

7. *Felder R. M., Brent R.* How to evaluate teaching // Chemical Engineering Education. 38 (3). 2004. P. 200–202.

8. *Hubball Harry, Clarke A.* Scholarly Approaches to Peer-Review of Teaching: Emergent Frameworks and Outcomes in a Research-Intensive University. Transformative Dialogues: Teaching & Learning Journal. Vol. 4. Issue 3. March 2011.

9. *Spooren P., Mortelmans D., Denekens J.* Student evaluation of teaching quality in higher education: development of an instrument based on 10 Likert-scales // Assessment & Evaluation in Higher Education. Vol. 32. № 6. 2007. P. 667–679.

10. *Weinberg, B.A., Belton M.F., Masanori H.* Evaluating Teaching in Higher Education. Journal of Economic Education, 2009. No 3, pp. 227-261.

УДК 159.99

В. А. Михайлов, В. В. Михайлова

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»

**ОСОБЕННОСТИ ВОСПИТАНИЯ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЧУВСТВ ВЫПУСКНИКОВ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ МЧС РОССИИ
С ЦЕЛЬЮ ЭФФЕКТИВНОЙ ИНТЕГРАЦИИ ИХ
В НАЧАЛЬСТВУЮЩИЙ СОСТАВ СТРУКТУРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ**

Аннотация: эффективная интеграция молодых офицеров в начальствующий состав структурных подразделений МЧС России предполагает наличие ряда условий, исследованию которых посвящен данный материал. Обосновывается уникальность и главная особенность интеллектуальных чувств, проявляющаяся в том, что они вызваны самой интеллектуальной деятельностью сотрудника. Процесс познания, вызывая непосредственное удовлетворение и удовольствие, способствует формированию и развитию стойких познавательных интересов и стремлений, без которых немислимо становление молодого офицера, как руководителя структурного подразделения.

Ключевые слова: самоподкрепление, чувство компетентности, интеграция, сознательный оптимизм, потребности, мотивы.

V. A. Mikhailov, V. V. Mikhailova

**PECULIARITIES OF EDUCATION OF INTELLECTUAL SENSES
OF GRADUATES OF EDUCATIONAL ORGANIZATIONS
OF THE EMERCOM OF RUSSIA FOR THE PURPOSE OF THEIR EFFECTIVE
INTEGRATION INTO THE MANAGERS OF STRUCTURAL DIVISIONS**

Abstract: the effective integration of young officers into the commanding staff of the structural units of the EMERCOM of Russia implies the presence of a number of conditions, the study of which is devoted to this material. The uniqueness and main feature of intellectual feelings is substantiated, which is manifested in the fact that they are caused by the very intellectual activity of the employee. The process of cognition, causing immediate satisfaction and pleasure, contributes to the formation and development of persistent cognitive interests and aspirations, without which the formation of a young officer as the head of a structural unit is unthinkable.

Keywords: self-reinforcement, sense of competence, integration, conscious optimism, needs, motives.

В современном мире одной из актуальнейших проблем выступает формирование и развития у человека качеств, необходимых самому ему, социуму и государству, которое он представляет. Особое место занимают профессионально важные качества, определяющие профессиональную пригодность субъекта деятельности. Наряду с совокупностью психологических и психофизических особенностей, необходимых ему для общественно приемлемой эффективности деятельности, следует отметить и переживаемое им удовлетворение. Удовлетворение, как от самого процесса деятельности, так и при оценке её результатов. Время, необходимое для формирования профессионально важных качеств априори зависит от природных качеств человека, его профессиональной подготовки и профессиональной мотивации. Исследования показывают, что профессионализм начальствующего состава ГПС МЧС России, его профессиональное мастерство являются результатом синтеза неодинаковых индивидуальных особенностей, как по психологической модальности, так и по своей функциональной природе [1, 2, 3, 4, 5].

Основными требованиями к выпускникам-офицерам, касающимися их педагогической интеграции в начальствующий состав структурных подразделений следует считать их достаточно высокий уровень профессионализма и компетентности. Заметим, что речь идёт не только о знаниях по специальности, навыках и умениях, профессиональном мастерстве, но, также и морально-нравственной составляющей выполнения должностных обязанностей.

В практике высшей школы нередко встречаются ситуации, когда обучающиеся отклоняются от норм поведения и требуется исключительное внима-

ние, терпение, мастерство, душевная чуткость и такт педагога, чтобы выстроить концепцию педагогического воздействия. Суть её выражается в подходе с оптимистической гипотезой, иногда с риском ошибиться, но, обязательно с утверждением к сотрудничеству. Концепция рассчитана, прежде всего, на пробуждение самосознания, самоуважения у будущих офицеров. В процессе педагогической деятельности на кафедре педагогики и психологии экстремальных ситуаций Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России хорошо зарекомендовавшими себя приёмами становились разыгрывание мнимого сочувствия в ситуации, когда курсант активно противодействовал выполнению какой-либо задачи, не желая проявлять сознательную активность. Хорошо зарекомендовали себя интерпретация шутки (поведение оценивалось, как неумение удачно шутить), инструментовка удивления (фраза «Неужели такое могло с тобой произойти?»). Иногда уместным становилось признание педагогом своей вины и другое. Данные приёмы реально помогали научно-педагогическому составу кафедры в поиске путей сближения с обучающимися и создания платформы «мы».

Следует отметить, что в психолого-педагогической литературе достаточно внимания уделяется вопросу поиска методов и путей повышения уверенности обучающихся в своих возможностях. Например, С.С. Занюк выделяет такие пути как: обратная связь, моделирование (наблюдение за образцом), моделирование настойчивости в преодолении трудностей [6]. Решение этих трёх задач (по реализации методов) порождает у обучающихся чувство компетентности, которое, по сути, очень близко интеллектуальным чувствам. Если человек видит, что образцовые коллеги достигают успеха благодаря настойчивости в преодолении трудностей, меняя периодически стратегию, используя несколько попыток, то приходит убеждение, что и у него есть все необходимые предпосылки, навыки, он не хуже подготовлен. Такое убеждение порождает чувство компетентности, уверенности, что настойчивость, изменение стратегии и достаточное число попыток могут гарантировать успех. Данный феномен хорошо описан нами, а также в работах Н.Н. Исаевой и Е.В. Андроновой в части, касающейся формированию коллективистских отношений [7, 8, 9].

С.С. Занюк указывает на значительную роль самоподкрепления в процессе воспитания, отмечая, что позитивное подкрепление, как некоторые приятные для человека результаты или последствия деятельности в процессе развития личности переходят к самоподкреплению [6]. Прослеживается связь между сознательным оптимизмом, как умонастроением, связанным с верой в эффективность собственных действий и тем, что человек стремится сам руководить своими потребностями и мотивами. Такого рода способность к созданию самоподкрепления желательных форм поведения и деятельности может свидетельствовать о формировании достаточно зрелой личности. На это указывает в своих исследованиях, касающихся профессионального самоопределения обучающихся, Е.Ю. Дмитриева [10].

Потребность в познании, поиске истины и решении мыслительных задач была и остаётся доминирующей у выпускника образовательной организации МЧС России. Чувства, вызванные самим процессом познавательной деятельности, и обусловленные им получили наименование «интеллектуальные чувства». Это, прежде всего, уверенность в истинности того или иного положения, удивление, сомнение, любознательность. Следует добавить и глубокое удовлетворение от творческого, но предельно точного решения мыслительной задачи, в прочем, как и разочарование при невозможности её решить. Ошибочно было бы считать интеллектуальные чувства как важные компоненты, без которых не мыслимы и все другие чувства. Априори, уникальность и главная особенность интеллектуальных чувств проявляется в том, что они вызваны самой интеллектуальной деятельностью. Процесс познания, вызывая непосредственное удовлетворение и удовольствие, способствует формированию и развитию стойких познавательных интересов и стремлений. Очевидно, что и с другой стороны, стремление к познанию призвано способствовать развитию интеллектуальных чувств. Принято считать, что интеллектуальные чувства в купе с чувствами эстетическими и моральными составляют группу высших чувств, которая выступает продуктом наивысшей ступени развития человека.

К основным требованиям по воспитанию интеллектуальных чувств выпускников образовательных организаций МЧС России с целью эффективной интеграции их в начальствующий состав структурных подразделений можно отнести:

- нравственный компонент (гордость и ответственность за принадлежность к МЧС России, психологическая и моральная готовность к защите населения и территорий в чрезвычайных ситуациях любого характера, развитое чувство патриотизма, духовность и офицерская честь);
- когнитивный компонент (целостное представление о процессах и явлениях, происходящих в сфере безопасности государства и каждого человека, о структуре и предназначении подразделений министерства, о функционировании и применении специальных средств и аварийно-спасательной техники);
- имманентный компонент (умение видеть главное в профессиональной деятельности, определять цели конкретно и настойчиво добиваться их достижения, рациональный подбор исполнителей и распределение обязанностей между ними, доведение начатого до конца, неослабный контроль исполнения приказов и распоряжений подчиненными);
- креативный компонент (готовность принять обоснованное решение в нестандартных условиях обстановки, в пределах предоставленных прав действовать инициативно и самостоятельно, наличие развитого абстрактно-логического мышления);
- коммуникативный компонент (умение работать с подчиненными, воспитывать и обучать тому, что необходимо для выполнения служебных задач);

- операциональный компонент (уверенное владение пожарно-спасательной техникой, оборудованием, инструментом, грамотное обслуживание и эксплуатация технических средств);
- физиологический компонент (умение преодолевать значительные физические нагрузки, обладать хорошей реакцией, силой и ловкостью, овладеть методикой, инструментарием и культурой физического самосовершенствования);
- информационный компонент (профессиональное владение информационными технологиями, методами сбора, хранения, переработки и использования по назначению информации, касающейся выполнения служебных задач).

Неукоснительное выполнение вышеперечисленных требований предполагает наличие хорошо организованной воспитательной работы в ведомственных образовательных организациях системы высшего образования. Качество работы - категория нравственная. Поэтому воспитание интеллектуальных чувств выпускников образовательных организаций МЧС России с целью эффективной интеграции их в начальствующий состав структурных подразделений представляется нам важнейшей задачей современного этапа строительства надежной системы защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций любого характера.

Именно такой подход позволяет нам обоснованно утверждать, что при должном соответствии офицера-выпускника представленному комплексу требований он сможет достаточно эффективно, последовательно и динамично интегрироваться в начальствующий и командный состав практически любого структурного подразделения ГПС МЧС России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Москаленко Г. В. Осмысленность и осознанность курсантов МЧС России как индикатор психологического благополучия // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2018. Т. 1. С. 452-454.
2. Губанова О. А., Агеев П. М., Сурмило С. В. Психолого-педагогические основы воспитания лидерских качеств курсантов МЧС России // Науч. - аналитич. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2021. № 3. С. 132-136.
3. Лукьянова Е. Л., Горячева Е. В. Влияние личностных факторов на профессиональное долголетие сотрудников МЧС России в условиях Арктического региона // Науч. - аналитич. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2017. № 2. С. 159-167.
4. Булат Р. Е., Байчорова Х. С., Лебедев А. Ю., Никитин Н. А., Поборчий А. В. Оценка уровня готовности педагогических работников к реализации дистанционных образовательных технологий в очной форме обучения // Юрист ВУЗа. 2021. № 9. С. 3-11.
5. Рева Ю. В. Технологии дистанционного образования в университете ГПС МЧС России // Научно-аналитический журнал «Психолого-педагогические проблемы безопасности человека и общества». 2015. № 4 (29). С. 39-43.
6. Занюк С. С. Психология мотивации: научное издание. Киев, 2001. С. 80-100.

7. Михайлов В. А., Михайлова В. В. Интегративный подход к исследованию когнитивной беспомощности у молодых сотрудников МЧС России // Психолого-педагогические аспекты подготовки кадров к профессиональной деятельности в экстремальных условиях. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2021. С. 187-195.

8. Исаева Н.Н. Управление подготовкой командиров подразделений и преподавателей к эффективной деятельности по формированию учебного коллектива курсантов // Вестник Санкт-Петербургского военного института войск национальной гвардии. 2021. № 4 (17). С.39-43.

9. Андропова Е. В., Богданова Б. Ю., Мазурек И. COVID-19 как причина посттравматического стрессового расстройства // Психолого-педагогические аспекты подготовки кадров к профессиональной деятельности в экстремальных условиях. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2021. С. 50-55.

10. Дмитриева Е. Ю., Демцура С. С. Психолого-педагогическое сопровождение профессионального самоопределения студентов в вузе // Социальные и гуманитарные науки: теория и практика. 2020. № 1 (4). С. 389-394.

УДК 378

С. А. Никитина

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ПРЕПОДАВАНИИ ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Аннотация: в статье изложены основные проблемы, влияющие на качество изучения графических дисциплин в вузе, и намечены пути их преодоления.

Ключевые слова: графические дисциплины, особенность дисциплин начертательная геометрия и инженерная графика, основные проблемы.

S. A. Nikitina

THE MAIN PROBLEMS IN TEACHING GRAPHIC DISCIPLINES AND WAYS TO SOLVE THEM

Abstract: the article outlines the main problems affecting the quality of studying graphic disciplines at the university, and outlines ways to overcome them.

Keywords: graphic disciplines, the peculiarity of the disciplines descriptive geometry and engineering graphics, the main problems.

Основной задачей высшего профессионального образования является подготовка квалифицированного специалиста.

Неотъемлемой частью при подготовке специалистов технического профиля является изучение графических дисциплин, которое в техническом вузе происходит на первом году обучения.

Основными целями освоения дисциплины «Начертательная геометрия. Инженерная графика» являются:

- формирование у обучающихся знаний о теории построения чертежа, способах построения изображений пространственных объектов на плоскости,
- развитие у обучающихся практических основ разработки и оформления проектно-конструкторской документации.

Сформированные у обучающихся знания и умения при изучении графических дисциплин, способствуют их дальнейшему освоению смежных дисциплин, таких как прикладная механика, детали машин, при выполнении и оформлении курсовых проектов и выпускных квалификационных работ.

Особенностью дисциплин начертательная геометрия и инженерная графика является то, что работать обучающимся приходится с проекцией объекта, то есть с его плоским изображением, а не с самим объектом. Поэтому для решения графических задач обучающимся требуется развитое пространственное и логическое мышление, элементарные знания геометрических свойств простейших фигур и поверхностей, навыки графических построений с помощью циркуля и линейки.

Многие обучающиеся при изучении дисциплин «Начертательная геометрия» и «Инженерная графика» на первых занятиях демонстрируют отсутствие пространственного мышления и навыков применения циркуля при построении изображений на чертеже.

К одной из важных причин, влияющих на качество изучения графических дисциплин, следует отнести тот факт, что у большинства обучающихся отсутствует школьная (базовая) подготовка по черчению, поэтому они не знают правил построения чертежа. Все это, безусловно, осложняет процесс изучения графических дисциплин и заставляет преподавателя начинать обучение с азов, которые не были даны в школе, что требует большего времени на объяснение учебного материала и индивидуального подхода к каждому обучающемуся.

Эту проблему в своих публикациях отмечают многие специалисты, преподающие графические дисциплины: «В последние годы мы сталкиваемся с тем, что графические знания выпускников среднеобразовательных учреждений находятся на низком уровне, это объясняется тем, что курс «Черчение» остался в школьной программе как элективный курс, а во многих школах вообще предмет «Черчение» исчез из программы обучения или встроен в курс «Технология» [1].

Следующей причиной, влияющей на качество изучения графических дисциплин, на наш взгляд, является сложностью курса «Начертательной геометрии».

Отличительной особенностью содержания курса «Начертательная геометрия» является то, что он имеет высокую абстрактность основных положений.

Создавая начертательную геометрию, Гаспар Монж ориентировал ее на решение практических инженерных задач. В процессе работы Монж вводил абстрактные геометрические понятия: точка, прямая линия, плоскость, поверхность. Введение таких понятий было необходимо для того, чтобы во всем многообразии практических прикладных задач выделить общие геометрические элементы, понятия и методы решения. Таким образом, начертательная геометрия стала представлять собой науку, имеющую дело с абстрактными понятиями точек, линий, плоских фигур, поверхностей и т. д. [2].

Данная дисциплина принципиально новая, она не изучается в школе, а когда еще нет и базовых знаний по черчению, то освоение данной дисциплины становится еще более затруднительно, так как абстрактное мышление у большинства первокурсников не развито.

Наукой установлено, что 30% населения земного шара наделено от рождения пространственным представлением, а 70 % вынуждено его развивать. И, если для большинства студентов эта задача через определенный промежуток времени становится в какой-то мере разрешимой, то для некоторых она так и остается трудноразрешимой проблемой [3].

Все это лишь подтверждает, что начертательную геометрию не зря считают одной из наиболее трудноусваиваемых дисциплин на первом курсе [4].

И еще одна из причин, влияющих на качество усвояемого материала по графическим дисциплинам, является слабая мотивация к их изучению. Эта причина продиктована тем, что обучающиеся не связывают графические дисциплины со своей будущей профессией и считают второстепенными, а иногда и ненужными, что не может не отражаться на качестве освоения ими этих дисциплин.

Таким образом, для преодоления вскрытых проблем существуют следующие пути их решения:

- во-первых, необходимо активизировать познавательную деятельность обучающихся, используя индивидуальный подход с учетом графической грамотности каждого обучающегося.

Индивидуальные задания с учетом сложности и способностей каждого обучающегося повышают личную ответственность и требовательность к работе над чертежом, пропадает желание просто перерисовать у другого. Поэтому использование в учебном процессе индивидуальных заданий носит не только образовательную функцию, но и воспитательную.

- во-вторых, необходимо стремиться развить у обучающихся навыки самостоятельной работы.

В процессе обучения, на всех этапах этого процесса, особое значение необходимо уделять самостоятельной работе обучающихся, их исследовательской работе, использованию современных компьютерных технологий. Отсут-

ствие этих форм работы с обучающимися отрицательно влияет на их интерес к процессу обучения и предмету инженерной графики [5].

Самостоятельная работа не только способствует формированию профессиональной компетентности, но и обеспечивает развитие навыков самоорганизации и самоконтроля образовательной деятельности. Это является особенно важным, так как предполагает становление будущего специалиста как субъекта профессиональной деятельности, способного к саморазвитию, проектированию и преобразованию своих действий [6].

- в-третьих, помочь первокурснику как можно быстрее адаптироваться в учебном процессе, организовав обучение таким образом, чтобы оно было доступно для понимания, используя различные методы и формы обучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Туркина Л.В. Графическая составляющая довузовской подготовки старшеклассников // Состояние, проблемы и тенденции развития графической подготовки в высшей школе: сб. тр. Всероссийского совещания зав. каф. графических дисциплин вузов РФ / ЮжноУральский гос. ун-т; гл. ред. В.С. Дукмасова. Челябинск, 2007. Т. 1. С. 106–113.

2. Острожков П.А., Кузнецов М.А., Лазарев С.И. Анализ опыта обучения геометро-графическим дисциплинам в техническом вузе (выявление причин проблем и поиск противоречий)// Вестник ТГУ, 2008. Т.13, вып.5. С.416-423.

3. Легкова И.А., Никитина С.А., Топоров А.В., Покровский А.А. Применение информационных технологий для развития пространственного мышления обучающихся / Информационные технологии в обеспечении федеральных государственных образовательных стандартов: материалы Международной научно-практической конференции. Елец, 2014. С. 296-300.

4. Легкова И.А., Никитина С.А., Зарубин В.П., Иванов В.Е. Визуализация учебного материала средствами системы Компас-3D / Современные проблемы высшего образования: материалы международной научно-методической конференции. Курск, 2015. С. 34-38.

5. Чопова Н.В. Основные недостатки в преподавании инженерно-графических дисциплин в техническом вузе и методы их устранения //Научно-методический электронный журнал Концепт, 2014. Т 20. С.2691-2695.

6. Титова Г.Ю. О технологии организации самостоятельной работы студентов // Вестник ТГПУ. Серия выпуска: Выпуск №1. Вып. 1 (91). Томск, 2010. С.123-126.

УДК 614:378.146

М. Д. Онегина

Костромской государственной университет

**КОНТРОЛЬНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ
В ДИСТАНЦИОННОМ ОБРАЗОВАНИИ ПО ПРЕДМЕТУ
«БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»**

Аннотация: рассматривается значимость тестирования при дистанционной форме обучения студентов, как форме контроля получаемых знаний в предметной области безопасности жизнедеятельности. Выделена методология применения тестовых заданий на всех этапах освоения учебного материала в соответствии с ФГОС.

Ключевые слова: тест, формы контроля, дистанционное образование, БЖД, обучение, образовательная среда, квалифицированные специалисты.

M. D. Onegina

**CONTROL TESTING IN DISTANCE EDUCATION
ON THE SUBJECT OF «LIFE SAFETY»**

Abstract: the importance of testing in the distance learning of students, as a form of control of the acquired knowledge in the subject area of life safety, is considered. The methodology of the application of test tasks at all stages of the development of educational material in accordance with the Federal State Educational Standard is highlighted.

Keywords: test, forms of control, distance education, BZHD, training, educational environment, qualified specialists.

Цифровизация прочно вошла во все сферы нашей современной жизни. Не избежала этого процесса и образовательная среда высшей школы. В особенности это отразилось в проверке и оценке знаний студентов, поскольку это самая необходимая часть учебно-воспитательного процесса. От правильности постановки оценивания полученных знаний во многом зависит качество подготовки будущих специалистов.

Целесообразность перехода от традиционных форм контроля и оценивания знаний к компьютерному тестированию подтверждается общей концепцией модернизации и компьютеризации системы образования.

Эффективность методов и форм обучения, качество методических разработок, доступность содержания образования тесным образом связаны с подготовкой квалифицированных специалистов. В связи с пандемической ситуацией в стране обострилась необходимость перехода обучения на удалённые формы,

которые влекут за собой усиление роли самостоятельной работы, и, как следствие, формирования у учащихся способности к саморазвитию, самоконтролю, творческому применению полученных знаний.

Стали стремительно развиваться формы, приёмы и виды контроля за процессом удалённых форм образования. Контроль позволяет увидеть сильные и слабые стороны в обучении, выбрать оптимальный вариант обучающей деятельности. Среди форм контроля, применяемые при дистанционном образовании особую популярность приобрели:

- письменные отчёты и рефераты;
- веб-квесты;
- телеконференции;
- проектная деятельность;
- анкетирование;
- «портфель студента»;
- тесты.

Причём последние стали основой для всего итогового контроля при дистанционном обучении, неся в себе следующие основные функции:

- Диагностическую, которая заключается в выявлении уровня знаний, умений, навыков учащегося;
- Обучающую, которая состоит в мотивировании учащегося к активизации работы по усвоению учебного материала;
- Воспитательную – проявляющуюся в периодичности тестового контроля.

Очевидно, что это дисциплинирует, организует и направляет деятельность студентов, помогает выявить и устранить пробелы в получаемых ими знаниях, формирует у них стремление развить свои образовательные способности.

К тому же компьютерное тестирование online (с использованием видеокамеры) имеет ряд преимуществ перед традиционными формами и методами контроля: позволяет более рационально использовать время занятий, охватить большой объем содержания, быстро установить обратную связь со студентами, определить результаты усвоения материала, внести коррективы.

Есть преимущества и при удалённых формах компьютерного тестирования:

- оценивание результатов тестирования осуществляется мгновенно, автоматически фиксируется и сохраняется на длительное время;
- возможность формирования достаточно большого количества вариантов теста, которое ограничено лишь размером банка тестовых заданий;
- возможность реализации удобных процедур ввода, модификации тестовых материалов;
- возможность формирования тестов, различных по уровню обученности испытуемых;
- возможность управления, как содержанием теста, так и стратегией проверок в ходе тестирования;

- отсутствует необходимость в бумажных носителях и листах ответа,
- при компьютерном тестировании легко ввести временные ограничения или временное отслеживание процесса тестирования, что трудноосуществимо при бумажном тестировании; это позволяет учитывать психомоторные аспекты тестируемого;
- повышается эффективность тестирования: уменьшается время тестирования (до 50% по сравнению с бумажной формой тестирования) для достижения того же уровня надёжности оценивания, что ведёт к уменьшению усталости тестируемого во время сеанса, что также является важным показателем в результатах тестируемых.

Однако, все вышеперечисленные преимущества могут быть достигнуты лишь при хорошо организованной технологии компьютерного тестирования, которая позволяет испытуемому выполнять тест несколько раз в индивидуальном режиме и с осуществлением полного самоконтроля, так как тестовые задания и их очерёдность могут постоянно меняться, а результаты можно увидеть только после выполнения студентом теста.

Существующие в дистанционном образовании тесты по безопасности жизнедеятельности (БЖД) в целом не предъявляют высоких требований к уровню «прочности» и «активности» усвоения самостоятельно получаемых знаний. Ряд ответов «хитрый» студент может выбрать за счёт пассивного «узнавания» или интуитивного «угадывания», поскольку есть ряд попыток или они вовсе не ограничены количественно. Хотя грамотно составленные тесты учитывают это обстоятельство и заманивают пользователей в «ловушки», специально предлагая им ложные ответы. К тому же тест, в котором набор менее чем из 20 заданий, считается неточным и приближенным. Хороший тест должен включать, не менее 30 заданий.

Тесты очень важны для организации дистанционного обучения, но только ими ограничиваться нельзя. Следует дополнять их другими формами контроля учебной деятельности. Например, логическими загадками или информационными квестами.

Тесты по БЖД могут быть двух видов: традиционные и нетрадиционные.

Так традиционные тесты представлены в виде некоторой системы заданий с возрастающей трудностью, имеющих специфическую форму, позволяющую качественно и эффективно измерить уровень полученных знаний и оценить структуру подготовленности студентов. При этом в зависимости от того, по каким и скольким учебным дисциплинам (первая доврачебная помощь, экологическая безопасность, криминальная или техногенная безопасность) включены в тест задания, то традиционные тесты можно разделить на гомогенные (проверяющие знания по одному предмету) или гетерогенные (по нескольким предметам).

В свою очередь нетрадиционные тесты БЖД могут быть представлены адаптивными, критериально-оценочными и интегративными тестами.

В состав адаптивных тестов включаются разно уровневые вопросы, которые позволяют регулировать трудность предъявляемых заданий в зависимости от ответов тестируемого. Так при успешном ответе тест-программа выдаёт следующее задание, с более трудным, по сравнению с предыдущим, уровнем сложности, а в случае неудовлетворительного ответа выдаёт более лёгкое задание.

Критериально-оценочные тесты БЖД предназначены для того, чтобы выяснить, какие элементы содержания учебной дисциплины достаточно усвоены студентами, а какие ещё нет. Это определяется из общей (генеральной) совокупности решённых студентами заданий, охватывающей всю дисциплину в целом.

Интегративные тесты, в целом, нацелены на общую итоговую оценку подготовленности выпускника учебного заведения. В одном тесте должны предъявляться к зачёту знания из двух и более учебных дисциплин.

Основные формы тестовых заданий по БЖД следует определять как:

- Задания с выбором одного или нескольких правильных ответов;

(Например, предлагается выполнить тест на определение понятия территории или акватории, в пределах которой распространены или куда принесены опасные химические вещества в концентрациях и количествах, создающих опасность для жизни и здоровья людей, животных и растений в течение определённого времени, предлагается выбрать ответы из ниже предложенного перечня:

- а) зона химического заражения;
- б) очаг химического заражения;
- в) область химического заражения;
- г) территория заражения.)

- Задания открытой формы, которые сформулированы так, что готового ответа нет. (В данном варианте тест выглядит следующим образом:

.... – нарушение частоты, глубины и ритма дыхания; учащённое дыхание.

.... – внезапная кратковременная потеря сознания, связанная с недостаточным кровоснабжением головного мозга.

.... – пониженное содержание кислорода в тканях).

- Задания на установление правильной последовательности. (Примером может служить следующее задание:

Укажите правильную последовательность действия при надевании противогаза по команде «Газы»:

- а) задержать дыхание и закрыть глаза;
- б) надеть шлем-маску;
- в) сделать выдох, открыть глаза и возобновить дыхание;
- г) снять головной убор.)

• Задания на установление соответствия, где элементам одного множества требуется поставить в соответствие элементы другого множества. (Например,

Установите соответствие между шириной бинта и перевязкой определённой части тела (ответ представьте в виде цифры с буквой):

1. Узкие бинты.
2. Средние бинты.
3. Широкие бинты.
 - а) Для головы и конечностей;
 - б) при наложении повязок на пальцы;
 - в) для грудной клетки, живота, таза и крупных суставов).

На наш взгляд, для контроля знаний полученных студентами в системе дистанционного образования и осуществляемого в виде тестов по предмету, в частности БЖД, больше всего подходят задания с выбором правильного ответа, не менее чем из четырёх вариантов.

Выбор формы теста, из вышеперечисленных, зависит, прежде всего, от цели тестирования, содержания теста, технических возможностей, а также уровня подготовленности преподавателя в области теории и методики тестового контроля знаний полученных студентами самостоятельно. Каждая из предлагаемых форм позволяет проверить отдельные специфические виды знаний. Проверять с помощью тестов имеет смысл только актуальные знания, которые студенты реально должны уметь применять на практике. В данном случае проверяются знания, хорошо усвоенные памятью студентов, то есть не требующие обращения к интернет-справочникам, электронным словарям, яндекс-картам, гугл-таблицам и т.п.

Хотя данная форма проверки знаний студентов, не смотря на всю ее актуальность, все же уступает вербальным способам контроля получаемых ими знаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Винник В. К., Григорян М. Э., Залесский М. Л. Теоретические основы организации самостоятельной работы студентов при помощи информационных технологий // Роль технических наук в развитии общества: сб. материалов Межд. науч.-практ. конф. - Западно-Сибирский научный центр; Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2015. - 292. с.

2. Дистанционные обучающие online курсы по развёртыванию, внедрению и применению системы дистанционного обучения Moodle [Электронный ресурс]. - URL: <http://moodle.ru/course/view.php?id=18/>

3. Залесский М. Л. БЖД ИЭП [Электронный ресурс]. - URL: <https://elearning.unn.ru/course/view.php?id=19653>

4. Ребрина Ф. Г., Леонтьева И. А. "Этапы разработки электронного учебного курса на платформе LMS Moodle» научная статья, журнал: «Вестник Челябинского государственного педагогического университета», выпуск №2, 2014, 204-213 стр.

УДК: 658.51

А. А. Сидоров

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет
им. В.И. Ленина»

НЕОБХОДИМОСТЬ ТРЕХМЕРНОГО КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Аннотация: в статье рассматривается вопрос необходимости трехмерного моделирования в преподавании ряда дисциплин, при помощи различных современных методов. Автор раскрывает основные характеристики и особенности различных подходов в САПР. Подчеркивается важность применения названных методов и подходов в обучении современного специалиста.

Ключевые слова: трехмерное моделирование, пространственное представление, чертеж, искусственный интеллект, дополненная реальность, САПР.

A. A. Sidorov

THE NECESSITY OF THREE-DIMENSIONAL MODELING IN TEACHING STUDENTS OF MECHANICAL ENGINEERING

Abstract: the given article describes the effectiveness of three-dimensional modeling in teaching of some subjects using different methods. Author describes basic features and individualities of different ways CAD learning. It is highlighted an importance of using described methods and effective ways in teaching.

Key words: three-dimensional modeling, spatial imagination, drawing, CAD, AR, AI.

Современное развитие производственных и информационных технологий выдвигает новые требования к выпускнику высшего учебного заведения. Информационные технологии значительно изменили принципы конструирования промышленных изделий. Процесс разработки изделий стал более интенсивным, значительно увеличилась их надежность и точность. Трехмерное проектирование изделий является одной из актуальных задач производства промышленных изделий. Создание компьютерной модели является аналогом изготовления макета конкретного изделия или первого образца, но практически без затрат материалов, труда и средств.

Особенностью учебного процесса с применением компьютерных средств является то, что центром деятельности становится ученик, который, исходя из своих индивидуальных способностей и интересов, выстраивает процесс позна-

ния. Учитель часто выступает в роли помощника, консультанта, поощряющего оригинальные находки, стимулирующего активность, инициативу, самостоятельность.

Чтобы экспериментально-исследовательскую деятельность студентов сделать более привлекательной и эффективной необходимо использование в учебном процессе технических средств обучения, основанных на современных информационных технологиях. Стоит отметить, что компьютерное моделирование является производительным инструментом для организации, которое создает на экране монитора картину учебных явлений и опытов, и способствует усовершенствованию учебно-воспитательного процесса

В настоящее время конструкторская деятельность становится более привлекательной для молодежи. Автоматизированное проектирование выделилось в отдельную отрасль, в результате чего сфера конструирования благодаря высокоточным технологиям стала более эффективной. В учебный процесс технических учебных заведений происходит активное внедрение компьютерных технологий трехмерного моделирования.

Ряд исследователей отмечает, что деятельность студентов с использованием в учебном процессе технических средств обучения, базирующихся на современных информационных технологиях, является более эффективной и целесообразной.

Заметим, что основным препятствием освоения предметов графического цикла является сложность восприятия проекционного чертежа, так как проекция формируется и понимается в сознании работой мозга, а для обработки графической информации, данной в обобщенном виде, требуется использование не только логического мышления, но и образного. Часто можно заметить, что студенты, анализируя чертеж, затрудняются понять пространственную форму изображенного изделия и не могут сопоставить видимые линии в целостную форму. Образное мышление определяется не только субъективными, врожденными способностями, но и опытом восприятия изображений. С помощью трехмерного моделирования в среде графических пакетов задача визуального представления геометрических объектов значительно упрощается.

В мире двумерного моделирования результирующими данными проектирования являются чертежи, с которыми идет постоянная работа на протяжении всего жизненного цикла изделия. При трехмерном моделировании ключевой элемент – твердотельная модель. Чертежи являются лишь одним из видов представления модели. По модели гораздо проще представить себе изделие еще до того, как оно будет физически изготовлено. Кроме лучшего визуального представления проектируемых изделий 3D-графика на порядок повышает точность проектирования, особенно сложных 3D-объектов, позволяет легко редактировать трехмерную модель, за счет чего достигается экономия времени на проектирование.

Это дает конструктору на ранних этапах проектирования возможность оценить массоинерционные характеристики, собираемость изделия, проворачиваемость механизмов, корректность размерных цепей и иную информацию, которая при 2D-проектировании не могла быть получена. Наличие виртуальной модели изделия позволяет провести весь комплекс вычислительных экспериментов по моделированию рабочих процессов в изделии и его элементах, чтобы не только оценить их работоспособность по всем показателям, но и добиться существенного улучшения массогабаритных характеристик за счет оптимизации ключевых размеров деталей и сборочных единиц. По существу, на этапе проектирования изделия обеспечиваются его работоспособность и качество. Ведь 3D-модель является не только наиболее полным, точным и наглядным носителем информации о проектируемом изделии, но и служит основным звеном в развитии имитационных методов, симуляции механообработки деталей на станках с ЧПУ, анализа конфликтных ситуаций в сборках

На основе проанализированных источников отметим, что компьютерные технологии и трехмерная графика развивают пространственное воображение. Трехмерное моделирование является наиболее наглядным и точным источником информации об объекте. В процессе обучения графическим дисциплинам и компьютерной графике, следует уделить особое внимание формированию пространственного мышления учащихся.

Очевидно, что помимо лучшего визуального представления проектируемых изделий трехмерная графика в значительной степени повышает точность проектирования, особенно сложных объектов, позволяет достаточно легко редактировать трехмерную модель, за счет чего достигается экономия времени на проектирование.

Трехмерное моделирование – это современная технология, позволяющая в точности воспроизвести реальный объект или некий прототип в виртуальном пространстве компьютера. При этом трехмерная модель обладает всеми визуальными свойствами реального прототипа: форма, цвет, фактура, пространственные характеристики, освещение.

Следует отметить, что одним из преимуществ использования в учебном процессе трехмерных моделей является их интерактивность. Интерактивность подразумевает возможность активного взаимодействия студентов и педагогов с виртуальной моделью, с передачей первым визуальных ощущений и восприятий реальной действительности. В отличие от различных статических изображений трехмерная компьютерная модель может быть рассмотрена с любой точки, с ней можно выполнить любые преобразования, приложив при этом незначительные усилия.

Для создания компьютерных моделей и решения заданий учебного характера на занятиях наиболее эффективны и в достаточной степени просты в освоении системы трехмерного моделирования КОМПАС-3D, ArchiCAD, AutoCAD, 3DS Max, каждая из которых создана для выполнения конкретных задач. Современные графические пакеты трехмерного конструирования имеют в своем

распоряжении эффективные средства моделирования, которые позволяют создавать трехмерные модели самых сложных деталей и сборок. Часто алгоритм проектирования воспроизводит технологический процесс изготовления детали, узла или механизма.

В последние годы широкое распространение получает Искусственный интеллект (ИИ), машинное обучение, глубокие нейронные сети. По мнению ряда исследователей, в долгосрочной перспективе искусственное и машинное обучение коренным образом изменит не только технологии, но, вероятно, и общество в целом.

В настоящее время многие САПР претерпевают изменения в традиционных рабочих процессах, в первую очередь в генеративном проектировании. Использование машинного обучения, которое в значительной степени можно приравнять к искусственному интеллекту, уже развилось в области 3D визуализации.

Следует отметить и растущую значимость технологии дополненной реальности в САПР. Одним из ключевых преимуществ, которые дополненная реальность привносит в САПР, является его способность иллюстрировать дизайн, существующий внутри программного обеспечения САПР, так, как он выглядел бы в физическом мире.

Дополненная реальность с помощью данных САПР фактически позволит находиться внутри проекта во время его создания, предоставляя более широкие возможности в плане углов обзора и технических характеристик продукта. Накладывая цифровые данные элементов объекта, специалисты САПР смогут взглянуть через модель дополненной реальности на реальное окружение.

За последние пару лет реализация этой концепции стала возможной благодаря необходимым вычислительным мощностям и возможностям машинного обучения, цифровым 3D-данным, программному обеспечению САПР, а также смартфону или планшету с высокоэффективной камерой.

Говоря техническим языком, в плагине для программного обеспечения САПР используются расширенные 3D-данные, которые принимаются с помощью сканирования напечатанного QR-кода через камеру. Поскольку цель принимает форму QR-кода, она синхронизирует местоположение цифровых 3D-данных, которые уже доступны с файлами программного обеспечения САПР, с реальным миром просмотра - позволяя смотреть вверх, вниз и вокруг спроектированного объекта, отображаемого на экране компьютера, чтобы появиться в реальном мире.

Подготовка выпускников вузов в сфере конструирования во многом определяется знаниями и навыками их работы с использованием программных инструментальных средств подготовки конструкторской и технологической документации.

Как отмечалось выше, применение компьютерных средств повышает познавательный интерес студентов к учебному материалу, расширяет возможности формирования, углубления и расширения теоретических знаний будущих

специалистов, делает учебный процесс более технологическим и более результативным. Использование в учебном процессе специального программного обеспечения позволяет в полной мере реализовать такие принципы, как сознательное выполнение учебных заданий, наглядность, доступность, последовательность учебного процесса.

Изучение приемов работы с САПР не является самоцелью, а носит прикладной характер. Студенты активно применяют приобретенные навыки в области автоматизированного проектирования при выполнении графических работ, курсовых проектов по учебным дисциплинам общепрофессионального и специального циклов. Устойчивые навыки работы с САПР являются залогом успешного выполнения студентами выпускной квалификационной работы.

В дальнейшем выпускникам учебных заведений будет легче адаптироваться на рабочем месте, так как многие предприятия используют в производстве новейшие информационные технологии. А самое главное, основные принципы, применяемые в работе выпускники смогут применить в других САПР, с которыми они столкнутся в своей профессиональной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беспалько В. П.* Образование и обучение с участием компьютеров (педагогика третьего тысячелетия) / В.П. Беспалько. – М.: Издательство Московского психолого-социального института; Воронеж: Издательство НПО «МОДЭК», 2002. – 352 с.
2. *Борисенко И. Г.* Инновационные технологии в преподавании начертательной геометрии при формировании профессиональных компетенций. // Вестник ИрГТУ. – 2011. – № 12(59). – 398 с.
3. Информационно-коммуникационные технологии в подготовке учителя технологии и учителя физики: сборник материалов научно-практической конференции. Ч. 2. КОМПАС-3D в образовании / отв. ред. А. А. Богуславский. – Коломна: Московский государственный областной социально-гуманитарный институт, 2010. – 141 с.

УДК 378.147.88

М. А. Смирнова, О. А. Федоров

Сахалинский государственный университет

ФОРМИРОВАНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ КУЛЬТУРЫ ВЫПУСКНИКОВ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

Аннотация: обсуждаются пути повышения эффективности формирования исследовательской культуры выпускников высшей школы. Приводится ряд конкретных рекомендаций для реализации поставленной задачи.

Ключевые слова: исследовательская деятельность, культура, компетентность, проектная деятельность, преподаватель.

M. A. Smirnova, O. A. Fedorov

FORMATION OF RESEARCH CULTURE OF GRADUATES OF HIGHER SCHOOL

Abstract: the ways of increasing the effectiveness of the formation of the research culture of graduates of higher school are discussed. A number of specific recommendations for the implementation of the task are given.

Keywords: research activity, culture, competence, project activity, teacher.

Неотъемлемой частью подготовки современного высококвалифицированного специалиста в высшем учебном заведении является формирование навыка исследовательской деятельности. Развитие исследовательских умений и навыков у студентов высшего учебного заведения есть необходимое условие при организации образовательного процесса в вузе.

Развитию исследовательской компетентности выпускника способствует обеспечение непрерывности и поэтапного усложнения требований к выполняемым видам работы в рамках НИРС.

В связи с этим возникает необходимость поиска новых форм и способов организации образовательного и воспитательного процессов, с помощью которых можно достичь новых образовательных результатов. Одной из таких форм является проектная деятельность, которая содержит творческие задания, специально созданную систему проектных задач. Вторая не менее эффективная форма организации деятельности студентов – исследовательская. Умения и навыки исследовательского поиска особенно необходимы тем, кто занимается научной работой.

Изменения, происходящие в современном обществе, предполагают решение многочисленных, порой неожиданных задач. Универсальные навыки исследовательского поведения требуются в различных жизненных ситуациях. Их эффективное выполнение невозможно без поиска новых подходов к решению проблемы, прогнозирования действий, проведения анализа результатов. Проектная и исследовательская деятельность развивает логическое мышление, обеспечивает максимальную эффективность развития студентов на каждой ступени обучения, позволяет преодолеть рутину повседневности, сделать обучение интересным, не только расширить их кругозор, но также - повысить культурный уровень, а самое главное – стимулировать интеллектуальную активность, а вместе с ней – познавательную деятельность.

Идеи проектного обучения в настоящее время приобретают все большую популярность. Рассмотрим основные компоненты проектной деятельности в высшей школе. Проектная деятельность студентов – форма учебно-

познавательной активности, заключающаяся в мотивированном достижении сознательно поставленной цели по созданию творческого проекта, обеспечивающая единство и преемственность различных процессов обучения и являющаяся средством развития личности субъекта обучения [1]. Однако внедрение проектной деятельности в практику высшей школы сталкивается с определенными трудностями. Часто исследовательским проектом называют любую самостоятельную работу студента, будь то реферат или доклад или выполнение лабораторной работы. Путаница с терминами довольно большая, и свой вклад в это активно вносят средства массовой информации, в которых проектами называют и спортивные мероприятия, и шоу-программы, и благотворительные акции. Неудивительно, что подчас не складывается четкого представления о проекте как методе обучения, как о вполне определенном виде самостоятельной работы. Среди различных видов самостоятельных работ студентов ближе всего по жанру к проектам стоят доклады, рефераты и учебные исследовательские работы. Может быть, поэтому их часто путают не только обучающиеся, но и преподаватели. Прежде чем говорить о проекте как методе обучения, необходимо определиться с понятийным аппаратом.

Доклад - устное или письменное сообщение, знакомящее слушателей (читателей) с определенной темой (проблемой), с общей информацией, возможно, представляющее соображения автора доклада, которые в данном случае не требуют научной проверки или доказательств. Поскольку подготовка доклада может потребовать много времени, изучения различных источников, определенного оформления результатов, возникает искушение говорить о проекте. Дело в том, что и работа над проектом связана с представлением информации. Однако доклад и проект – не одно и то же.

Реферат - сбор и представление исчерпывающей информации по заданной теме из различных источников, в том числе представление различных точек зрения по вопросу, приведение статистических данных, интересных фактов. При работе над проектом имеется похожий реферативный этап, который, тем не менее, является лишь частью всего проекта.

Исследовательские работы – работы, выполненные с помощью корректной с научной точки зрения методики, имеющие экспериментальный материал, на основании которого делается анализ и выводы о характере исследуемого явления. Особенностью таких работ является не предопределённость результата, который могут дать исследования. Эти работы можно назвать самыми сложными. Проблема исследования понимается как категория, означающая нечто неизвестное, что предстоит открыть и доказать.

В исследовании мы отталкиваемся от природного явления (процесса), которое вызывает у нас определенные вопросы. Затем это явление подвергается описанию на каком-то формальном языке – с помощью чисел, графиков, схем, получаемых, как правило, на основании измерений. И уже это описание позволяет строить объясняющую модель явления, которая проверяется в наблюдениях и экспериментах. Опять-таки предельно коротко: явление - описание - мо-

дель. Причем целью исследовательской деятельности является именно адекватная модель явления.

Учебное исследование имеет целью приобретение студентом навыка исследовательской деятельности, освоение исследовательского типа мышления, формирование активной позиции в процессе обучения. Такая работа имеет большое сходство с проектом. Однако в данном случае исследование - это лишь этап проектной работы.

Проектные работы - это работы, связанные с планированием и достижением заранее спланированного результата. Понятие «проект» в широком смысле - все, что задумывается или планируется. Проект может включать элементы докладов, рефератов, исследований, любых других видов самостоятельной творческой работы студентов, но только как способов достижения результата проекта.

Проектная деятельность направлена, прежде всего, на создание некоего нового продукта. Однако продукт - это лишь один из компонентов проекта, пусть и необходимый. Итогу, результату предшествуют *замысел*, собственно *проектирование* (планирование, анализ и поиск ресурсов) и само «делание» – курс реализация. Итак, если совсем коротко: задумал – спроектировал – осуществил (то есть получил продукт) [1].

Главным отличием проектных работ от других видов учебной деятельности является то, что в результате совместной деятельности учащиеся не просто получают новые знания, а создают какой-либо учебный продукт, материальный результат труда. Результат выполненных проектов должен быть «осязаемым», т.е. если решалась теоретическая проблема, то должно последовать ее конкретное решение, если ставилась практическая задача - то конкретный результат, готовый к внедрению.

Наиболее существенными особенностями проектной деятельности являются ее диалогичность, проблемность, интегративность, контекстность.

Диалогичность позволяет студенту в процессе выполнения проекта вступать в диалог не только с сокурсниками, но и с собственным Я.

Проблемность возникает при разрешении ситуации, которая обуславливает начало активной мыслительной деятельности, проявлений самостоятельности у студентов, вследствие того, что они обнаруживают противоречие между известным им содержанием и невозможностью объяснить новые факты и явления. Решение проблемы нередко приводит к оригинальным, нестандартным способам деятельности и результату. Необходимо отметить, если при выполнении проекта не обозначена проблема, а целью работы является только изготовление некоего объекта, то это не проектная деятельность. Это можно назвать творческой работой.

Контекстность в проектной технологии позволяет создавать проекты, приближенные к естественной жизнедеятельности студентов, осознавать место изучаемой ими науки в общей системе жизнедеятельности человека.

Интегративность проектной технологии означает возможность применения теоретических знаний к осуществлению проекта через различные виды деятельности, т. е. объединение приобретенных умений и полученных знаний.

Организация проектной и исследовательской деятельности студента в образовательных учреждениях требует грамотного научно-обоснованного подхода и решения комплекса задач – организационно-управленческих, учебно-методических, кадрового обеспечения, организационно-методических, информационных, дидактических и психолого-педагогических. Эти задачи могут решаться в любом образовательном учреждении при наличии инициативной группы педагогов-единомышленников во главе с управленцем, организатором учебно-воспитательного процесса и научного руководства развитием этой деятельности со стороны специалиста или научного учреждения.

При организации данного вида деятельности необходимо выделение целей и задач, принципов отбора методик, планирование хода работы, определение ожидаемых результатов, оценка реализуемости исследования, определение необходимых ресурсов. Важно построить систему работы, вовлекающую всех участников проектной и исследовательской деятельности. Для каждого участника образовательного процесса актуально расставить свои акценты при планировании и организации данного вида деятельности.

Преподавателю важно понимать, что дает проектная и исследовательская деятельность обучающимся наряду с традиционным способом обучения. Как изменяется роль студента в учебном процессе, как изменяется организация учебного процесса, как оценивается успешность работы обучающегося в проектной и исследовательской деятельности, как разработать программу работы по развитию самостоятельной проектной и исследовательской деятельности. Формирование надлежащего уровня компетентности в проектной и исследовательской деятельности (то есть самостоятельное практическое владение технологией проектирования и исследования) должно достигаться к концу 1-го курса. Темы и проблемы проектных и исследовательских работ подбираются в соответствии с личностными предпочтениями каждого обучающегося и должны находиться в области их самоопределения. Предпочтительны индивидуальные или мини-групповые формы работы. Выполнение проектов или исследований может выступать в качестве курсового проектирования на профильном предмете с последующей защитой результатов в качестве творческого экзамена. На старших курсах целесообразно выполнение работ на базе профильных научных лабораторий. Перспективно широкое использование разнообразных форм проектной и исследовательской деятельности: экспедиций, конференций и др.

При создании условия творческой проектной и исследовательской деятельности, необходимо предусмотреть ресурсы учебного времени, чтобы избежать перегрузки обучающихся и преподавателя. Приступая к работе, обучающийся должен владеть необходимыми знаниями, умениями и навыками в содержательной области проекта или исследования.

Каждый проект или исследование должны быть обеспечены материально-техническим и учебно-методическим оснащением, фонд и каталоги библиотеки, Интернет, CD-Rom с аудио- и видеоматериалами. Информационно-технологическими ресурсами (компьютеры и др. техника с программным обеспечением), организационным обеспечением (специальное расписание занятий, аудиторий, работы библиотеки), отдельным от урочных занятий местом (не ограничивающим свободную деятельность помещением с необходимыми ресурсами и оборудованием – медиатека).

Проектная и исследовательская деятельность обучающихся побуждает к организации информационного пространства образовательного учреждения.

Все виды требуемого обеспечения должны быть в наличии до начала работы над проектом. В противном случае за проект не надо браться, либо его необходимо переделывать, адаптировать под имеющиеся ресурсы. Недостаточное обеспечение проектной или исследовательской работы может свести на нет все ожидаемые положительные результаты. Важно помнить, что задачи проекта или исследования должны соответствовать возрасту и лежать в зоне ближайшего развития обучающихся – интерес к работе и посильность во многом определяют успех. Кроме того, необходимо обеспечить заинтересованность в работе над проектом или исследованием – мотивацию, которая будет давать незатухающий источник энергии для самостоятельной деятельности и творческой активности. В этой связи, педагогически грамотно организовать погружение в проект или исследование, заинтересовать проблемой, перспективой практической и социальной пользы. В ходе работы включаются заложенные в проектную и исследовательскую деятельность мотивационные механизмы. Поскольку подобная работа требует значительных ресурсных затрат (времени, материалов, оборудования, информационных источников, консультантов и пр.), формирование специфических умений и навыков самостоятельной проектной и исследовательской деятельности целесообразно проводить и в рамках традиционных занятий поэлементно. Для этого используются специальные организационные формы и методы, например, проблемное введение в тему лекции, совместное или самостоятельное планирование выполнения практического задания, групповые работы, в том числе и с ролевым распределением работы в группе.

Решающее звено этой новации - преподаватель. Из носителя знаний и информации, всезнающего оракула, он превращается в организатора деятельности, консультанта и коллегу по решению проблемы, добыванию необходимых знаний и информации из различных (может быть, и нетрадиционных) источников. Работа над учебным проектом или исследованием позволяет выстроить бесконфликтную педагогику, вместе со студентами вновь и вновь пережить вдохновение творчества, превратить образовательный процесс в результативную созидательную творческую работу.

Таким образом, в высшей школе учебный проект или исследование – это интегративное дидактическое средство развития, обучения и воспитания, которое позволяет формировать специфические компетенции проектирования и исследования у студентов.

Именно преподавателю отводится роль человека, вовлекающего студентов в проектную и исследовательскую деятельность. Именно преподаватель может так построить процесс обучения, что любопытство не исчезнет при обучении в высшей школе, а наоборот разовьется.

Организацию массовой учебно-исследовательской работы студентов можно начать с внедрения в учебный процесс системы дифференцированных заданий, обеспечивающих целенаправленное и поэтапное обучение всех детей способам поиска и переработки информации, исследовательским навыкам; или ввести элективный курс, содержание которого основано на формировании проектно-исследовательской компетентности, которая содержит умения выдвигать и обосновывать гипотезу, планировать деятельность, формулировать цель, осуществлять сбор и анализ информации, выполнять эксперимент, представлять результаты, осуществлять рефлексию.

Для преподавателя итоговым шагом в организации проектно-исследовательской деятельности может стать создание над-предметных образовательных программ.

Достичь этих целей можно, создавая творческую атмосферу на учебных занятиях, разнообразив содержание вне учебной познавательной деятельности, формируя личную заинтересованность студентов в проектной деятельности и в саморазвитии.

Прежде чем говорить об этапах проекта, хочется остановиться на вопросе выбора темы проекта и определении её актуальности. Именно актуальность обосновывает необходимость выполнения проектно-исследовательской работы. Актуальность важно формулировать, чётко и конкретно привязывая к теме проекта. Нежелательны абстрактные высказывания общего плана о состоянии человечества. Необходимо отразить актуальность именно конкретной обсуждаемой темы, а не только общую актуальность направления, в котором осуществляется исследовательский проект. Актуальность темы проектно-исследовательской работы достаточно выразить в понимании контекста исследования, аргументации интереса к избранной теме. В проектных исследованиях актуальность важно формулировать не абстрактную, а реальную для себя - «почему же *мне* именно это стало интересно». В данном случае актуальность «я это не знаю и хочу узнать» вполне уместна.

В практике встречаются различные способы выбора темы учебно-исследовательских или проектных работ. Чаще всего студенты просят дать им какую-нибудь тему. Проектно-исследовательская деятельность студентов подразумевает активное личное участие в выборе темы проекта.

Выбор темы проектно-исследовательской работы – это очень важный шаг, но не менее важно выбрать название своей работы. У названия два назначения: рассказать будущим слушателям или читателям о предмете своей работы и побудить их прослушать или прочитать ее. Название работы должно быть информативным, не туманным, не должно содержать жаргона, сокращений, например: УВР или ЗУН. Кроме того, название должно содержать все необходимые ключевые слова. Наиболее удачными являются, на наш взгляд, распространенные в последнее время два алгоритма выбора названия работы: название-вопрос и название, состоящее из двух предложений.

Рассмотрим этапы разработки исследовательского проекта. Исследовательская работа может быть лишь частью проекта, но никак не проектом. Поэтому мы выделяем следующие характерные особенности или этапы проектной деятельности: проблематизация (определение проблемы и вытекающих из нее задач исследования), целеполагание, планирование, реализация, самооценка и рефлексия, презентация и само презентация.

Проблематизация является первым этапом работы над проектом - необходимо оценить имеющиеся обстоятельства и сформулировать проблему. Причем она должна иметь личностно значимый для автора проекта характер, мотивировать его на поиски решения. Наличие проблемы вызывает у студента чувство дисгармонии и стремление ее преодолеть. На этом этапе проблема наделяется личностным смыслом. Любая проектно-исследовательская работа призвана решать какую-то определенную проблему. Без проблемы нет проекта. Об этом уже говорилось выше. Проблема понимается как категория, означающая нечто неизвестное, что предстоит открыть, доказать, изучить, создать. Важно понять, что проблема - это не только уточнение темы, а нахождение и формулировка определенного противоречия или неизвестного, которое нужно разрешить или выяснить в ходе работы.

Итак, тема и актуальность работы сформулированы. Проблема определена. Теперь необходимо подумать над целями и задачами. Целеполагание – второй этап работы над проектом. Определить цель - значит ответить себе на вопрос о том, зачем это исследование или проект выполняется. Для того чтобы правильно сформулировать цель работы, необходимо предварительно выявить объект и предмет исследования. Объект - это область, в рамках которой ведется исследование совокупности связей и свойств как источника необходимой информации. Предмет же исследования более конкретен. Он включает только те связи и отношения, которые подлежат непосредственному изучению в работе, устанавливая границы научного поиска в каждом объекте. Предмет всегда изучается в рамках какого-то объекта. Размышляя над предметом исследования, определяем, какие отношения, свойства, аспекты, функции объекта раскрывает данное исследование. Предмет исследования созвучен теме исследования. Предмет – это что именно в объекте исследования мы изучаем, какую его сторону. Один и тот же объект может быть предметом разных исследований или даже целых научных направлений.

Когда проблема, актуальность, объект и предмет исследования определены, можно приступать к формулированию целей и задач проектно-исследовательской работы. Цель – представляемое и желаемое будущее событие или состояние, идеальное представление результата действия. С ней соотносятся средства, необходимые для её достижения. Цель – это то, чего намерены достигнуть в процессе работы; что необходимо разъяснить. То есть цель – это выявление, обоснование и экспериментальная проверка условий и т. д. Чем конкретнее цель, тем понятнее, что, как и какими средствами планируется достичь в работе. Зачастую грамотная формулировка цели работы имеет решающее значение, ориентируя его в теории и практике. В согласовании с целью происходит выбор методов. Цель формулируется кратко и предельно точно, в смысловом отношении выражая то основное, что намеревается сделать ученик. Цель конкретизируется и развивается в задачах исследования. На этом этапе проблема проекта преобразуется в лично значимую цель и приобретает образ ожидаемого результата. В самом общем смысле целью проекта всегда является решение исходной проблемы, но в каждом конкретном случае это решение имеет собственное, неповторимое воплощение. Этим воплощением является проектный продукт, который создается автором в ходе его работы и также становится средством решения проблемы проекта.

Задачи – поэтапное достижение цели. Задачи исследования тесно связаны с объектом и предметом. Задачи – это заданное в определённых конкретных условиях направление деятельности. В задачах обозначается комплекс проблем, которые необходимо решить в ходе работы. Задачи могут отражать определённую «пошаговость» достижения цели, последовательность действий. Осмыслению задач способствует поиск ответов на вопрос: что нужно сделать, чтобы достигнуть цели, решить проблему исследования? Формулируя задачи, следует помнить, что решая их, фактически составляется план работы. На этом этапе у автора возникает масса идей, как воплотить свой проект в жизнь.

Формулирование задач проекта подводит к третьему, очень важному, этапу работы – планированию. В результате правильного планирования перспективы работы над проектом приобретают четкие очертания. Это очень важный и трудный этап, так как именно на этом этапе ощущение новизны и значимости проекта притупляются. Участникам проекта начинает казаться, что все о теме проекта уже известно; некоторыми, напротив, овладевает страх возможного невыполнения плана проекта. Поэтому правильное планирование дает возможность успешного завершения работы над проектом. В ходе планирования необходимо определить способы решения намеченных задач. Определить порядок и сроки выполнения работы – разработать график для реализации имеющегося плана. Так участники проекта приступают к следующему этапу проекта – реализации. Как правило, именно на этом этапе начинается изучение и отбор литературы и других источников информации; проведение различных опытов, экспериментов, наблюдений, исследований, опросов; анализ и обобщение полученных данных; формулирование выводов и формирование на этой основе

собственной точки зрения на исходную проблему проекта и способы ее решения. На этом этапе готовится обязательно письменная часть - отчет о ходе работы, в котором описываются все этапы (начиная с определения проблемы проекта). Описываются все принимавшиеся решения с их обоснованием; все возникшие проблемы и способы их преодоления; анализируются собранная информация, проведенные эксперименты и наблюдения, приводятся результаты опросов и т. п.; подводятся итоги, делаются выводы, выясняются перспективы проекта. На этапе реализации может возникнуть необходимость внесения определенных изменений в задачи отдельных этапов и в способах воплощения работы, а иногда может измениться представление автора о конечном результате, проектном продукте. После завершения работы необходимо сравнить полученный результат со своим замыслом. При этом в проект могут быть внесены исправления и изменения. Постепенно этап реализации проекта переходит в этап осмысления, анализа допущенных ошибок, попыток увидеть перспективу работы, оценки своих достижений, чувств и эмоций, возникших в ходе и по окончании работы. Наступает этап самооценки и рефлексии. На данном этапе необходимо оценить, какие изменения произошли в проекте, чему научился сам автор, что узнал, как изменился его взгляд на проблему, какой жизненный опыт он приобрел. Завершается проект презентацией работы. На данном этапе ученик презентует способы решения исходной проблемы и непосредственно проектный продукт, а также демонстрирует приобретенную компетентность в данном вопросе.

Выполнение подобных работ готовит студентов не только к написанию курсовых и дипломных проектов, но так же магистерских диссертаций.

Организация указанных направлений и видов работ не исчерпываются возможности образовательного процесса в вузе. Формирование исследовательской культуры студентов представляет собой многоаспектный процесс, результативность которого определяется не только содержанием образования, но и оптимальным соотношением репродуктивных и исследовательских методов, востребованностью выпускника высшей школы нового типа, исследователя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шнейдер Е.М., Димитрюк Ю.С. Методы формирования исследовательской компетентности студентов высшей школы // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 6; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27049> (дата обращения: 15.04.2022).

УДК: 37

Р. А. Солдатов¹, Э. Г. Солдатова²

¹Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

²МБОУ «Лицей № 67» г. Иваново

ПРОФОРИЕНТАЦИЯ КАК ВАЖНЕЙШАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ВЫБОРА БУДУЩЕЙ ПРОФЕССИИ

Аннотация: в статье рассмотрены этапы профориентационной работы школы с учениками на протяжении всего периода обучения. Доказывается, что профориентация производит наибольший эффект именно при своей непрерывности и последовательности. Изучены проблемы профессиональной ориентации в средней общеобразовательной школе, роль педагогического коллектива в вопросе выявления профессиональных склонностей, навыков и выбора своей будущей профессиональной деятельности.

Ключевые слова: professional orientation, university, school, self-determination, future, career, career guidance, professional activity.

R. A. Soldatov, E. G. Soldatova

CAREER GUIDANCE AS THE MOST IMPORTANT COMPONENT OF CHOOSING A FUTURE PROFESSION

Abstract: the article discusses the stages of career guidance work of the school with students throughout the entire period of study. It is proved that career guidance produces the greatest effect precisely with its continuity and consistency. The problems of professional orientation in secondary school, the role of the teaching staff in the identification of professional inclinations, skills and the choice of their future professional activity are studied.

Keywords: internal fire, fire temperature, fire parameters, mass rate of fire, heat of fire.

Еще Дейл Карнеги, известный американский психолог и писатель, сказал, что в жизни человеку приходится делать как минимум два выбора, имеющих влияние на все дальнейшее существование: выбор спутника жизни и выбор профессии.

Профессиональная ориентация подразумевает различные мероприятия, направленные на помощь в выборе учениками будущей профессии. В периоде развития личности в образовательном процессе и внеклассной работе необходимо учитывать психофизические особенности ученика и образовавшаяся в современный период развития социально-экономическая ситуация не только в стране, но и мире.

Для современного человека одну из самых главных, а, может, и важнейшую роль играет успешность в выборе профессии. Это определяет всю его дальнейшую жизнь. Рынок труда проявляется сложностью и многообразием. Каждый стремится преуспеть в карьере, занять главенствующее положение в компании или в обществе. При этом на второй план уходит то, что действительно интересно человеку, та деятельность, которая ему нравится. Она остаётся лишь в качестве хобби, а иногда и уходит вовсе из повседневной жизни [1].

Редко кто из родителей (тем более, дети) задумывается, что навыки в любимом занятии (спорт, шитьё, рисование, танцы) могут быть применены в будущей профессии, приносить успех. Ребёнок, пока учится в школе, посещает огромное количество секций и дополнительных занятий. Но, с окончанием школы это заканчивается.

Современное общество предлагает огромное количество возможностей для обучения и получения разнообразной работы. Для учеников очень важно вовремя суметь сориентироваться, выбрать свой «путь». Немногие подростки смогут уверенно ответить на вопрос о том, кем они хотят стать. В конечном итоге, в полной мере не оценив своих способностей и возможностей и поступив в учебное заведение, многие молодые люди не развиваются в профессии, или не пользуются ею вообще.

Осознанному выбору профессии и успешности в ней в полной мере способствует профориентация, которая проводится в учебных заведениях.

Начиная с раннего детства, в ребёнке проявляются те или иные способности, таланты. Родители отводят детей в кружки, секции, зачастую пробуя многие варианты. Иногда ребёнок отказывается от занятий именно в силу того, что ему это не нравится. Уже на этом этапе жизни маленького человека начинают определяться первые задатки его талантов. Грамотные специалисты дошкольного и дополнительного образования создают в представлении ребёнка разностороннюю картину окружающего мира, дети учатся анализировать и выбирать то, что подходит именно им.

Удивительно, но на пороге выпускного класса (девятого, а иногда даже и одиннадцатого!) ученик и родители пребывают в растерянности, не зная, куда пойти учиться после школы. Во избежание таких ситуаций и для создания успешности будущих абитуриентов школа должна проводить качественную профориентационную работу для школьников как выпускных классов, так и для всех остальных, включая начальную школу [2].

Под профориентацией в школе понимается комплекс различных действий, который позволяет выявить у учеников способности к отдельным категориям профессиональной деятельности. Формируется также способность и готовность к труду. Профориентационная работа происходит не только во время учебного и воспитательного процесса, а также присутствует во внешкольной и внеурочной работе с учащимися и родителями.

Очевидно, что данное направление работы имеет огромную важность в формировании не только каждой личности отдельно, а также целого общества.

Выделяют несколько целей профориентационной работы со школьниками.

Во-первых, у учеников происходит формирование готовности к труду.

Во-вторых, предполагается развитие особых способностей, необходимых для дальнейшей профессиональной деятельности.

В-третьих, ученик не остаётся один на один в выборе профессии. В этом ему помогают профессионалы.

Целый комплекс профориентационной работы разработан и проводится в МБОУ «Лицей №67» города Иваново. Для этого разработаны и ведутся различные варианты профильного обучения: программы, уроки, формы, экскурсии и т.д.

Непрерывность и последовательность профориентации в учебном заведении позволяет достигнуть наибольшей эффективности в этой работе. Рассмотрим основные её этапы, согласно возрасту учеников. Так, приходя в лицей после дошкольных учреждений, младшие школьники уже имеют представление о некоторых профессиях. Здесь важно не упустить момент и продолжить формирование представлений и знаний в данном направлении. На регулярной основе проводятся тематические классные часы, экскурсии на предприятия, выезды в музеи на предприятия города [3].

Так, большим успехом пользуются пожарно-спасательные части ФПС ГПС МЧС России, где наглядно и увлекательно даются знания не только о поведении в чрезвычайных ситуациях, но и о профессии пожарных. Ребята имеют возможность «изнутри» взглянуть на работу спасателей. Интерес к профессии, в свою очередь, повышает мотивацию к учёбе, развивает увлечение отдельными предметами.

Переходя на следующий этап обучения, в среднее звено, ученики имеют уже достаточно знаний в области профессий, осознают плюсы и минусы тех или иных их видов. Часто они исходят из личного опыта родителей, знакомых. Здесь важно не потерять накопленное и двигаться дальше. Проводятся различные игры, квесты, викторины. У учеников формируются базовые знания о профессиях, они учатся анализировать их. Обязательно продолжается знакомство с предприятиями города, экскурсии.

В условиях карантинных мероприятий, вызванных распространением коронавируса COVID-19, когда очное посещение было ограничено, было важно также не прерывать процесс профориентации. На помощь пришли интерактивные экскурсии и встречи, классные часы с использованием информационных технологий.

В старшей школе большинство учеников уже определяется с профилем дальнейшего образования, выбирает предметы для более пристального изучения. Проводятся классные часы, для помощи в осознании выбора профессии. С целью профориентации проводятся экскурсии на предприятия города. В старшем возрасте это имеет огромное информативное значение для учеников. Они понимают структуру организации, оценивают для себя условия профессио-

нальной деятельности. Важным является также посещение дней открытых дверей учебных заведений, которые, в свою очередь, стараются стать доступнее и ближе к потенциальным абитуриентам. Так, очень показательными стали дни открытых дверей в Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России и Управлении МВД России по Ивановской области.

Наиболее ответственным этапом становится профориентация в 10-11 классах. Для учеников проводятся знакомства с различными ВУЗами, организуются посещения дней открытых дверей. Огромное внимание уделяется подготовке и саморазвитию учеников, их окончательному самоопределению. Несомненным плюсом в современном мире является возможность поступления в самые разные ВУЗы всей страны. Школьная газета знакомит учеников с выбором выпускников прошлых лет, а зачастую, нынешние студенты сами посещают классные часы и рассказывают о своём обучении.

Таким образом, профессиональная ориентация будущих абитуриентов показывает возможности, которые могут быть достигнуты, исходя из их способностей. Это относится как к результатам учащегося в различной деятельности, так и путям их достижения. Качественная и эффективная профессиональная ориентация ученика от начальной школы до выпускных классов способствует его карьерному росту, выбору социально важной профессии, желанию и возможности совершенствоваться образования и квалификацию.

Профориентационная работа занимает одно из самых важных мест в деятельности школы, поскольку связывает систему образования с экономической системой страны в целом, потребности учащихся с их будущим.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пряжников Н.С.* Методы активизации профессионального и личностного самоопределения : учеб.-методическое пособие / Н. С. Пряжников ; Российская акад. образования, Московский психолого-социальный ин-т. - 2-е изд., стер. - Москва : Московский психолого-социальный ин-т ; Воронеж : НПО "МОДЭК", 2003. - 394 с.

2. *Карушева А.В., Севостьянова Е.П.* Особенности профессиональной ориентации старшеклассников в условиях общеобразовательных учреждений // Молодой ученый, 2016. № 4. С. 687-691.

3. Модели и технологии психологического сопровождения профессиональной ориентации и профессионального самоопределения школьников в современных условиях. Методические рекомендации / Автор: Пряжникова Е.Ю.— М.: ФГБУ «Центр защиты прав и интересов детей», 2020.

УДК 614.84

Н. А. Таратанов¹, А. В. Таратанова²

¹Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

²МБОУ СШ №17 г. Иваново

НАГЛЯДНОСТЬ В ИЗУЧЕНИИ ПРОЦЕССА РАЗВИТИЯ ВНУТРЕННЕГО ПОЖАРА

Аннотация: в работе представлена методика определения основных параметров внутреннего пожара при изучении дисциплины «Физико-химические основы развития и тушения пожаров», которые служат исходными параметрами для определения вида применяемой техники и расчета сил и средств для тушения, проектирования автоматических систем пожаротушения и т.п.

Ключевые слова: внутренний пожар, температура пожара, параметры пожара, массовая скорость пожара, теплота пожара.

N. A. Taratanov, A. V. Taratanova

VISIBILITY IN THE STUDY OF THE PROCESS OF INTERNAL FIRE DEVELOPMENT

Abstract: the paper presents a methodology for determining the main parameters of an internal fire in the study of the discipline "Physico-chemical foundations of the development and extinguishing of fires", which serve as initial parameters for determining the type of equipment used and calculating the forces and means for extinguishing, designing automatic fire extinguishing systems, etc.

Keywords: internal fire, fire temperature, fire parameters, mass rate of fire, heat of fire.

При подготовке специалистов в области тушения, расследования и экспертизы пожаров необходимо знать динамику внутреннего пожара. Под динамикой внутреннего пожара понимают изменение его параметров во времени.

Основными параметрами внутреннего пожара являются: площадь пожара, температура пожара, теплота пожара, удельная теплота пожара, массовая скорость выгорания, скорость распространения пламени, интенсивность газообмена. Эти параметры пожара наиболее доступны измерению, анализу и расчету. Они служат исходными параметрами для определения вида применяемой техники и расчета сил и средств для тушения, проектирования автоматических систем пожаротушения и т.п.

Для характеристики степени развития пожара (его масштаба) используют понятие площадь пожара ($S_{п}$). *Площадь пожара* – это площадь проекции зоны горения на горизонтальную или вертикальную плоскость.

Различают температуру внутреннего и открытого пожара.

Температура внутреннего пожара – это средняя температура газовой среды в помещении, где происходит пожар. Температура в различных точках помещения не одинакова. Наиболее нагреты области пространства, где протекает реакция горения, то есть в зоне горения (пламени). В других местах температура значительно ниже. Среднеобъемная температура газовой среды в помещении редко превышает 1000 °С.

Температура открытого пожара – это температура пламени.

Массовая скорость выгорания ($v_{м}$, кг/с) показывает какая масса вещества или материала сгорает в единицу времени (1).

$$V_{м} = \frac{m}{\tau}, \text{ кг/с} \quad (1)$$

где:

m – масса сгоревшего вещества или материала, кг

τ – время горения, с.

Приведенная массовая скорость выгорания ($v_{м. пр.}$, кг/с·м²) показывает какая масса вещества или материала сгорает в единицу времени с 1 м² площади пожара (2).

$$V_{м. пр.} = \frac{V_{м}}{S_{п}}, \text{ кг/с} \cdot \text{м}^2 \quad (2)$$

где:

$v_{м}$ – массовая скорость выгорания, кг/с;

$S_{п}$ – площадь пожара, м².

Приведенная массовая скорость выгорания зависит от температуры пожара и интенсивности газообмена.

Отношение массовой скорости выгорания к площади поверхности горения ($S_{пг}$), называется *удельной массовой скоростью выгорания*:

$$V_{м. уд.} = \frac{V_{м}}{S_{пг}}, \text{ кг/с} \cdot \text{м}^2 \quad (3)$$

где:

$v_{м}$ – массовая скорость выгорания, кг/с;

$S_{пг}$ – площадь поверхности горения, м².

Удельную массовую скорость выгорания можно определить также по формуле (5), если известен коэффициент поверхности горения [формула (4)] и приведенная массовая скорость выгорания.

$$K_{\Pi} = \frac{S_{\Pi\Gamma}}{S_{\Pi}} \quad (4)$$

$$v_{\text{м.уд.}} = \frac{v_{\text{м.пр.}}}{K_{\Pi}} \quad (5)$$

Теплота пожара (Q_{Π}) показывает, какое количество теплоты выделяется на пожаре в единицу времени и определяется по формуле:

$$Q_{\Pi} = \beta Q_{\text{Н}} v_{\text{м.пр.}} S_{\Pi}, \text{ (кДж/с)} \quad (6)$$

где:

- β – коэффициент недожога (полноты сгорания);
- $Q_{\text{Н}}$ – низшая теплота сгорания горючего материала, кДж/кг;
- $v_{\text{м.пр.}}$ – приведенная массовая скорость выгорания, кг/с·м²;
- S_{Π} – площадь пожара, м².

Если горючая нагрузка в помещении неоднородна, то β , $v_{\text{м.пр.}}$, $Q_{\text{Н}}$ принимаются как средне взвешенные значения.

В ряде случаев используется понятие *удельная теплота пожара* [Q'_{Π} кДж/(с м²) или Вт/м²], то есть количество теплоты, выделяющееся в единицу времени с единицы площади пожара:

$$Q'_{\Pi} = \beta Q_{\text{Н}} v_{\text{м.пр.}}, \quad (7)$$

где:

- β – коэффициент недожога (полноты сгорания);
- $Q_{\text{Н}}$ – низшая теплота сгорания горючего материала, кДж/кг;
- $v_{\text{м.пр.}}$ – приведенная массовая скорость выгорания, кг/с·м²;

Плотность теплового потока (q , Вт/м²) – это количество теплоты, проходящее через 1 м² изотермической поверхности за единицу времени. Плотность теплового потока определяется на каждом интервале времени развития пожара по формуле (8).

$$q = \frac{\beta \cdot v_{\text{м.пр.}} \cdot S_{\Pi} \cdot Q_{\text{Н}}}{S_{\text{огр}}}, \text{ Вт/м}^2 \quad (8)$$

где:

- β – коэффициент недожога (полноты сгорания);
- $v_{\text{м.пр.}}$ – приведенная массовая скорость выгорания, кг/с·м²;
- S_{Π} – площадь пожара, м².
- $Q_{\text{Н}}$ – низшая теплота сгорания горючего материала, кДж/кг;

$S_{огр}$ – площадь поверхности ограждающих конструкций, m^2 ;

Площадь поверхности ограждающих конструкций рассчитывают по формуле (9).

$$S_{огр} = S_{пол} + S_{пер} + S_{ст}, m^2 \quad (9)$$

где:

$S_{пол}$ – площадь пола, m^2 ;

$S_{пер}$ – площадь перекрытия, m^2 ;

$S_{ст}$ – площадь стен помещения, m^2 .

С момента возникновения до полного прекращения пожара в его динамике выделяют несколько условных стадий: начальная стадия; стадия развития; стационарная стадия; стадия затухания.

Определить продолжительность различных стадий внутреннего пожара во время его свободного развития, а также характер изменения во времени температуры пожара и приведенной массовой скорости выгорания.

Изучение параметров свободного развития в Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России проводится на дисциплине «Физико-химические основы развития и тушения пожаров», с использованием установки (рис. 1), состоящей из макета помещения, оборудованного заслонкой для изменения площади проема, обеспечивающего приток свежего воздуха и отвод продуктов горения, электронных весов, штатива с поддоном, на котором выкладывается штабель из брусков древесины. Температура газовой среды в макете контролируется термопарами.

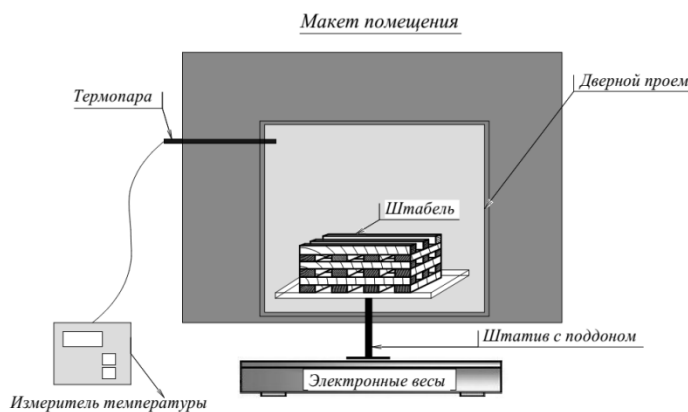


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Порядок выполнения работы

1. Измерить и занести в таблицу 1 размеры макета. Рассчитать и занести в таблицу 3 характеристики газообмена в макете помещения.

2. Получить задание у преподавателя о геометрических размерах штабеля древесины и занести их в таблицу 2. Рассчитать площадь и коэффициент поверхности горения штабеля, считая штабель единым бруском, данные занести в таблицу 2.

3. Выложить на поддоне штабель из брусков древесины, взвесить его, результат записать в таблицу 4.

4. Включить измеритель температуры, записать температуру в помещении в таблицу 4.

5. Смочить нижние бруски штабеля горючей жидкостью, поджечь штабель снизу.

6. Внимательно следить за изменением массы штабеля. После выгорания жидкости (когда масса штабеля станет примерно равной начальной) включить секундомер. С этого момента начинают измерения изменения массы штабеля и температуры внутри макета помещения, через каждые 30 секунд данные заносят в таблицу 4.

7. Измерения проводят до полного прекращения пламенного горения и тления.

8. По окончании измерений оборудование отключить от электричества.

Таблица 1. Размеры макета помещения

Параметр	Значение
Размеры макета помещения:	
длина макета, м	0,5
ширина макета, м	0,3
высота макета, м	0,48
площадь пола макета помещения, м ²	0,15
Размеры проема в макете помещения:	
ширина проема (b), м	0,2
высота проема (H _{ПР}), м	0,31
площадь проема макета помещения (S _{ПР}), м ²	0,62
площадь приточной части проема макета помещения (S ₁ = 1/3 S _{ПР}), м ²	0,206
площадь вытяжной части проема макета помещения (S ₂), м ²	0,414

Таблица 2. Размеры пожарной нагрузки в макете помещения

Параметр	Значение
Размеры бруска	
длина бруска, м	0,095
ширина бруска, м	0,015
высота бруска, м	0,015
Размеры штабеля	
количество брусков в слое, шт.	4
количество слоев, шт.	4
длина штабеля, м	0,1
ширина штабеля, м	0,1
высота штабеля, м	0,065
площадь, занимаемая штабелем (площадь пожара, S _П), м ²	0,0065
площадь поверхности горения всего штабеля (S _{ПГ}), м ²	0,01
коэффициент поверхности горения: K = S _{ПГ} /S _П	1.54

Таблица 3. Характеристики газообмена в макете помещения

Отношение S_1/S_{Π}	0,0065
Отношение $S_{\Pi}/S_{\text{пола}}$	0,01

Таблица 4. Параметры выгорания пожарной нагрузки

Время горения, с	Масса штабеля со штативом, кг	Температура пожара, t_{Π} , °C		Массовая скорость выгорания, кг/с	Приведенная массовая скорость выгорания, кг/(с м ²)
		$t_{\Pi.1}$	$t_{\Pi.2}$		

По итогу проведенных исследований полученные результаты обрабатываются. Для этого рассчитывают и заносят в таблицу 4 массовую и приведенную массовую скорости выгорания для каждого отрезка времени, равного 30 секундам.

По полученным данным строятся графики изменения параметров ($v_{\text{м.пр}}$, $t_{\Pi.1}$ и $t_{\Pi.2}$) во времени. Из графиков определяется продолжительность различных стадий пожара.

Для середины интервала стационарной стадии пожара рассчитывается теплота пожара и плотность теплового потока. Полученные данные заносятся в таблицу 5.

Таблица 5. Параметры пожара

Теплота пожара, кДж/с	Площадь поверхности теплообмена, м ²	Плотность теплового потока, Вт/м ²

По результатам экспериментального исследования изменения основных параметров внутреннего пожара во время его свободного развития, возможен ответ на вопросы:

- какова продолжительность различных стадий внутреннего пожара?
- во время какой из стадий пожара значение температуры пожара и приведенной массовой скорости выгорания наибольшее/наименьшее? Почему?
- от чего зависит теплота пожара и плотность теплового потока?

В качестве примера представим результаты, полученные на одном из занятий по дисциплине «Физико-химические основы развития и тушения пожаров». В результате данной работы наглядно исследовали изменение температуры пожара во времени, с определением стадий свободного развития пожара. Результаты проведения которого представлены на рис. 2 и в таблицах 1-3 и 6.

Таблица 6. Результаты изменения температуры во времени

Время горения, с	Температура пожара, tП, °С				
	t _{п,1}	t _{п,2}	t _{п,3}	t _{п,4}	T _{общ}
0	23	23	23	23	23
30	145	77	33,4	41,8	74,3
60	125	69	33,7	44,8	68,125
90	136	66	35,6	44,6	70,55
120	148	63,7	37,3	43,6	73,15
150	162	68	38,7	42,5	77,8
180	171,3	71,6	40,1	43,1	81,525
210	185	74,6	41,5	47,5	87,15
240	210	81	43,2	53,4	96,9
270	214	94,4	44,9	58,1	102,85
300	190	99,1	46,8	60,9	99,2
330	185	102	48,8	64,2	100
360	175,1	105,6	50,5	67,6	99,7
390	154,4	104,9	52,2	69,5	95,25
420	141,1	105,2	53,4	70,1	92,45
450	131,8	103,6	54,9	70,2	90,125
480	102	99,1	56,3	69,7	89,225
510	108	93,8	57,9	66,5	81,55
540	99,3	89,5	58,5	65,3	78,15
570	99	86,5	58,7	64,6	77,2
600	88	83,1	58,9	63,5	73,375
630	81,4	87,7	58,2	61,9	72,3
660	78,4	72,4	57,8	60,1	67,175
690	75,1	71,5	57,2	59,6	65,85
720	71,7	69	56,9	58,5	64,025
750	69,2	66,4	56,1	57,7	62,35
780	167,7	64,7	55,2	56,3	60,975

По построенному графику наблюдаем, что на 6-й мин проходит объемная стадия пожара, при которой резко интенсифицируется процесс горения.

По итогу резко возрастает тепловыделение, средняя температура пожара резко возрастает, достигая 103°С. Интенсивность выгорания горючей нагрузки достигает максимума.

Важным показателем в данном лабораторном исследовании стала температура пожара, которая зависит от вида горючего материала, величины пожарной нагрузки и ее расположения, площади горения, площади пола, высоты помещения и т.д.

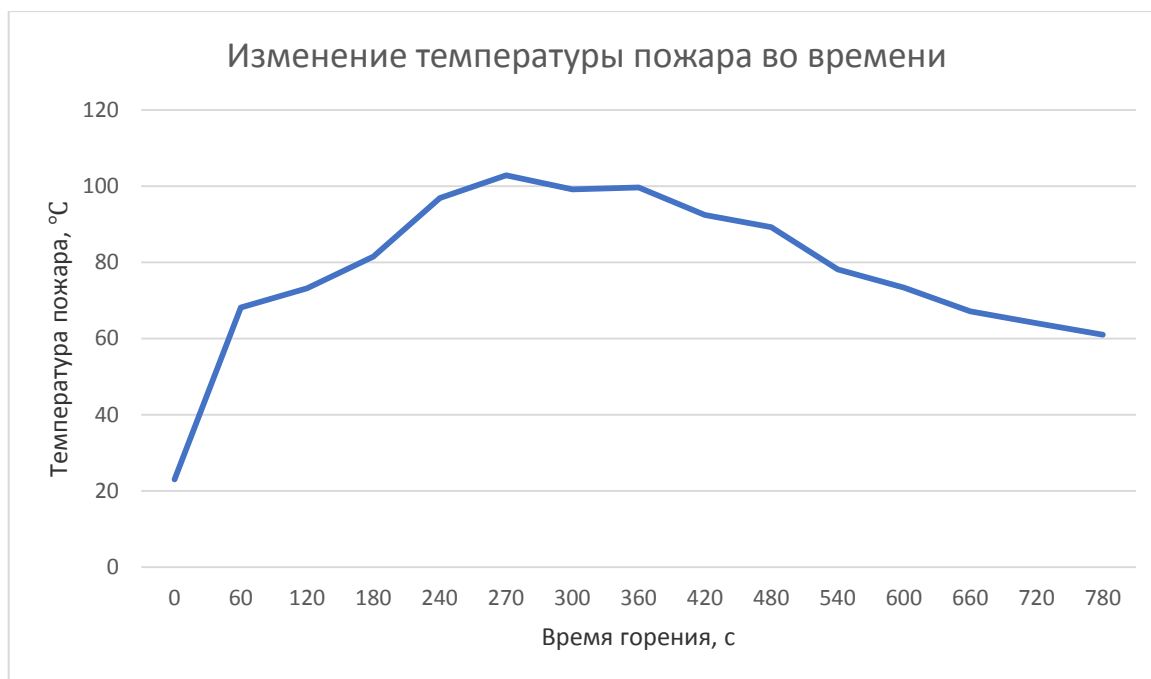


Рис. 2. График изменения температуры пожара во времени

В свою очередь высота помещения оказывает существенное влияние на температуру пожара: в высоких помещениях скорость роста температуры пожара выше, а значение температуры пожара ниже, чем в низких, так как в высокотемпературных помещениях с интенсивным газообменом, несмотря на интенсивное тепловыделение и высокую температуру в верхней части помещения, в нижней части помещения возможно пребывание людей, благодаря тому, что происходит интенсивный приток воздуха и отток продуктов горения. Средняя температура такого пожара может быть невелика.

В помещениях малой высоты значение температуры выше, чем в высоких. Это объясняется тем, что в высоких помещениях коэффициент избытка воздуха больше, но и потери тепла из зоны горения больше.

Для этой группы помещений развитие процесса горения сдерживает поступление воздуха и в объём самого помещения, и в зону горения. В помещениях с малой интенсивностью газообмена и низкой температурой горение происходит с недостатком воздуха. Температура может быть одинакова по всему объёму и за счёт слабого оттока воздуха может быть высокой.

Изучение внутреннего пожара с момента возникновения до полного прекращения, необходимо для качественной подготовки специалистов в области тушения, расследования и экспертизы пожаров, т.к. исходными параметрами для определения вида применяемой техники и расчета сил и средств для тушения, проектирования автоматических систем пожаротушения и т.п., служит каждый определяемый параметр.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абдурагимов И. М.* Физико-химические основы развития и тушения пожаров / И.М. Абдурагимов, В.Ю. Говоров, В.Е. Макаров М.: ВИПТШ МВД СССР, 1980. – 255 с.
2. *Батов Д. В., Мочалова Т. А., Таратанов Н. А., Сторонкина О.Е., Фролова Т. В.* Лабораторный практикум по курсу «Физико-химические основы развития и тушения пожаров». – Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2016. – 78 с.

УДК 378.147:004

Р. Н. Фадеев¹, Е. Ю. Огурцова²

¹Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

²Ивановский государственный университет, Шуйский филиал

ФОРМИРОВАНИЕ ГОТОВНОСТИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ К ОБУЧЕНИЮ ШКОЛЬНИКОВ ОСНОВАМ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Аннотация: В статье рассматривается проблема подготовки педагогических кадров, способных на высоком профессиональном уровне помочь детям освоить основы информационной безопасности. Рассказано об опыте подготовки будущих педагогов в рамках курса «Основы кибербезопасности». Особое внимание в статье уделяется интерактивным методам, которые можно применить в работе со студентами. Отмечается, что полученный при этом опыт будущие учителя могут использовать при организации занятий для развития у школьников навыков поведения в цифровом мире. Сделан вывод, что содержание данного курса, применяемые формы и методы обучения студентов позволяют сформировать у будущих педагогов готовность к обучению школьников основам информационной безопасности.

Ключевые слова: педагогическая деятельность, основы информационной безопасности, школьники в цифровом пространстве, интерактивные методы.

R. N. Fadeev, E. Yu. Ogurtsova

BUILDING THE READINESS OF FUTURE TEACHERS TO TRAINING SCHOOLCHILDREN THE BASICS OF INFORMATION SECURITY

Abstract: The article discusses the problem of training pedagogical personnel capable at a high professional level of helping children to master the basics of information security. The experience of training future teachers in the framework of the course «Basics of Cybersecurity» is described. Particular attention in the article is paid to interactive methods that can be applied to work with students. It is noted that future teachers can use the experi-

ence gained at the same time when organizing classes to develop students' skills of behavior in the digital world. It is concluded that the content of this course, the forms and methods of teaching students used, make it possible to form in future teachers a readiness to teach schoolchildren the basics of information security.

Keywords: pedagogical activity, basics of information security, schoolchildren in the digital space, interactive methods.

Проблема информационной безопасности личности субъектов образовательного процесса – одна из самых актуальных на современном этапе. Это обусловлено синергетическим эффектом, который определяется рядом факторов:

- резкий рост информационных угроз, основанных на методах социальной инженерии;
- карантинные мероприятия, реализующие современные возможности опосредованного взаимодействия участников образовательного процесса, изменили сложившиеся режимы безопасного и устойчивого функционирования систем в Интернете;
- развитие дистанционного обучения, что вовлекло в информационное пространство тех педагогов, школьников и их родителей, которых до пандемии там не было или их присутствие было ограничено;
- цифровая трансформация образования;
- активное и систематическое использование цифровых технологий в образовательных целях.

В ходе исследования ученых из Северного (Арктического) федерального университета имени М. В. Ломоносова установлено, что современные дети не придают значения факту наличия интернет-преступников, совершающих мошеннические действия и в силу возраста, отсутствия знаний или опыта не всегда могут противостоять информационным угрозам [6]. Основная роль в киберобразовании отводится школе. В профстандарте педагога отмечено, что каждый учитель должен уметь формировать и реализовывать программы развития у обучающихся навыков поведения в мире виртуальной реальности и социальных сетях. Научить школьников правильно и безопасно вести себя в цифровом пространстве смогут учителя, которые будут работать в единой команде.

Необходимы педагогические кадры, заинтересованные и способные методически грамотно научить школьников «цифровой гигиене» – правилам поведения в цифровой среде. Вузы должны активно принимать участие в процессе подготовки будущих учителей, способных на высоком профессиональном уровне объяснить детям основы информационной безопасности. По нашему мнению, заинтересованными сторонами в организации такой подготовки являются непосредственно студенты и опосредованно вуз. Студентам это необходимо для формирования опыта просветительской работы в области информационной безопасности, эффективной, успешной профессиональной деятельно-

сти в дальнейшем, а вузу – для повышения конкурентоспособности на рынке образовательных услуг и обеспечения качества образования.

Анализ учебных планов для педагогических направлений подготовки показал, что в них нет курсов, направленных на формирование у студентов методических умений и навыков для обучения школьников основам информационной безопасности [1].

В Шуйском филиале Ивановского государственного университета (ИвГУ) на базе математико-технологического факультета совместно с администрацией вуза, межмуниципальным отделом МВД России «Шуйский», Молодежным информационным центром города Шуя и Шуйским технологическим колледжем создан «Киберотряд». Задачи, стоящие перед отрядом – просвещение в области информационной безопасности личности и профилактика преступлений в виртуальной среде.

Для студентов направления подготовки 44.04.01 Педагогическое образование (профиль образовательной программы «Информационные технологии в профессиональной деятельности педагога») в Шуйском филиале ИвГУ с целью создания условий для развития у будущих педагогов специальных компетенций предусмотрен курс «Основы кибербезопасности». В рамках курса обучение идет в следующих направлениях:

✓ Изучение основ информационной безопасности (риски работы в киберпространстве, виды информационных угроз, средства и методы борьбы с киберугрозами, защита персональной информации, двухфакторная аутентификация, системный подход против социальной инженерии, достоверность информации как фактор обеспечения информационной безопасности, информационный иммунитет и т. д.).

✓ Формирование мотивации у студентов. Рассматривая статистические данные и конкретные примеры, мы стараемся убедить студентов, что киберугрозы – это реальная опасность. Большое количество современных учеников сталкиваются с ними в повседневной жизни, и один из способов защитить учеников – их образование в области информационной безопасности.

✓ Обсуждение педагогических сценариев обучения школьников и их родителей основам информационной безопасности.

✓ Знакомство студентов с сайтами и порталами, которые предлагают актуальную информацию для обучающихся и их родителей по основам безопасного поведения в информационном пространстве, предоставляют методическую поддержку для учителей.

✓ Моделирование в учебной деятельности аспектов будущей профессиональной деятельности будущих педагогов. Для этого нами разработана система учебно-методических задач [2].

Рассмотрим в качестве примера несколько учебно-методических задач:

➤ Составьте список вопросов, которые вы будете обсуждать с детьми на классном часе по проблеме безопасности в социальных сетях. Составьте список вопросов, которые вы будете рассматривать с родителями на собрании, посвя-

ценном этой проблеме. Есть ли отличие при формировании этих списков. Ответ обоснуйте.

➤ Создайте постер, посвященный одному из аспектов информационной безопасности.

➤ Достоверность – одно из существенных качеств информации. Вам необходимо научить учеников внимательно относиться к информации, получаемой из Интернета. Подготовьте материал для тренинга, на котором Вы будете формировать у обучающихся представление о достоверной и недостоверной информации.

➤ Разработайте сценарий квеста по теме «Информационные угрозы в сети». Объясните свой отбор материала для него. Опишите роли, предлагаемые обучаемым (например, Сетевой геймер, Веб-клиент, Виртуальный собеседник и т. п.).

➤ Чтобы помочь вашим ученикам понять последствия, связанные с кибератаками, их масштаб и серьезность, вы хотите познакомить их с историями людей и организаций, ставших жертвами кибератак. Приведите примеры 2-3 историй.

Кроме этого предлагаем студентам задания по работе с ситуационными задачами. Такие задачи позволяют сочетать компетентностно ориентированный подход с традиционным содержанием образования [4, 5]. Ситуационные задачи являются эффективными инструментами для подготовки обучающихся к распознаванию информационных угроз и правильному поведению при встрече с ними. Студенты самостоятельно составляют ситуационные задачи, на занятии происходит их коллективное обсуждение. Рассмотрим несколько задач, подготовленных студентами:

1. Вам на электронную почту пришло письмо. «Методика Дифференцированных Функциональных Состояний – использование возможностей собственной психики в полном объеме: умение накапливать, концентрировать и направлять энергию на конкретную деятельность. Курс обучения методике основан на ПРАКТИЧЕСКИХ занятиях, а полученные навыки остаются с вами на всю жизнь, и вы сможете использовать их в любой ситуации. Что можно сделать с помощью методики? Значительно увеличить эффективность взаимодействия с окружающими людьми – вы научитесь чувствовать собеседника, ясно видеть его интересы, цели, распознавать эмоциональное состояние ("встраиваться" в него), находить общий язык и, как следствие, - лучше понимать других, адекватнее предъявлять себя, действовать и достигать желаемых результатов. Понимать, что стоит "за словами" вашего собеседника. Для бесплатного прохождения курса необходима регистрация». Стали бы Вы отвечать на такое сообщение или нет? Почему приняли такое решение?

2. Учитель опубликовал в социальной сети ссылку на Zoom конференцию, приглашая к участию учеников. Как вы считаете, нарушил он правила информационной безопасности или нет? Ответ обоснуйте.

3. Одному из педагогов на телефон пришло СМС-сообщение: «Уважаемые коллеги! Поздравляем вас с Новым годом и Рождеством, желаем вам крепкого здоровья, творческих успехов, профессионального роста и развития и продолжаем знакомить вас с программой открытых вебинаров и онлайн-курсов. Подробности на сайте: <http://kurs.online>». Он перешел по ссылке. Какие последствия могут возникнуть в результате его действий? Обоснуйте свой ответ.

При работе со студентами мы стремимся использовать интерактивные методы. Опыт, полученный в ходе таких занятий, студенты смогут применить при организации урочной и внеурочной деятельности школьников с целью знакомства с основами информационной безопасности. Например, были организованы дебаты на тему «Береги онлайн-репутацию смолоду». Студентам необходимо было ясно и логично сформулировать свою позицию; найти убедительные факты и доводы в ее поддержку; контраргументы для тезисов противной стороны. В своей работе мы попробовали использовать современный игровой формат под названием «Конференция провалов». На публичных мероприятиях обычно рассказывают об успешных проектах и победах, а ошибки, провалы и неудачи принято держать в секрете.

Но каждая неудача – это бесценный опыт, которым надо обязательно поделиться с другими. На этом интерактивном мероприятии будущие педагоги имели возможность рассказать о своих провалах в области информационной безопасности и вынесенных из этого уроках. Данный формат работы предполагает использование технологии сторителлинга и создание историй с определенной структурой [3,4].

Еще одна из форм работы со студентами, которую они впоследствии могут реализовать в процессе обучения школьников – конкурс комиксов по основам информационной безопасности. Для визуализации сюжета можно воспользоваться цифровыми сервисами (рис. 1).



Рис. 1. Фрагмент комикса, созданного с помощью цифрового сервиса

Резюмируя вышесказанное, можно отметить, что содержание данного курса, применяемые нами в рамках курса формы и методы обучения студентов позволяют сформировать у будущих педагогов готовность к обучению школьников основам информационной безопасности. Целенаправленное формирование у студентов опыта использования различных средств, методов, приемов и организационных форм обучения безопасному поведению в цифровом пространстве помогает им успешно осуществлять подобную педагогическую деятельность в дальнейшей работе со школьниками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Богатырева Ю. И.* Методическая система подготовки будущих педагогов к обеспечению информационной безопасности школьников // *Современные проблемы науки и образования: электронный научный журнал.* 2014. № 1. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=11957> (дата обращения: 20.03.2022).

2. *Огуцова Е. Ю.* Учебно-методические задачи как средство формирования у будущих педагогов профессиональных умений по использованию сервисов Веб 2.0 // *Современные технологии в науке и образовании: сборник трудов международного научно-технического форума.* 2018. С. 61-64.

3. *Огуцова Е. Ю., Журавлев И. Д.* Использование цифрового сторителлинга в профессиональной деятельности педагога // *Ученые записки ИУО РАО.* 2017. № 1 (61). С. 111-113.

4. *Огуцова Е. Ю., Фадеев Р. Н.* Подготовка будущих учителей к обучению школьников основам кибербезопасности // *Ноосферные исследования.* 2021. № 3. С. 88-97.

5. *Суровцева В. А.* Ситуационная задача как один из современных методических ресурсов обновления содержания школьного образования // *Школьная педагогика.* 2016. № 4 (7). С. 48-57.

6. *Троицкая О. Н., Вохтомина Е. Д.* Подготовка будущих учителей математики и информатики к обучению школьников основам кибербезопасности // *Информатика и образование.* 2019. № 8. С. 24-31.

УДК 37.013, 372.8

А. С. Яшкова

ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ПРЕПОДАВАНИЯ ОБЖ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Аннотация: в статье рассматриваются актуальные проблемы ОБЖ и предлагаются мероприятия, направленные на решение озвученных проблем. Предмет «Основы

безопасности жизнедеятельности» является областью научных знаний, включающей в себя теоретические основы различных дисциплин и практические навыки по защите населения в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера. Представлены результаты исследования по вопросу отношения школьников и студентов к дисциплине ОБЖ.

Ключевые слова: основы безопасности жизнедеятельности, чрезвычайные ситуации, проблемы преподавания.

A. S. Yashkova

ACTUAL PROBLEMS OF MODERN LIFE EDUCATION TEACHING AND WAYS TO SOLVE THEM

Abstract: the article discusses current problems of housing and communal services and suggests measures aimed at solving the voiced problems. The subject "Fundamentals of life safety" is a field of scientific knowledge that includes the theoretical foundations of various disciplines and practical skills for protecting the population in natural and man-made emergencies. The results of a study on the attitude of schoolchildren and students to the discipline of housing and communal services are presented.

Keywords: fundamentals of life safety, emergencies, problems of teaching.

В последнее время в России наблюдается рост количества происшествий, связанных с получением увечий, различных травм или даже гибели людей, в том числе детей и подростков. В этой связи в образовательных учреждениях всех типов уделяется огромное внимание преподаванию курса «Основы безопасности жизнедеятельности». В процессе изучения данного предмета будут сформированы представления о ценности ведения здорового образа жизни, будут приобретены навыки оказания первой медицинской помощи пострадавшему [2].

ОБЖ – это тот предмет, который пригодится и сопровождает человека всю его сознательную жизнь. Его изучают в школе, колледже, университете и академии. И, даже в последствии, при трудоустройстве человек проходит инструктаж по охране труда и регулярные обучения.

Приоритетными направлениями преподавания предмета ОБЖ на ступенях основного общего и среднего общего образования являются:

- основы медицинских знаний и здорового образа жизни;
- основы безопасного поведения в чрезвычайных и опасных ситуациях социального характера;
- современный комплекс проблем безопасности;
- основы военной службы [1].

В связи с чем, целесообразно выявить основные проблемы современного преподавания ОБЖ и предложить мероприятия, направленные на решение таких проблем.

Автором было проведено исследование среди школьников и студентов по вопросу отношения к дисциплине ОБЖ. База исследования – студенты факультета Экономики и управления направления подготовки «Финансы и кредит» Новосибирского ГАУ и обучающиеся МАОУ гимназия № 11 «Гармония» г. Новосибирск. Метод исследования – опрос. В опросе приняли участие 23 студента первого курса и 31 обучающийся седьмых классов.

К современным трудностям преподавания предмета относятся:

1. Отношение школьников и студентов к предмету. «Основы безопасности жизнедеятельности» многими школьниками и студентами воспринимаются не всерьез, многие его считают ненужным, в связи с этим не уделяют необходимого внимания изучению данной дисциплины и подготовке домашнего задания, что подтверждают результаты проведенного исследования (рис. 1).

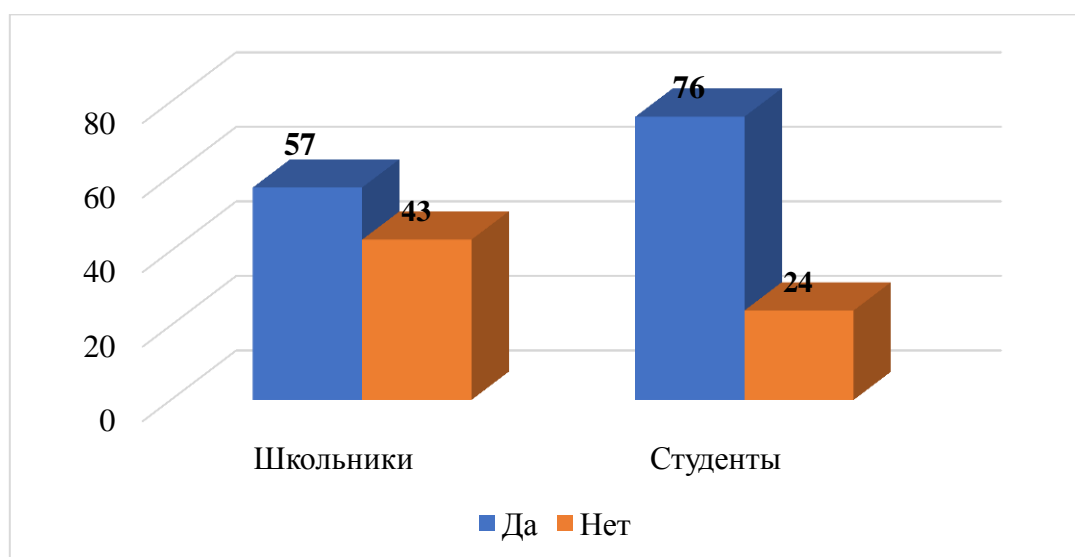


Рис. 1. Ответ на вопрос «Считаете ли вы предмет ОБЖ необходимым и уместным в системе образования?», %

Хотелось бы отметить, что студенты, в силу своего имеющегося опыта и возраста, в большинстве считают данный предмет необходимым для преподавания в школе и университете.

Вместе с тем, сейчас очень сложно заинтересовать школьников в каком-либо предмете, особенно учитывая их низкую мотивацию и включенность в образовательный процесс.

Для возможного решения этой проблемы предлагается использовать нетрадиционные формы проведения занятий с учетом следующих принципов:

- наглядность;
- практика;
- анализ конкретных ситуаций;
- нахождение выхода из сложившейся ситуации.

Преподавателям рекомендуется сочетать традиционные и нетрадиционные формы проведения занятий, это позволяет активизировать обучающихся и лучше усвоить учебный материал. Можно проводить конкурсы, ролевые игры, это в значительной степени повысит заинтересованность и качество знаний обучающихся и будет служить дополнительным стимулом в овладении навыками безопасной жизнедеятельности [3].

2. Необходимость и возможность сопоставления теоретических знаний с их практическим применением в повседневной жизни.

В условиях чрезвычайной ситуации нужно действовать профессионально и умело, поэтому изучение теории с учебника предполагает закрепление полученных знаний на практике. Результаты опроса по данному аспекту показали, что в основном преподаватели используют специализированные стенды и плакаты, в редких случаях – атрибуты для навыков оказания первой помощи (рис.2).

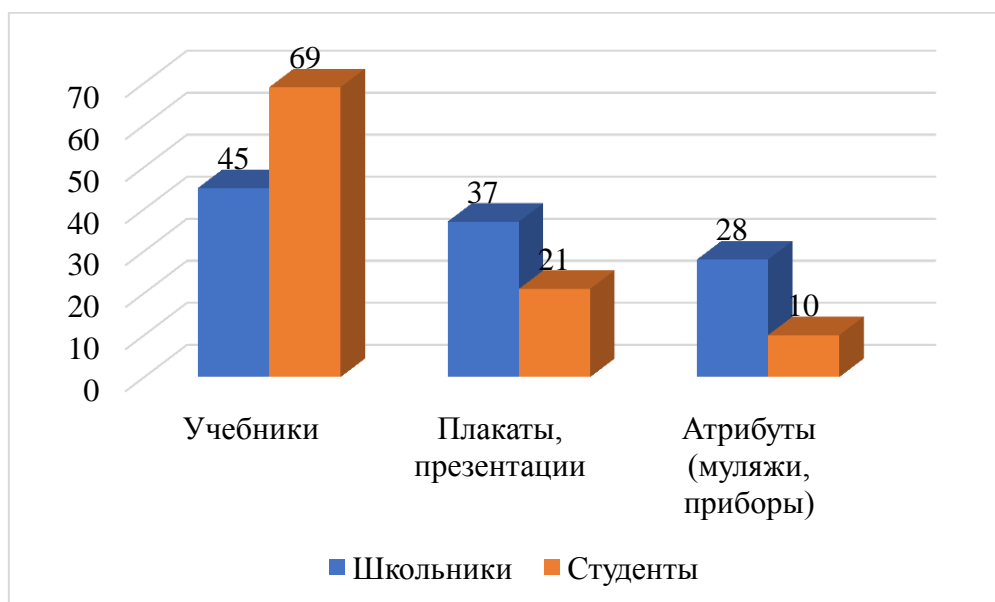


Рис. 2. Ответ на вопрос «Какие средства обучения используются преподавателями?», %

Для решения представленной проблемы можно закреплять знания на практике с использованием электронных муляжей, это позволяет смоделировать травматические ситуации и отработать навыки первой помощи.

Также со школьниками можно проводить практические занятия на открытой местности, ходить в походы и обыгрывать различные чрезвычайные ситуации.

3. Отсутствие подготовки высококвалифицированных кадров для преподавания ОБЖ.

Сейчас несколько педагогических университетов в России готовят выпускников – учителей ОБЖ, но, даже несмотря на отличную подготовку и успехи в обучении, он сильно уступает отслужившему в ВС РФ не один год и имеющего опыт прохождения воинской службы. 2020 год отмечается высоким оттоком офицеров запаса из образовательных учреждений. Причины увольнений следующие:

- недостаточная компьютеризация;
- разработка учебного плана на каждый класс;
- снижение мотивации учеников к учебе.

Для решения данной, очень сложной и актуальной, на наш взгляд, проблемы необходимо в корне пересмотреть технологическое и методическое обеспечение современных школ, колледжей и университетов. Заниматься этим нужно на уровне региональных и местных властей, привлекать средства меценатов.

Таким образом, в результате проведенного исследования, нами были обозначены три наиболее актуальные проблемы современного преподавания ОБЖ и намечены возможные пути их решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Горбач И. Г.* Проблемы деятельности педагога в преподавании ОБЖ и основ медицинских знаний / И. Г. Горбач // Современные проблемы естествознания в науке и образовательном процессе: Сборник статей Республиканской научно-практической конференции с международным участием, Минск, 19 ноября 2019 года / Редколлегия А.В. Деревинский [и др.]. – Минск: Учреждение образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка», 2019. – С. 285-286.

2. *Данченко С. П.* О некоторых концептуальных проблемах развития преподавания ОБЖ / С. П. Данченко // ОБЖ: Основы безопасности жизни. – 2020. – № 1. – С. 8-10.

3. *Мапельман В. М.* Решать проблемы ОБЖ нужно не на бумаге, а в жизни / В. М. Мапельман // Основы безопасности жизнедеятельности. – 2019. – № 8(236). – С. 14-17.

УДК: 37.013.77

А. С. Яшкова, А. К. Зайнутдинов, Е. А. Пеканова
ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»

ОСОБЕННОСТИ МЕЖЛИЧНОСТНЫХ ОТНОШЕНИЙ КУРСАНТОВ И СТУДЕНТОВ АКАДЕМИИ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ МЧС РОССИИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация: в статье рассмотрены особенности обучения курсантов и студентов в Академии гражданской защиты МЧС России. Представлены и проанализированы результаты анкетирования обучающихся АГЗ МЧС России на тему: «Особенности межличностных отношений курсантов и студентов Академии гражданской защиты МЧС России в условиях совместного обучения».

Ключевые слова: межличностные отношения; современное обучение; анкетирование.

A. S. Yashkova, A. K. Zaynutdinov, E. A. Pekanova

FEATURES OF INTERPERSONAL RELATIONS OF CADETS AND STUDENTS OF THE ACADEMY OF CIVIL PROTECTION OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS OF RUSSIA IN THE CONDITIONS OF MODERN EDUCATION

Abstract: the article discusses the features of training cadets and students at the Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of Russia. The results of a questionnaire survey of students of the Ministry of Emergency Situations of Russia on the topic are presented and analyzed: "Features of interpersonal relations of cadets and students of the Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the conditions of co-education".

Keywords: interpersonal relations; modern education; questionnaire.

Актуальность темы заключается в рассмотрении особенностей межличностных отношений курсантов и студентов Академии гражданской защиты МЧС России в условиях современного обучения. Процесс обучения – это специально организованный, управляемый процесс взаимодействия преподавателей и обучающихся, направленный на усвоение знаний, умений, навыков, формирование мировоззрения, развитие умственных сил и потенциальных возможностей обучаемых, закрепление навыков самообразования в соответствии с поставленными целями [3]. Стоит отметить, что процесс обучения в АГЗ МЧС России, как в высшем военном учебном заведении, строится иным образом, чем в обычных образовательных учреждениях [1].

Академия гражданской защиты МЧС России – головной учебно-методический центр в системе военного высшего образования МЧС России. Из всех учебных заведений МЧС России – Академия, самый многопрофильный и универсальный вуз.

В настоящее время в Академии обучаются более двух тысяч человек. Обучение реализуется по 11-ти направлениям подготовки бакалавров (очной и заочной формы обучения), 36 основным образовательным программам: одна образовательная программа среднего общего образования, 4 программы подготовки кадров высшей квалификации и 31 программа бакалавриата, специалитета и магистратуры. Академия имеет в своем составе 2 института, 6 факультетов и 29 кафедр.

Основные цели учебного заведения определены в его уставе. Задачей Академии гражданской защиты МЧС России является подготовка гражданских и военных специалистов для работы в системе МЧС, в том числе речь идет о руководящем составе.

Эффективность обучения и подготовки специалистов повышается из года в год. Растет профессионализм научно-педагогического состава Академии, уровень технической оснащенности подразделений, количество и квалификация выпускаемых специалистов.

Ещё одной уникальной особенностью Академии гражданской защиты МЧС России является совместное обучение курсантов и студентов. Рассмотрим основные сходства и различия в повседневной деятельности курсантов и студентов АГЗ МЧС России.

Процесс поступления курсанта длительнее и сложнее: начинается он с военкомата по месту жительства, а заканчивается вступительными испытаниями и профессиональным отбором в АГЗ МЧС России. Поступление студентов ничем не отличается от поступления в другие вузы. Курсанты учатся только очно и на бюджетной основе. Студенты могут обучаться как очно, так и заочно, как на бюджетной, так и на платной основе.

После поступления курсанты принимают военную присягу на верность своему Отечеству и на протяжении всего обучения имеют статус военнослужащих. Студенты военной присяги не принимают, а дают торжественное обязательство соблюдать кодекс чести сотрудника МЧС России.

Курсанты постоянно проживают и проходят обучение на территории Академии. Выходят за территорию вуза только во время увольнений. К студентам это не относится. Внешний вид у курсантов и студентов также различается: курсанты ходят в военной форме МЧС России, студенты носят форменные жилеты ведомства.

Курсанты дополнительно изучают дисциплины военно-профессиональной направленности - «Строевая подготовка», «Огневая подготовка», «Общевоинские уставы Вооружённых сил РФ», привлекаются к несению внутренней службы. В учебном плане студентов таких дисциплин нет, и «нарядов» студенты не несут.

После выпуска курсантам присваивается воинское звание «лейтенант», студенты выпускаются без присвоения воинского звания.

После окончания АГЗ МЧС России и курсантам, и студентам выдается диплом государственного образца бакалавра/магистра/специалиста с указанием направления подготовки, на которой они обучались.

Выпускники командно-инженерного факультета распределяются для прохождения дальнейшей военной службы в территориальные органы МЧС России. Для выпускников «гражданских» факультетов распределение не предусмотрено.

Несмотря на огромное количество различий между курсантами и студентами, стоит отметить ряд сходств в их обучении. Во-первых, у курсантов и студентов пересекаются дисциплины образовательных программ, во-вторых, обучаются курсанты и студенты у одинакового профессорско-преподавательского состава, в-третьих, курсанты и студенты активно развивают культурную и общественную жизнь Академии гражданской защиты МЧС России. Ежегодно проводятся смотры-конкурсы художественной самодеятельности, первенство команд КВН среди факультетов, конкурсы профессионального мастерства, в которых курсанты и студенты непосредственно принимают участие.

Благодаря активному привлечению курсантов и студентов к общественной жизни, в Академии стали складываться пары, которые в дальнейшем перерастают в крепкие семейные союзы. Ежегодно, пресс-служба Академии гражданской защиты МЧС России запускает проект «Академия нас связала...», посвященный Дню Святого Валентина. В этом проекте семейные пары, созданные в нашей Академии, рассказывают свои романтические истории.

В целях рассмотрения особенностей межличностных отношений курсантов и студентов Академии гражданской защиты МЧС России в условиях современного обучения было выполнено эмпирическое исследование. Выборка исследования составила 34 человека. Метод сбора информации – опрос обучающихся (курсантов и студентов) в форме анкетирования: ответы обучающимися вносились в электронную анкету (опросник), которая содержала 20 вопросов.

Среди опрошенных респондентов (всего 34 человека) доля людей женского пола составила – 41,2% (14 человек), мужского пола – 58,8% (20 человек). Большая часть респондентов, а именно, 67,7 % (23 человека) в возрасте «19-22 года»; 23,5 % (8 человек) в возрасте «23-25 лет» и 8,8 % (3 человека) в возрасте «16-8 лет». Из 34 респондентов 52,9 % (18 человек) составили студенты, 47,1% (16 человек) составили курсанты.

На вопрос «Укажите Ваше семейное положение?» 52,9 % опрошенных респондентов (18 человек) ответили – «Одинок(-а)»; 44,1 % (15 человек) ответили – «Состою в отношениях» и 2,9 % (1 человек) ответил «Женат/Замужем».

На вопрос «Из какого федерального округа Вы приехали обучаться в Академию гражданской защиты МЧС России?» подавляющее большинство опрошенных респондентов, а именно, 58,8 % (20 человек) ответили, что приехали из «Центральный ФО»; 11,8 % (4 человека) ответили – «Уральский ФО»;

8,8 % (3 человека) ответили – «Сибирский ФО»; по 5,9% (по 2 человека) ответили – «Южный ФО», «Дальневосточный ФО», и «Северо-Западный ФО» соответственно; 2,9 % (1 человек) ответил – «Приволжский ФО».

На вопрос «По какой причине Вы поступили в Академию Гражданской Защиты МЧС России?» опрошенные респонденты дали следующие ответы: 32,4 % (11 человек) ответили – «Понравился внешний вид и материально-техническое обеспечение АГЗ МЧС России»; 29,4% (11 человек) ответили – «Хотел(-а)/Мечтал(-а) стать спасателем»; по 11,8% опрошенных респондентов (по 4 человека) ответили – «Хотел(-а)/Мечтал(-а) работать в системе МЧС России гражданским специалистом» и «Академия располагается близко к дому» соответственно; 8,8% (3 человека) поступили в АГЗ МЧС России вместе со своим братом и по 2,9% (по 1 человеку) ответили – «По рассказам (советам) друзей» и «Потому что не поступил курсантом».

Среди обучающихся АГЗ МЧС России, принимающих участие в нашем опросе 29,4 % (10 человек) обучаются на третьем курсе; по 26,9 % (по 4 человека) обучаются на втором и четвертом курсах, соответственно; 14,7 % (5 человек) обучаются на первом курсе и 2,9 % (1 человек) обучается на пятом курсе.

Расскажите о плюсах обучения в Академии гражданской защиты МЧС России?

34 ответа



Рис. 1. Диаграмма результатов ответов респондентов на вопрос: «Расскажите о плюсах обучения в Академии гражданской защиты МЧС России?»

На рис. 1 представлена диаграмма результатов ответов респондентов на вопрос: «Расскажите о плюсах обучения в Академии гражданской защиты МЧС России?». Среди плюсов обучения в Академии гражданской защиты МЧС России 41,2 % опрошенных респондентов (14 человек) отметили «Хороший профессорско-преподавательский состав»; 32,4 % (11 человек) отметили «Хорошую материально-техническую базу для обучения»; 23,5 % (8 человек) при ответе на данный вопрос указали «Интересные (необычные) дисциплины» и 2,9 % (1 человек) – «Транспортную доступность АГЗ МЧС России».

Расскажите о минусах обучения в Академии гражданской защиты МЧС России?

34 ответа

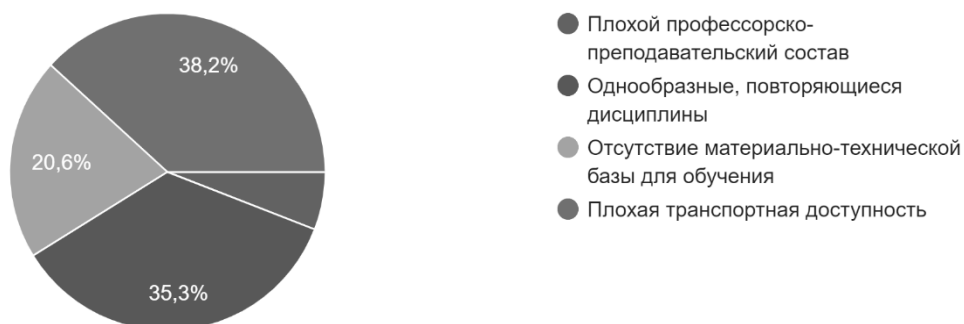


Рис. 2. Диаграмма результатов ответов на вопрос: «Расскажите о минусах обучения в Академии гражданской защиты МЧС России?»

Основными минусами обучения в Академии гражданской защиты МЧС России опрошенные обучающиеся считают: 38,2 % (13 человек) – «Плохая транспортная доступность АГЗ МЧС России»; 35,3 % (12 человек) – «Однообразные, повторяющиеся дисциплины»; 20,6 % (7 человек) – «Отсутствие материально-технической базы для обучения» и 5,9 % (2 человека) – «Плохой профессорско-преподавательский состав». Стоит отметить, что именно студенты факультетов (гуманитарного и инженерного) выделили плохую транспортную доступность Академии гражданской защиты МЧС России, так как дорога в Академию и обратно занимает достаточное большое количество времени.

На вопрос «Лекции, семинары, практические занятия по дисциплинам в основном проводятся?» половина опрошенных респондентов, а именно, 50 % (17 человек) ответили – «С использованием Power Point»; 23,5 % (8 человек) ответили – «С использованием обучающих фильмов»; 17,6 % (6 человек) ответили – «С использованием Интернет-ресурса»; 8,8 % (3 человека) ответили, что «Все вышеперечисленное не применяется».

При ответе на вопрос «В какой мере получаемые в Академии знания могут быть применимы в Вашей будущей профессиональной деятельности?» по 41,2 % (по 14 человек) ответили – «В основном применимы» и «Частично применимы», соответственно; 11,8 % (4 человека) ответили – «Не могут быть применимы» и 5,9 % (2 человека) ответили – «Полностью применимы». Скорее всего, данные показатели связаны с тем, что не все получаемые теоретические знания отрабатываются на практике.

При ответе на вопрос «Укажите, взаимосвязь теории и практики, степень практического применения теоретических знаний?» мнения обучающихся разделились следующим образом: 61,8 % (21 человек) ответили – «Недостаточно практических занятий» и 38,2 % (13 человек) ответили – «Теоретический материал подкреплён достаточным количеством практических занятий».

Тем респондентам, которые ответили на вопрос о семейном положении «Женат/Замужем/Состою в отношениях» было предложено пройти еще один блок анкетирования. На вопрос «Где Вы познакомились со своей второй половинкой?» 50 % (8 человек) обучающихся ответили – «Начали отношения ещё до поступления в АГЗ МЧС России»; 37,5 % (6 человек) ответили – «В АГЗ МЧС России (курсант/студентка)»; 12,5 % (2 человека) ответили – «В увольнении (девушка не является студенткой АГЗ МЧС России).

Для тех респондентов (6 человек), которые ответили на предыдущий вопрос «В АГЗ МЧС России (курсант/студентка)» был предложен ещё один раздел анкетирования, раскрывающий все достоинства и недостатки межличностных отношений курсантов и студентов Академии гражданской защиты МЧС России в условиях современного обучения.

На вопрос «Где/Как Вы познакомились со своей второй половинкой в АГЗ МЧС России?» 66,7 % (4 человека) ответили – «Во время общественной деятельности (при участии в концертах, праздничных мероприятиях)»; по 16,7 % (по 1 человеку) ответили – «Во время спортивной деятельности (на тренировках, при участии в спортивных соревнованиях)» и «Мы из одной группы», соответственно.

При ответе на вопрос «Хватает ли Вам времени на общение со своей второй половинкой?» 83,3 % (5 человек) ответили – «Нет, не хватает (учеба и прочие задачи отнимают очень много времени)»; 16,7 % (1 человек) – «Да, хватает».

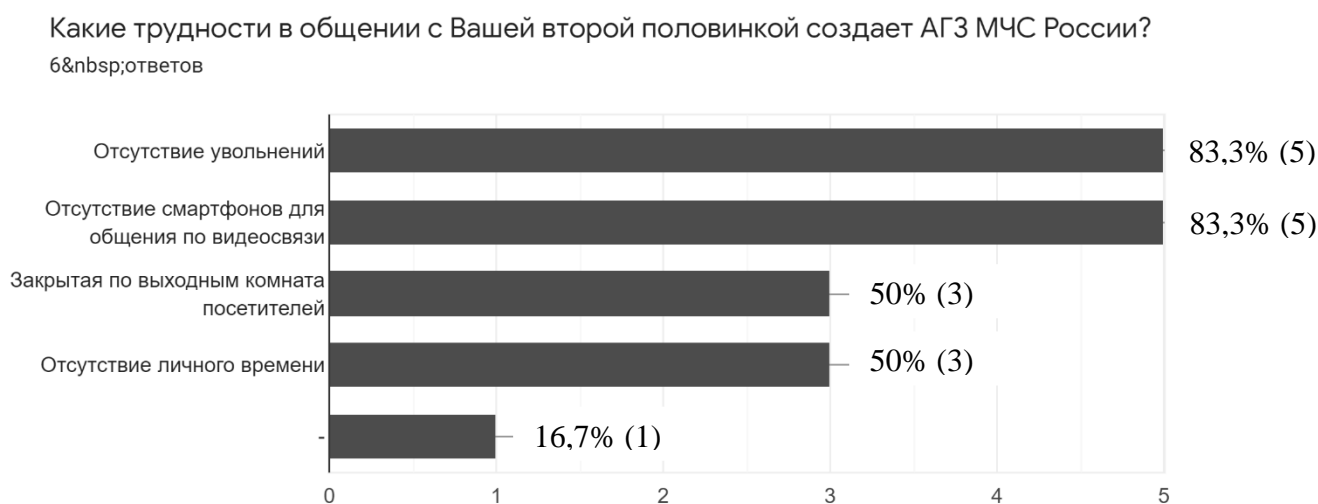


Рис. 3. Гистограмма результатов ответов на вопрос «Какие трудности в общении с Вашей второй половинкой создает АГЗ МЧС России?»

На рис. 3 изображена гистограмма результатов ответов на вопрос «Какие трудности в общении с Вашей второй половинкой создает АГЗ МЧС России?». По 83,3 % опрошенных респондентов (по 5 человек) ответили – «Отсутствие увольнений» и «Отсутствие смартфонов для общения по видеосвязи»; по 50 % (по 3 человека) ответили – «Закрытая по выходным комната посетителей» и «Отсутствие личного времени»; 16,7 % (1 человек) затруднился ответить на данный вопрос.

На вопрос «Как Вы относитесь к совместному обучению курсантов и студентов в Академии гражданской защиты России?» 97,1 % опрошенных (33 человека) ответили – «Положительно» и 2,9 % (1 человек) ответил – «Отрицательно». Мы попросили наших респондентов аргументировать свои ответы на данный вопрос. Отрицательное отношение к совместному обучению курсантов и студентов в АГЗ МЧС России было аргументировано тем, что на перерывах в коридорах очень много людей, создаются постоянные очереди. Те обучающиеся, которые ответили «Положительно», аргументировали это тем, что совместное обучение проходит разнообразнее, веселее, интереснее; далеко не в каждом высшем учебном заведении можно встретить совместное обучение военных курсантов и гражданских студентов, что придает АГЗ МЧС еще больше уникальности; благодаря такому формату обучения обучающиеся (и курсанты, и студенты) имеют возможность встретить свою вторую половинку и разнообразить серые будни обучения яркими красками.

Участникам анкетирования на тему: «Особенности межличностных отношений курсантов и студентов Академии гражданской защиты МЧС России в условиях совместного обучения» было предложено поделиться своими предложениями по улучшению обучения в Академии гражданской защиты МЧС России. Опрошенные респонденты высказали следующие предложения: увеличить количество практических занятий по дисциплинам; улучшить работу информационной системы «Портал электронного образования (элемент ЭИОС)»; адаптировать расписание учебных занятий под повседневную деятельность курсантов и студентов. Также респондентам было предложено поделиться своими предложениями по улучшению личных условий в Академии гражданской защиты МЧС России. Они выделили: улучшить транспортную доступность АГЗ МЧС России; увеличить личное время (для курсантов); улучшить питание в столовой; увеличить количество увольнений.

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод: учитывая все особенности, достоинства и недостатки совместного обучения курсантов и студентов в Академии гражданской защиты МЧС России можно выделить ряд проблем, которые были обозначены нашими респондентами, связанные с трудностями в обучении и личной жизни. Данные проблемы необходимо решать с целью улучшения качества обучения и личных условий курсантов и студентов в АГЗ МЧС России.

Совместное обучение курсантов и студентов является одним из критериев, который делает Академию гражданской защиты МЧС России уникальным высшим образовательным учреждением. Благодаря активному взаимодействию «военных» и «гражданских» обучающихся курсантам становится немного легче переносить тяготы курсантских будней, разнообразнее и интереснее учиться, участвовать в спортивной и общественной деятельности АГЗ МЧС России, а студентам помогает более полно соприкоснуться с тематикой Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. В рамках совместного обучения курсантов и студентов в АГЗ МЧС России создаются пары, которые в дальнейшем перерастают в крепкие семейные союзы. Необходимо создавать комфортные условия обучения (адаптировать расписание, увеличить количество практических занятий по дисциплинам), благоприятный психологический климат, способствующий формированию комфортных отношений между курсантами и студентами; проводить общественные и спортивные мероприятия на сплочение курсантов и студентов, ведь только в коллективе как группе высокого уровня развития создаются наиболее благоприятные возможности для эффективного обучения и становления лучших черт характера личности, формирования крепких пар, поддержание дружеских взаимоотношений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Антропов В. А.* Профессиональное становление личности специалиста в период обучения в вузе / В.А Антропов, Т.В. Туманов, И.Е. Семенко. - Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. ун-та путей сообщения, 2007.
2. *Громкова М. Т.* Педагогика высшей школы / М.Т. Громкова. - М.: Юниги-Дана, 2012. - 447 с.
3. *Загвязинский В. И.* Теория обучения: современная интерпретация / В.И. Загвязинский. - 3-е изд., испр. - М.: Академия, 2006. – 192 с.

РАЗДЕЛ 4

ИНФОРМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

УДК 681.5.013

Е. А. Алексеев, А. Н. Лабутин

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

УПРАВЛЕНИЕ РЕАКТОРОМ ТВЕРДОФАЗНОГО ДОПОЛИАМИДИРОВАНИЯ

Аннотация: получена формализованная математическая модель стадии твердофазного дополиамидирования. Предложен алгоритм регулирования концентрации мономера в гранулах на выходе из реактора и определены его параметры. Проведена серия вычислительных экспериментов, подтвердившая работоспособность предложенного алгоритма.

Ключевые слова: полиамид-6; реактор-дополимеризатор; математическое моделирование; алгоритм управления; регулятор состояния.

E. A. Alekseev, A. N. Labutin

CONTROL OF PREPOLYAMIDATION TANK

Abstract: Formalized mathematical model of solid phase prepolyamidation was derived. Control algorithm of caprolactam concentration at pellets of polymer at tank outlet was suggested, parameters of control algorithm were determined. Results of series of numerical experiments carried out using of simulation model of tank confirmed efficiency of proposed control algorithm.

Keywords: polyamide-6; prepolyamidation tank; math modeling; control algorithm; state-space controller.

Традиционным способом получения полиамид-6 является полимеризации капролактама в расплаве при температуре 250÷270 °С. С целью существенного снижения содержания низкомолекулярных соединений в полимере и повышения энергоэффективности в работах [1-2] предложено ввести в технологическую схему синтеза дополнительную стадию твердофазного дополиамидирования в токе инертного газа при температуре ≈180 °С.

Стадия дополиамидирования относится к сложным гетерофазным процессам. Авторами [3-4] были проведены исследования кинетики реакции допо-

лиамидирования в твёрдой фазе, теоретические и экспериментальные исследования пилотного реактора для реализации процесса. Реактор-дополимеризатор представляет собой аппарат типа «труба в трубе». Твёрдая фаза перемещается по длине аппарата посредством вращающегося шнека, содержащего ряд равномерно распределённых по длине вала лопастей. Таким образом, аппарат получается «разделённым» на ячейки одинакового размера. В рубашку подается жидкофазный теплоноситель. Реактор непрерывно продувается горячим азотом с целью исключения возможного контакта полупродукта с кислородом.

Технологическими параметрами, характеризующими состояние процесса и определяющими его эффективность, являются концентрация мономера в гранулах и температура твёрдых частиц.

Повышение энерго- и ресурсоэффективности процессов предусматривает синтез работоспособных алгоритмов управления объектом [5]. Главная цель и задача системы автоматизации и управления дополимеризатором заключается в поддержании концентрации мономера в гранулах и температуры гранул на выходе на заданном уровне. Синтез алгоритмов управления предполагает наличие математической модели объекта.

В [4] представлена математическая модель процесса, отражающая структуру гидродинамических потоков, процессы в твёрдых частицах полимера, взаимодействие твёрдой и парогазовой фаз с учётом конструктивных особенностей пилотного реактора. Ячеечная математическая модель представляет собой систему обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений. Для решения задач синтеза системы управления использование данной математической модели невозможно ввиду её высокой размерности.

Проведя ряд вычислительных экспериментов с использованием ячейки модели была получена формализованная математическая модель объекта по каналам управления и возмущения в форме передаточных функций. Передаточная функция по каналу регулирования концентрации: «расход гранул (u) – концентрация мономера в гранулах на выходе (y)» имеет вид:

$$W_{об}(s) = \frac{\hat{y}}{\hat{u}} = \frac{k_{об}}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)} e^{-s\tau_3} = \frac{5.2}{(8.15s + 1)(10s + 1)} e^{-3.4s}, \quad (1)$$

где $k_{об}$ – коэффициент передачи, масс. % / [кг/ч]; T_1, T_2 – постоянные времени объекта, ч.; τ_3 – время запаздывания, ч.

Формализованная модель отражает поведение объекта в окрестности состояния статики.

Как известно, звено запаздывания может быть аппроксимировано апериодическим звеном первого порядка [6]:

$$W_3(s) = \frac{\hat{y}}{\hat{u}} \cong \frac{1}{\tau_3 s + 1} \cong \frac{1}{3.4s + 1}$$

Такая аппроксимация вносит ошибку по фазе в 5° и ошибку по амплитуде 0.145, которыми можно пренебречь. Тогда передаточная функция по каналу регулирования (1) примет следующий вид:

$$W_{об}(s) = \frac{\hat{y}}{\hat{u}} = \frac{1}{3.4s + 1} \cdot \frac{5.2}{(8.15s + 1)(10s + 1)}. \quad (2)$$

Для решения задачи синтеза алгоритма управления преобразуем математическую модель реактора по каналу управления (2) в модель пространства состояний:

$$\frac{dx_1}{d\tau} = x_2, \quad \frac{dx_2}{d\tau} = x_3, \quad \frac{dx_3}{d\tau} = -0.0004x_1 - 0.08x_2 - 0.52x_3 + 0.02u, \quad (3)$$

где $x_1 = y$ – концентрация мономера в гранулах на выходе; x_2 – скорость изменения концентрации мономера в гранулах; x_3 – ускорение изменения концентрации мономера в гранулах.

С точки зрения качества и эффективности управления в настоящее время наиболее перспективными считаются алгоритмы на базе регуляторов состояния (РС) с интегральной составляющей [7-8].

Для синтеза астатического закона регулирования, обладающего свойством робастности, необходимо ввести интегральную составляющую в алгоритм управления [9-10]. Для этого расширим исходное пространство состояния объекта дополнительной переменной, подчиняющейся уравнению [7, 11-13]

$$\frac{dx_4}{d\tau} = \bar{x}_1 - x_1 \quad (4)$$

где x_1 и \bar{x}_1 – текущее и заданное значения концентрации мономера в готовом полимере.

Из (4) следует, что $x_4 = \int_0^\infty (\bar{x}_1 - x_1) d\tau$. Векторно-матричное представление объекта (3), (4) имеет вид

$$\frac{d\bar{x}}{d\tau} = A\bar{x} + Bu, \quad y = C\bar{x}, \quad (5)$$

где $\bar{x} = (x_1, x_2, x_3, x_4)^T$, $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -0.004 & -0.08 & -0.52 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$, $B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0.02 \\ 0 \end{bmatrix}$, $C = [1 \ 0 \ 0 \ 0]$.

Регулятор состояния формирует управляющее воздействие в форме линейной функции от переменных состояния [7-8]:

$$u = -K\bar{x} = -k_1x_1 - k_2x_2 - k_3x_3 - k_4x_4. \quad (6)$$

Для определения параметров регуляторов состояния активно применяется метод модального управления. Он является одним из эффективных методов параметрического синтеза регуляторов, который обеспечивает желаемое расположение корней характеристического уравнения системы стабилизации [13] и, таким образом, желаемый характер и показатели качества переходного процесса управления.

В настоящей работе параметры алгоритма управления (k_1, k_2, k_3, k_4) определены по соотношению (7) [8]:

$$k = \bar{k}\bar{U}U^{-1}, \quad (7)$$

где $\bar{k} = ((d_0 - a_0) (d_1 - a_1) \dots (d_{n-1} - a_{n-1}))$ – матрица регулятора для объекта, представленного в канонической управляемой форме, (a_i, d_i) – коэффициенты характеристического полинома объекта и эталонного характеристического полинома замкнутой системы, при котором обеспечивается устойчивость и необходимое качество переходного процесса управления; $\bar{U} = [\bar{B} : \bar{A}\bar{B} : \bar{A}^2\bar{B} : \dots : \bar{A}^{n-1}\bar{B}]$, $U = [B : AB : A^2B : \dots : A^{n-1}B]$ – матрицы управляемости объекта, представленного в канонической управляемой форме и в реальных координатах.

Характеристический полином объекта (3) – (4) имеет вид

$$F(s) = |sI - A| = s^4 + 0.52s^3 + 0.08s^2 + 0.004s + 0 = s^4 + a_3s^3 + a_2s^2 + a_1s + a_0$$

В качестве желаемого характеристического полинома для замкнутой системы стабилизации, имеющей апериодический характер переходных процессов, примем биномиальную стандартную форму четвертого порядка – такой порядок соразмерен с порядком системы:

$$H(s) = (s + \Omega_0)^4 = s^4 + 4\Omega_0s^3 + 6\Omega_0^2s^2 + 4\Omega_0^3s + \Omega_0^4 = s^4 + d_3s^3 + d_2s^2 + d_1s + d_0,$$

где Ω_0 – настроечный параметр.

Значение параметра Ω_0 (среднегеометрический корень) для выбранного типа и порядка эталонного полинома и заданного времени переходного процесса регулирования τ_p определяется по соотношению [7]:

$$\Omega_0 = \frac{\tau_0}{\tau_p}, \quad (8)$$

где τ_0 – безразмерное время регулирования, определённое для нормированной стандартной переходной функции системы при $\Omega_0 = 1$ и единичном входном воздействии.

Примем $\tau_0 = 7.9$ [7], $\tau_p \approx 25$ ч. Таким образом $\Omega_0 = 0.32$ (ч^{-1}). Параметры астатического регулятора имеют значения: $k_1 = 6.35$, $k_2 = 26.72$, $k_3 = 38$, $k_4 = -0.52$.

Исследование работоспособности предложенного алгоритма регулирования заключалось в исследовании свойств инвариантности системы к возмущениям и ковариантности с заданием при сформированных требованиях к точности в статике и динамике, а также к времени регулирования.

На рис. 1 показаны результаты исследования замкнутой системы на ковариантность с заданием при изменении задания на величину $\Delta C_{\text{кл}}^{\text{зад}} = 0.5$ масс.% при $\tau = 10$ ч. Как следует из рис. 1, замкнутая система с астатическим регулятором состояния является ковариантной с задающим воздействием – переходный процесс управления имеет монотонный апериодический характер, время регулирования $\tau_p \approx 20.8$ ч не превышает заданного значения.

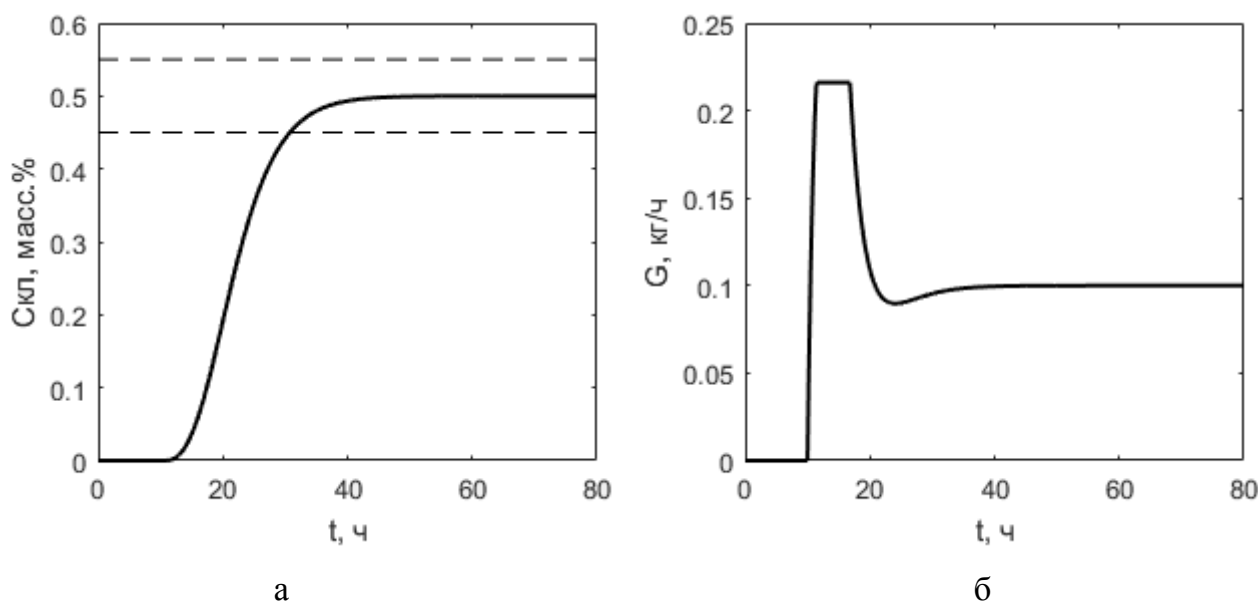


Рис. 1. Переходные процессы выходной координаты (а) и управления (б) при изменении задания регулятору $\Delta C_{\text{кл}}^{\text{зад}} = 0.5$ масс.%

На рис. 2 приведены результаты исследования системы на инвариантность к действию внешнего возмущения. При моделировании математическая модель в форме (3) - (4) была дополнена уравнениями, описывающими объект по каналу возмущения.

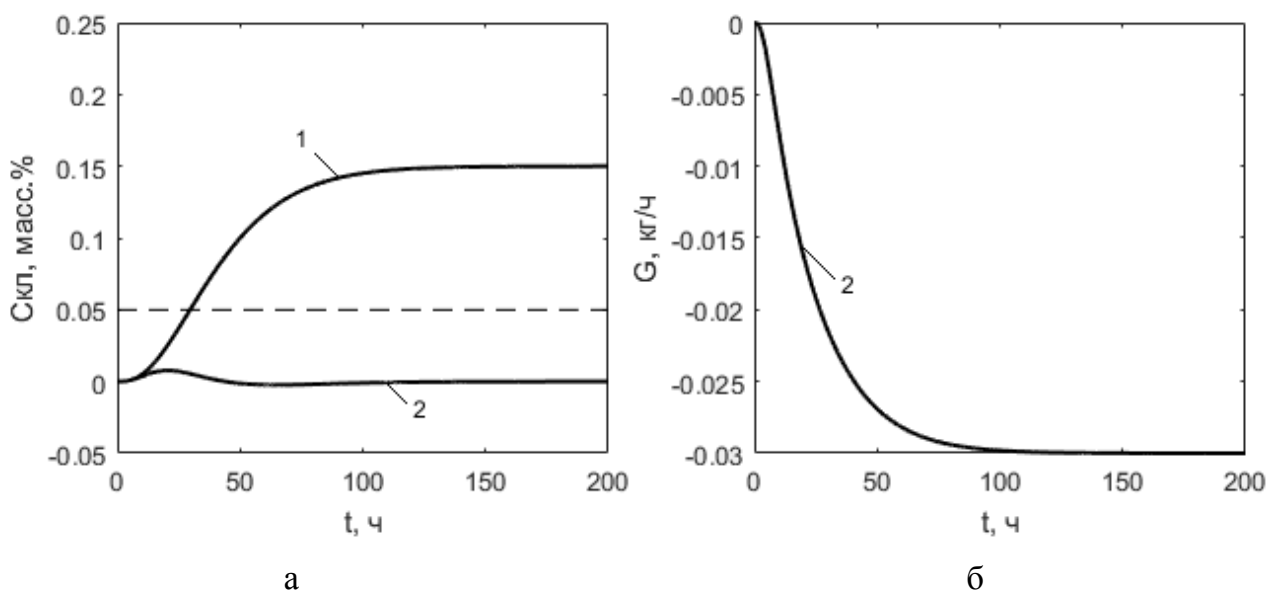


Рис. 2. Переходные процессы выходной координаты и управления при действии внешнего возмущения $\Delta C_{\text{кл,вх}} = + 0.5$ масс. %: 1 – объект; 2 – замкнутая система с астатическим регулятором состояния

Объект без регулятора под воздействием внешнего возмущения выходит на новое установившееся значение. Применение алгоритма регулирования позволяет компенсировать влияние изменения начального содержания мономера в гранулах. Система регулирования с астатическим алгоритмом регулирования компенсирует воздействие внешнего возмущения без статической ошибки и, следовательно, является инвариантной к действию возмущения.

Таким образом, алгоритм управления концентрацией капролактама в гранулах полимера на базе регулятора состояния является работоспособным и может быть рекомендован к практическому применению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мизеровский Л. Н. Перспективы совершенствования технологии получения поликапроамида, используемого в производстве текстильных и технических нитей. Часть 1 / Л.Н. Мизеровский, Ю.М. Базаров, М.Г. Павлов // Хим. Волокна. – 2003. – № 5. – С. 15-19.
2. Мизеровский Л. Н. Перспективы совершенствования технологии получения поликапроамида, используемого в производстве текстильных и технических нитей. Часть 2 / Л.Н. Мизеровский, Ю.М. Базаров, М.Г. Павлов // Хим. Волокна. – 2003. – № 6. – С. 9-14.
3. Мизеровский Л. Н. Твердофазный синтез полиамида-6 / Л.Н. Мизеровский, Ю.М. Базаров // Хим. волокна. – 2006. - № 4. – С. 40-48.
4. Алексеев Е. А. Моделирование процесса получения полиамида-6 / Е.А. Алексеев, Б.А. Головушкин, А.Н. Лабутин, Е.В. Ерофеева // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2015. – Т.58. – Вып. 1. – С. 65-68.

5. Мешалкин В. П. Модели управления энергоэффективностью сложных химико-технологических систем / В.П. Мешалкин, В.И. Бобков, В.И. Борисов, М.И. Дли. – Смоленск: Универсум, 2017. – 204 с.
6. Титов Н. И. Моделирование систем с запаздыванием / Н.И. Титов, В.К. Успенский. – Л.: Энергия, 1969. – 98 с.
7. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и тт.; 2-е изд., перераб. и доп. Т.3: Синтез регуляторов систем автоматического управления / Под ред. К.А. Пупкова и Н.Д. Егупова. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 616 с.
8. Тютиков В. В. Робастное модальное управление технологическими объектами / В.В. Тютиков, С.В. Тарарыкин – И.: Ивановский гос. Энергетический ун-т им. В.И. Ленина, 2006. – 256 с.
9. Лабутин А. Н. Аналитический синтез системы управления химическим реактором / А.Н. Лабутин, В.Ю. Невиницын // Теорет. основы хим. технологии. – 2014. – Т. 48, № 3. – С. 318-322.
10. Ротач В. Я. Теория автоматического управления: учебник для студентов вузов / В.Я. Ротач. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 396 с.
11. Chia-Chi Tsui. Robust control system design. Advanced state space techniques / Chia-Chi Tsui. – 2-nd edition, rev. and exp. – CRC Press, 2003. – 500 pp.
12. Randy A. Freeman. Robust nonlinear control design. State-space and Lyapunov techniques / Randy A. Freeman, Petar V. Kokotovic. – Birkhäuser, 2008. – 257 pp.
13. Григорьев В. В. Синтез систем управления методом модального управления / В.В. Григорьев, Н.В. Журавлёва, Г.В. Лукьянова, К.А. Сергеев. – С-Пб: СПбГУ ИТМО, 2007. – 108 с.

УДК: 355.4; 623.64

*Д. Б. Алешин¹, Д. И. Новоселов², Ю. В. Куршанов¹,
С. Е. Родионов¹, Е. В. Афонина¹*

¹ФГБУ «27 ЦНИИ» Минобороны России

²ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ ТЕХНОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОГО ТИПА

Аннотация: в статье рассмотрены некоторые вопросы, посвященные совершенствованию математического программного обеспечения детектирования источников техногенного происхождения непрерывного типа. Анализируются некоторые функциональные возможности программного комплекса «EL event location», разработанного Кольским региональным сейсмологическим центром геофизической службы

Российской академии наук. Рассмотрена структура использовавшегося для обработки непрерывной инфразвуковой информации данного программного комплекса. Анализируются пути совершенствования средств МПО, предназначенных для детектирования акустических сигналов непрерывного типа.

Ключевые слова: геофизические сигналы; детектирование акустических сигналов; Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний; международная система мониторинга; сейсмические и акустические данные.

*D. B. Aleshin, D. I. Novoselov, Yu. V. Kurshanov,
S. E. Rodionov, E. V. Afonina*

STUDY OF POSSIBILITIES OF IMPROVEMENT OF MATHEMATICAL SOFTWARE FOR DETECTION OF SOURCES OF TECHNOGENIC ORIGIN OF CONTINUOUS TYPE

Abstract: the article considers some issues related to improvement of mathematical software for detection of sources of technogenic origin of continuous type. Some functionalities of the program complex «EL event location» developed by the Kola regional seismological center of the geophysical service of the Russian Academy of Sciences are analyzed. The structure of the software complex used for processing of the continuous has been considered. Ways of improvement of IR devices intended for detection of acoustic signals of continuous type are analyzed.

Keywords: geophysical signals; detecting acoustic signals; Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty; international monitoring system; seismic and acoustic data.

В рамках переговоров по всеобъемлющему запрещению ядерных испытаний, проводившихся в Женеве в 1994-1996 гг., был определен облик международного режима контроля Договора о Всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (далее – ДВЗЯИ) [1]. В данный режим, в частности, включалась Международная система мониторинга (далее – МСМ).

Одной из основных задач обработки непрерывной геофизической информации является детектирование сигналов техногенных источников, характеризующих различную деятельность (в том числе военную) в районе размещения инфразвуковых станций (далее – ИС) МСМ ДВЗЯИ. Исследование параметров геофизических сигналов от их источников, динамики их изменения в зависимости от природно-климатических условий и ряда других факторов позволяет сделать достоверные оценки возможности слежения за военной деятельностью в реальном масштабе времени как отдельной ИС МСМ ДВЗЯИ, так и всеми ИС МСМ ДВЗЯИ, которые расположены на территории Российской Федерации.

Любое математическое программное обеспечение (далее – МПО), предназначенное для обработки и определения параметров геофизических сигналов, предоставляет пользователю набор стандартных функций и процедур, при помощи которых производится определение интересующих параметров геофизи-

ческих сигналов. Наиболее часто используемой процедурой, позволяющей провести детектирование (а по ее результатам и идентификацию) результатов непрерывной геофизической регистрации, является так называемая процедура «скользящего луча» [4]. Суть данной процедуры – выбор критерия STA/LTA (отношение среднего модуля амплитуды за короткий период времени к среднему за большое время), а также подбор наиболее оптимальных величин периодов времени для короткого и длинного временных окон. В случае превышения порогового значения STA/LTA (обычно для сейсмических сигналов STA/LTA устанавливаются от 6 до 9 в зависимости от полосы частот) событие считается обнаруженным. Однако в некоторых случаях реальные события детектируются с низким значением критерия STA/LTA, хотя опытный интерпретатор легко распознает их как геофизический сигнал. Чтобы не пропустить такие ситуации, детектирование проводится в два этапа с разными уровнями пороговых значений STA/LTA – высоким («безусловным») и низким («условным», порядка 3). Если значение критерия превысило безусловный порог, соответствующее событие считается обнаруженным.

Следует отметить, что приведенные выше значения STA/LTA наиболее оптимальны для детектирования сейсмических сигналов и инфразвуковых сигналов взрывного (импульсного) типа. Но, как показали исследования [3], большинство инфразвуковых сигналов от военной деятельности (пролет самолетов, проход военной техники и т.п.) имеют непрерывный (т.е. длящийся некоторое время и обнаруживаемый визуально динамический спектр участка непрерывной регистрации) сигнал, который, как правило, не обнаруживается описанной выше процедурой из-за того, что начальные установки адаптированы под импульсные источники. Но это, в свою очередь, не свидетельствует о том, что данная процедура неэффективна при обнаружении инфразвуковых источников непрерывного типа.

В настоящее время предпринимаются попытки создания эффективного детектора как импульсных, так и непрерывных инфразвуковых сигналов в средствах МПО, предназначенного для обработки непрерывной геофизической информации. Причем создатели МПО используют различные методы в решении задачи.

Основным методом МПО при решении задачи разработки эффективного детектора инфразвуковых сигналов различного типа, согласно [2], является метод «прогрессивной множественной кросс-корреляции». Данный метод по сравнению с другими известными методами детектирования обладает наилучшими характеристиками и позволяет обнаруживать инфразвуковой сигнал при соотношении сигнал/помеха 0,25. Однако его реализация требует привлечения в обработку данных от групп станций, расположенных в различных природно-климатических зонах и, соответственно, с разными метеорежимами в районах размещения ИС. Процедура компенсации влияния различных метеорежимов в районах размещения ИС и их влияния на трассы распространения инфразвуковых сигналов при совместной обработке данных по методу «прогрессивной

множественной кросс-корреляции» в настоящее время не отработана. Поэтому, учитывая гораздо более низкую по сравнению с ядерным взрывом (далее – ЯВ) энергетику источников техногенных сигналов [3], не следует ожидать высокой вероятности обнаружения инфразвуковых сигналов от данных источников.

Среди различных методов решения задачи разработки эффективного детектора инфразвуковых сигналов различного типа следует отметить метод детектирования инфразвуковых сигналов, реализованный в программном комплексе «EL event location» [4].

Стоит более подробно остановиться и проанализировать функциональные возможности данного МПО, так как по уровню отработки и реализации функций и процедур, необходимых при обработке непрерывной геофизической информации, оно, по критерию эргономичности, представляется наиболее оптимальным, чем известные аналоги (например, [4]). Данный программный комплекс являлся основным при обработке инфразвуковой и сейсмической информации, осуществляемой Кольским региональным сейсмологическим центром геофизической службы Российской академии наук (далее – КРСЦ ГС РАН). По количеству реализованных функциональных возможностей и используемых процедур комплекс уступает наиболее применяемому для обработки геофизической информации МПО. Но в сравнении с другими средствами МПО он обладает рядом особенностей, позволяющих проводить отладку процесса обмена и обработки данных для непрерывного режима обработки. Помимо этого, при создании данного комплекса была концептуально реализована возможность совершенствования моделей условий распространения упругих (сейсмических и инфразвуковых) колебаний, а также включения дополнительных функций для обработки. Это позволило провести предварительную «настройку» процесса совместной обработки сейсмических и инфразвуковых данных при условии введения в структуру программы файла, в котором задается модель распространения инфразвуковых колебаний.

Также необходимо отметить, что при создании данного программного комплекса была достаточно успешно решена, так называемая «проблема дружественного интерфейса». Суть проблемы такова. Большинство средств специализированного МПО имеет неудовлетворительную структуру организации обмена данными между программными модулями МПО. Специализированное МПО в основном создается специалистами, которые имеют обширные технические знания. Но их уровень подготовки, как правило, не такой высокий, как у квалифицированного программиста. В процессе работы подобного МПО наблюдаются частые сбои («зависания») и, как следствие, потери результатов обработки данных, сложный доступ к справочным материалам (опции типа «HELP») и т.п. Все это приводит к увеличению времени, необходимого для обработки данных, потере информации о полезных сигналах и их параметрах, и, в результате, к малоэффективной и грубой обработке исходной информации.

Рассмотрим более подробно структуру использовавшегося для обработки непрерывной инфразвуковой информации программного комплекса. В его структуре предусмотрено, что все исходные данные программы, задающие начальные условия автоматического поиска сейсмических и инфразвуковых сигналов, используемые для их обработки процедуры, а также форматы и адреса сохранения результатов обработки находятся вне запускающего файла-модуля. При необходимости введения новых исходных данных (модели распространения сейсмических и инфразвуковых сигналов, виды и параметры цифровой фильтрации, адреса файлов с результатами обработки и т.д.) создается файл с определенным программой расширением в ОС MS-DOS и задается ссылка на него в файле CONFIG. Также предусмотрена возможность без соответствующих изменений в файле CONFIG непосредственно в процессе обработки данных обращаться к файлам с новыми исходными данными и настраивать оригинальные алгоритмы проведения обработки.

Более подробно функциональные возможности, реализованные алгоритмы обработки и структура обмена данными между компонентами данного программного комплекса приведены в [6], где отдельно рассматривается вопрос совместного интерактивного анализа сейсмических и акустических данных.

Система просмотра и совместного интерактивного анализа сейсмических и акустических данных.

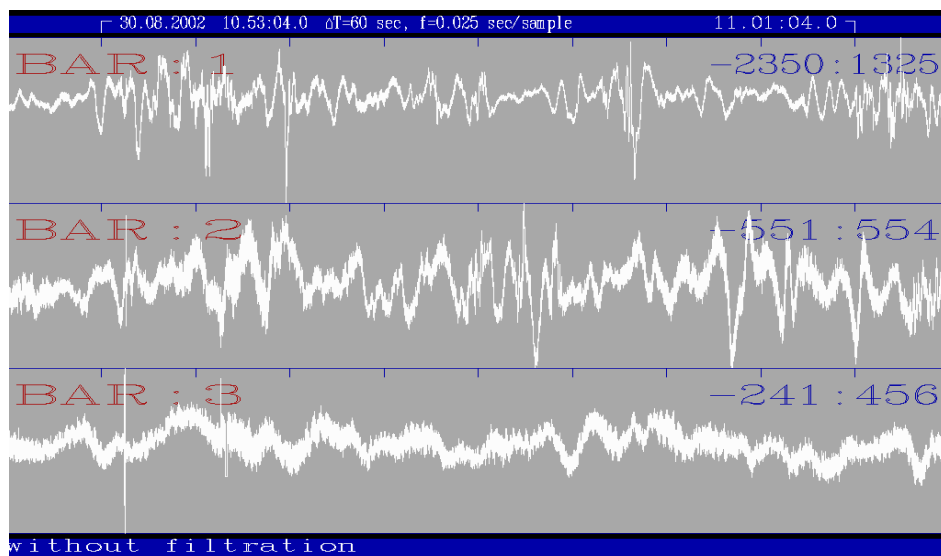
В КРСЦ с 1996 г. разрабатывается система анализа сейсмических данных. Позднее система была существенно усовершенствована для обеспечения совместной обработки сейсмических и акустических сигналов.

Комплекс «EL event location» представляет собой программный продукт, реализованный на языке Turbo-Pascal для ОС MS-DOS, который также работает под любой версией ОС Windows. В настоящую версию системы включены:

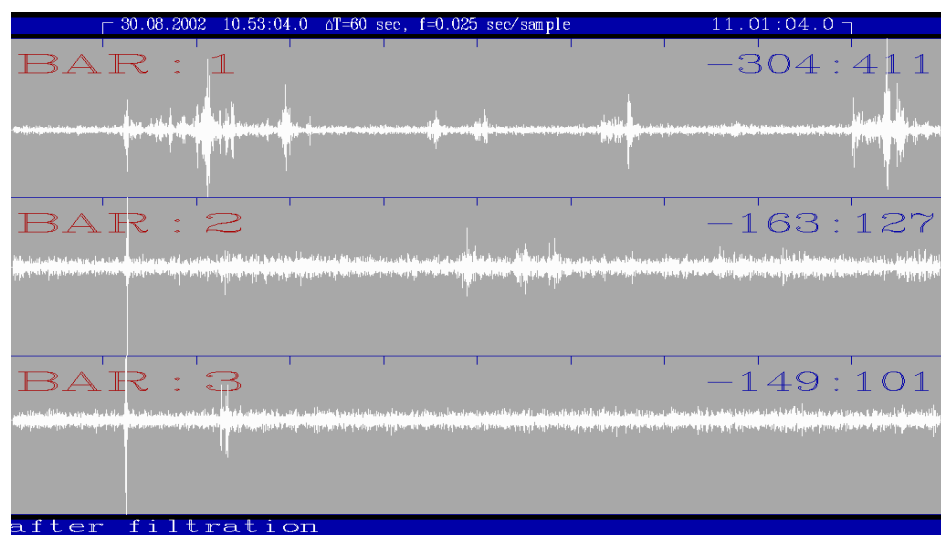
1. Оперативный доступ к данным, которые записываются системой сбора NEWNORAC в кольцевой буфер. При этом возможна работа как с акустическими, так и сейсмическими каналами. Одновременно можно загрузить 20 минут данных без усреднения (с частотой дискретизации 40 отсч./с) или же с их усреднением. При усреднении в N отсчетов можно просматривать N*20 минут данных.

2. Преобразование данных из формата кольцевого буфера в формат CSS 3.0, как в упакованный, так и в стандартный, пригодный для чтения другими программами. Возможно также преобразование данных в текстовый формат.

3. Фильтрация данных. Реализованы полосовые фильтры, фильтры низких и высоких частот, режекторные и адаптивные. Возможна фильтрация сигнала одновременно несколькими полосовыми фильтрами, что упрощает поиск диапазонов частот, в которых отношение сигнал/шум наилучшее. На рис. 1. приведены данные регистрации одного и того же инфразвукового сигнала без фильтрации и с применением полосового фильтра с полосой пропускания от 2 до 6 Гц.



а



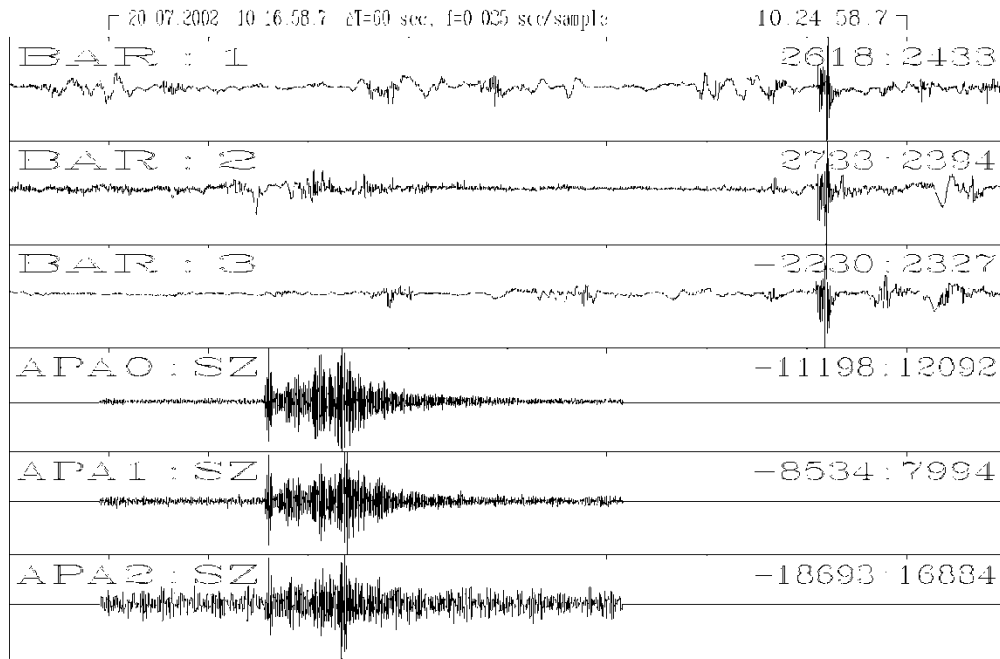
б

Рис. 1. Инфразвуковой сигнал:
а – до применения фильтрации; б – после применения фильтрации

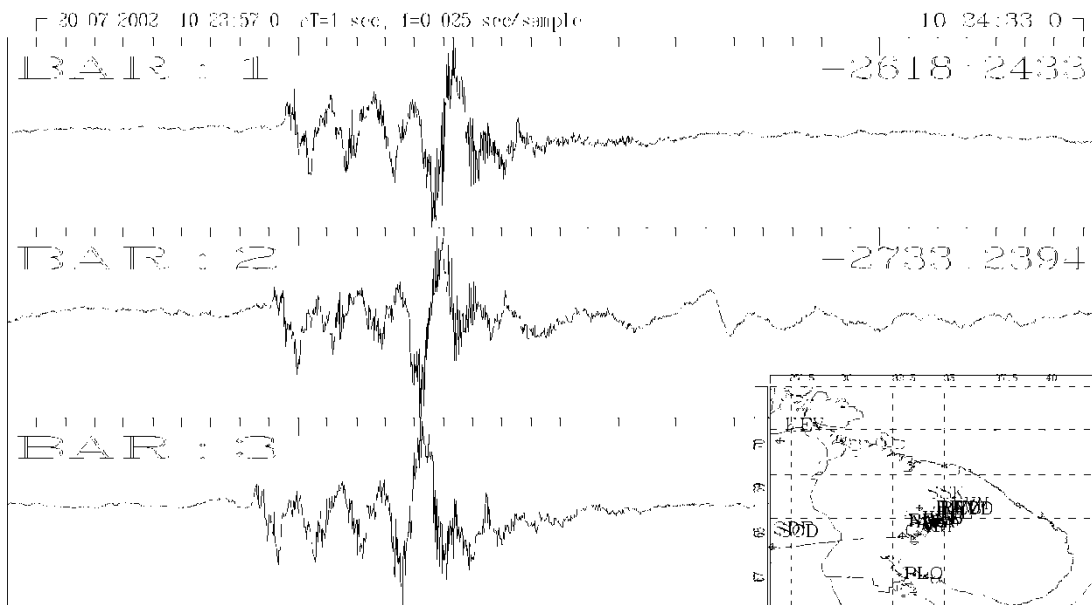
Кроме возможностей общего назначения, в программный комплекс включены возможности, ориентированные конкретно на обработку сейсмоакустических данных. В программу включен локатор сейсмических событий – в интерактивном режиме рассчитываются координаты и время сейсмического события, результаты отображаются на карте (в программный комплекс встроена картографическая подсистема).

По оцененному таким образом времени сейсмического события можно рассчитать скорость прихода акустической волны, пометив предполагаемый момент этого прихода на записи. Это позволяет удостовериться, что акустическая волна действительно соответствует сейсмическому событию. Как правило,

оцененная таким образом скорость для взрывов составляет 0,28 – 0,34 км/сек (рис. 2).



а



б

Рис. 2. Примеры регистрации сигналов, вызванных химическим взрывом на Ковдорском руднике 20 июля 2002 г. (расстояние до взрыва 110 км): а. – сейсмического (каналы АРА0, АРА1, АРА2); б. – инфразвукового (каналы ВАР1, ВАР2, ВАР3) и результат определения направления прихода

По сдвигам между характерными фрагментами записей на разнесенных в пространстве акустических каналах система позволяет рассчитать азимут при-

хода волны и кажущуюся скорость в приближении плоской волны. Кажущиеся скорости в диапазоне 0,32-0,35 км/с позволяют идентифицировать фрагменты записи как реальные приходы звуковых волн. Если акустических датчиков больше трех, рассчитывается также ошибка определения азимута. Азимуты акустических волн наносятся на карту вместе с результатами локации сейсмических событий.

Детектор акустических событий.

В КРСЦ создан и опробован автоматический детектор акустических событий. Под акустическим событием понимается регистрация звуковой волны от одного и того же источника несколькими датчиками акустической группы.

Детектор действует по следующему принципу:

1. Поступающие данные (записи по n -барографам) фильтруются в полосе частот от 4 до 8 Гц (полоса подобрана экспериментально, как правило отношение сигнал/шум для промышленных взрывов в этой полосе максимально);

2. Для каждой полосы частот статистически рассчитывается текущий уровень шума. Строится гистограмма амплитуд, из нее отбрасываются участки с минимальными и максимальными значениями, остальные усредняются;

3. Рассчитывается отношение сигнал/шум, и в случае превышения им некоторого порога хотя бы для одного канала акустической группы будет производиться процедура «формирования пучка» («beamforming»). Процедура заключается в том, что производится перебор предполагаемых азимутов и кажущихся скоростей прихода события на группу, для каждого варианта (α, v) рассчитываются задержки приходов волн на i -й датчик $\Delta t_i(\alpha, v)$, затем записи по всем каналам сдвигаются на соответствующие $\Delta t_i(\alpha, v)$ и суммируются.

4. Если в результате амплитуда суммарного сигнала превысила амплитуду исходного в большее число раз, чем некоторый порог, событие считается обнаруженным.

В настоящее время детектор реализован в виде программы для ОС Windows, способной получать данные из кольцевого буфера и из файлов в CSS-формате. Результаты работы детектора (фрагменты волновых форм) записываются в CSS-файлы. Одновременно ведется база данных, в которой сохраняются значения азимутов и кажущихся скоростей.

Примеры регистрации. За период июнь-август 2003 г., зарегистрированы 145 сейсмических сигналов. Большинство из них связаны с горно-взрывными работами, проводимыми на рудниках Кольского полуострова. Часть сигналов, вызванных наземными взрывами, зарегистрирована инфразвуковой частью комплекса.

На рис. 3 приведены основные направления прихода фронта инфразвуковой волны, выявленные по результатам локации акустических сигналов, и указаны источники их возбуждения.

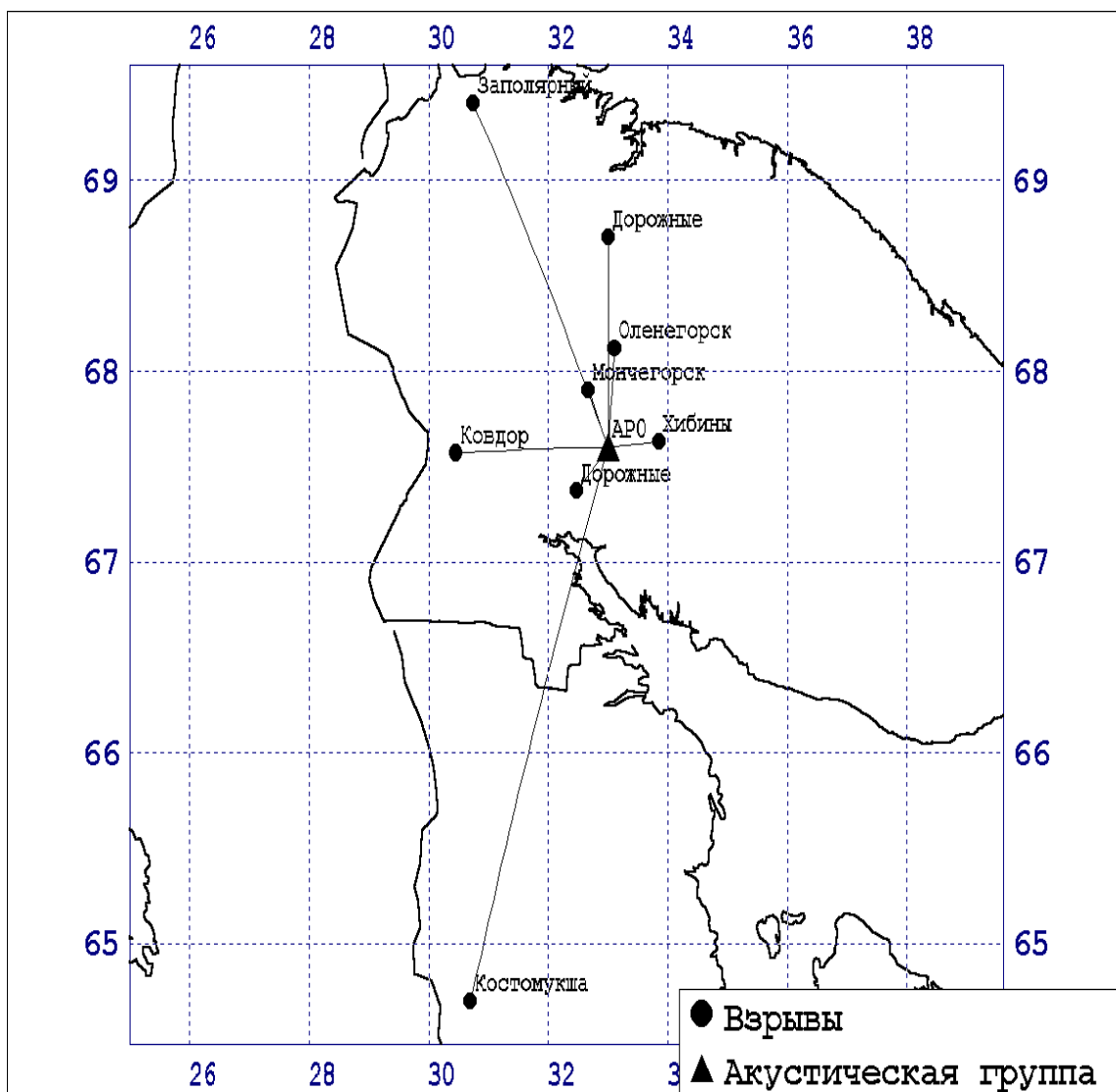


Рис. 3. Промышленные взрывы, после которых были обнаружены акустические события

На рис. 4 показан пример регистрации и локация сейсмического и инфразвукового сигнала сейсмоакустическим комплексом, вызванного наземным взрывом на Центральном руднике ОАО «Апатит».

На рис. 5 приведен пример регистрации сейсмического и инфразвукового сигналов от химического взрыва на Оленегорском руднике 4 июня 2002 г., а на рис. 6 – общее состояние возмущенности сейсмического и инфразвукового полей в течение суток 4 июня 2002 г. (осреднение проводилось по 72 отсчетам, начало записи 00 час 00 мин, окончание – 24 час 00 мин).

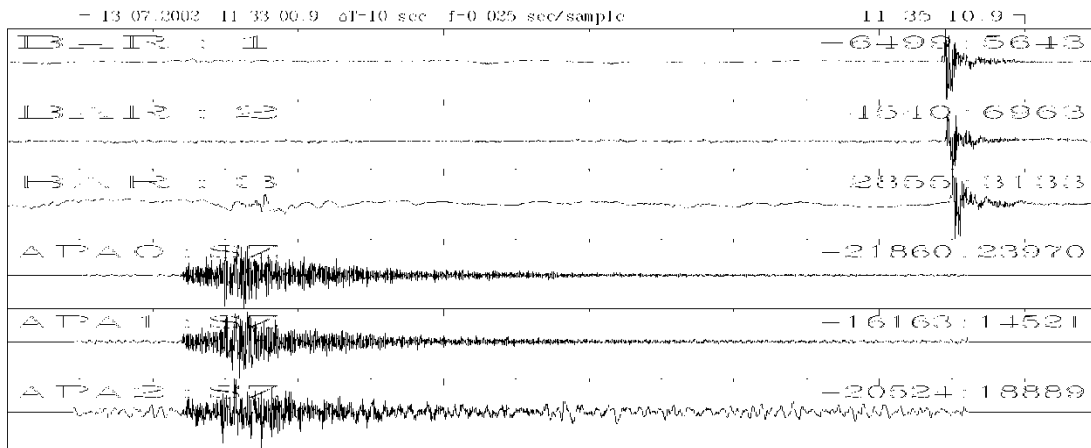


Рис. 4. Пример регистрации сейсмического (каналы АРА0, АРА1, АРА2) инфразвукового сигналов (ВАР 1, ВАР 2, ВАР 3), от химического взрыва 13 июля 2002 г. (расстояние до взрыва 42 км)

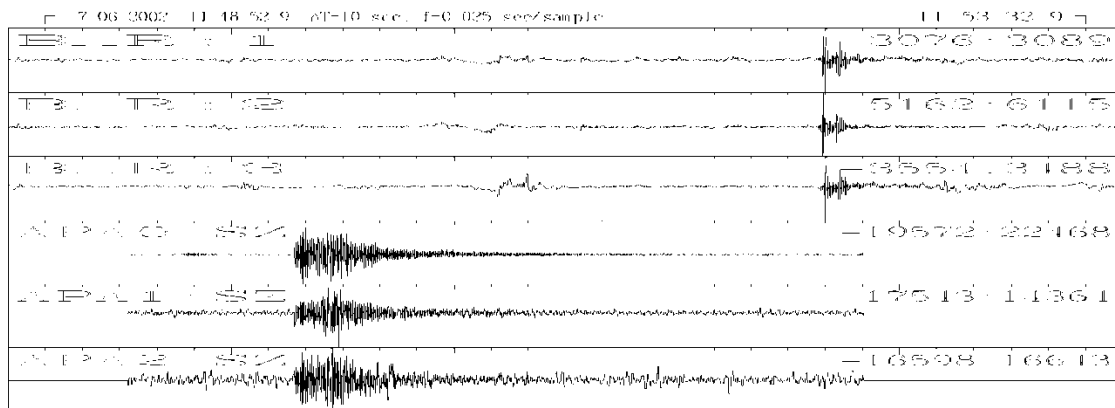


Рис. 5. Пример регистрации сейсмического (каналы АРА0, АРА1, АРА2) инфразвукового сигналов (ВАР 1, ВАР 2, ВАР 3), вызванных химическим взрывом 4 июня 2002 г. (расстояние до взрыва 62 км)

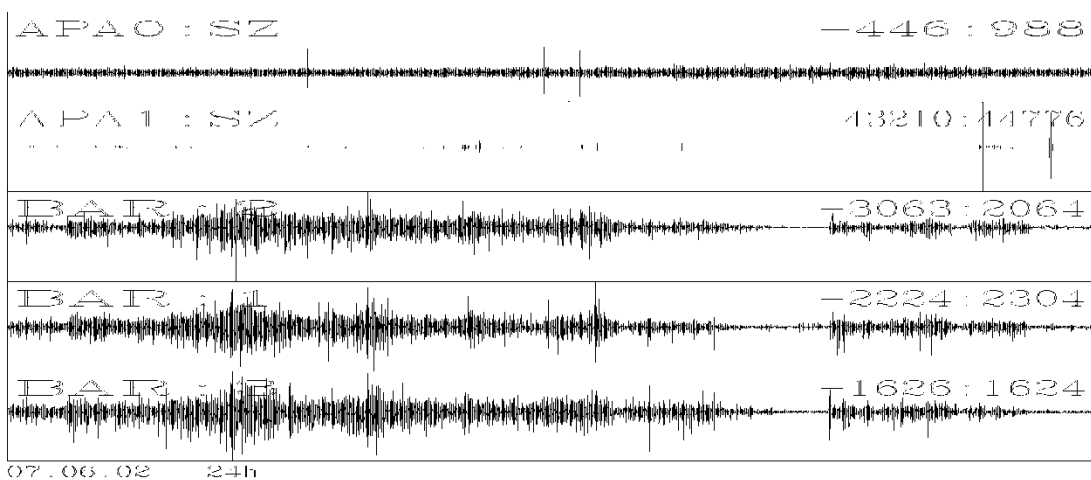


Рис. 6. Характер сейсмического и инфразвукового поля за сутки 4 июня 2002 г.

На рис. 7 приведен пример локации инфразвукового сигнала, вызванного химическим взрывом на Оленегорском руднике 23 августа 2002 г., на рис. 8 – пример регистрации сейсмического и инфразвукового сигналов от того же источника. На рис. 9 – общее состояние возмущенности сейсмического и инфразвукового полей в течении суток 23 августа 2002 г. (осреднение проводилось по 72 отсчетам, начало записи 00 час 00 мин, окончание – 24 час 00 мин).

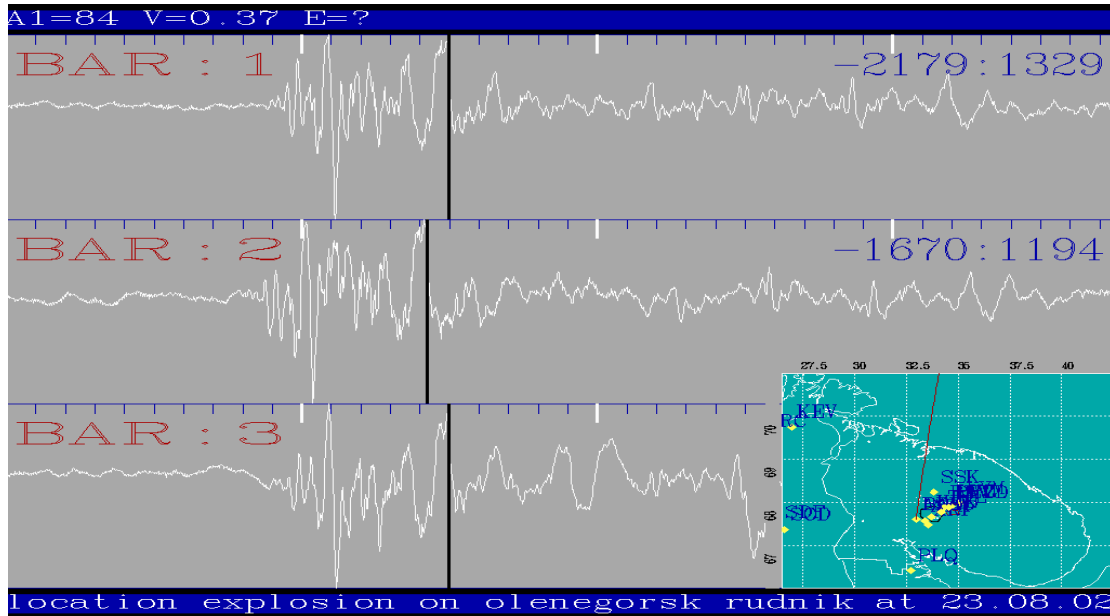


Рис. 7. Пример определения азимута и скорости прихода инфразвуковой волны, от химического взрыва 23 августа 2002 г.

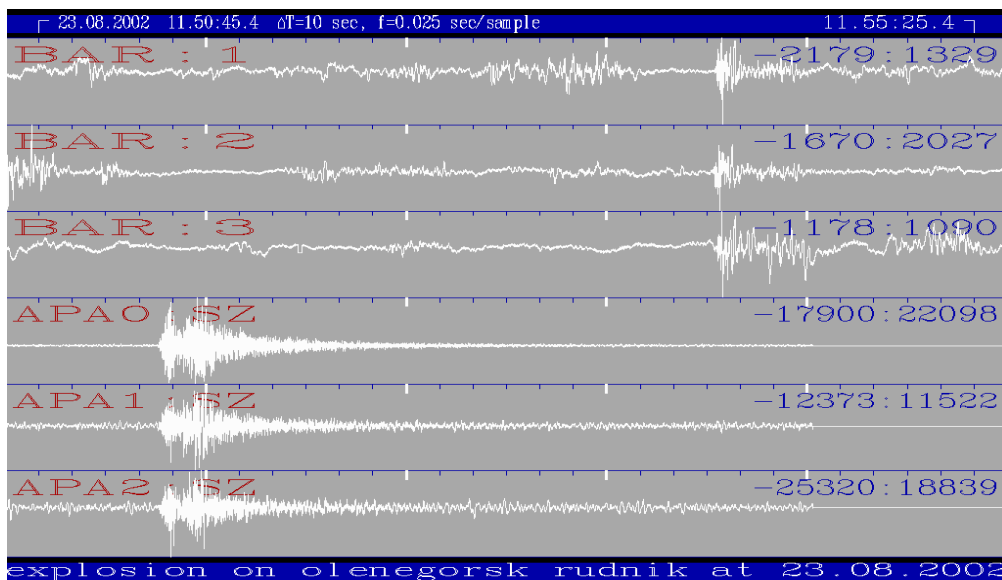


Рис. 8. Пример регистрации сейсмического (каналы АРА0, АРА1, АРА2) инфразвукового сигналов (ВАР 1, ВАР 2, ВАР 3), вызванных химическим взрывом 23 августа 2002 г. (расстояние до взрыва 62 км)

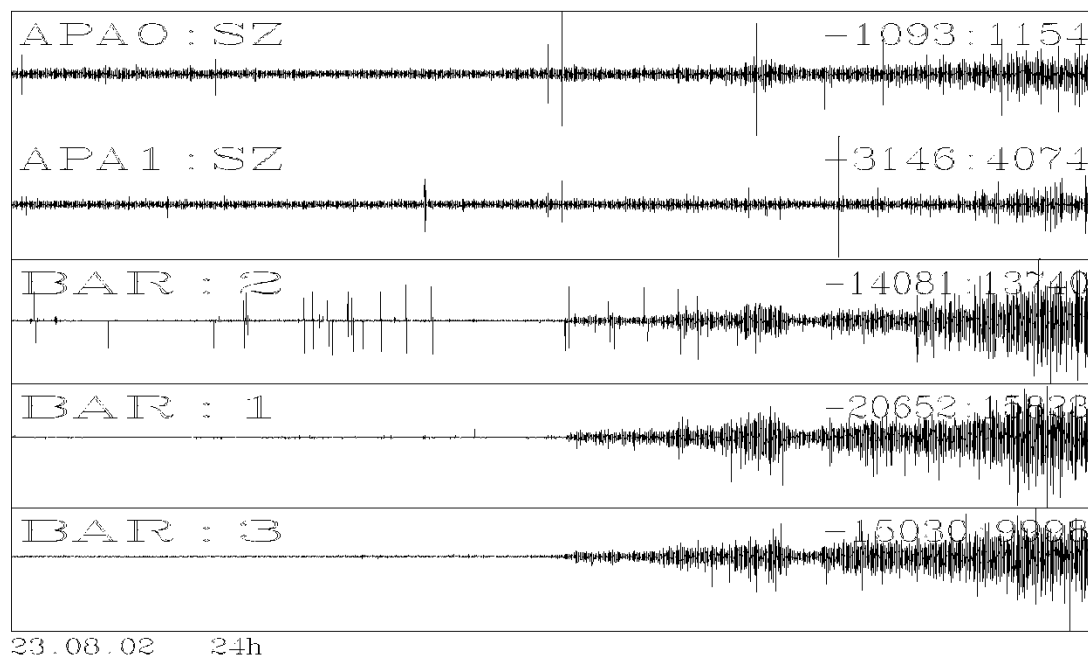


Рис. 9. Характер сейсмического и инфразвукового поля за сутки 23 августа 2002 г.

Описанный прототип акустического детектора показал неплохую результативность. С его помощью было обнаружено более 100 акустических событий, некоторые из них ассоциировались с промышленными взрывами, большинство же остались нераспознанными. Азимуты прихода этих сигналов показаны на рис. 10.

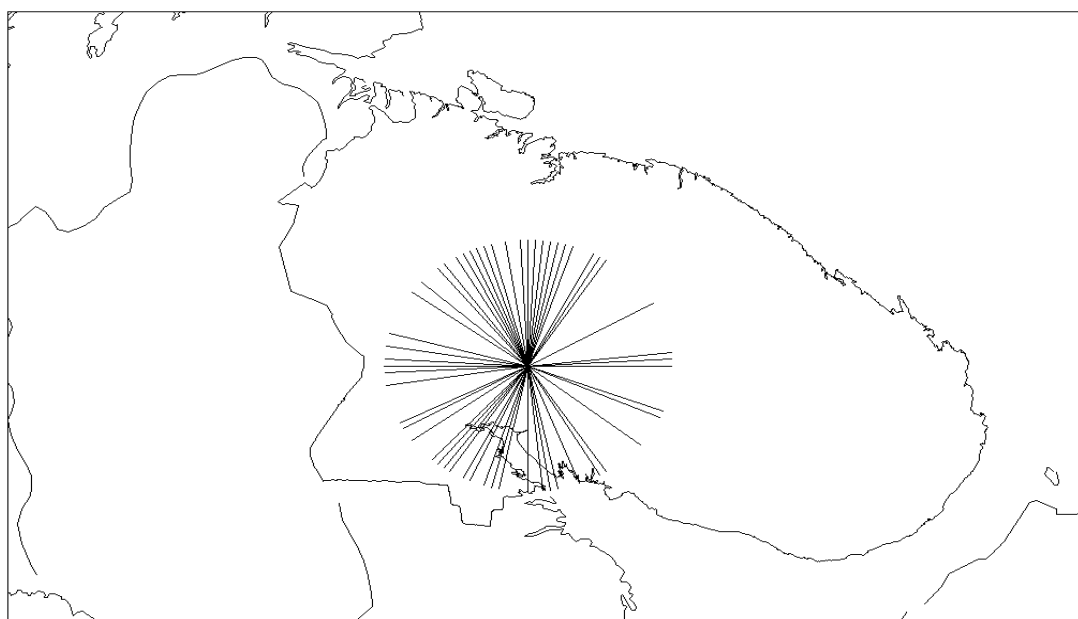


Рис. 10. Азимуты на акустические события, не отождествленные с промышленными взрывами

Большинство из событий, по-видимому, связаны с пролетами самолетов различных типов. Достоверность многих неопознанных акустических событий, обнаруженных детектором, не вызывает сомнений. Действительно, записи на всех трех датчиках хорошо коррелируются между собой, по сдвигам времен приходом считаются азимуты, а кажущаяся скорость прихода волны оказывается близкой к 0,33 км/с (рис. 11).

В настоящее время описанный сейсмоакустический детектор проверен на достоверность обнаружения сигналов по фрагментам данных непрерывной регистрации, на которых предварительно методом «ручной» обработки были выявлены инфразвуковые сигналы от пролетов летательных аппаратов (далее – ЛА).

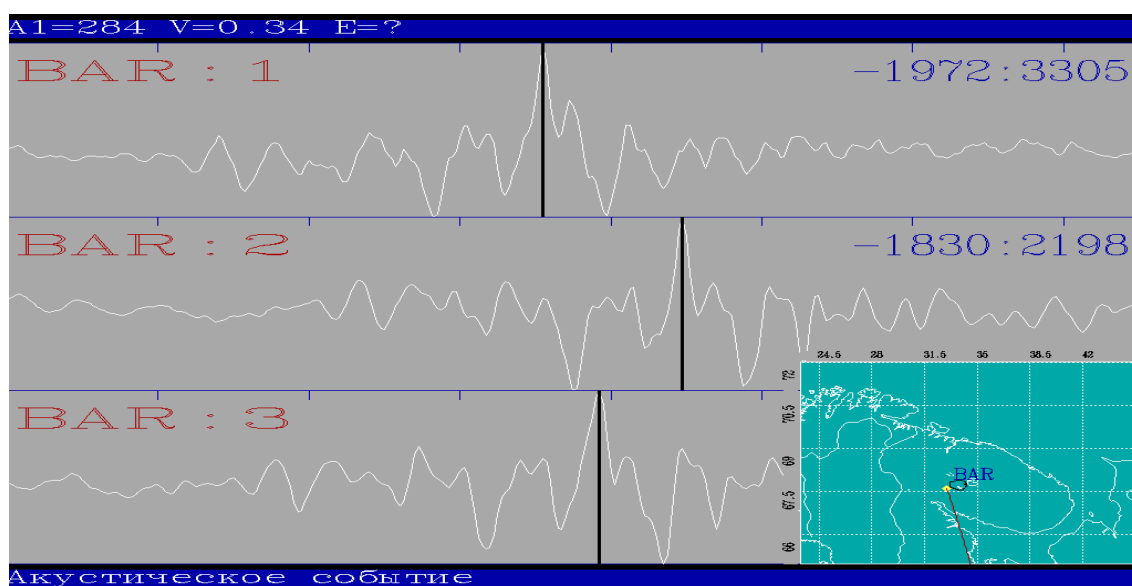


Рис. 11. Пример акустического события, обнаруженного детектором, но не отождествленного с промышленным взрывом (по сдвигам записей на каналах рассчитан азимут на событие и кажущаяся скорость)

В КРСЦ ГС РАН проводятся дополнительные работы по самостоятельному совершенствованию программного комплекса, основная цель которых – повышение вероятности достоверного детектирования сигналов от военной деятельности.

Пути совершенствования средств МПО, предназначенных для детектирования акустических сигналов непрерывного типа.

В составе современных средств МПО еще не реализовано в полной мере оптимальное сочетание функций и процедур, необходимых для детектирования акустических сигналов непрерывного типа. В то же время данный тип сигналов представляет наибольший интерес, так как именно такие сигналы формируются при пролетах ЛА в акустических каналах регистрации. Отработка специализированного алгоритма их детектирования является отдельным направлением в совершен-

ствовании средств МПО, предназначенных для детектирования сигналов от техногенных объектов.

Исследования по данному вопросу показывают, что для создания эффективного детектора акустических сигналов непрерывного типа потребуется разработка новых процедур. Причем, данные процедуры должны включать как функции уже реализованные в известных средствах МПО (набор полосовых фильтров, построение динамического спектра сигналов, выбор модели распространения и координатной системы и т.п.), так и совершенно новые, которые ранее не применялись при детектировании акустических и сейсмических сигналов. Наиболее перспективными функциями для реализации их в средствах МПО при детектировании акустических сигналов непрерывного типа являются линейно-частотная модуляция сигнала по центральной частоте полосы сигнала и нормирование амплитуды текущего сигнала в заданных (обычно 1 с) временных интервалах по значению дисперсии, определяемому на предыдущем временном интервале. Более подробное аналитическое описание данных функций приведено в [4]. Следует отметить, что данные функции наиболее часто употребляются для анализа, световых, тепловых и радио сигналов при их «глубокой» обработке с целью поиска малых по амплитуде и находящихся в основном под «шумом» сигналов. Данные функции достаточно трудны для программной реализации в средствах МПО, предназначенных для обработки информации в «режиме реального времени», и их включение в процесс обработки может привести к сбою («зависанию») ЭВМ, на которой проводится обработка. Но для МПО, имеющего хорошо отлаженный структурный файл-модуль (обычно в различных МПО имеет название CONFIG), данная проблема вполне преодолима.

Для апробации указанных функций в средствах МПО, выполняющих детектирование акустических сигналов, был смоделирован алгоритм обработки непрерывных данных с их применением. Для моделирования процесса обработки было использовано МПО (описание данного МПО приведено в [2, 5]), которое позволяет поэтапно подключать различные виды функций. Причем, выполняемые функции можно задавать как аналитически (т.е. в виде формулы), так и в виде ссылки на подпрограмму (т.е. в основной программе содержится только имя подпрограммы, в которой сформирована структура выполняемых математических операций). Кроме того, в данном МПО реализован конвертер, позволяющий проводить обработку данных в различных форматах. В качестве исходных данных использовались фрагменты непрерывной записи, на которых предварительно были обнаружены (по результатам сопоставительного анализа результатов обработки непрерывной записи и сводок о военной деятельности в районе размещения малобазовой сейсмоакустической группы) сигналы от военной деятельности.

Апробация этих функций и процедур показала возможность детектирования сигналов непрерывного типа при соотношении сигнал/помеха 0,01.

Дальнейшие исследования по данной тематике предполагается сосредоточить на реализации функций и процедур, позволяющих проводить автодетектирование инфразвуковых сигналов непрерывного типа, в средствах МПО, используемых для обработки данных непрерывной инфразвуковой регистрации в масштабе времени, «близкому к реальному».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Договор о Всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний [Электр. ресурс]. URL: http://www.mid.ru/web/guest/adernoe-nerasprostranenie/-/asset_publisher/JrcRGi5UdnBO/content/id/608600 (дата обращения: 21.03.2022).
2. Дьяконов В. П., Абраменкова И. В. MATLAB. Обработка сигналов и изображений. – СПб.: Питер, 2002. 608 с.
3. Методика по организации акустических наблюдений и обработке полученных материалов в частях ССК. – В/ч 46179, 1972. 42 с.
4. Описание программного комплекса обработки сигналов DADISP 4.2. – СПб.: Питер, 1999. 78 с.
5. Программный комплекс «EL event location». – Апатиты: Кольский региональный сейсмологический центр геофизической службы Российской академии наук, 1998.
6. Crover F. N. Experimental Noise Reducers for an Active Microbarograph array, Geophys.J.R. Astr. Soc., v 24, 1971.

УДК: 007.52

Т. Н. Антошина

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГИС ИНФОРМАЦИЕЙ

Аннотация: в работе рассматриваются вопросы взаимодействия использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в деятельности сотрудников государственных противопожарных служб МЧС России и геоинформационных систем (ГИС).

Ключевые слова: Беспилотные летательные аппараты, геоинформационные системы, службы МЧС, визуальная информация, эффективность.

T. N. Antoshina

VEHICLES TO PROVIDE GIS INFORMATION

Abstract: The paper deals with the issues of interaction between the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) in the activities of employees of the state fire services of the EMERCOM of Russia and geographic information systems (GIS).

Keywords: Unmanned aerial vehicles, geographic information systems, emergency services, visual information, efficiency.

В последние десятилетия обязанности государственных противопожарных служб МЧС России были значительно расширены. Сегодня они занимаются не только предотвращением и тушением пожара, но и более сложными операциями, включая катастрофы и стихийные бедствия природного и техногенного характера, приносящие смерть людей и различного рода разрушения. Для предотвращения чрезвычайных ситуаций разного характера службы МЧС России оснащаются новейшими и наиболее эффективными решениями, направленными на оптимизацию их основной деятельности, что спасает жизни пострадавших.

На сегодняшний день беспилотные летательные аппараты (БПЛА) являются быстро развивающейся технологией для предупреждения и предотвращения последствий различных чрезвычайных ситуаций (ЧС). Благодаря своей гибкости, интеллектуальности и безопасности в эксплуатации средства БПЛА включают мониторинг в реальном времени, безопасность, пограничное наблюдение, обследования дикой природы, обеспечение беспроводного покрытия, мониторинг погоды, интеллектуальное сельское хозяйство, геодезию, доставку продуктов, сельское хозяйство и инспекцию гражданских сооружений, оценки стихийных бедствий и обнаружения жизни.

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) – летательный аппарат, без экипажа на борту, управляемый дистанционно по радиоканалу, автономно с использованием информации с датчиков или же с использованием смешанной схемы управления [1, 3].

Беспилотные летательные аппараты имеют замечательные преимущества в чрезвычайных, поисково-спасательных ситуациях по сравнению с другими традиционными методами, такими как использование пилотируемых вертолетов, как лучшая маневренность или тот факт, что они могут легко перемещаться по любой местности и значительно сокращать время реагирования в чрезвычайных ситуациях.

Перед неблагоприятными погодными условиями БПЛА являются очень полезными и более маневренными инструментами благодаря своей большой универсальности и гибкости. В большинстве случаев эти устройства имеют большую емкость для интеграции многих различных видов полезных нагрузок,

таких как телевизионные камеры, для идентификации источников тепла, ночное видение, визуальная информация в реальном времени, системы освещения, мощные оптические камеры и т. д., которые позволяют (рис.1):



Рис. 1. Основные возможности беспилотных летательных аппаратов

Эффективность обнаружения и наблюдения БПЛА за заданными объектами зависит от следующих факторов (рис.2):

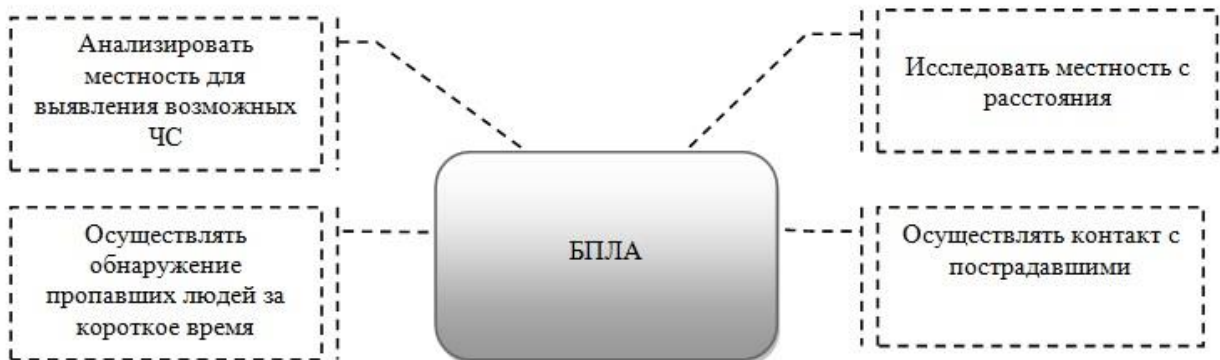


Рис. 2. Эффективность обнаружения и наблюдения за объектами

Первые идеи в области беспилотной авиации принадлежат Николаю Тесла, который в 1989 году разработал и продемонстрировал миниатюрное радиоуправляемое судно (БАС). Первоначально было много проблем при проектировании и управлении БАС, поскольку ему не хватает бортового пилота для навигации. На сегодняшний день данная проблема решена путем внедрения методов искусственного интеллекта в планирование пути и их координацию. Благодаря

этому появилась возможность при помощи БПЛА исследовать и открывать новые возможности в различных областях.

Приоритетным направлением использования БПЛА на данный момент является развитие геоинформационных систем.

Геоинформационная система (ГИС) – обеспечивает создание, управление, анализ и отображение всех типов данных [2].

ГИС соединяет контент с электронной картой, объединяя данные о местоположении с разными типами описательной информации об объектах. Это обеспечивает основу для картографирования и аналитики. ГИС помогает понять закономерности, отношения и их географический контекст.

В настоящее время существуют различные специальные геоинформационные системы, которые предоставляют возможность анализировать и совершать различные действия с геопространственными данными. При организации и ведении ГИС приоритетной задачей является обеспечение точности и актуальности информации. Данные можно получать из разных источников, но для правильных и своевременных стратегических решений данные необходимо получать как можно быстрее и мобильнее.

Так же БПЛА помогают собрать данные для дистанционного зондирования. Градостроители используют технологию беспилотных летательных аппаратов для картографирования и проектирования расширения городов и принятия более эффективных решений. Ученые – экологи собирают данные, связанные от обезлесения до моделей миграции исчезающих видов.

Из выше описанного можно сделать вывод, что использование беспилотных летательных аппаратов выходит далеко за рамки сбора данных. Технология постоянно развивается, меняет сенсорные устройства, обработку и анализ данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антошина Т. Н., Кабанов А. А. Применение визуализации данных в автоматизированных информационных системах // Научно-аналитический журнал Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2020. № 2. С. 83-87.

2. Антошина Т. Н. Применения робототехнических комплексов в повседневной деятельности МЧС России // Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, 23 апреля 2021 года, г. Железногорск – Изд-во: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. 683 с.

3. Антошина Т. Н., Попивчак И. И., Луговой А. А. Особенности использования интерактивных информационных систем, ориентированных на человеко-машинное взаимодействие // Научно-аналитический журнал Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2019. № 1. С. 83-87

УДК: 378.146

Н. И. Егорова, А. И. Трубилко, Л. В. Медведева
ФГБУ СПб УГПС МЧС России

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СРЕДЫ MS EXCEL ДЛЯ УГЛУБЛЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ЗНАНИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИКА»

Аннотация: определены основные противоречия образовательной практики высшего инженерно-технического образования, которые препятствуют его фундаментализации. Сформулированы принципы разработки компьютерных моделей физических процессов по всем разделам учебной дисциплины «Физика». На примере виртуальной лабораторной работы, разработанной для изучения законов вращательного движения, продемонстрировано использование возможностей среды MS EXCEL для углубления естественнонаучных знаний.

Ключевые слова: фундаментальность естественнонаучного знания, готовность к инновационному поиску, противоречия высшего инженерно-технического образования, механика вращательного движения, компьютерное моделирование вращательного движения, маятник Обербека.

N. I. Egorova, A. I. Trubilko, L. V. Medvedeva

USING THE FEATURES OF THE MS EXCEL SOFTWARE FOR DEEPING NATURAL SCIENCE KNOWLEDGE IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF THE DISCIPLINE «PHYSICS»

Abstract: the main contradictions preventing fundamentalization of the educational practice of higher engineering and technical education are determined. The principles of developing computer models of physical processes for all sections of the discipline "Physics" are formulated. The possibilities of MS EXCEL software for deepening natural science knowledge are demonstrated in virtual laboratory work, designed to study the laws of rotational motion.

Keywords: fundamentality of natural science knowledge, readiness for innovative search, contradictions of higher engineering and technical education, rotational mechanics, computer simulation of rotational motion, Oberbeck's pendulum.

Введение

Основные черты и тенденции развития любой материальной системы, которая является или становится предметом инженерной и научно-технической деятельности, определяются совокупностью существенных связей, отношений и фундаментальных законов. Это значит, что естественнонаучные знания явля-

ются не только ядром любого технического знания, но и ориентировочной основой познания первичных сущностей реального мира и именно с этих позиций обретают фундаментальность.

В современной сфере высокотехнологичного производства инновации могут быть произведены только таким специалистом, который, опираясь на освоенный социальный опыт, умеет раскрыть сущность исследуемых явлений и предвидеть их будущие изменения в сфере не только явлений, но и сущности.

Таким образом, умение использовать фундаментальные естественнонаучные знания в качестве средства познания исследуемой действительности в значительной степени определяет готовность будущих специалистов к инновационному поиску и самостоятельной успешной профессиональной деятельности. [10,11,12]

Обобщение результатов исследований актуальных проблем высшего инженерно-технического образования позволяет сделать вывод о том, что проблема совершенствования инженерной подготовки современных специалистов неразрывно связана с проблемой совершенствования системы обучения фундаментальным дисциплинам в вузах различного профиля, в том числе военных и военизированных. [1]

Решению указанных актуальных образовательных проблем в значительной степени препятствуют следующие противоречия [4, 5, 8, 9]:

между объективной потребностью в углублении фундаментальных знаний современных инженерно-технических кадров и развитием негативной тенденции снижения объема аудиторных часов на изучение фундаментальных дисциплин в вузах технического профиля;

между объективной потребностью в усилении проблемности, мотивированности и комплексности обучения и доминирующим предметно-знаниевым подходом в педагогической практике технических вузов (ввузов);

между традицией преподавания фундаментальных дисциплин, основанной на экспериментальной верификации естественнонаучных знаний, и абсолютизацией компьютерных средств обучения, в результате которой в технических вузах ликвидируются учебные натурные лаборатории фундаментальных дисциплин, а эмпирические исследования натуральных моделей заменяются исследованиями виртуальных моделей.

В Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России для дисциплины «Физика» за 30 лет сокращение аудиторных часов составило 40 процентов, а указанные противоречия обостряются противоречием, характерным для военных и военизированных вузов:

между объективной потребностью в самостоятельной, систематической учебно-познавательной деятельности обучающихся и ее отсутствием в связи с постоянной необходимостью решения различных служебных задач.

С целью противодействия негативным последствиям указанной системы противоречий, имеющим субъективно-объективный характер, разработан и успешно апробирован новый вид учебного занятия – лабораторно-практическое занятие (ЛПЗ), которое интегрирует в себе практическое и лабораторное занятие и выстраивается по принципу замкнутого обучающего цикла. Для проведения ЛПЗ учебная группа делится на две подгруппы, с каждой из которых работает один преподаватель в течение 4 или 6 учебных часов в отдельной специально оборудованной учебной аудитории. Одна подгруппа выполняет виртуальные эксперименты, а другая – натурные эксперименты, а на следующем занятии осуществляется ротация подгрупп. В ходе занятий с каждой подгруппой обучающиеся решают задачи, тестовые задания и выполняют лабораторное исследование (натурное и виртуальное) бригадным методом, оформляют отчеты и сдают преподавателю в конце занятия.

С целью повышения качества ЛПЗ и достижения педагогического результата в качестве принципов разработки компьютерных моделей физических процессов по всем разделам учебной дисциплины «Физика» установлены следующие требования: повышение наглядности, вариативности, интерактивности, информационной емкости учебного материала, углубление физического знания путем использования возможностей среды MS EXCEL.

При таком подходе компьютерное моделирование становится инструментом компьютерного обучения, которое не замещает, а органично дополняет натуральный эксперимент, что позволяет не только сохранить культурную традицию изучения дисциплины «Физика», но и углубить фундаментальные знания обучающихся.

Изложение основного материала исследования

В качестве примера исполнения указанных регулятивных норм к разработке обучающих компьютерных моделей для организации учебного процесса дисциплины «Физика» представлены результаты разработки в среде MS Excel лабораторной работы для изучения законов динамики вращательного движения.

Следует отметить, что понимание и умение применять на практике законы динамики вращательного движения необходимо для специалистов и инженерно-технического, и пожарного профиля, как так позволяет контролировать и обеспечивать безопасность самого различного оборудования.

В рассматриваемой работе моделирование вращательного движения проводится на примере маятника Обербека [2, 6], вариант экрана обучающегося представлен рис. 1. Установка состоит из вертикальной стойки, на которой закреплены шкив и крестовина, вращающиеся на горизонтальной оси. На стержнях крестовины на различных расстояниях от ее центра, но в симметричных положениях, могут быть закреплены перегрузы. На шкив, расположенный посередине, намотана тонкая нить, один конец которой закреплен на шкиве, а к другому концу привязана платформа, известной массы, предназначенная для размещения перегрузов.

Визуализация вращения маятника и опускания груза с учетом законов механического движения, а также демонстрация изменения характера движения в зависимости от количества грузов на самом маятнике и перегрузов на платформе выполнена с помощью встроенного в среду приложения Microsoft Office языка программирования VBA (Visual Basic for Applications). С помощью VBA также осуществляется отображение отсчета времени движения на изображение экрана цифрового секундомера.

Вариативность учебных заданий достигается путем предоставления возможности изменять параметры установки: массы грузов, перегрузов, стержней, платформы, длины пути платформы, длины стержней, диаметра шкива, момента силы трения.

В первой части виртуальной работы обучающиеся наблюдают анимацию в реальном времени: под действием силы тяжести платформа с перегрузами опускается и тянет за собой нить, которая при этом раскручивает крестовину, на которой грузы массой M_r закреплены на концах стержней массой $M_{ст}$ и длиной L .

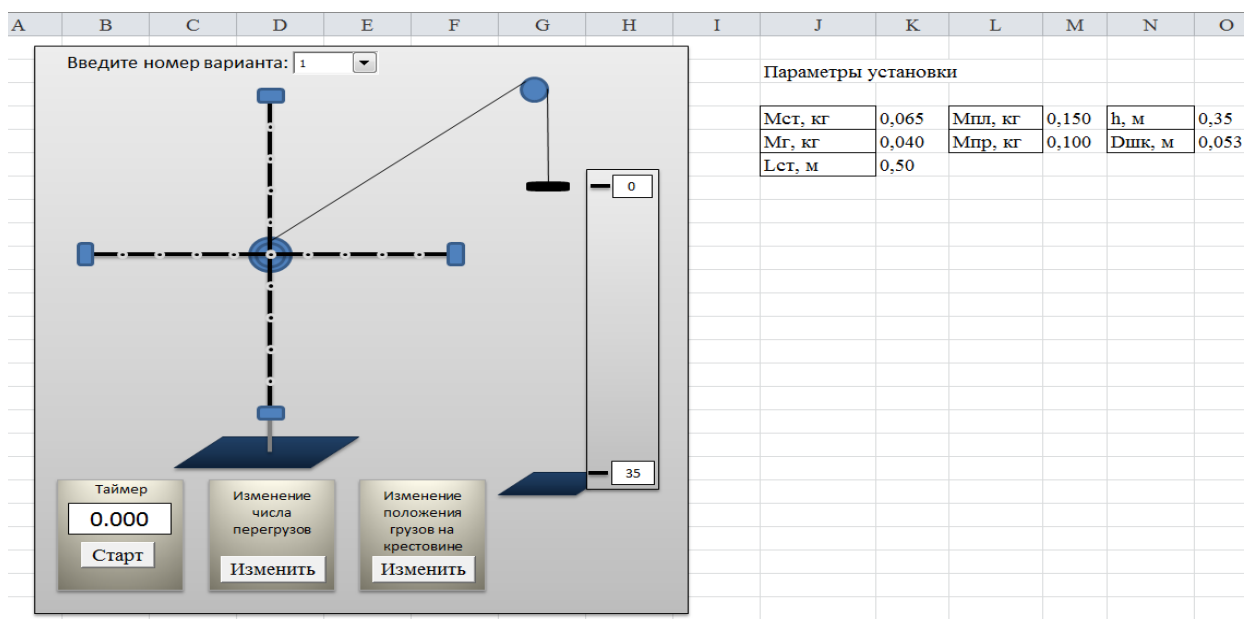


Рис. 1. Модель маятника Обербека, выполненная в среде MS Excel, вид экрана в начале работы

Уравнение динамики вращательного движения для данной системы имеет вид [2]:

$$M - M_{mp} = I\varepsilon, \quad (1)$$

где M – момент силы натяжения нити, M_{mp} – момент силы трения, I – момент инерции маятника относительно оси вращения, ε – угловое ускорение маятника.

В первой части работы грузы зафиксированы на концах стержней и обучающиеся меняют число перегрузов на платформе, что позволяет построить зависимость момента силы натяжения нити от углового ускорения $M = f(\varepsilon)$.

Расчетная формула для момента силы натяжения нити имеет вид:

$$M = \frac{D_{шк}}{2} \cdot m \left(g - \frac{2h}{t^2} \right).$$

где $D_{шк}$ – диаметр шкива;

m – полная масса, которая определяется как сумма массы платформы $M_{пл}$ и массы одного перегруза $M_{пр}$, умноженную на их число ($m = M_{пл} + N \cdot M_{пр}$);

h – расстояние, на которое опускается платформа за время t .

Точность ускорения свободного падения g выбирается из условий эксперимента.

Угловое ускорение связано с тангенциальным ускорением соотношением $\varepsilon = \frac{a}{r}$, и, учитывая, что плечо силы натяжения r равно половине диаметра шкива $D_{шк}$, получаем расчетную формулу для углового ускорения:

$$\varepsilon = \frac{4h}{D_{шк} t^2}.$$

Таким образом, зная моменты силы натяжения нити при различном количестве перегрузов и соответствующие ей угловые ускорения, можно построить зависимость $M = f(\varepsilon)$ согласно уравнению (1). Из полученного графика определяют угловой коэффициент, численно равный моменту инерции маятника, и момент силы трения при нулевом значении углового ускорения.

Полученное экспериментальное значение момента инерции маятника сравнивают с его теоретическим значением:

$$I_{теор} = 4(I_{зр} + I_{см}),$$

где $I_{зр} = M_z \cdot L^2$ – момент инерции одного груза, $I_{см} = \frac{M_{см} \cdot L^2}{3}$ – момент инерции одного стержня (моментом инерции шкива пренебрегает в силу его малости).

Во второй части работы грузы смещают вдоль стержней, но не меняют при этом количество перегрузов на платформе. Такой вариант проведения эксперимента позволяет обучающимся изучить зависимость момента инерции маятника от положения груза относительно оси вращения.

По полученным данным строят графическую зависимость момента инерции $I = f(R^2)$, где R – расстояние от груза до оси вращения, с помощью которой определяют момент инерции маятника без грузов (по точке пересечения с осью ординат), а полученное значение момента инерции сравнивают с теоретическим.

Следует отметить, что обучающиеся выполняют в натурной лаборатории лабораторную работу с натурным маятником Обербека, в которой не предусмотрена вторая часть виртуальной лабораторной работы. Таким образом, виртуальная лабораторная работа с маятником Обербека не дублирует натуральный эксперимент, а способствует углублению знания теории вращательного движения, имеющего практическую значимость для инженера пожарно-технического профиля.

При этом достигаются следующие педагогические результаты [7]:

- развитие у обучающихся навыков самостоятельной работы с важнейшей формой представления информации – моделью;
- выработка навыков интерпретации результатов виртуального эксперимента, умение производить оценку области применения модели;
- создание условий для реализации личностно-ориентированного подхода к обучению;
- возможность организации лабораторно-практического занятия в условиях дистанционного обучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абдуллина О.* Демократизация образования и подготовка специалистов: проблемы и поиски. // Высшее образование в России №1, 1996. С.73-78
2. *Данилов И.Л., Егорова Н.И.* Автоматизация изучения законов механики вращательного движения. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021617439, 14.05.2021. Заявка № 2021616577 от 27.04.2021.
3. *Данилов И.Л., Егорова Н.И., Некрасов А.С., Трубилко А.И.* Физика. Механика. Руководство к лабораторно-практическим занятиям. Санкт-Петербург, 2017.
4. *Иосилевский Л.* Острые проблемы современного высшего образования. // Высшее образование в России №1, 1997. С.79-84
5. Концептуальные вопросы развития высшего образования: Сб. науч. трудов / АПН СССР, НИИВО; Редкол: Б.Б. Коссов (отв. ред.) и др. – М.: НИИВО, 1991
6. *Майер Р.В.* Компьютерное моделирование физических явлений. Монография. – Глазов: ГГПИ, 2009.
7. *Медведева Л.В.* Анализ опыта информационного обеспечения развития интеллектуальных функций обучающихся в высшей школе. // Научно-аналитический журнал «Вестник-Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2021. № 2. С. 149-157
8. *Медведева Л.В.* К вопросу о целесообразности внедрения компетентностного «подхода» в образовательную систему России. // Психолого-педагогические проблемы безопасности человека и общества. 2021. № 3 (52). С. 5-14

9. Образование 21 века: проблемы, прогнозы, модели, проекты. / Материалы международной научно-практической конференции. – С-Пб: ЛОИРО, 1998.
10. Фромм Э. Революция надежды. Навстречу гуманизированной технологии. – М.: АСТ, 2006., 288 с.
11. Шадриков В.Д. Структурно-содержательные реформы и качество образования. // Высшее образование в России, №1, 1996. С.65-73.
12. Щедровицкий Г.П. Синтез знаний: проблемы и методы. // На пути к теории научного знания. - М., 1984

УДК 519.876.5

О. И. Каляпина, Е. В. Рыжкова, О. А. Трибунских

ФГКВООУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОРАЖЕНИЯ ГРУППОВОЙ ЦЕЛИ

Аннотация: в данной статье рассматривается процесс нанесения удара по групповой цели с использованием обычных средств поражения. Процесс поражения групповой цели является стохастическим. Это позволяет использовать вероятностную имитационную модель для его исследования. Имитационная модель стрельбы по групповой цели строится с помощью табличного процессора Excel.

Ключевые слова: имитационная модель, стохастический процесс, рассеивание боеприпасов, групповая цель.

O. I. Kalyapina, E. V. Ryzhkova, O. A. Tribunskikh

SIMULATION OF THE PROCESS OF HITTING A GROUP TARGET

Abstract: this article discusses the process of striking a group target using conventional weapons. The process of hitting a group target is stochastic. This allows us to use a probabilistic simulation model to study it. The simulation model of shooting at a group target is built using the Excel spreadsheet processor.

Keywords: simulation model, stochastic process, ammunition dispersion, group target.

При использовании обычных средств поражения каждый боеприпас вследствие ряда случайных причин описывает свою траекторию и имеет свою точку падения (точку встречи), не совпадающую с другими, вследствие чего происходит их разбрасывание. Явление разбрасывания боеприпасов при стрельбе из одного и того же оружия в практически одинаковых условиях

называется естественным рассеиванием или рассеиванием траекторий. Наиболее распространенными боеприпасами, относящимися к обычным средствам поражения, являются различного вида снаряды, неуправляемые авиабомбы и ракеты.

Одной из распространенных задач, которую приходится решать при использовании обычных средств поражения является уничтожение групповой цели. Групповая (площадная) цель представляет собой совокупность элементарных целей, расположенных на площади с небольшими промежутками (места скопления войск и транспорта, железнодорожные узлы, аэродромы). Такая задача возникает в случаях, когда точное положение цели неизвестно и есть лишь приблизительные сведения о ее местонахождении в некотором районе. Тогда для поражения цели площадь, которую она занимает, подвергают равномерному обстрелу. Существующие аналитические методы оценки применения обычных средств поражения при стрельбе по площадным объектам базируются на допущении о равномерном распределении элементарных целей. Элементарные цели с равной вероятностью могут располагаться в любом месте в пределах площади, которую занимает групповая цель [1]. Для поражения таких целей часто применяется разнесенная стрельба или стрельба с использованием реактивных снарядов. В этих случаях рассеивание боеприпасов подчиняется закону равномерного распределения случайной величины [2].

Исходя из этих двух допущений видно, что процесс поражения групповой цели является стохастическим. Это позволяет использовать вероятностную имитационную модель для исследования. Известно, что (см.[3]) имитационные модели, в которых влияние случайных факторов учитывается с помощью задания вероятностных характеристик случайных процессов, имитируют работу исследуемой системы, имитируют взаимодействие элементов системы. Построим имитационную модель поражения цели с помощью табличного процессора Excel.

Будем полагать, что групповая цель находится в пределах площади, которая соответствует двадцати пяти ячейкам электронной таблицы, то есть площадь групповой цели разделяется на двадцать пять квадратов. При обстреле этой площади снаряд с одинаковой вероятностью может попасть в любой квадрат, который соответствует одной из ячеек электронной таблицы. При каждом залпе по цели выпускается четыре снаряда, стрельба продолжается до тех пор, пока не будет поражено больше половины квадратов.

Сформулируем правило, по которому будем по значению случайной величины определять координаты квадрата попадания (ячейки). Для построения модели свяжем пороговые значения случайных величин с номерами строк (столбцов). Преобразование будет осуществляться по следующему правилу:

- значения случайных величин, которые больше или равны 0 и меньше 0.2, будут соответствовать попаданию в ячейку первой строки (первого столбца);

- случайные числа в диапазоне от 0.2 до 0.4 описывают попадание снаряда в ячейку второй строки (второго столбца);
- случайные величины от 0.4 до 0.6 соответствуют попаданию в ячейку третьей строки (третьего столбца);
- интервал от 0.6 до 0.8 означает попадание в четвертую строку (четвертый столбец);
- значения случайных величин, которые попадают в интервал от 0.8 до 1, будут соответствовать попаданию в ячейку пятой строки (пятого столбца).

Рассмотрим внешний вид имитационной модели и алгоритм ее работы. В модели используются два диапазона ячеек. Один диапазон ячеек задействован для отображения результатов текущего обстрела (A1:E5), а второй диапазон для отображения результатов всех ранее произведенных обстрелов (G1:K5). В первом диапазоне в ячейку может быть записана единица или ноль. Единица записывается, если снаряд попал по этому адресу, а ноль – если не попал. Во втором диапазоне в ячейку может быть записано любое целое число, которое характеризует число попаданий за все время с начала стрельбы. На рис. 1 показан вид модели после первого обстрела четырьмя снарядами. В этом случае значения ячеек в обоих диапазонах одинаковы.

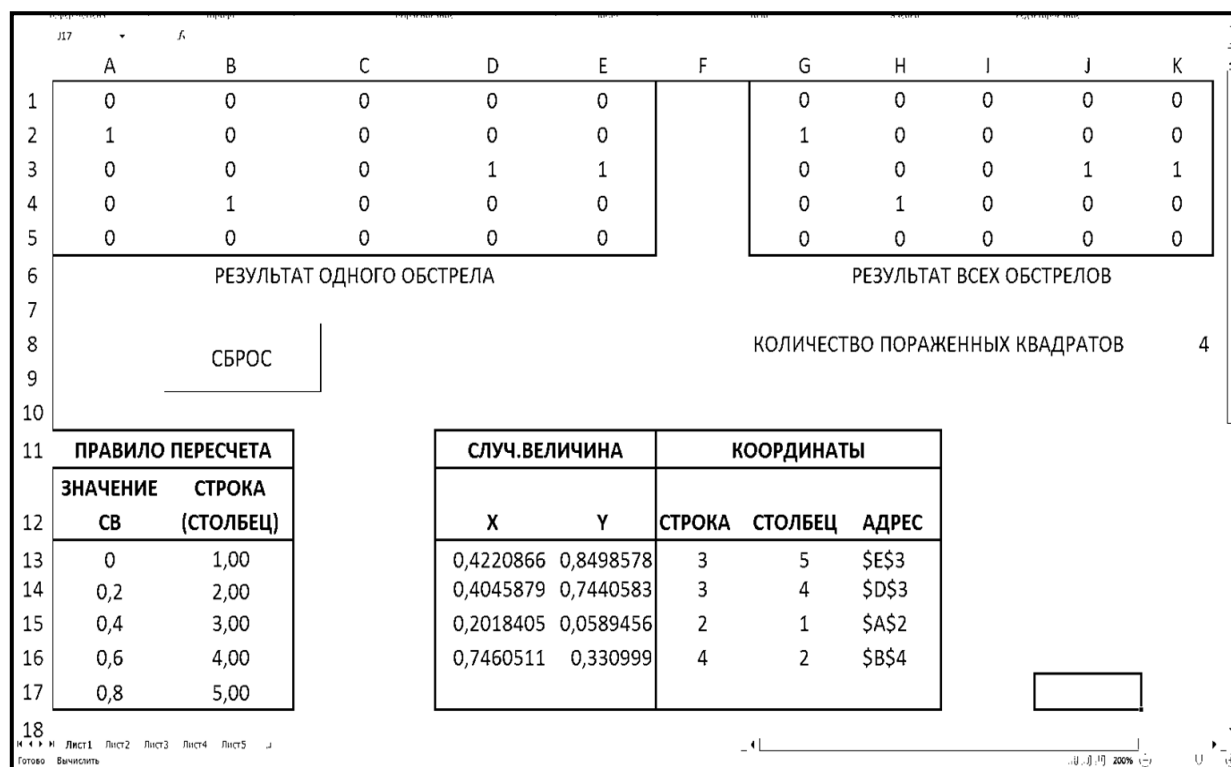


Рис. 1. Модель после первого обстрела

Таблица *Правила пересчета* содержит данные для перехода от случайных величин к номерам строк и столбцов. Таблица *Случ. величина* заполняется случайными числами, которые генерируются по закону равномерного распределения от нуля до единицы и изменяются после нажатия клавиши **F9**. В таблице *Координаты* происходит переход от номеров строк и столбцов к адресу определенной ячейки из диапазона A1:E5. Для этого мы обращаемся к таблице *Правила пересчета*. Столбец *Адрес* таблицы *Координаты* отображает адреса ячеек, в которые попали снаряды при текущем обстреле.

В модели используются два макроса, написанные на языке VBA. Один макрос запускается кнопкой **Сброс**. Его задача обнулить значения ячеек в рабочих диапазонах.

Второй макрос используется для сложения с накоплением чисел в ячейках диапазона G1:K5. После каждого обстрела в четырех ячейках диапазона A1:E5 отображаются единицы. В остальных ячейках этого диапазона отображаются нули. В ячейках диапазона G1:K5 предыдущие значения ячеек складываются с текущими. Во втором диапазоне в ячейку может быть записано любое целое число, которое характеризует количество попаданий за все время с начала стрельбы (диапазон G1:K5). Для этого используется макрос, написанный на языке VBA. В ячейках диапазона предыдущие значения ячеек складываются с текущими значениями ячеек. Макрос вызывается, когда происходит событие *Worksheet_Calculate* пересчета данные на рабочем листе. В результате его работы содержимое ячеек первого диапазона ($Cells(j, i)$) прибавляется к содержимому ячеек второго диапазона ($Cells(j, i + 6)$). После выполнения кода переменная *arrData1(5, 5)*, объявленная с помощью оператора *static*, сохраняет свое значение до сброса или перезапуска модуля. Переменная *K* используется для подсчета непораженных ячеек. Таким образом, формируется общая картина поражения цели. Командир видит элементы площади, которые были поражены один раз, которые были поражены несколько раз и не поражены ни разу. Полный код макросов приведен ниже на рис. 2.

Алгоритм работы модели состоит из следующих шагов:

- программа генерирует восемь случайных чисел, этот шаг соответствует одному залпу по групповой цели;
- по заданному правилу пересчета эти числа преобразуются в адреса четырех ячеек, таким образом, определяются координаты четырех точек, пораженных одним залпом;
- результаты произведенного залпа отображаются в первом информационном диапазоне ячеек;
- во втором информационном диапазоне происходит суммирование попаданий в каждую ячейку площади, что позволяет командиру следить за результатами обстрела;

- после этого делается следующий залп, итерационный процесс продолжается до тех пор, пока не появится надпись «Поражено больше половины площади».

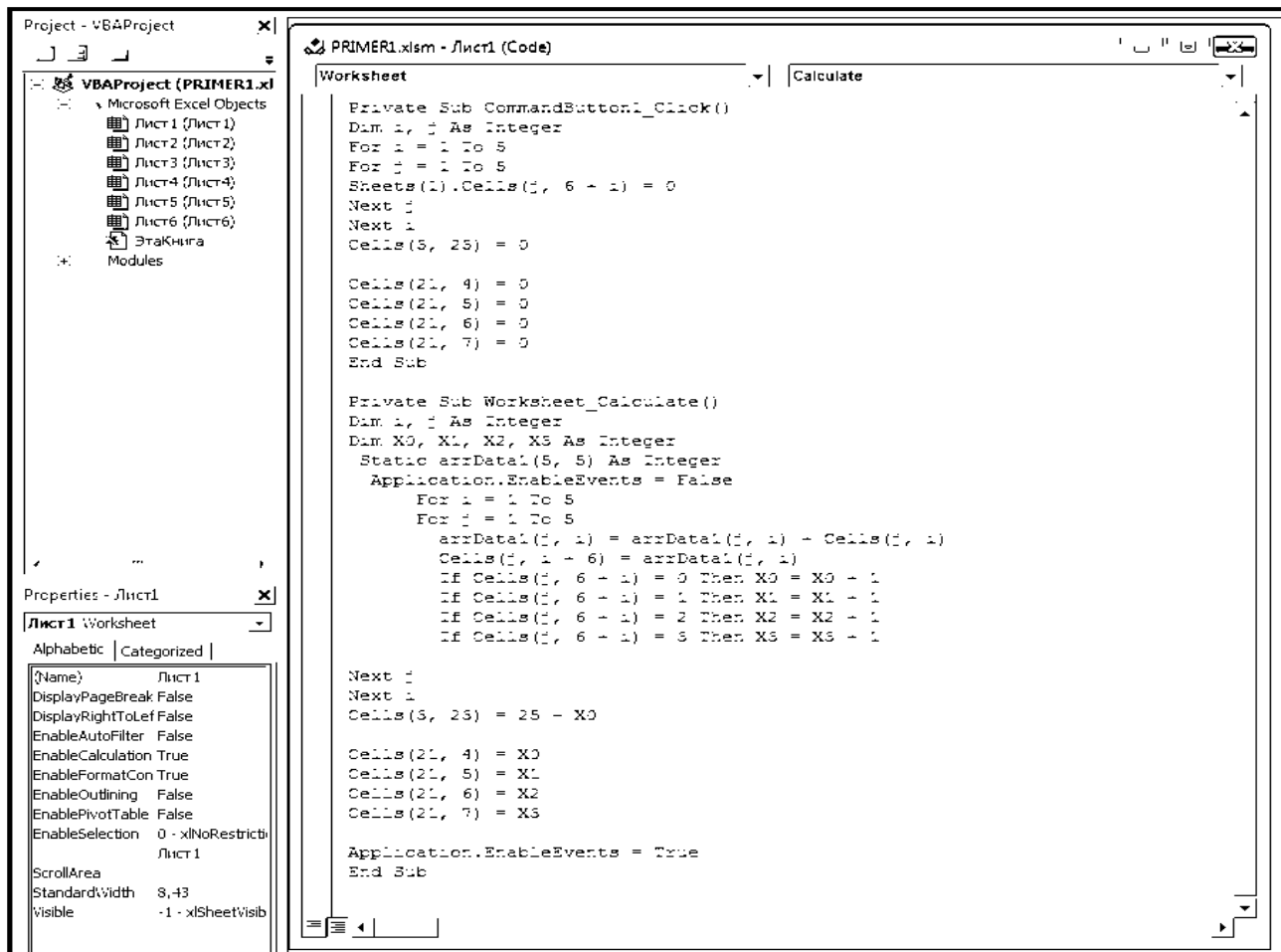


Рис. 2. Программный код макросов

После проведения имитационного моделирования заполнение ячеек диапазона G1:K5 показывает следующее: шестнадцать квадратов были поражены, в восемь из них снаряды попадали дважды, в восемь квадратов попадали один раз, а в девять квадратов ни разу. На рис. 3 показан вид модели после поражения половины площади, которую занимает групповая цель.

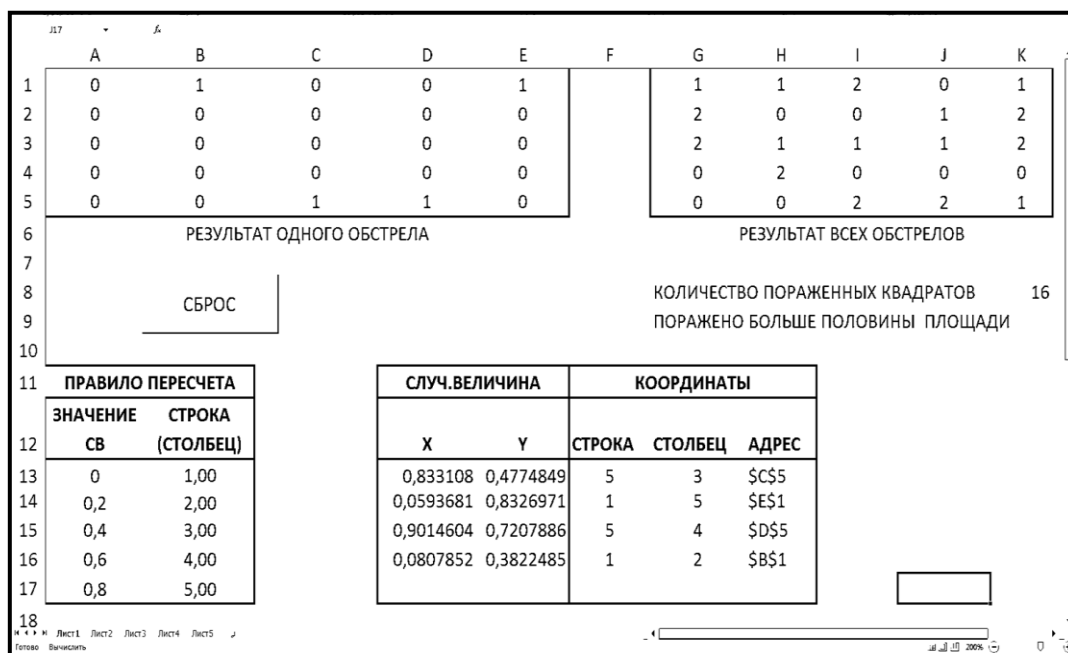


Рис. 3. Модель после поражения половины квадратов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Золотов Н. И.* Оценка эффективности стрельбы: вопросы совершенствования // Военная мысль .2003. №11. С.32-37.
2. *Кубекин Д. Н.* Обоснование требований к величинам характеристик рассеивания РСЗО // НиКа. 2008. №. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-trebovaniy-k-velichinam-harakteristik-rasseivaniya-rszo> (дата обращения: 06.03.2021).
3. *Советов Б. Я.* Моделирование систем / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев – М.: Высш. шк., 1998. – 319 с.

УДК: 614.841

Н. Г. Климачева, Е. М. Леонова, А. Н. Леонова
ФГБУ ВНИИ ГОЧС(ФЦ) МЧС России

ОБ ОТБОРЕ ОБРАЗЦОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОПОВЕЩЕНИЯ

Аннотация: в соответствии с Федеральным законом от 09.02.2007 г. № 16-ФЗ «О транспортной безопасности» установлена необходимость обязательной сертификации технических средств обеспечения транспортной безопасности. Технические средства оповещения, как один из объектов сертификации технических средств обеспечения транспортной безопасности, подлежат оценке соответствия и обязательной

сертификации, целью проведения которых являются определение полноты и достаточности доказательной документации, методик испытаний и результатов испытаний для определения соответствия требованиям, определенным в пунктах 50-57 раздела X Технические средства оповещения Постановления Правительства Российской Федерации от 26 сентября 2016 года № 969.

Ключевые слова: транспортная безопасность, обязательной сертификации технических средств обеспечения транспортной безопасности, испытание, измерение, контроль, технические средства оповещения.

N. G. Klimacheva, E. M. Leonova, A. N. Leonova

ON SAMPLING WHEN TESTING TECHNICAL WARNING MEANS

Abstract: in accordance with the Federal Law of 09.02.2007 № 16-FZ "On Transport Security", the need for mandatory certification of technical means of ensuring transport security is established. Technical means of warning, as one of the objects of certification of technical means of ensuring transport security, are subject to conformity assessment and mandatory certification, the purpose of which is to determine the completeness and sufficiency of evidentiary documentation, test methods and test results to determine compliance with the requirements specified in paragraphs .50-57 section X Technical means of warning of the Decree of the Government of the Russian Federation of September 26, 2016 №. 969.

Keywords: transport security, mandatory certification of technical means of ensuring transport security, testing, measurement, control, technical means of warning.

Федеральным законом от 09.02.2007 г. № 16-ФЗ «О транспортной безопасности» установлена необходимость обязательной сертификации технических средств обеспечения транспортной безопасности (далее – ТСО ТБ) [1], в состав которых входят технические средства оповещения [2]. Технические средства оповещения, как один из объектов сертификации ТСО ТБ, подлежат оценке соответствия и обязательной сертификации, целью проведения которых являются определение полноты и достаточности доказательной документации, методик испытаний и результатов испытаний для определения соответствия требованиям, определенным в пунктах .50-57 раздела X Технические средства оповещения Постановления Правительства Российской Федерации от 26 сентября 2016 года № 969 [2], т.е. технические средства оповещения при проведении процедур обязательной сертификации подлежат испытаниям.

В соответствии с [3] испытание – это экспериментальное определение количественных и качественных свойств объекта как результат воздействия на него при функционировании. Необходимо не путать такие понятия как: испытания, измерения и контроль. При идентичности всех процедур, связанных с проверкой образцов сертификации, это различные понятия (таблица).

Таблица. Соотношение понятий «испытания», «измерения» и «контроль»

Термин	Цель	Качество	Показатель точности
Измерение	Определение значения величины (параметра)	Степень близости результатов измерения действительному значению	Погрешность измерения Δ изм.
Испытание	Определение значения величины (параметра) при заданных режимах и воздействующих факторах, определяющих значение величины (параметра)	Степень близости результатов измерения действительному значению при заданных режимах испытания и воздействующих факторах	$\Delta_{\text{исп}} = \Delta_r + \Delta_f + \Delta_{\text{изм.}}$, где: Δ_r – погрешность режимов; Δ_f – погрешность Воздействующих факторов; Δ изм – погрешность измерения
Контроль	Установление факта нахождения величины (параметра) в заданном допуске при заданных режимах испытания и воздействующих факторах	Степень достоверности нахождения параметра в допустимых пределах Вероятность ошибок I и II рода с учетом $\Delta_{\text{изм}}$	Вероятность ошибок I и II рода с учетом $\Delta_{\text{изм}}$

В отличие от других представленных в таблице процедур испытания проводятся испытательными лабораториями в соответствии с требованиями «Положения об организации и порядке проведения работ по обязательной сертификации технических средств оповещения для обеспечения транспортной безопасности», утвержденного заместителем Министра МЧС России [4], по программе и методике испытаний (далее — ПМИ), разработанной для конкретного образца ТСО ТБ с использованием методик проведения сертификационных испытаний технических средств оповещения, утвержденных заместителем Министра МЧС России [5].

При разработке ПМИ учитываются следующие факторы:

внешние, существующие вне зависимости от объекта испытаний и действуют на него извне;

внутренние – факторы, создаваемые объектом испытаний в процессе своего функционирования;

дестабилизирующие – факторы, на которые объект испытаний не должен реагировать и противостоять их воздействию, так называемые внешние воздействующие факторы (изменение температуры, атмосферного давления, механические нагрузки и т.д.).

В соответствии с классификацией ГОСТ Р 42.3.01 [6] технические средства оповещения подразделяются на следующие группы: автоматизированное рабочее место оповещения, устройство запуска, управления и мониторинга оконечных средств оповещения и самая многочисленная группа – оконечные средства оповещения.

Для проведения испытаний необходимо определить объект испытаний, изучить его техническую и эксплуатационную документацию, а также, самое главное, провести отбор образцов в соответствии с ГОСТ 31814–2012 [7].

Главным критерием отбора является соответствие отобранного образца идентификационным признакам технического средства оповещения [6].

На основе полученного опыта в процессе проведения сертификационных испытаний приведем вариант схемы отбора образцов.

Шаг 1:

определение на производстве наличия и состава оборудования для отбора образцов в соответствии с заявкой на проведение обязательной сертификации;

сравнение представленного для отбора оборудования с данными технических условий.

проверка наличия маркировки и даты изготовления;

Шаг 2: для отобранного оборудования необходимо определить группу с идентичными характеристиками функциональных параметров, проверяемых в ходе сертификационных испытаний в соответствии с пунктами 50–57 раздела разделом X Требования к функциональным свойствам технических средств обеспечения транспортной безопасности, утверждённых постановлением Правительства Российской Федерации от 26 сентября 2016 г. № 969 (далее – требование) [2]. Оборудование внутри группы может незначительно отличаться конструктивными элементами, крепежными устройствами, комплектацией и типом исполнения корпуса и другими параметрами, не оказывающими влияния на характеристики, оцениваемыми в соответствии с требованиями [2]. Идентичность технических характеристик и функциональных параметров однотипных образцов позволяет распространить результаты испытаний на все заявленные технические средства.

Шаг 3: из каждой группы предъявленных технических средств оповещения выбирается один образец.

Шаг 4: идентификационные признаки отобранного оборудования: наименование оборудования, заводской заносятся в таблицу «Перечень отобранных образцов» Акта отбора образцов.

В заключении необходимо отметить, что отбор образцов является одним из важных этапов проведения сертификационных испытаний. От правильности действий при проведении выборки технических средств оповещения зависит

результат проводимых испытаний. Неправильное проведение отбора образца может сказаться на результатах обязательной сертификации заявленных технических средств оповещения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 09.02.2007 г. № 16-ФЗ «О транспортной безопасности», ИБ «Консультант Плюс»: Законодательство / Российское законодательство (ВерсияПроф) (дата обращения 06.03.2022).

2. Постановление Правительства Российской Федерации от 26.09.2016 № 969 «Об утверждении требований к функциональным свойствам технических средств обеспечения транспортной безопасности и Правил обязательной сертификации технических средств обеспечения транспортной безопасности» – ИБ «Консультант Плюс»: Законодательство / Российское законодательство (ВерсияПроф) (дата обращения 06.03.2022).

3. ГОСТ 16504–81 Система государственных испытаний продукции Испытания и контроль качества продукции, режим доступа: docs.cntd.ru, (дата обращения 06.03.2022).

4. Положение об организации и порядке проведения работ по обязательной сертификации технических средств оповещения для обеспечения транспортной безопасности - Документ - 29.03.2017 - №2-4-71-16–28 - МЧС России (mchs.gov.ru) (дата обращения 06.03.2022).

5. Методики проведения сертификационных испытаний технических средств оповещения - Документ - 29.03.2017 - №2-4-71-17–28 - МЧС России (mchs.gov.ru) (дата обращения 06.03.2022).

6. ГОСТ Р 42.3.01-2021 «Гражданская оборона. Технические средства оповещения населения. Классификация. Общие технические требования ИБ «Консультант Плюс»: Законодательство / Российское законодательство (ВерсияПроф) (дата обращения 06.03.2022).

7. ГОСТ 31814–2012 Оценка соответствия общие правила отбора образцов для испытаний продукции при подтверждении соответствия, режим доступа docs.cntd.ru/document/1200101108 (дата обращения 06.03.2022).

УДК 001.89; 65.01; 002.4

М. В. Кузнецов

ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ МЧС РОССИИ ЗА СЧЁТ УВЕЛИЧЕНИЯ
ПУБЛИКАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ
И СОТРУДНИКОВ В АНГЛОЯЗЫЧНЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ЖУРНАЛАХ,
ВХОДЯЩИХ В МЕЖДУНАРОДНУЮ НАУКОМЕТРИЧЕСКУЮ
БАЗУ ДАННЫХ SCOPUS**

Аннотация: в дополнение к ранее предложенным подходам к поиску русскоязычных журналов, входящих в наукометрическую базу данных SCOPUS, разработаны дальнейшие рекомендации по повышению эффективности деятельности научных и образовательных организаций МЧС России за счёт увеличения уровня публикационной активности научных сотрудников в англоязычных журналах, входящих в ту же базу данных. Анализ вновь проведен на примере одного из научно-исследовательских институтов с точки зрения направлений исследований, целей и задач института в целом, а также отдельных его подразделений в виде научно-исследовательских центров. Были предложены подборки иностранных англоязычных журналов (всего более 180-и), наиболее подходящих для опубликования результатов научных исследований по каждому конкретному направлению.

Ключевые слова: эффективность научной деятельности, публикационная активность, цели и задачи, наукометрические базы данных, SCOPUS, англоязычные журналы, количественный показатель.

M. V. Kuznetsov

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF SCIENTIFIC ORGANIZATIONS
OF EMERCOM OF RUSSIA BY INCREASING PUBLICATION ACTIVITY
OF STUDENTS AND EMPLOYEES IN THE ENGLISH-LANGUAGE
FOREIGN JOURNALS INCLUDED IN THE INTERNATIONAL
SCIENTOMETRIC DATABASE SCOPUS**

Abstract: in addition to the previously proposed approaches to the search for Russian journals included in the scientometric database SCOPUS, further recommendations to improve the efficiency of scientific and educational organizations of the EMERCOM of Russia by increasing the level of publication activity of researchers in English-language journals included in the same database have been developed. The analysis was again carried out on example of one of the research institutes in terms of research directions, goals and objectives of the institute as a whole, as well as with respect to its individual divisions in the form of research centers. A selection of foreign English-language journals (more than 180 in

total) were proposed that are most suitable for publishing the results of scientific research in the each specific area.

Keywords: efficiency of scientific activity, publication activity, goals and objectives, scientometric databases, SCOPUS, journals, quantitative indicator.

В настоящее время одним из основных показателей эффективности и результативности научных и образовательных организаций, в том числе входящих в структуру МЧС России, является повышение показателей публикационной активности их сотрудников. Важнейшее значение имеют количественные данные об опубликовании статей сотрудниками организации за отчетный период в отечественных и зарубежных журналах, входящих в основные международные наукометрические базы данных: Web of Sciences (www.isiwebofknowledge.com), SCOPUS (www.scopus.com) и др. [1]. Ранее в качестве примера, были выработаны рекомендации по опубликованию результатов в русскоязычных журналах применительно к направлениям исследований, целям и задачам ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России. Следует отметить, что даже с количественной точки зрения в англоязычный сегмент базы данных SCOPUS входит существенно большее число журналов (порядка 40000), чем в ее русскоязычный сегмент (порядка 1000) [2,3]. Ранее были проанализированы все журналы, входящие в российский сегмент базы данных SCOPUS согласно актуальным данным на 2020-2021 г. [4]. В данной части работы были проанализированы все международные журналы, издаваемые в настоящее время, на английском языке, и входящие в ту же базу данных SCOPUS. Во внимание вновь были приняты все основные направления исследований, осуществляемые научными центрами, входящими в настоящее время в структуру института. Применительно к каждому направлению исследований был вновь предложен примерный набор журналов, наиболее подходящих с точки зрения тематики публикуемых в них статей. Был сохранен тот же порядок, который ранее был использован в работе с русскоязычной базой данных. Международная база значительно более обширная, чем русскоязычная. Журналы представлены в международной базе как по названиям, так и по номерам ISBN в печатном (P) и в электронном (E) виде. В общей сложности было предложено более 180-и журналов различного профиля. Предложенные подходы могут быть использованы другими научными или образовательными организациями МЧС России, осуществляющими свою деятельность в рамках предложенных ниже научных направлений. С их помощью могут быть сформированы общие подходы организации к повышению уровня ее публикационной активности в международных журналах, входящих в наукометрическую базу данных SCOPUS.

- методы и технологии предупреждения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также методики оценки риска чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

(журналы: «*Risk Analysis*» (ISBN (P) – 02724332); «*Risk Management*» (ISBN (P) – 14603799); «*Statistics and Risk Management*» (ISBN (P) – 21931402); «*International Journal of Risk Assessment and Management*» (ISBN (P) – 14668297); «*Community, Environment and Disaster Risk Management*» (ISBN (P) – 20407262); «*Journal of Risk Research*» (ISBN (P) – 13669877); «*Journal of Risk*» (ISBN (P) – 14651211); «*International Journal of Disaster Risk Science*» (ISBN (P) – 20950055); «*International Journal of Disaster Risk Reduction*» (ISBN (P) – 22124209); «*Climate Risk Management*» (ISBN (E) – 22120963); «*Risks*» (ISBN (E) – 22279091); «*Natural Hazards*» (Springer).

- защитные мероприятия в чрезвычайных ситуациях, инженерная защита, защитные сооружения гражданской обороны (а также защитные сооружения общего назначения), радиационная и химическая защита, средства индивидуальной защиты, радиационной и химической разведки и дозиметрического контроля.

(журналы: «*Radiation and Risk*» (ISBN (P) – 01313878); «*Radiation Detection Technology and Methods*» (ISBN (P) – 25099930); «*Radiation Measurements*» (ISBN (P) – 13504487); «*Radiation Research*» (ISBN (P) – 00337587); «*Emergency Radiology*» (ISBN (P) – 107030004; ISBN (E) – 14381435); «*International Journal of Emergency Services*» (ISBN (P) – 20470908; ISBN (E) – 20470894); «*International Journal of Emergency Management*» (ISBN (P) – 14714825); «*Journal of Emergency Management*» (ISBN (P) – 15435865); «*Defence Life Science Journal*» (ISBN (E) – 24560537); «*Defence Science Journal*» (ISBN (E) – 0011748X); «*Acta Polytechnica Scandinavica, Civil Engineering and Building Construction Series*» (ISBN (P) – 03552705); «*Advances in Civil Engineering*» (ISBN (P) – 16878086; ISBN (E) – 16878094); «*Archives of Civil Engineering*» (ISBN (P) – 12302945; ISBN (E) – 23003103); «*ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering*» (ISBN (E) – 23767642); «*Ecology and Civil Engineering*» (ISBN (P) – 13443755; ISBN (E) – 18825974); «*European Journal of Environmental and Civil Engineering*» (ISBN (P) – 19648189; ISBN (E) – 21167214); «*International Journal of Civil Engineering (Springer)*».

- технологии мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, в том числе в международной Арктической зоне и в Арктической зоне Российской Федерации.

(журналы: «*Arctic*» (ISBN (P) – 00040843); «*Arctic Science*» (ISBN (E) – 23687460)); «*Arctic, Antarctic, and Alpine Research*» (ISBN (P) – 15230430); «*Occasional Paper - Institute of Arctic and Alpine Research*» (ISBN (P) – 00696145); *ARCTIC Journal* (University of Alberta (Canada)).

- прогнозирование возникновения и развития чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и биолого-социального характера и их последствий.

(журналы: «*Environmental Hazards*» (ISBN (P) – 17477891); «*Advances in Natural and Technological Hazards Research*» (ISBN (P) – 18789897); «*Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*» (ISBN (P) – 14363240); «*Natural Hazards*» (ISBN (P) – 0921030X); «*Extremes*» (ISBN (P) – 13861999); «*Human per-*

formance in extreme environments : the journal of the Society for Human Performance in Extreme Environments» (ISBN (P) – 15295168); «*Emergence: Complexity and Organization»* (ISBN (P) – 15213250); «*Journal of Homeland Security and Emergency Management»* (ISBN (P) – 15477355); «*Geomatics, Natural Hazards and Risk»* (ISBN (P) – 19475705; ISBN (E) – 19475713); «*Journal of Environmental Science and Health - Part A Environmental Science and Engineering and Toxic and Hazardous Substance Control»* (ISBN (P) – 10771204); «*Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering»* (ISBN (P) – 10934529; ISBN (E) – 15324117); «*Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste»* (ISBN (P) – 205315493; ISBN (E) – 21535515); «*Risk, Hazards and Crisis in Public Policy»* ISBN (E) – 19444079))

- развитие автоматизированной информационно-управляющей системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

(журналы: «*Information Systems»* (ISBN (P) – 03064379); «*Information Systems Journal»* (ISBN (P) – 13501917, ISBN (E) – 13652575); «*Information Systems Management»* (ISBN (P) – 10580530); «*Information Technology Journal»* (ISBN (P) – 18125638, ISBN (E) – 18125646); «*International Journal of Information System Modeling and Design»* (ISBN (P) – 19478186, ISBN (E) – 19478194); «*International Journal of Web Information Systems»* (ISBN (P) – 17440084); «*Journal of Information Systems»* (ISBN (P) – 08887985); «*Knowledge and Information Systems»* (ISBN (P) – 02191377); «*Management Information Systems»* (ISBN (P) – 14706326); «*ACM Transactions on Information Systems»* (ISBN (P) – 10468188); «*ACM Transactions on Management Information Systems»* (ISBN (P) – 2158656X); «*Communications of the Association for Information Systems»* (ISBN (P) – 15293181); «*Computer Science and Information Systems»* (ISBN (P) – 18200214); «*European Journal of Information Systems»* (ISBN (P) – 0960085X; ISBN (E) – 14769344); «*Enterprise Information Systems»* (ISBN (P) – 17517575; ISBN (E) – 17517583).

- оценка способов и методов определения загрязнённости (заражённости) объектов окружающей среды, продовольствия, питьевой воды, пищевого и фуражного сырья радиационными веществами, отравляющими веществами, аварийно-химически опасными веществами, биологическими средствами на территории Российской Федерации и иностранных государств.

(журналы: «*Journal of Food Quality and Hazards Control»* (ISBN (P) – 2345685X); «*Journal of Risk Management»* (ISBN (P) – 1353318X); «*Drinking Water Engineering and Science»* (ISBN (P) – 19969457); «*Journal of Water and Environment Technology»* (ISBN (E) – 13482165); «*Water, Air and Soil Pollution»* (ISBN (P) – 00496979); «*Advances in Food and Nutrition Research»* (ISBN (P) – 10434526); «*Current Nutrition and Food Science»* (ISBN (P) – 15734013); «*Current Research in Nutrition and Food Science»* (ISBN (P) – 2347467X, ISBN (E) – 23220007); «*Ecology of Food and Nutrition»* (ISBN (P) – 03670244, ISBN (E) –

15435237); «*Food Analytical Methods*» (ISBN (P) – 19369751, ISBN (E) – 1936976X); «*Foods and Raw Materials*» (ISBN (P) – 23084057, ISBN (E) – 23109599); «*International Journal of Food Contamination*» (ISBN (E) – 21962804); «*Journal of Food Composition and Analysis*» (ISBN (P) – 08891575, ISBN (E) – 10960481); «*Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*» (ISBN (P) – 17578361, ISBN (E) – 1757837X); «*Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety*» (ISBN (P) – 19327587, ISBN (E) – 19329954); «*Animal Nutrition and Feed Technology*» (ISBN (P) – 09722963, ISBN (E) – 0974181X); «*Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance*» (ISBN (P) – 19393210, ISBN (E) – 19393229); «*Chemical Health and Safety*» (ISBN (P) – 10749098); «*Environmental Toxicology and Water Quality*» (ISBN (P) – 10534725)).

- создание и применение новых образцов аварийно-спасательных средств (АСС) и технологий проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ.

(журнал «*AT&T Technical Journal*» (ISBN (P) – 87562324); «*International Journal of Machine Tool Design & Research*» (ISBN (P) – 00207357); «*Journal of Machine Engineering*» (ISBN (P) – 18957595, ISBN (E) – 23918071); «*Journal of Machinery Manufacture and Reliability*» (ISBN (P) – 10526188); «*JSME International Journal, Series C: Mechanical Systems, Machine Elements and Manufacturing*» (ISBN (P) – 13447653));

- развитие технологий и базовых элементов робототехники по вопросам создания аварийно-спасательных средств (в том числе – беспилотников).

(журналы: «*Advanced Robotics*» (ISBN (P) – 01691864); «*Journal of Mechanisms and Robots*» (ISBN (P) – 19424302); «*IEEE Journal of Robotics and Automation*» (ISBN (P) – 08824967); «*IEEE Robotics and Automation Letters*» (ISBN (E) – 23773766); «*Autonomous Robots*» (ISBN (P) – 09295593); «*The International Journal of Robotics Research*» (SAGE Publishing); «*IEEE Transactions on Robotics*» (ISBN (P) – 1553098); «*Laboratory Robotics and Automation*» (ISBN (P) – 08957533); «*Journal of Aircraft*» (ISBN (P) – 00218669));

- предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций на подводных потенциально-опасных объектах, а также обеспечения безопасности людей на водных объектах и проведения подводных работ особого (специального) назначения.

(журнал «*Proceedings of the Institute of Civil Engineering: Water and Maritime Engineering*» (ISBN (P) – 14724561); «*International Underwater Systems Design*» (ISBN (P) – 02671085); «*Underwater Technology*» (ISBN (P) – 01410814); «*Undersea Technology*» (ISBN (P) – 00416533);

- методы и технологии предупреждения чрезвычайных ситуаций и обеспечения безопасности людей на водных объектах, во внутренних водах и территориальном море Российской Федерации, а также в международных водах.

(журнал «*Ground Water Monitoring and Remediation*» (ISBN (P) – 10396629); «*Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*» (ISBN (P) –

0733950X); *Water Resources* (Springer); *Water, Air, & Soil Pollution* (An International Journal of Environmental Pollution); *Water Resources Management* (Springer).

- технические требования в области пользования маломерными судами, базами (сооружениями) для их стоянок.

(журнал «*Craft Research*» (ISBN (P) – 20404689); «*Crafts*» (ISBN (P) – 0306610X); «*World Patrol and Rescue Craft*» (ISBN (P) – 14403307)).

- исследования и испытания средств индивидуальной защиты и аварийно-спасательных средств, разработка требований к техническим средствам в целях снижения рисков и смягчения последствий чрезвычайных ситуаций, в том числе с точки зрения воздействия внешних факторов и отравляющих веществ.

(журнал: «*Adverse Drug Reactions and Acute Poisoning Review*» (ISBN (P) – 0250647X); «*Bulletin de Medecine Legale Urgence Medicale Centre Anti-Poisons*» (ISBN (P) – 03954374); «*IEEE Electron Device Letters*» (ISBN (P) – 07413106));

- мониторинг состояния зданий и сооружений, инженерных систем и конструкций зданий и др. (журнал «*Asian Journal of Civil Engineering*» (ISBN (P) – 15630854); «*Canadian Journal of Civil Engineering*» (ISBN (P) – 03151468, ISBN (E) – 12086029); «*Civil and Environmental Engineering*» (ISBN (P) – 13365835, ISBN (E) – 21996512); «*Civil Engineering and Environmental Systems*» (ISBN (P) – 10286608); «*Civil Engineering Systems*» (ISBN (P) – 02630257, ISBN (E) – 10290249); «*Civil engineering transactions*» (ISBN (P) – 00203297); «*Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*» (ISBN (P) – 10939687, ISBN (E) – 14678667); «*International Journal of Civil Engineering*» (ISBN (P) – 17350552); «*Journal of Civil Engineering and Management*» (ISBN (P) – 13923730); «*Magazine of Civil Engineering*» (ISBN (P) – 20714726, ISBN (E) – 20710305); «*Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Civil Engineering*» (ISBN (P) – 0965089X); «*Journal of Building Engineering*» (Elsevier).

- развитие и внедрение перспективных методов и технологий оценки риска и снижения риска возникновения чрезвычайных ситуаций.

(журналы: «*Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling*»; «*International Journal of Emergency Services*» (ISBN (P) – 20470908, ISBN (E) – 20470894); «*Puesta al Dia en Urgencias, Emergencias y Catastrofes*» (на испанском языке) (ISBN (P) – 15760316); «*Industrial Safety Series*» (ISBN (P) – 09219110); «*International Journal of Reliability and Safety*» (ISBN (P) – 1479389X, ISBN (E) – 14793903); «*International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering*» (ISBN (P) – 02185393);

- применения и развития систем наблюдения и лабораторного контроля (СНЛК).

(журнал «*Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*» (ISBN (P) – 01697439); «*Current Protocols in Essential Laboratory Techniques*» (ISBN (E) – 19483430); «*Industrial Laboratory (USSR) (English translation of Zavodskaya Laboratoriya)*» (ISBN (P) – 00198447); «*JALA - Journal of the Association for Laboratory Automation*» (ISBN (P) – 15355535, ISBN (E) – 15402452); «*Journal of Labor-*

atory Automation» (ISBN (E) – 22110682); «*Laboratory Automation and Information Management*» (ISBN (P) – 1381141X); «*Laboratory Equipment*» (ISBN (P) – 00236810); «*Laboratory Information Management*» (ISBN (P) – 09255281);

- научно-методическое обеспечение цифровизации РСЧС, развитие автоматизированной информационно-управляющей системы РСЧС, совершенствование методического, программного и информационного обеспечения АИУС РСЧС, развитие и сопровождение единой системы классификации и кодирования информации (ЕСКК) АИУС РСЧС.

(журналы: «*Digital Communications and Networks*» (ISBN (P) – 24685925, ISBN (E) – 23528648); «*Digital Technical Journal*» (ISBN (P) – 1898901X); «*IET Computers and Digital Techniques*» (ISBN (P) – 17518601, ISBN (E) – 1751861X); «*International Journal of Digital Content Technology and its Applications*» (ISBN (P) – 19759339); «*Information Management and Computer Security*» (ISBN (P) – 09685227); «*Laboratory Automation and Information Management*» (ISBN (P) – 1381141X); «*Laboratory Information Management*» (ISBN (P) – 09255281); «*Information Security Technical Report*» (ISBN (P) – 1381141X); «*Scientific and Technical Information Processing*» (ISBN (P) – 01476882));

- создание специализированных геоинформационных систем, ведение банка данных мониторинга чрезвычайных ситуаций.

(журналы: «*Environmental Monitoring and Assessment*» (ISBN (P) – 01676369, ISBN (E) – 15732959); «*Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*»; (ISBN (E) – 22151532); «*Journal of Environmental Monitoring*» (ISBN (P) – 14640325, ISBN (E) – 14640333); «*PFG - Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*» (ISBN (P) – 25122789, ISBN (E) – 25122819); «*ZFV - Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement*» (ISBN (P) – 16188950); «*Environmental Geotechnics*» (ISBN (E) – 2051803X));

- разработка и совершенствование методического и информационного обеспечения в сферах создания, развития и функционирования систем связи, оповещения и информирования населения, органов повседневного управления системы вызова экстренных оперативных служб, в том числе и в рамках международного научно-технического сотрудничества;

- разработка и совершенствование методического и информационного обеспечения в сферах создания, развития и функционирования систем связи, оповещения и информирования населения, органов повседневного управления системы-112. (журналы: «*International Journal of Communication Systems*» (ISBN (P) – 10745351, ISBN (E) – 10991131); «*International journal of digital and analog communication systems*» (ISBN (P) – 10479627); «*International Journal of Embedded and Real-Time Communication Systems*» (ISBN (P) – 19473176, ISBN (E) – 19473184); «*Telecommunication Systems*» (ISBN (P) – 10184864, ISBN (E) – 15729451); «*Informing Science*» (ISBN (P) – 15214672, ISBN (E) – 15479684); «*Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management*» (ISBN (P) – 15551229, ISBN (E) – 15551237); «*ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications*» (ISBN (P) – 15516857); «*AEU - International*

Journal of Electronics and Communications» (ISBN (P) – 14348411); «*Analytical Communications*» (ISBN (P) – 13597337); «*Central European Journal of Communication*» (ISBN (P) – 18995101); «*Communications and Control Engineering*» (ISBN (P) – 01785354, ISBN (E) – 21977119); «*Communications in Computer and Information Science*» (ISBN (P) – 18650929); «*Computer Communications*» (ISBN (P) – 01403664); «*Electrical Communication*» (ISBN (P) – 00134252); «*European Journal of Communication*» (ISBN (P) – 02673231); «*IEE Proceedings, Part F: Communications, Radar and Signal Processing*» (ISBN (P) – 01407370));

- организация применения оборудования и специально технических средств для проведения обследования зданий и сооружений на сейсмостойчивость.

(журнал «*Insight: Non-Destructive Testing and Condition Monitoring*» (ISBN (P) – 13542575); «*Structural Control and Health Monitoring*» (ISBN (P) – 15452255); «*Structural Monitoring and Maintenance*» (ISBN (P) – 22886605, ISBN (E) – 22886613));

- общие вопросы стандартизации.

(журналы: «*ISO Bulletin*» (ISO - International Organization for Standardization) ISBN (P) – 0303805X – журнал по общим вопросам стандартизации; «*International Journal for Services and Standards*» (ISBN (P) – 17408849, ISBN (E) – 17408857); «*International Journal for Standardization Research*» (ISBN (P) – 24708542, ISBN (E) – 24708550); «*Journal of ICI Standardization*» (ISBN (P) – 2245800X, ISBN (E) – 22460853); «*Standardization News*» ISBN (P) – 10944656)).

Кроме того, для опубликования результатов математических расчетов в приложении к задачам оценки и анализа рисков, теории прогнозирования, создания информационно-управляющих систем и др. может быть использован большой набор журналов математического профиля, таких как, например: «*Advances in Applied Mathematics*» (ISBN (P) – 01968858, ISBN (E) – 10902074); «*Advances in Applied Mathematics and Mechanics*» (ISBN (P) – 20700733, ISBN (E) – 20751354); «*Advances in Computational Mathematics*» (ISBN (P) – 10197168, ISBN (E) – 15729044); «*Applied and Computational Mathematics*» (ISBN (P) – 16833511); «*Bulletin of Computational Applied Mathematics*» (ISBN (E) – 22448659); «*Communications in Applied Numerical Methods*» (ISBN (P) – 07488025); «*Communications in Mathematics and Statistics*» (ISBN (P) – 21946701, ISBN (E) – 2194671X); «*Computational and Applied Mathematics*» (ISBN (P) – 22383603, ISBN (E) – 18070302); «*Computational Methods in Applied Mathematics*» (ISBN (P) – 16094840, ISBN (E) – 16099389) и др. (серии «*Mathematical Modelling*», «*Numerical Analysis*» и др.

Таким образом, в результате проведения углубленного анализа англоязычного сегмента международной наукометрической базы данных SCOPUS, были предложены расширенные подборки иностранных (англоязычных) журналов (более 180-и), наиболее перспективных с точки зрения опубликования в них результатов выполняемых в конкретном научно-исследовательском инсти-

туте МЧС России НИР и НИОКР (с учётом требований о защите государственной тайны).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воронин А.А.* Какая эффективность нужна российской науке. Управление большими системами / А.А. Воронин // Сб. трудов. Спец. вып. 44. - Наукометрия и экспертиза в управлении наукой / М.: ИПУ РАН, 2013. - С. 56–66.
2. *Георгиев Г.П.* Организация науки в России. - Режим доступа: <http://www.georgiev.igb.ac.ru>
3. *Королева Т.С.* Критерии оценки эффективности деятельности научных учреждений / Т.С. Королева, И.А. Васильев, И.О. Торжков // Труды Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства. 2014. - № 2. - С. 94-111.
4. *Кузнецов М.В.,* Рекомендации по повышению эффективности деятельности научных организаций МЧС России за счет увеличения публикационной активности в журналах, входящих в международную наукометрическую базу данных СКОПУС / М.В. Кузнецов, А.С. Новицкая // Международный научный журнал «Символ науки». 2022. - N 03-1. - С. 8-10.

УДК: 614.841

А. Н. Леонова

ФГБУ ВНИИ ГОЧС(ФЦ) МЧС России

ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОПОВЕЩЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Аннотация: в настоящее время в нормативных документах в части создания систем оповещения населения, а также технических средств оповещения отсутствуют конкретные требования к программному обеспечению. За исключением требования пункта 5.1.9, вступившего в действие с 01 июня 2021 года ГОСТ Р 42.3.01-2021, в котором указывается, что в ТСО должно быть использовано программное обеспечение, включенное в единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных, и соответствовать ГОСТ Р 56939, требования которого распространяются на разработку безопасного программного обеспечения. Очевидно, что этого недостаточно для реализации требований Положения о системах оповещения населения в части функций, выполняемых системой оповещения населения.

Ключевые слова: технические средства оповещения, техническое задание, создание систем оповещения, программное обеспечение, положение о системах оповещения, система оповещения.

A. N. Leonova

APPROACHES TO THE FORMATION OF REQUIREMENTS FOR THE SOFTWARE OF WARNING HARDWARE FACILITIES OF VARIOUS MANUFACTURERS

Abstract: currently, there are no specific software requirements in the regulatory documents regarding the creation of public warning systems, as well as technical means of warning. With the exception of the requirement of clause 5.1.9, which entered into force on June 01, 2021 GOST R 42.3.01-2021, which states that the TSS must use software included in the unified register of Russian programs for electronic computers and databases, and comply with GOST R 56939, the requirements of which apply to the development of secure software. Obviously, this is not enough to implement the requirements of the Regulations on public warning systems in terms of the functions performed by the public warning system.

Keywords: technical means of warning, terms of reference, creation of warning systems, software, regulations on warning systems, warning system.

По результатам рассмотрения нормативных документов в части создания систем оповещения населения, а также технических средств оповещения (далее – ТСО) был сделан вывод, что в настоящее время конкретные требования к программному обеспечению ТСО отсутствуют [1], за исключением требования пункта 5.1.9, вступившего в действие с 01 июня 2021 года ГОСТ Р 42.3.01-2021 [2], в котором указывается, что в ТСО должно быть использовано программное обеспечение, включенное в единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных, и соответствовать ГОСТ Р 56939 [3], требования которого распространяются на разработку безопасного программного обеспечения. Очевидно, что этого недостаточно для реализации требований Положения о системах оповещения населения [4] в части функций, выполняемых системой оповещения населения.

Между тем, при разработке технического задания на создание (модернизацию) ТСО, а также в процессе проведения приемочных испытаний ТСО [5] особое внимание уделяется функциональным свойствам, вероятностно-временным, надежности характеристикам ТСО. В документах, разрабатываемых для проведения приемочных испытаний (техническое задание, программа и методики испытаний) отсутствуют разделы с требованиями к программному обеспечению (далее – ПО).

При этом в разделе технического задания «Требования к видам обеспечения» имеются требования к программно-математическому обеспечению, а конкретные требования к ПО, а также к методике его проверки – отсутствуют. Все это может и оставалось бы незамеченным, если бы не возникла проблема программно-технического сопряжения систем оповещения населения, созданных на ТСО различных производителей.

Так, при создании (реконструкции) систем оповещения всех уровней на конкурсные процедуры стали выходить организации, предлагающие различные как по функциональным свойствам, так и отличающиеся по стоимости технические средства оповещения. Зачастую на пунктах управления было установлено несколько автоматизированных рабочих мест различных производителей, чтобы управлять сегментами системы оповещения. Установка блока сопряжения, серийно выпускаемого для устранения данного негативного явления, несущественно повлияла на эту ситуацию, поскольку производители, изменяя версии ПО, не сообщали об этом производителям других ТСО, в том числе блока сопряжения.

Для исключения этого негативного явления в техническое задание на создание (реконструкцию) систем оповещения целесообразно включение требований к программному обеспечению ТСО, в том числе по сопряжению с ТСО сторонних производителей, а в состав проектной документации включение раздела с описанием версии ПО и обоснованных требований к аппаратной части, поддерживающей функционирование данного программного продукта.

В этом случае другим производителям, которые в соответствии с требованиями технического задания на создание системы оповещения населения смогут выйти на конкурсные процедуры вне зависимости от ранее установленного оборудования и программного обеспечения, будет гарантировано, что разработанное и установленное ими для эксплуатационного использования ПО сможет выполнить те же функции в соответствии с предназначением системы, что повысит конкурентоспособность ТСО различных производителей и, в конечном счете, устойчивость системы оповещения.

В [6] определены общие требования к разработке и документированию программного обеспечения встроенных систем, которыми следует руководствоваться при разработке ПО ТСО.

Основными требованиями к ПО ТСО должны быть:

отечественная разработка, включение в единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных;

соответствие ГОСТ Р 56939 [3];

обеспечение функциональных требований к ТСО, определенных в [2].

К основным требованиям относятся:

предоставление возможности администрирования (добавления или изменения), контроля состояния системы оповещения населения, в том числе отображения статуса окончательных средств оповещения;

регистрация в базе данных событий в хронологическом порядке: запуск и завершение сеанса оповещения, номер команды оповещения, адресат оповещения;

мониторинг состояния и отображение электропитания (основного и резервного), несанкционированного доступа;

контроль работоспособности линий и каналов связи, окончательных средств оповещения.

ПО должно быть представлено в виде:
системного, обеспечивающего функционирование и взаимодействие устройств ТСО;

пользовательского, осуществляющего взаимодействие АРМ оповещения с оконечными средствами оповещения.

Предлагается в описании ПО ТСО обязательное наличие следующих разделов:

структура программного обеспечения;

функции частей программного обеспечения;

методы и средства разработки программного обеспечения;

описание операционной системы с указанием наименования, краткой характеристики выбранной операционной системы и ее версии, в рамках которой будут выполняться разрабатываемые программы, с обоснованием выбора и указанием источников, где дано подробное описание выбранной версии.

В описание операционной системы также должны входить:

наименование руководства, в соответствии с которым должна осуществляться генерация выбранного варианта операционной системы;

требования к варианту генерации выбранной версии операционной системы;

средства, расширяющие возможности операционной системы.

К настоящему времени требования к программному обеспечению технических средств оповещения окончательно не разработаны, но, безусловно, вновь разработанное ПО должно проходить верификацию/тестирование на программно-аппаратных средствах, отличных от разработанных производителем ТСО, но являющимися базовыми для определения соответствия ПО системным требованиям [3,4]. Элементами базовой системы оповещения населения могут быть имитаторы, статические анализаторы, генераторы тестовых данных, а также наиболее типовые ТСО (громкоговорители, усилители и т.д.).

Вместе с тем, доработанное ПО ТСО также должно проходить приемочные испытания [2, 7].

Положительным примером по доработке ПО ТСО стали приемочные испытания комплекса программно-технических средств оповещения «Грифон» (далее – КПТСО «Грифон»), необходимость проведения которых была вызвана доработкой ПО и переходом на отечественную операционную систему (далее – ОС) «LINUX».

Испытания были проведены в ноябре 2021 года в городе Екатеринбург на базе региональной автоматизированной системы централизованного оповещения (далее – РАСЦО) Свердловской области в соответствии с требованиями [7].

При проведении испытаний установлено, что при адаптации программного обеспечения с ОС «WINDOWS» на ОС «LINUX» протоколы обмена информацией, алгоритмы оповещения, принципы работы оконечных устройств оповещения не изменены. ПО, адаптированное под ОС «LINUX», не внесло в работу

РАСЦО Свердловской области изменений по всем функциональным возможностям, в т.ч. по перехвату телевидения и сопряжению с системами оповещения других производителей

По результатам испытаний комиссией были сделаны выводы, которые внесены в Акт приемочных испытаний:

ПО АРМ «Грифон РСО» КПТСО «Грифон», адаптированное под операционную систему «LINUX», полностью удовлетворяет функциональным требованиям ГОСТ Р 42.3.01-2021;

перевод на программное обеспечение, адаптированное под операционную систему «LINUX», не повлекло нарушение функционирования РАСЦО Свердловской области. Протоколы обмена информацией, алгоритмы оповещения, принципы работы оконечных устройств оповещения не изменены, в т.ч. по перехвату телевидения и по сопряжению с системами оповещения других производителей. Изменений по всем функциональным возможностям не произошло, и это соответствует требованиям к системам оповещения населения (приложение № 1 к Положению о системах оповещения населения);

оборудование перехвата цифрового телевизионного вещания КПТСО «Грифон» соответствует требованиям п. 5.3.4 ГОСТ Р 42.3.01-2021;

сопряжение с системами оповещения других производителей через блок сопряжения соответствует п. 5 Приложения к Положению о системах оповещения населения, ГОСТ Р 42.3.01-2021.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отчет о НИР «Разработка государственного стандарта, определяющего протоколы информационного обмена технических средств оповещения населения» (промежуточный), ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), Москва, 2021, 221 стр.

2. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 42.3.01-2021 Гражданская оборона. Технические средства оповещения населения. Классификация. Общие технические требования [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200110556> (дата обращения 07.03.2022).

3. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 56939 Защита информации. Разработка безопасного программного обеспечения. Общие требования. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200135525> (дата обращения 07.03.2022).

4. Совместный приказ МЧС России и Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 31.07.2020 № 578/365 «Об утверждении Положения о системах оповещения населения» [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74723317/> (дата обращения 07.03.2022).

5. Национальный стандарт ГОСТ Р 42.3.03-2015 Гражданская оборона. Технические средства оповещения Методы испытаний [Электронный ресурс] Режим доступа: docs.cntd.ru (дата обращения 09.03.2022).

6. Национальный стандарт ГОСТ Р 51904–2002 Программное обеспечение встроенных систем Общие требования к разработке и документированию [Электрон-

ный ресурс] Режим доступа <https://docs.cntd.ru/document/1200030195> (дата обращения 09.03.2022).

7. ГОСТ Р 15.301–2016 Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство [Электронный ресурс] Режим доступа: docs.cntd.ru (дата обращения 09.03.2022).

УДК: 614.841

Е. М. Леонова

ФГБУ ВНИИ ГОЧС(ФЦ) МЧС России

О ПРОБЛЕМЕ СОПРЯЖЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОПОВЕЩЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Аннотация: вступил в действие с 01 января 2015 года Национальный стандарт ГОСТ Р 42.3.01-2014, в котором впервые были определены классификация и установлены требования к техническим средствам оповещения. До этого момента системы оповещения населения создавались на однотипном оборудовании, подключение к которому было стандартным и не требующим установления дополнительных требований в части сопряжения. Отсутствие в данном стандарте нормативно закреплённых требований и правил в части информационного обмена при передаче команд управления и сигналов оповещения привело к проблемам при сопряжении технических средств оповещения различных производителей.

Ключевые слова: технические средства оповещения, сопряжение технических средств оповещения, информационный обмен, блок сопряжения, система оповещения.

Е. М. Leonova

ABOUT THE PROBLEM OF INTERFACE OF TECHNICAL MEANS OF WARNING DIFFERENT MANUFACTURERS

Abstract: National Standard GOST R 42.3.01-2014 entered into force on January 01, 2015, which for the first time defined the classification and established requirements for technical means of warning. Up to this point, public warning systems were created on the same type of equipment, the connection to which was standard and did not require the establishment of additional requirements in terms of interfacing. The absence of normatively fixed requirements and rules in this standard in terms of information exchange during the transmission of control commands and warning signals has led to problems when pairing technical means of warning from different manufacturers.

Keywords: technical means of warning, interfacing of technical means of warning, information exchange, interface unit, warning system.

Национальный стандарт ГОСТ Р 42.3.01-2014 [1], в котором впервые были определены классификация и установлены требования к техническим средствам оповещения (ТСО), вступил в действие с 01 января 2015 года. На момент его разработки (2013–2014 годы) системы оповещения населения создавались на однотипном оборудовании, подключение к которому было стандартным и не требующим установления дополнительных требований в части сопряжения ТСО. Отсутствие в данном стандарте нормативно закреплённых требований и правил в части информационного обмена при передаче команд управления и сигналов оповещения привело к проблемам при сопряжении ТСО различных производителей.

Особо остро данная проблема проявилась на этапе создания комплексных систем экстренного оповещения населения (КСЭОН) в рамках реализации Указа Президента Российской Федерации от 13 ноября 2012 года № 1522 [2], когда в ходе конкурсных процедур для создания КСЭОН выбрали комплексы ТСО, не имеющие взаимного сопряжения.

В качестве примера рассмотрим состояние сопряжения систем оповещения всех уровней на примере трех субъектов Российской Федерации с высоким экономическим потенциалом.

Краснодарский край. Региональная автоматизированная система централизованного оповещения (РАСЦО) Краснодарского края была построена в 1982 году на базе аппаратуры П-160. В 2013 году проведена реконструкция части РАСЦО с заменой аппаратуры оповещения П-160 на аппаратуру П-166Ц и КПАСО «МАРС-АРСЕНАЛ» в 22 муниципальных образованиях Краснодарского края. Приказом Министерства гражданской обороны, чрезвычайных ситуаций и региональной безопасности Краснодарского края от 8 ноября 2013 года № 296 «Об утверждении границ зон экстренного оповещения населения об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций на территории Краснодарского края» было утверждено 29 зон экстренного оповещения населения [3]. В связи с тем, что КСЭОН в Краснодарском крае необходимо было построить в кратчайшие сроки, его создание проводилась без разработки проектно-сметной документации. В результате 9 зон экстренного оповещения было создано на аппаратуре П-166 ВАУ производства ООО «ЭЛЕС», 7 зон на КПАСО «Марс-Арсенал» производства ООО Триалинк Групп, 5 зон на аппаратуре КТСО-Р Владимирского завода «Электроприбор», 8 зон на аппаратуре «Стрелец-Мониторинг», производитель ЗАО «Аргус-Спектр».

До настоящего времени из 29 КСЭОН 22 (76%) не сопряжены с РАСЦО Краснодарского края. По данным [4] только 14% локальных систем оповещения (ЛСО) сопряжено с РАСЦО Краснодарского края. Причина – отсутствие про-

граммно-технического сопряжения между техническими средствами оповещения различных производителей.

Региональная система оповещения Свердловской области, 73 муниципальных систем оповещения и 47 КСЭОН [5] построены на однотипном оборудовании КПТСО «Грифон» производства НИИ ТУСУР г. Томск. Благодаря этому все системы сопряжены. Вариант сопряжения – оборудование одного производителя.

Вместе с тем, с сопряжением локальных систем оповещения (ЛСО) в Свердловской области вопрос обстоит намного хуже: из 26 созданных на опасных производственных объектов ЛСО:

сопряжено на аналогичном оборудовании – 14 (54 %);

сопряжено с использованием блока сопряжения – 2 (8 %);

не сопряжено – 10 (38 %).

В Нижегородской области региональная система оповещения создана на базе КТСО П-166М, 50 муниципальных образований из 52-х созданы на базе КТСО П-166М, в двух муниципальных образованиях муниципальные системы оповещения не созданы. 1 муниципальная система оповещения Лукояновского района Нижегородской области не имеет сопряжения с РАСЦО. Создано четыре зоны экстренного оповещения, определенные Распоряжением Правительства Нижегородской области от 20.02.2015 № 241-р «О перечне территорий, требующих создания КСЭОН на территории Нижегородской области» и Распоряжением Правительства Нижегородской области от 19.04.2013 № 791-р «Об утверждении зон экстренного оповещения населения». Все четыре зоны КСЭОН имеют сопряжение с РАСЦО с использованием блока сопряжения и технических средств оповещения КТСО-РМ, ВАУ-200, ВАУ-500, ВАУ-1000. Из 16 созданных на территории Нижегородской области ЛСО:

сопряжено на аналогичном оборудовании – 7 (44 %);

сопряжено с использованием блока сопряжения – 4 (25 %);

сопряжена методом «сухой контакт» - 1 (6 %);

не сопряжено – 4 (25 %).

В 2020 году в рамках выполнения научно-исследовательской работы [6] был разработан справочник Технические средства оповещения (далее – Справочник), который вошел в Методические рекомендации по созданию и реконструкции систем оповещения населения [7], утвержденные и опубликованные в 2021 году. В Справочнике представлены как серийно выпускаемые комплексы и технические средства оповещения российских производителей, так и данные по их сопряжению, поскольку в соответствии с требованиями [8,9] в системах оповещения населения используется два метода сопряжения ТСО:

на оборудовании одного производителя или оборудовании с полнофункциональным сопряжением, подтвержденным двухсторонним актом производителей ТСО – основной метод;

с использованием блока сопряжения.

Имеется еще один метод сопряжения, так называемый «сухих контактов». При использовании данного метода ТСО обеспечивают передачу сигналов и информации оповещения, но большинство требуемых функций [8,9], например, передача подтверждений, мониторинг линий и каналов связи, оконечных средств оповещения, обеспечить становится невозможно.

Что же привело к столь серьезной проблеме сопряжения между ТСО?

Во-первых, это отсутствие нормативной базы. Только в 2021 году в п. 5.1.8 национального стандарта ГОСТ Р 42.3.01-2021 [8] впервые были закреплены требования по сопряжению.

Во-вторых, в связи с тем, что до настоящего времени отсутствуют установленные правила и требования к протоколам информационного обмена между ТСО, производитель их разрабатывает самостоятельно. Именно это и породило программно-техническую несовместимость ТСО различных производителей.

И третья, наверное, самая главная причина – это конкуренция производителей ТСО за рынок сбыта. Нежелание производителя, занявшего основное место в региональной системе оповещения, допускать сторонних производителей даже к созданию отдельных сегментов или систем оповещения, как, например, ЛСО, и привела к отсутствию в ряде случаев сопряжения между системами оповещения всех уровней. Зачастую производители вносят изменения или переходят на новое программное обеспечение, не уведомив об этом установленным порядком [8,10.11], а также не взаимодействуют между собой, организуя полноценное сопряжение (рис. 2).

Для устранения данной ситуации в Положении о системах оповещения определено, что «при сопряжении систем оповещения населения должен использоваться единый протокол обмена информацией (стандартное устройство сопряжения)» [9].

Протоколы информационного обмена между ТСО различных производителей необходимы для создания единого информационного пространства и обеспечения совместимости систем оповещения всех уровней, построенных на ТСО различных производителей. Поддержка данных протоколов должна быть обязательной для всех производителей. При этом производитель ТСО должен иметь право разрабатывать и использовать дополнительные протоколы для реализации сервисных и иных функций, не связанных непосредственно с формированием и передачей сигналов оповещения, команд управления и квитирующих сигналов. Именно дополнительные функции при единстве протоколов информационного обмена и должны обеспечить преимущества ТСО на рынке.

Между тем, уже только разработка единого протокола информационного обмена вызывает определенные опасения и очевидное неприятие у ряда производителей, занявших определенную долю рынка, так как при реализации единого информационного обмена обеспечится сопряжение ТСО различных производителей, что, в конечном счете, позволит производителям, не имеющим существенного использования своих технических средств, занять место на рын-

ке с более дешевыми, но также выполняющими все функциональные задачи ТСО.

Использование единых протоколов информационного обмена обеспечит полнофункциональное сопряжение систем оповещения всех уровней, повысит надежность и гарантированность доведения сигналов и экстренной информации оповещения до населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Национальный стандарт ГОСТ Р 42.3.01-2014 Гражданская оборона. Технические средства оповещения. Классификация. Общие технические требования [Электронный ресурс] Режим доступа <http://docs.cntd.ru/document/1200110556> (дата обращения 05.03.2022).

2. Указ Президента Российской Федерации от 13 ноября 2012 года № 1522 «О создании комплексной системы экстренного оповещения населения об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций» – ИБ «Консультант Плюс»: Законодательство / Российское законодательство (Версия Проф) (дата обращения 05.03.2022).

3. Приказ Министерства гражданской обороны, чрезвычайных ситуаций и региональной безопасности Краснодарского края от 8 ноября 2013 года № 296 «Об утверждении границ зон экстренного оповещения населения об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций на территории Краснодарского края» Режим доступа [cntd.ru](http://docs.cntd.ru) (дата обращения 05.03.2022).

4. Информационное письмо ГУ МЧС России по Краснодарскому краю от 12.10.2021 № М-206-33-14.

5. Информационное письмо ГУ МЧС России по Свердловской области от 29.09.2021 № М-226-4113.

6 Отчет о НИР «Научные исследования по проблемам совершенствования (развития) и поддержания в состоянии постоянной готовности систем оповещения населения на территории Российской Федерации», М., ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2020, 375 стр.

7. Методические рекомендации по созданию и реконструкции систем оповещения населения, [Электронный ресурс] Режим доступа: legalacts.ru, дата обращения 29.01.2022

8. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 42.3.01-2021 Гражданская оборона. Технические средства оповещения населения. Классификация. Общие технические требования [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200110556> (дата обращения 08.03.2022).

9. Совместный приказ МЧС России и Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 31.07.2020 № 578/365 «Об утверждении Положения о системах оповещения населения» [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74723317/> (дата обращения 08.03.2022).

10. ГОСТ Р 15.301-2016 Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство. Режим доступа: docs.cntd.ru (дата обращения 09.03.2022).

11 ГОСТ 15.309–98 Система разработки и постановки продукции на производство. Испытания и приемка выпускаемой продукции. Общие положения. Режим доступа: docs.cntd.ru (дата обращения 09.03.2022).

УДК: 614.84

*В. А. Маштаков, Е. В. Бобринев, Е. Ю. Удавцова,
А. А. Кондашов, О. С. Маторина*
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ ПРИБЫТИЯ ПЕРВОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ НА КОЛИЧЕСТВО ПОГИБШИХ ПРИ ПОЖАРАХ

Аннотация: проведен анализ показателей оперативного реагирования подразделений пожарной охраны в населенных пунктах Московской области за период 2019-2021 гг. Выполнено сравнение с аналогичными показателями в 2008 году. Показано, что время прибытия первого подразделения пожарной охраны к месту вызова за рассматриваемый период сократилось на 1,5 минуты в городах и на 8,3 минуты в сельских поселениях. Построена математическая зависимость количества погибших в расчете на 100 пожаров от времени прибытия для городов и сельских поселений Московской области.

Ключевые слова: подразделение пожарной охраны, время прибытия, гибель, метод наименьших квадратов, город, сельское поселение.

*V. A. Mashtakov, E. V. Bobrinev, E. Yu. Udavtsova,
A. A. Kondashov, O. S. Matorina*

THE IMPACT OF THE ARRIVAL TIME OF THE FIRST FIRE DEPARTMENT ON THE NUMBER OF DEATHS IN FIRES

Abstract: the analysis of the indicators of rapid response of fire protection units in the settlements of the Moscow region for the period 2019-2021 was carried out. A comparison was made with similar indicators in 2008. It is shown that the time of arrival of the first fire department to the place of call during the period under review decreased by 1.5 minutes in cities and by 8.3 minutes in rural settlements. The mathematical dependence of the number of deaths per 100 fires on the arrival time for cities and rural settlements of the Moscow region is constructed.

Keywords: fire department, arrival time, death, least squares method, city, rural settlement.

Технический регламент о требования пожарной безопасности [6] устанавливает, что дислокация подразделений пожарной охраны на территориях поселений и городских округов определяется исходя из условия, что время прибытия первого подразделения к месту вызова в городских поселениях и городских округах не должно превышать 10 минут, а в сельских поселениях – 20 минут.

От того, насколько оперативно прибывают пожарные к месту пожара, напрямую зависит тяжесть последствий пожара. Согласно исследованиям [2, 4, 5] при увеличении среднего времени прибытия в 2 раза с 5 минут до 10 минут количество погибших на пожарах в расчете на 100 тыс. население возрастет в 2,6 раза с 4 человек до 10,3 человек на 100 тыс. населения.

В работе [1] были исследованы показатели оперативного подразделений пожарной охраны в населенных пунктах Московской области по данным 2008 года. Среднее время прибытия первого подразделения к месту вызова в 2008 году составляло 8,9 минут в городах и 22 минуты в сельских поселениях. При этом доля выездов с временем прибытием больше нормативного в городах была 36 %, в сельских поселениях – 47,2 %.

В настоящей работе проведено изучение показателя времени прибытия для оперативных подразделений пожарной охраны Московской области с использованием статистической информации федеральной государственной информационной системы «Федеральный банк данных «Пожары», который ежегодно формируется согласно приказу МЧС России [7]. Анализ проведен за период 2019-2021 гг.

На рис. 1 приведены распределения времени прибытия для городов и сельских поселений.

Следует отметить, что в полученных распределениях наблюдается несколько четко выраженных пиков для значений 5 и 10 минут для городов и для значений 10, 15 и 20 минут для сельских поселений, что можно объяснить округлением значения времени прибытия при заполнении карточки учета пожара [3]. В 2008 г. до вступления в действия закона [6], который определил требование о нормативном времени прибытия первого подразделения пожарной охраны, таких пиков не наблюдалось [1].

В таблице приведены средние значения времени прибытия и доля выездов с временем прибытия, не превышающем нормативного значения [6] для различных групп населенных пунктов Московской области в 2008 году [1] и за период 2019-2021 гг.

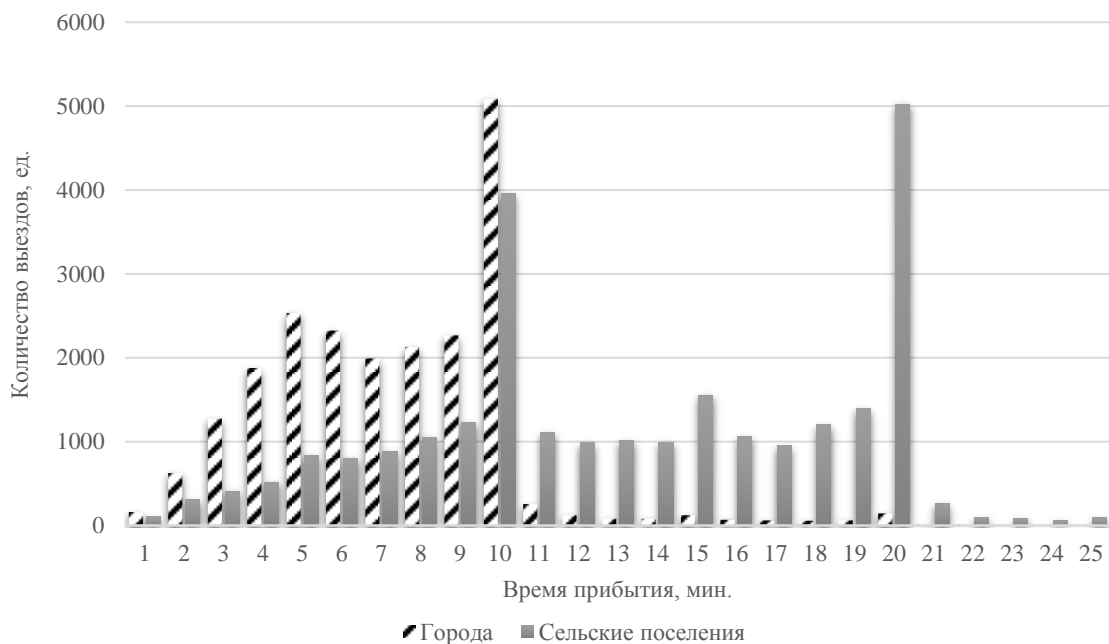


Рис. 1. Распределения времени прибытия первого подразделения пожарной охраны к месту вызова для населенных пунктов Московской области

Таблица. Параметры распределения времени прибытия пожарных подразделений по группам населенных пунктов

Группы населенных пунктов	Среднее значение, мин.			Доля выездов со временем прибытия в пределах нормативного, %	
	2008	2019-2021	изменение, %	2008	2019-2021
Крупные города рядом с Москвой	11,1	7,7	-30,6	48,2	96,5
Крупные города, удаленные от Москвы	7,6	7,9	3,9	73,0	94,0
Города областного подчинения	8,4	7,2	-14,3	71,3	94,1
Города, находящиеся в административном подчинении городов областного подчинения	8,6	6,5	-24,4	69,8	95,4
Все города	8,9	7,4	-16,9	66,0	94,8
Поселки городского типа	13,0	10,3	-20,8	48,5	69,9
Сельские поселения, защищаемые					
- федеральной противопожарной службой	21,3	13,7	-35,7	55,6	96,3
- противопожарной службой субъекта Российской Федерации	20,5	13,7	-33,2	57,9	95,9
- другими видами пожарной охраны	25,1	15,2	-39,4	40,7	94,1
Вся сельские поселения	22,0	13,7	-37,7	52,8	96,1

Среднее время прибытия для городов снизилось по сравнению с 2008 годом на 17 % до 7,4 минут, для сельских поселений – на 38 % до 13,7 минут. При этом доля выездов, для которых время прибытия превышает нормативное, снизилось до 5,2 % для городов и до 3,9 % для сельских поселений.

На рис. 2 представлена зависимость количество погибших в расчете на 100 пожаров от времени прибытия первого подразделения пожарной охраны для городов Московской области. Методом наименьших квадратов [8] выполнена аппроксимация данной зависимости линейной функцией

$$N_{\text{гиб}} = 0,129t_{\text{приб}} + 0,901, \quad (1)$$

где $N_{\text{гиб}}$ – количество погибших в расчете на 100 пожаров, чел., $t_{\text{приб}}$ – время прибытия первого подразделения к месту пожара, мин. Как следует из (1), при увеличении времени прибытия с 1 минуты до 10 минут количество погибших в городах Московской области на 100 пожаров увеличивается с 1,0 до 2,3 чел.

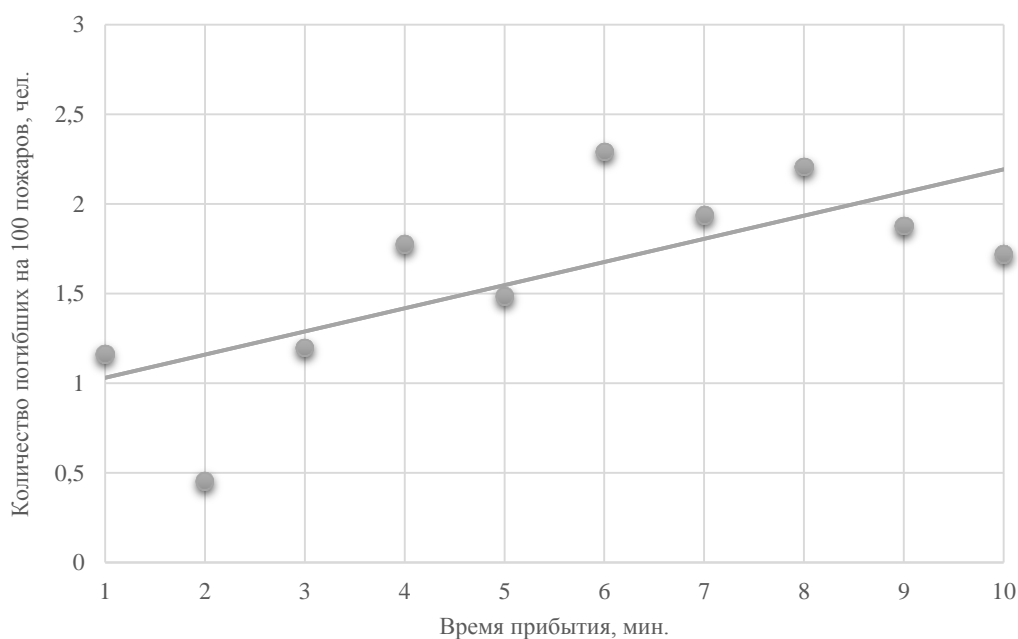


Рис. 2. Зависимость количества погибших при пожарах в городах Московской области от времени прибытия.
Прямая – результат аппроксимации методом наименьших квадратов

На рис. 3 представлена зависимость количество погибших в расчете на 100 пожаров от времени прибытия первого подразделения пожарной охраны для сельских поселений Московской области. Данная зависимость менее выражена, чем для

городов, тем не менее наблюдается тренд увеличения количества погибших с ростом времени прибытия. Зависимость описывается линейной функцией

$$N_{\text{гиб}} = 0,041t_{\text{приб}} + 1,087. \quad (2)$$

Как следует из (2), при увеличении времени прибытия с 1 минуты до 20 минут количество погибших в сельских поселениях Московской области на 100 пожаров увеличивается с 1,1 до 1,5 чел.

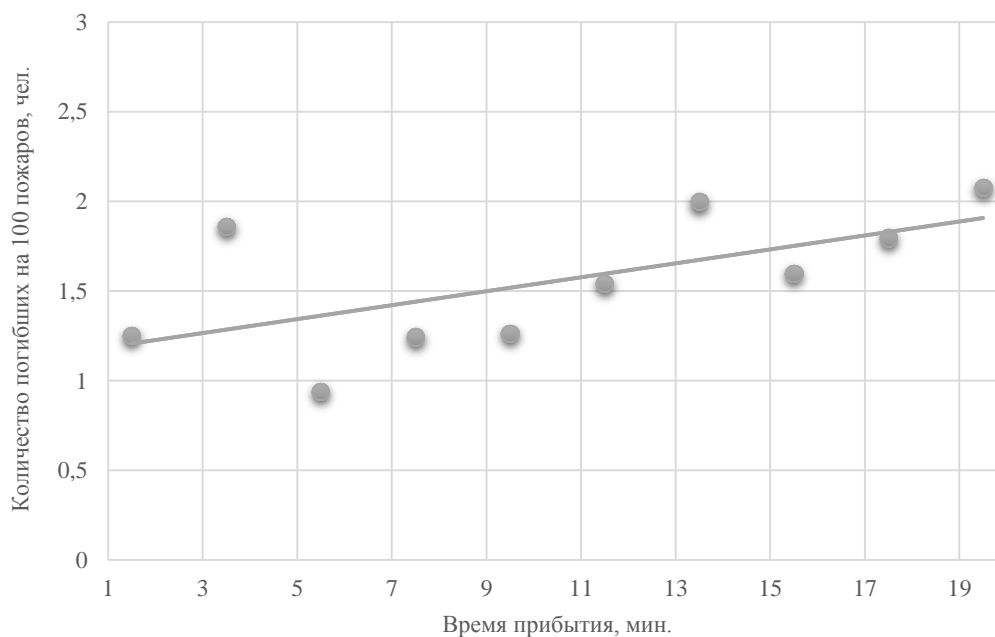


Рис. 3. Зависимость количества погибших при пожарах в сельских поселениях Московской области от времени прибытия.

Прямая – результат аппроксимации методом наименьших квадратов

Таким образом, проведенные исследования показали, что за период с 2008 года среднее время прибытия первого подразделения пожарной охраны к месту вызова в городах Московской области сократилось на 1,5 минуты, в сельских поселениях – на 8,3 минуты. При сокращении времени прибытия на 1 минуту количество погибших на 10 тыс. пожаров уменьшается на 13 человек в городах и на 4 человека в сельской местности. За период с 2008 по 2020 год количество погибших при пожарах в городских населенных пунктах Московской области сократилось на 52% с 418 до 200 человек, при пожарах в сельской местности – на 36% с 363 до 232 человек [7]. Полученные в настоящей работе результаты позволяют сделать вывод, что сокращение количества погибших было достигнуто в том числе и за счет уменьшения времени прибытия первого подразделения пожарной охраны к месту пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матюшин А. В., Порошин А. А., Бобринёв Е. В., Кондашов А. А., Матюшин Ю. А., Маштаков В. А. Оперативное реагирование и тушение пожаров в населенных пунктах Московской области. Пожарная безопасность, 2010. № 4. С. 91-103.

2. Маштаков В. А., Харин В. В., Бобринев Е. В., Кондашов А. А., Удавцова Е.Ю. Исследование зависимости гибели людей при пожарах от времени прибытия первого пожарного подразделения на пожар. Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXXI Международной научно-практической конференции, Москва. – М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2019. С. 496-499.

3. О формировании электронных баз данных учета пожаров и их последствий. [Электронный ресурс]: приказ МЧС России от 24.12.2018 № 625. Доступ из электронного фонда правовых и нормативно-технических документов. URL: <http://docs.cntd.ru/document/552366056> (дата обращения: 25.01.2022)

4. Порошин А. А., Харин В. В., Бобринев Е. В., Кондашов А. А., Удавцова Е.Ю. Риски гибели и травмирования людей на пожарах. Вестник НЦБЖД, 2019. № 2(40). С. 127-132.

5. Порошин А. А., Харин В. В., Кондашов А. А., Бобринев Е. В., Удавцова Е. Ю. Исследование зависимости риска гибели людей на пожарах от времени прибытия первого пожарного подразделения. Безопасность жизнедеятельности, 2019. № 9(225). С. 3-9.

6. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ. Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ (дата обращения: 25.01.2022).

7. Федеральный банк данных «Пожары» [Электронный ресурс]. ФГБУ ВНИИПО МЧС России. URL: <http://www.vniipo.ru/institut/informatsionnye-sistemy-reestry-bazy-i-banki-danny/federalnyy-bank-dannykh-pozhary/> (дата обращения: 25.01.2022)

8. Heckert N., Filliben J., Croarkin C., Hembree B., Guthrie W., Tobias P., Prinz J. Handbook 151: NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods, NIST Interagency/Internal Report (NISTIR), National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD.

УДК: 614.8; 004.021

Н. В. Москвина

Научно-исследовательский центр ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (Федеральный центр науки и высоких технологий)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ ЯЧЕЙСТЫХ СЕТЕЙ ОПЕРАТИВНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЛЯ НУЖД НАСЕЛЕНИЯ В ЗОНЕ ЧС

Аннотация: статья посвящена анализу технологических предпосылок для создания сетей связи, которые смогут обеспечить связь в зоне ЧС для гражданских лиц при использовании уже разработанных технических средств в случае разрушения или отключения существующей инфраструктуры. Рассмотрены примеры создания распределенных ячеистых (mesh) сетей как способ решения сформулированной проблемы. Показана перспективность их применения. Отмечены остающиеся технические проблемы при создании mesh сетей, которые ограничивают их применение. Сделаны выводы о необходимости дальнейших исследований в этой области и сформулированы базовые требования к mesh сетям для организации связи в зоне ЧС. Сделано предположение о необходимости создания таких сетей на основе государственно-частного партнерства.

Ключевые слова: распределенные ячеистые (mesh) сети; чрезвычайная ситуация, аварийная связь, государственно-частное партнерство.

N. V. Moskvina

TECHNOLOGICAL PREREQUISITES FOR THE CREATION OF MESH NETWORKS FOR CIVILIAN OPERATIONAL INTERACTION AT THE EMERGENCY ZONE

Abstract: the Article is devoted to the analysis of technological prerequisites for the creation of communication networks that will be able to provide communication in an emergency zone for civilians using existing technical means in the event of destruction or disconnection of existing infrastructure. Examples of creating distributed mesh networks as a way to solve the formulated problem are considered. The prospects of its application are shown. The remaining technical problems in the creation of mesh networks, which limit their use, are noted. Conclusions are drawn about the need for further research in this area and the basic requirements for mesh networks for communication in the emergency zone are formulated. The assumption is made about the need to create such networks on the basis of public-private partnership.

Keywords: distributed mesh networks; emergency, emergency communication, public-private partnership.

Широкополосный высокоскоростной Интернет и сотовые сети отличаются хорошей производительностью и в обычной жизни полностью удовлетворяют потребности в связи и передаче данных, но на них нельзя полагаться в случае стихийных бедствий или техногенных аварий. Доступ к Интернету и мобильной связи легко может стать недоступным именно тогда, когда в этом существует острая нужда.

Во время последствий взрыва на Бостонском марафоне [7], который не затронул фиксированную телефонную связь, мобильные сети не смогли справиться с резким ростом активности. Один из провайдеров был вынужден ограничить связь текстовыми сообщениями. При любой катастрофе может отключиться электропитание, серверы могут отключиться, а такие системы, как сотовые сети, могут быть перегружены. Это отключение связи фактически означает изоляцию – последнее, чего хочет любой человек в зоне бедствия.

Более того, согласно Положению о приоритетном использовании, а также приостановлении или ограничении использования любых сетей связи и средств связи во время чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [2] в случае ЧС право на приоритетное использование любых сетей связи и средств связи, а также приостановление или ограничение использования этих сетей и средств связи имеют силовые ведомства (Минобороны России, МВД России, МЧС России, ФСБ, ФСО, СВР, Минюст России, находящиеся в их ведении службы и агентства), а также координационные органы всех уровней единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Гражданским лицам доступ к услугам связи, в том числе Интернету, может быть ограничен или полностью выключен. Изменения данного порядка не предвидится, поскольку Минцифры России подготовило проект нового постановления Правительства Российской Федерации «Об утверждении положения о приоритетном использовании, а также приостановлении или ограничении использования любых сетей связи и средств связи во время чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [3], согласно которому уточнено, что приоритет сотовой и любой другой связи отдаётся пользователям, выполняющим аварийно-спасательные и другие неотложные работы по предотвращению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и их последствий, а также для обеспечения деятельности в области государственного управления, обороноспособности и безопасности государства, обеспечения правопорядка, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

Конечно же уже несколько десятилетий существуют системы связи, которые минимально подвержены действию ЧС. Например, спутниковые телефоны не зависят от уязвимой наземной инфраструктуры, однако высокая стоимость спутниковой связи не обеспечивает их регулярное использование. Есть сравнительно дешевые средства безлицензионной радиосвязи, работающие в так называемом «гражданском диапазоне», которые можно использовать в случае ЧС. Но современные пользователи не горят желанием закупать специализиро-

ванное оборудование связи или тратить деньги на его аренду. Поэтому для организации связи в случае ЧС логично задействовать те устройства, которые уже есть у большинства пользователей. Согласно DataReportal [4] в Российской Федерации 97,3% интернет-пользователей в возрасте от 16 до 64 года владеют различными мобильными устройствами, а общее число имеющих мобильный доступ в Интернет достигло 111,3 млн. человек. Поэтому будет логично предположить, что удобнее всего найти способ обеспечить связь в зоне ЧС с использованием уже используемых смартфонов и иных мобильных устройств.

Исходя из перечисленного ранее, можно предположить, что эффективная система связи для гражданских лиц на случай ЧС должна обладать следующими желательными характеристиками:

- она должна опираться на уже используемые гражданами средства коммуникаций (смартфоны и иные мобильные устройства);
- применяемые для организации связи технические устройства должны быть дешевыми, прочными, простыми в сборке и простыми в развертывании;
- применяемые технические средства должны быть достаточно гибкими, чтобы эффективно обеспечивать беспроводное покрытие на различных территориях;
- должна быть обеспечена информационная безопасность;
- связь должна иметь отказоустойчивость за счет избыточности;
- связь должна продолжать работать, даже если нарушена электросеть или обычная инфраструктура связи (Телефонная сеть общего пользования и сотовая связь).

Посмотрим есть ли опыт создания аналогичных сетей? Одним из первых проектов создания mesh-сетей считают проект guifi.net [9]. Он стартовал в 2004 году как телекоммуникационный технологический проект в округе Осона (Каталония, Испания) для решения проблем с широкополосным доступом в Интернет в сельских районах, учитывая отсутствие в этой местности традиционных операторов для предоставления услуг. С помощью маршрутизаторов Wi-Fi, волонтеры развернули свою собственную сеть для соединения так называемых узлов, размещенных в домах, офисах, фермах и т.п. Согласно официальному сайту сегодня guifi.net – это 37.267 работающих узлов. Совместное развитие сетевой инфраструктуры стало возможным благодаря развитию сети guifi как социального проекта. Имея ячеистую организацию (mesh) сеть обеспечивает избыточность, поскольку выход из строя одного из узлов позволяет организовать маршрут через другие. Доступ в сеть обеспечен всем стандартным устройствам. За счет преимущественно беспроводной передачи данных сеть имеет очень гибкую зону покрытия. Применяемые технические средства достаточно распространены и освоены в производстве. То есть, сеть, казалось бы, удовлетворяет всем условиям для ЧС. Но, к сожалению, применяемые маршрутизаторы Wi-Fi не позволяют организовать работу без более-менее стабильного электропитания.

В [8] представлена система WiMesh – безопасная и устойчивая система связи на случай ЧС на основе беспроводной ячеистой сети, разработанная и развернутая в отдаленных и слабообразованных деревнях и крошечных городах в горном юго-западном регионе Пакистана. WiMesh – безопасная и устойчивая система связи, основанная на узлах беспроводной связи на основе протокола 802.11n, которые обеспечивают аудио, видео и текстовую связь, используя возможности Wi-Fi мобильных телефонов в пострадавших от стихийных бедствий или отдаленных и неблагополучных районах, где традиционная инфраструктура связи и электроснабжения отсутствует или повреждена. WiMesh имеет двухуровневую архитектуру. Первый уровень состоит из портативной беспроводной ячеистой сети на основе маршрутизаторов Wi-Fi с питанием от батареи, которая автоматически настраивается, самовосстанавливается и быстро развертывается. Второй уровень включает мобильные устройства доступа (телефоны, смартфоны), которые автоматически подключаются к ближайшей точке доступа через Wi-Fi. Результаты полевых испытаний продемонстрировали, что система WiMesh может обрабатывать несколько десятков одновременных VoIP - вызовов без заметного снижения производительности даже при наличии значительного фонового трафика.

В США в 2020 году стартовал проект Mycelium Mesh Project [6]. Инициативная группа тестирует ячеистые сети для моментального развертывания сети связи. В настоящее время проект нацелен на создание узлов на основе широко доступных модулей ESP32+LoRa. Для питания передатчиков хватило аккумуляторов из одноразовых вейпов. Испытания дальности, проведенные в 2017/2018 годах с использованием различных модулей LoRa, показали перспективную дальность до 42 километров в прямой видимости. Код для узлов Mycelium создается на C/C++ с помощью платформы разработки интернета вещей ESP-IDF. Пока Mycelium Mesh находится на относительно ранней стадии разработки: не решены вопросы шифрования сообщений и организации авторизованного доступа, сеть не готова для длительного использования и т.п.

В Интернете можно легко найти еще несколько примеров создания mesh-сетей, в том числе и как ответ на угрозу потери связи в случае ЧС. Но, нужно заметить, что ячеистые сети довольно сложны в настройке и использовании. Для решения этой проблемы появилась некоммерческая технология с открытым исходным кодом, называемая LDLN [5]. Программное и аппаратное обеспечение LDLN действует как объединенная сеть, маршрутизатор и сервер, вместо того, чтобы синхронизировать данные и информацию с компьютера или мобильного устройства в «облаке» (как это происходит в «традиционных» сетях) или на внутренних серверах (как это происходит в локальной сети). Как заявлено, LDLN сильно упрощает настройку ячеистой сети, поэтому почти любой человек, обладающий некоторыми базовыми техническими навыками, может настроить и использовать такую сеть. Основой сети, обеспечивающей услуги передачи данных и мультимедиа, является установленная в определенных точ-

как базовая станция LDLN. Зарегистрированные пользователи могут получить доступ к сервисам через мобильное приложение с поддержкой LDLN, либо напрямую к веб-интерфейсу через Wi-Fi. Приложения LDLN обеспечивают простоту современной мобильной связи, но без опоры на традиционные централизованные сети сотовой связи и доступа в Интернет. Используя сложную технологию, приложения передают важные данные по цепочке базовых станций LDLN и мобильных устройств. Самая большая ценность для LDLN заключается в возможности встраиваться в существующие приложения, серверы и маршрутизаторы.

Из приведенных примеров видно, что создание mesh сетей, устойчивых к ЧС, для доступа к связи для существенных групп пользователей не является чем-то уникальным и технически неразрешимым даже с использованием существующих технологий. В целом создание таких сетей представляется обоснованным и перспективным.

Дальнейшие работы по исследованию характеристик mesh-сетей для их использования в зоне ЧС требует обоснованного выбора аппаратного обеспечения, относящегося к инфраструктуре беспроводной сети. Mesh-сеть для аварийной связи может быть создана из различных устройств, начиная от относительно простых беспроводных точек доступа с малым радиусом действия до мощных, более высокого класса, которые, как правило, имеют поддержку нескольких радиочастот, однако являются более дорогими и сложными. При проектировании придется учитывать такие факторы как стоимость энергопотребление, доступность и надежность аппаратного обеспечения, которые могут сыграть важную роль в принятии проектных решений.

Кроме того, аппаратные средства должны быть легко переносимыми и прочными, поскольку оборудование может потребоваться быстро развернуть на местности со сложной географией и в условиях воздействия неблагоприятных климатических факторов. Желательно, чтобы все устройства были энергоэффективными и могли питаться от аккумуляторов или возобновляемых источников энергии (из-за вероятного разрушения или отсутствия электричества) в необслуживаемом режиме в течение долгого промежутка времени достаточного для восстановления нормальной связи на территории, попавшей под действие факторов ЧС.

Существенным фактором, влияющим на внедрение mesh-сети для связи в случае ЧС, является сложность установки всей системы, включающая физическое развертывание, а также настройку серверного и клиентского программного обеспечения. Дальнейшие исследования должны быть направлены на внедрение подхода plug and play. Как было показано эта проблема уже активно решается, но требует дополнительных исследований.

Также важным фактором является стоимость разработки и развертывания таких систем. Затраты на создание складываются из затрат на проектирование, стоимости аппаратной части, стоимости программного обеспечения, стоимости обслуживания и стоимости обучения операторов и пользователей. Выбор обо-

рудования должен быть таким, чтобы стоимость была минимальной при заданных характеристиках. Выбор программного обеспечения желательно базировать на программном обеспечении с открытым исходным кодом без лицензионных отчислений. Конструкция системы должна быть гибкой и адаптируемой, чтобы затраты на техническое обслуживание были минимальными. Система должна быть проста в настройке и использовании, чтобы исключить необходимость в высококвалифицированных операторах.

Вопрос внедрение mesh-систем для организации связи в случае ЧС можно рассмотреть в контексте внедрения элементов аппаратно-программного комплекса «Безопасный город». При этом необходимо решить вопрос финансирования на создание таких систем. В 2020 году дефицит бюджетов отмечен почти у 70% субъектов РФ, а совокупный дефицит их бюджетов составил 762,2 млрд. рублей (5% от совокупного объема бюджетных доходов) [1]. Ожидать улучшения ситуации по итогам 2021 года и в 2022 году не приходится. С учетом того, что есть существенные проблемы с бюджетным финансированием, следует рассмотреть вопрос совместного использования создаваемой mesh-сети в рамках государственно-частного партнерства, например, на основе концессионного соглашения с возможностью коммерческой эксплуатации сети концессионером для организации передачи данных Интернета вещей в то время, когда сеть не задействована для связи в условиях ЧС.

Создание таких сетей предоставляют ряд преимуществ во время ЧС, позволяя людям как минимум общаться на местном уровне. При условии доступа к глобальному Интернету хотя бы одного узла, он может поделиться этим доступом со всеми другими пользователями сети. Одновременно наличие связи, например, дает возможность аварийно-спасательным формированиям информировать находящихся в зоне ЧС людей о текущем статусе путей, эвакуации и местах сосредоточения в целях сохранения их жизни и здоровья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пандемия привела к дефициту бюджетов почти у 70% российских регионов / [Электронный источник] – Режим доступа: <https://www.rbc.ru/economics/20/01/2021/6006aeb99a794714a76005c9> – Дата обращения: 20.03.2022
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2004 г. № 895 «Об утверждении Положения о приоритетном использовании, а также приостановлении или ограничении использования любых сетей связи и средств связи во время чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [Электронный ресурс] // Информационно-правовой портал Гарант.ру – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/12138318/> – Дата обращения: 20.03.2022
3. Постановление Правительства РФ от 31 декабря 2004 г. № 895 «Об утверждении Положения о приоритетном использовании, а также приостановлении или ограничении использования любых сетей связи и средств связи во время чрезвычай-

ных ситуаций природного и техногенного характера» [Электронный ресурс] // Информационно-правовой портал Гарант.ру – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/12138318/> – Дата обращения: 20.03.2022

4. Digital 2021: The Russian Federation, Simon Kemp, 11 February 2021 [Электронный ресурс] // DataReportal – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://datareportal.com/reports/digital-2021-russian-federation> – Дата обращения: 20.03.2022

5. LDLN: An Open Platform for Off-Grid Communications [Электронный ресурс] // LDLN – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://ldln.co/> – Дата обращения: 20.03.2022

6. Mycelium Mesh Project: A low-bitrate, long-range, distributed off-grid text messaging system [Электронный ресурс] // Mycelium Mesh Project – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://mycelium-mesh.net/> – Дата обращения: 20.03.2022

7. Responding to disaster with IoT and SDN mesh, Jay Turner, December 24, 2016 [Электронный ресурс] // TechCrunch – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://techcrunch.com/subscribe?tpcc=homepagetout> – Дата обращения: 20.03.2022

8. Usman Ashraf, Amir Khwaja, Junaid Qadir, Stefano Avallone, Chau Yuen. WiMesh: Leveraging Mesh Networking For Disaster Communication in Poor Regions of the World [Электронный ресурс] // ResearchGate – Электрон. дан. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/348212271_WiMesh_Leveraging_Mesh_Networking_For_Disaster_Communication_in_Poor_Regions_of_the_World – Дата обращения: 20.03.2022

9. Xarxa de Telecomunicacions de Comuns Oberta, Lliure i Neutral [Электронный ресурс] // Guifi.net – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://guifi.net/> – Дата обращения: 20.03.2022

УДК 66.011:681.5

В. Ю. Невиницын, А. Н. Лабутин, Н. М. Хабибулин

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛООБМЕННИКОМ СМЕШЕНИЯ

Аннотация: в статье рассмотрен вопрос реализации системы управления технологическим объектом с применением программно-технического комплекса на базе программируемого логического контроллера, графической панели оператора и рабочей станции. В качестве объекта управления рассмотрен теплообменник смешения емкостного типа. Проведен структурный, алгоритмический и параметрический синтез системы управления. Рассмотрены этапы разработки управляющей программы контроллера и интерфейса пользователя для панели оператора. Предложена структура программно-технического комплекса и разработанный комплект программных моду-

лей позволяют применять полученную систему в качестве тренажера для обучения операторов систем диспетчерского контроля и управления.

Ключевые слова: система автоматического управления, технологический объект управления, проектирование, моделирование, контроллер, синтез, алгоритм управления, тренажер.

V. Yu. Nevinitsyn, A. N. Labutin, N. M. Habibulin

SOFTWARE-HARDWARE UNIT FOR A MIXING HEAT EXCHANGER CONTROL

Abstract: the article deals with the implementation of a technological object control system with the use of software-hardware unit on the basis of a programmable logic controller, graphic operator panel and a workstation. The mixing heat exchanger of capacitive type is considered as a control object. Structural, algorithmic and parametric synthesis of the control system is carried out. The stages of the controller program engineering and the user interface design for the operator panel are considered. The proposed structure of the software-hardware unit and the proposed set of software modules allow to use the system as a simulator for training operators of supervisory control.

Keywords: automatic control system, technological control object, engineering, simulation, controller, synthesis, control algorithm, simulator.

В настоящее время автоматизация технологических процессов является одной из важнейших задач практически любого производства. Технической базой для построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) являются программно-технические комплексы (ПТК) [1].

Подготовка специалистов для проектирования и эксплуатации автоматизированных систем измерений, испытаний и управления требует организации лабораторных практикумов, позволяющих изучать компоненты этих систем и приобретать соответствующие практические навыки. Важным моментом является форма реализации учебного лабораторного оборудования: учебные лабораторные стенды, учебные тренажеры натурального типа и полунатурные, представляющие собой комбинацию реального оборудования и компьютерных моделей, а также виртуальные компьютерные тренажеры.

В настоящей статье рассмотрены этапы разработки программного обеспечения с целью создания учебного тренажера АСУТП, где в качестве технологического объекта управления выбран теплообменник смешения емкостного типа.

Теплообменник смешения представляет собой емкостной аппарат идеального перемешивания с двумя входными потоками жидкости и выходным потоком со свободным истечением (рис. 1). В аппарате проводится смешение двух входных потоков однородных жидкостей разной температуры. Целью функци-

онирования объекта является получение раствора с заданным значением температуры.

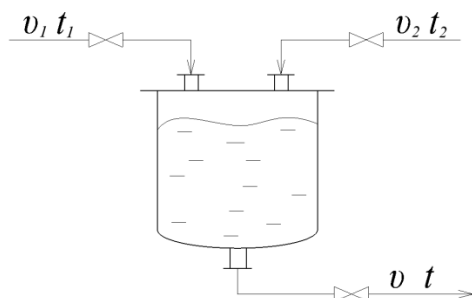


Рис. 1. Принципиальная схема теплообменника смешения:

v_1, v_2 – расходы входных потоков;
 t_1, t_2 – температуры входных потоков;
 v, t – расход и температуры выходного потока

Разработана концептуальная и математическая модели аппарата. Проведен анализ теплообменника как объекта автоматизации и управления. Получены и проанализированы статические и динамические свойства аппарата, определены управляющие и возмущающие воздействия. Проведен структурный, алгоритмический и параметрический синтез системы автоматического управления (САУ), разработана соответствующая программа моделирования. Задачей САУ является стабилизация температуры и уровня в аппарате за счет изменения расходов входных потоков.

Для управления аппаратом предлагается использовать систему автоматического регулирования по отклонению [2]. Структура многомерной системы управления представлена на рис. 2. В качестве алгоритмов управления используются ПИ-регуляторы.

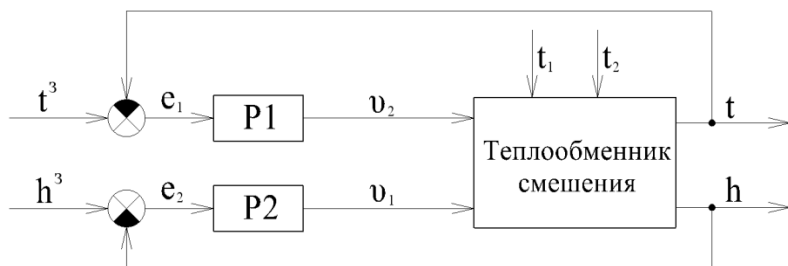


Рис. 2. Структура системы автоматического регулирования:

$P1, P2$ – регуляторы;
 e_1, e_2 – ошибки рассогласования;
 t, h – регулируемые переменные;
 v_1, v_2 – управления;
 t^3, h^3 – уставки;
 t_1, t_2 – возмущения

Работоспособность системы регулирования проверена путем компьютерного моделирования в системе MATLAB. Для этого была реализована соответствующая программа в Simulink (рис. 3).

Математическое моделирование системы управления показало ее ковариантность с заданиями и инвариантность к возмущающим факторам. Таким образом, предложенная система управления теплообменником смешения является работоспособной.

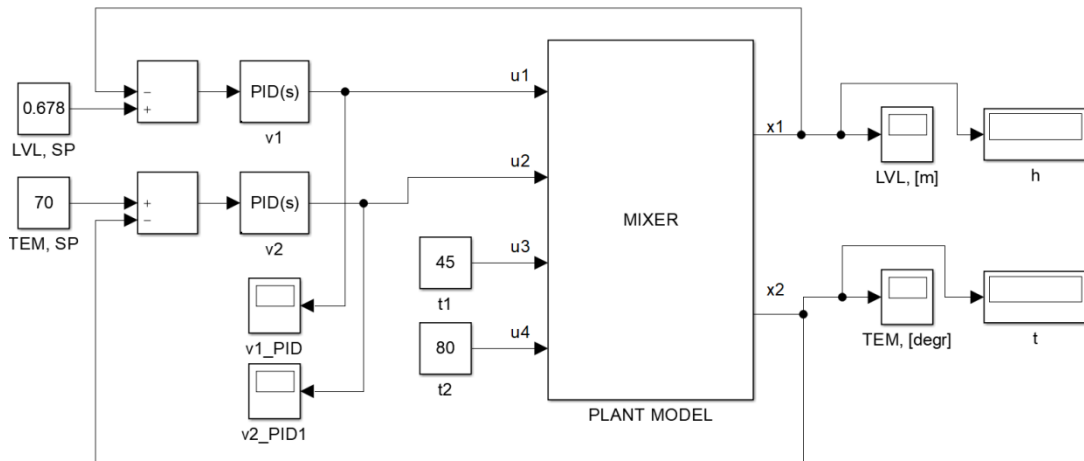


Рис. 3. Simulink-модель для моделирования замкнутой САУ

На следующем этапе система управления технологическим объектом реализована на базе программно-технического комплекса (ПТК).

ПТК построен на базе программируемого логического контроллера ОВЕН ПЛК154, рабочей станции (автоматизированное рабочее место, АРМ) и графической панели оператора ОВЕН СП307, соединенных по сети Ethernet и RS-485 (рис. 4). АРМ содержит следующее программное обеспечение: CoDeSys, OpenOPC-сервер, Конфигуратор СП300, MATLAB, MasterSCADA.

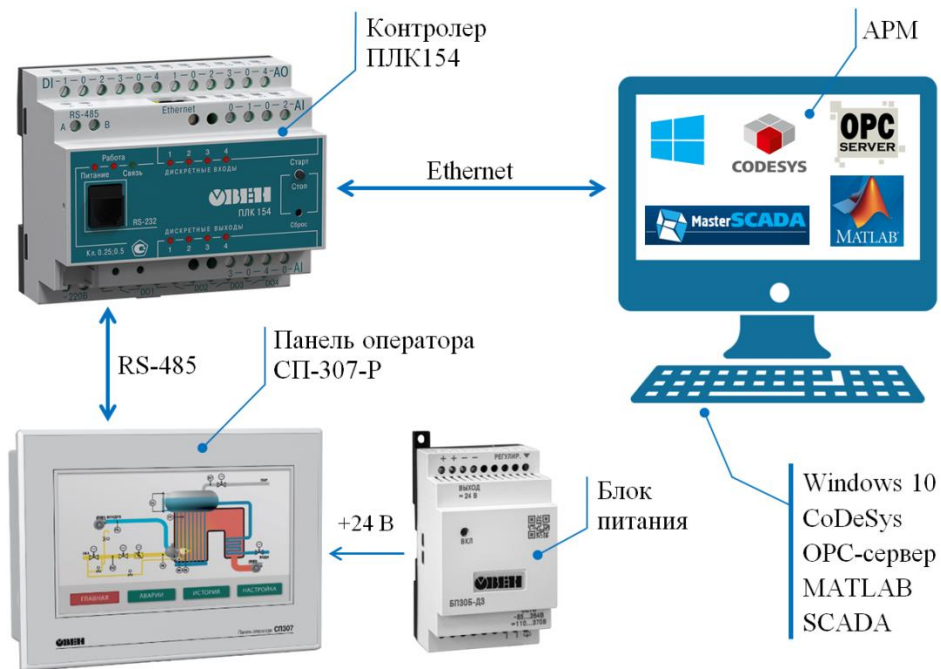


Рис. 4. Структура программно-технического комплекса

Контроллер ОВЕН ПЛК154 представляет собой моноблочный контроллер с дискретными и аналоговыми входами и выходами для автоматизации малых систем. Программирование ПЛК154 осуществляется с помощью системы CoDeSys.

Для диспетчерского контроля и управления на стенде используется графическая панель оператора СП307. Панель представляет собой устройство класса «человеко-машинный интерфейс», предназначенное для отображения и изменения значений параметров ПЛК154 или других устройств, которые подключаются к панели. Панель позволяет отображать на экране ход выполнения технологического процесса и редактировать значения параметров, отвечающих за функционирование системы.

Далее проводилось конфигурирование контроллера и разработка управляющей программы в среде CoDeSys. Для организации связи между контроллером ПЛК154 и панелью оператора СП307 в окно «Конфигурация ПЛК» добавлен протокол Modbus, реализуемый по линии связи RS-485. Далее в элемент Modbus добавлены необходимые переменные, которые будут передаваться и считываться из панели оператора для организации обмена данными (рис. 5).

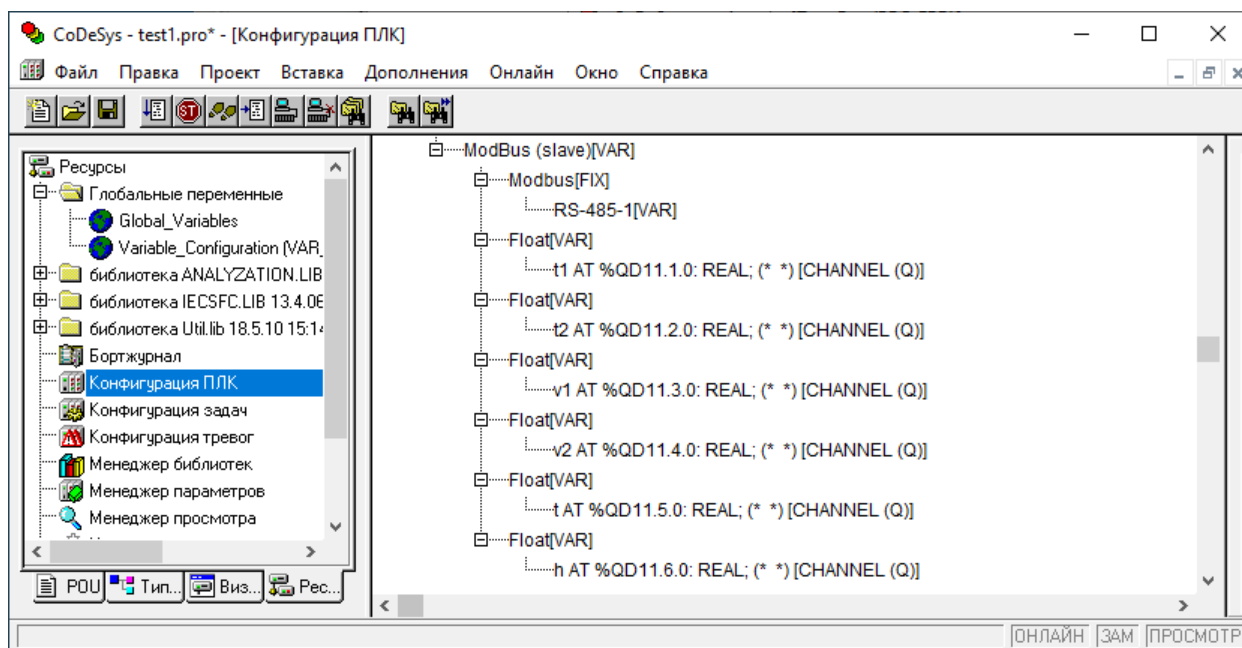


Рис. 5. Конфигурация ПЛК154 в среде CoDeSys

Для реализации контура регулирования температуры по ПИД алгоритму в проект добавлена программа на языке FBD и блок PID из библиотеки UTIL.LIB среды CoDeSys (рис. 6). Прописаны соответствующие переменные и подключены входы и выходы блока PID. Аналогичным образом реализована подпрограмма регулирования уровня.

РАЗДЕЛ 4. ИНФОРМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

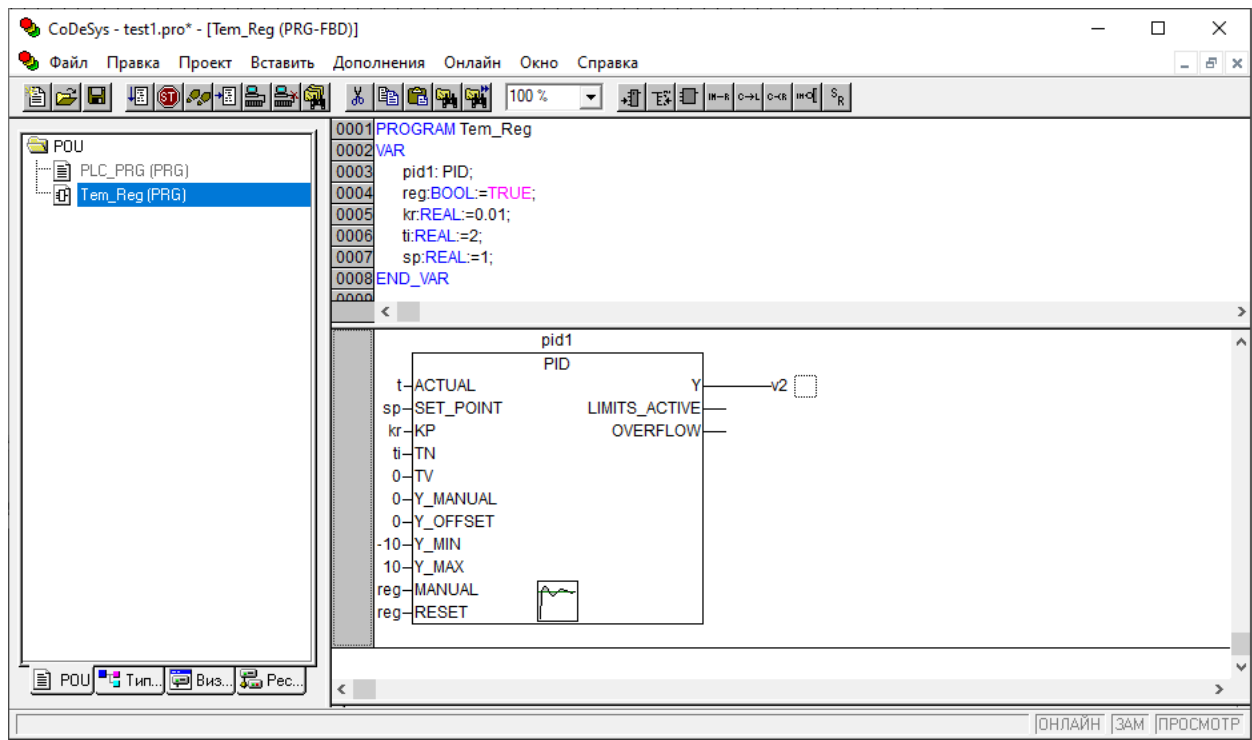


Рис. 6. ПИД-регулятор температуры, реализованный на языке FBD

На следующем этапе проведена настройка символьной конфигурации контроллера, после чего контроллер был подключен к OPC-серверу (рис. 7). После данной процедуры любые OPC-клиенты (в частности, MATLAB) получают доступ к переменным контроллера для чтения и записи.

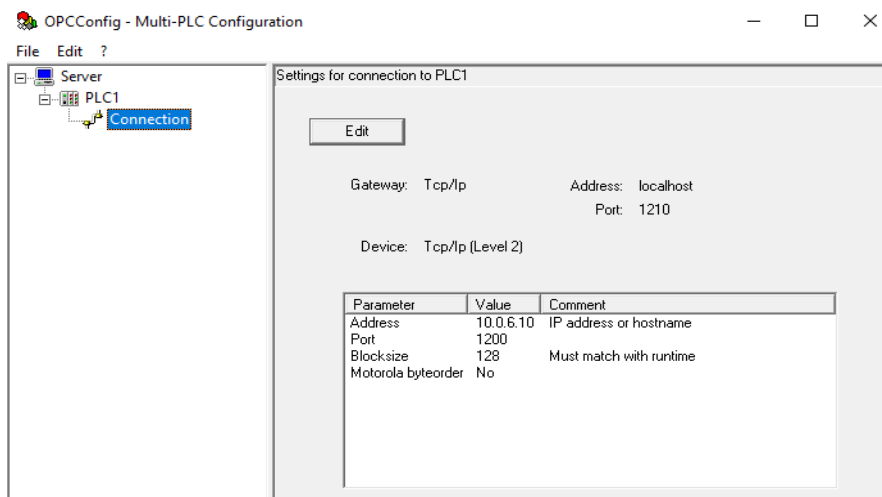


Рис. 7. Окно OPC сервера

На заключительном этапе работы был реализован интерфейс пользователя в программе «Конфигуратор СП300» для графической панели оператора ОВЕН СП307. На рис. 8 приведен главный экран проекта в режиме исполнения. Для отображения текущих значений параметров в режиме реального времени для всех цифровых дисплеев были заданы необходимые регистры в соответствии с последовательностью переменных в конфигурации Modbus контроллера (рис. 5).

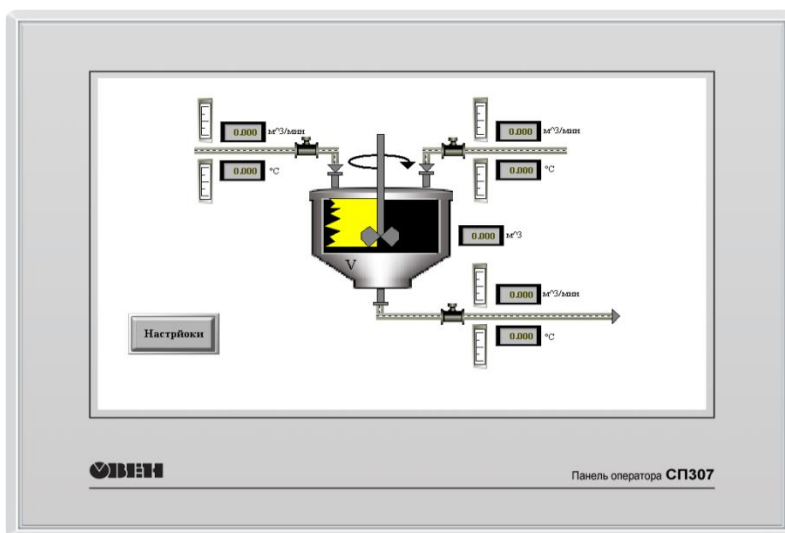


Рис. 8. Главный экран интерфейса пользователя

Разработанное программное обеспечение может быть использовано для построения тренажеров для обучения операторов АСУТП и обслуживающего персонала в ходе наладки и ввода в эксплуатацию новых установок либо проведения курсов повышения квалификации персонала на действующих производствах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Харазов В. Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами / В. Г. Харазов. – СПб.: Профессия, 2009. – 592 с.
2. Ротач В. Я. Теория автоматического управления. Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб и доп. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 400 с.

УДК 519.23:614.849

А. Н. Петров

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ КОЛИЧЕСТВА ПОЖАРОВ В ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация: в работе проведен анализ динамики ежемесячного количества пожаров в Ярославской области за период времени с 2009 по 2018 годы. Показано, что временной ряд является нестационарным. На интервале времени 2009-2011 годы он содержит 4 компонента: тренд, сезонную, циклическую и случайную, а на интервале с 2012 по 2018 - содержит 3 компонента: сезонную, циклическую и случайную. На интервале времени с 2012 по 2018 год проведена сезонная декомпозиция анализируемого временного ряда по аддитивной модели. Сделан вывод о том, что все три указанных компонента вносят в вариацию временного ряда вклады одинакового порядка, как по математическому ожиданию, так и по интервалу вариации.

Ключевые слова: пожары, пожарная безопасность региона, временной ряд, динамика, анализ.

A. N. Petrov

ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF THE NUMBER OF FIRES IN THE YAROSLAVL REGION

Abstract: the paper analyzes the dynamics of the monthly number of fires in the Yaroslavl region for the period from 2009 to 2018. It is shown that the time series is non-stationary. On the time interval 2009-2011, it contains 4 components: trend, seasonal, cyclical and random components, and on the interval from 2012 to 2018 it contains a component: seasonal, cyclical and random components. On the time interval from 2012 to 2018, the seasonal decomposition of the analyzed time series was carried out according to the additive model. It is concluded that all three of these components make contributions to the variation of the time series of the same order, both in terms of mathematical expectation and in the interval of variation.

Keywords: fires, regional fire safety, time series, dynamics, analysis.

Адекватное прогнозирование количества пожаров в регионе является необходимым условием для принятия качественных управленческих решений, направленных на обеспечение пожарной безопасности необходимыми ресурсами. Основным элементом информационной базы построения прогноза количества пожаров на территории региона служит временной ряд количества пожаров достаточной длины. Временной ряд (или ряд динамики) - собранный в раз-

ные моменты времени статистический материал о значении каких-либо показателей исследуемого явления.

Настоящая работа продолжает цикл работ автора [4, 5], посвященных анализу динамики долгосрочных временных рядов ежемесячного количества пожаров в регионах, входящих в Центральный федеральный округ.

Целью работы является проведение анализа временного ряда ежемесячного количества пожаров в Ярославской области за 10 лет.

Наибольший интерес в информационном обеспечении управления пожарной безопасностью региона представляет временной ряд ежемесячного количества пожаров в регионе [3]. Необходимость составления прогноза пожаров на период 6-12 месяцев обусловлена решением задач планирования обеспечения подразделений ГПС МЧС России, решения кадровых вопросов, определение режимов несения службы. На рис. 1 приведена динамика ежемесячного количества пожаров в Ярославской области за 10 лет. Рисунок построен на основе официальных статистических данных, опубликованных ВНИИПО [6-9].

Анализируемый отрезок временного ряда может рассматриваться как частная реализация (выборка) изучаемого стохастического процесса, генерируемого скрытым вероятностным механизмом. Практическое изучение временного ряда предполагает выявление свойств ряда и получение выводов о вероятностном механизме, порождающем этот ряд.

Стационарность является важной характеристикой временных рядов. Временной ряд является стационарным [1, 2], если его статистические свойства не изменяются со временем. Другими словами, ряд имеет постоянное математическое ожидание, а дисперсия и ковариация не зависят от времени. В идеале исследователь желает иметь стационарные временные ряды для моделирования. Конечно, большинство временных рядов не являются стационарными, но можно провести определенные преобразования, чтобы сделать их стационарными. Простейшей математической моделью стационарного временного ряда является «белый шум» [1], т.е. случайный процесс, в котором в разные моменты времени значения независимы и распределены одинаково.

В модели временного ряда принято выделять две основные составляющие: детерминированную и случайную. Под детерминированной составляющей временного ряда понимают числовую последовательность, элементы которой вычисляются по определенному правилу как функция времени t . Исключив детерминированную составляющую из уровней ряда, получают колеблющийся вокруг нуля ряд, который может в одном предельном случае представлять чисто случайные скачки, а в другом – плавное колебательное движение. В большинстве случаев будет нечто среднее: некоторая иррегулярность и определенный систематический эффект, обусловленный зависимостью последовательных членов ряда.

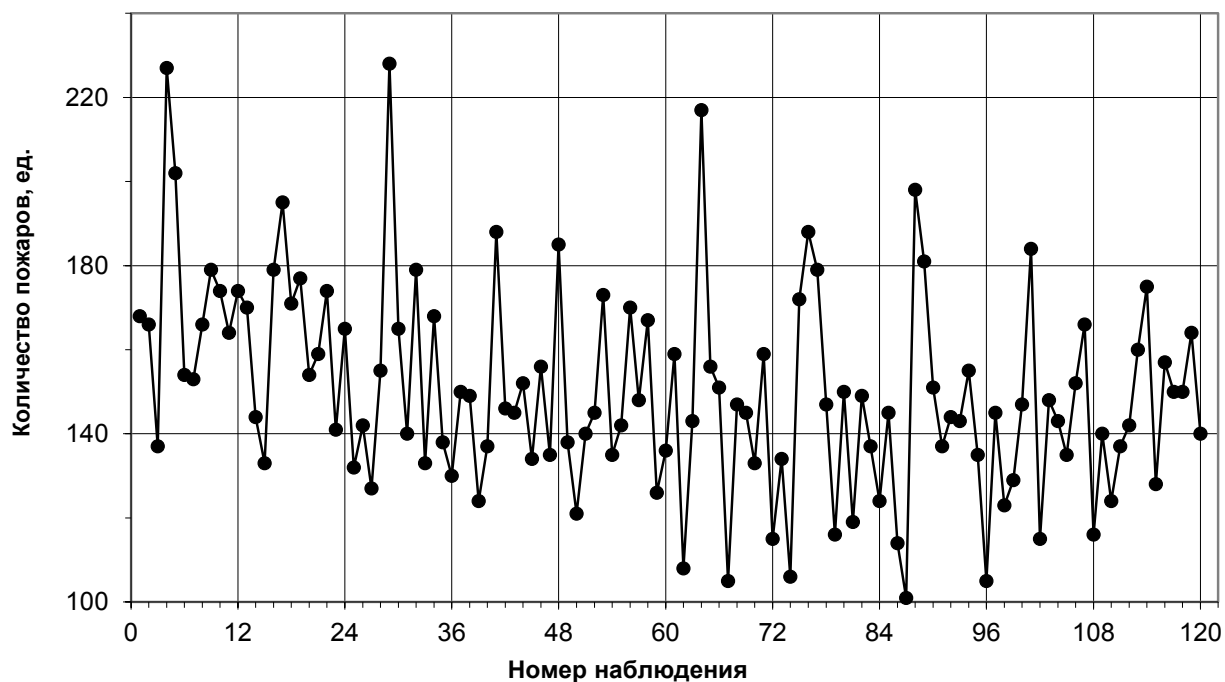


Рис. 1. Динамика ежемесячного количества пожаров в Ярославской области за 10 лет

В общем случае временной ряд представляет собой суперпозицию пяти компонентов:

1. Тренд – плавно изменяющаяся, не циклическая компонента, описывающая чистое влияние долговременных факторов, эффект которых сказывается постепенно.

2. Сезонная компонента временного ряда описывает поведение, изменяющееся регулярно в течение заданного периода. Она состоит из последовательности почти повторяющихся циклов.

3. Циклическая компонента временного ряда описывает относительно длительные периоды подъема и спада. Она состоит из циклов, которые меняются по амплитуде и протяжённости.

4. Автокорреляция – корреляция временного ряда с самим собой. Возникает тогда, когда каждое соседнее значение имеет корреляционную связь с предыдущим.

5. Случайная (стохастическая) компонента.

Задача анализа состоит в выявлении первых четырех факторов, нейтрализации их эффекта и построении модели, наилучшим образом описывающей временной ряд. Хотя функциональная связь между перечисленными компонентами может принимать практически любую форму, обычно рассматривают зависимости следующих двух видов [1]: аддитивная модель и мультипликативная модель.

Основные цели при изучении временного ряда следующие:

- описание характерных особенностей ряда в сжатой форме;
- построение модели временного ряда;
- предсказание будущих значений на основе прошлых наблюдений.

Достижение поставленных целей возможно далеко не всегда как из-за недостатка исходных данных (недостаточная длина временного ряда), так из-за изменчивости со временем статистической структуры ряда.

Перечисленные цели диктуют последовательность этапов анализа временных рядов:

- 1) графическое представление и описание поведения ряда;
- 2) определение наличия или отсутствия стационарности временного ряда;
- 3) выделение и исключение закономерных, неслучайных составляющих ряда, зависящих от времени (приведение временного ряда к стационарному виду);
- 4) исследование случайной составляющей временного ряда, оставшейся после удаления закономерной составляющей;
- 5) построение (подбор) математической модели для описания случайной составляющей и проверка ее адекватности;
- 6) прогнозирование будущих значений временного ряда по настоящим и прошлым значениям.

Если нестационарность временного ряда установлена, то необходимо выделить и удалить нестационарную составляющую ряда. Процесс удаления тренда и других компонент ряда, приводящих к нарушению стационарности, может проходить в несколько этапов. На каждом из них рассматривается ряд остатков, полученный в результате вычитания из исходного ряда подобранной модели тренда, или результат разностных и других преобразований ряда.

Переходим непосредственно к результатам анализа временного ряда ежемесячного количества пожаров в Ярославской области, приведенного на рис. 1. Анализ проводился с помощью универсального статистического пакета STATISTICA 6.1.

На первом этапе анализа подтверждалась гипотеза об отсутствии стационарности анализируемого ряда. Признаком нестационарности временного ряда может служить автокорреляционная функция, не стремящаяся к нулю [1, 2].

На рис. 2 приведена автокорреляционная функция ряда динамики ежемесячного количества пожаров, зафиксированных в Ярославской области за десятилетний период. На рис. 2 видно, что автокорреляционная функция принимает значения, которыми невозможно пренебречь, а для лага 12 равна 0,49. Это свидетельствует о том, что исходный анализируемый временной ряд является не стационарным. Наличие относительно высокой автокорреляции для лага 1 свидетельствует о тренде, а для лагов 12 и 13 – сезонной и циклической компоненты.

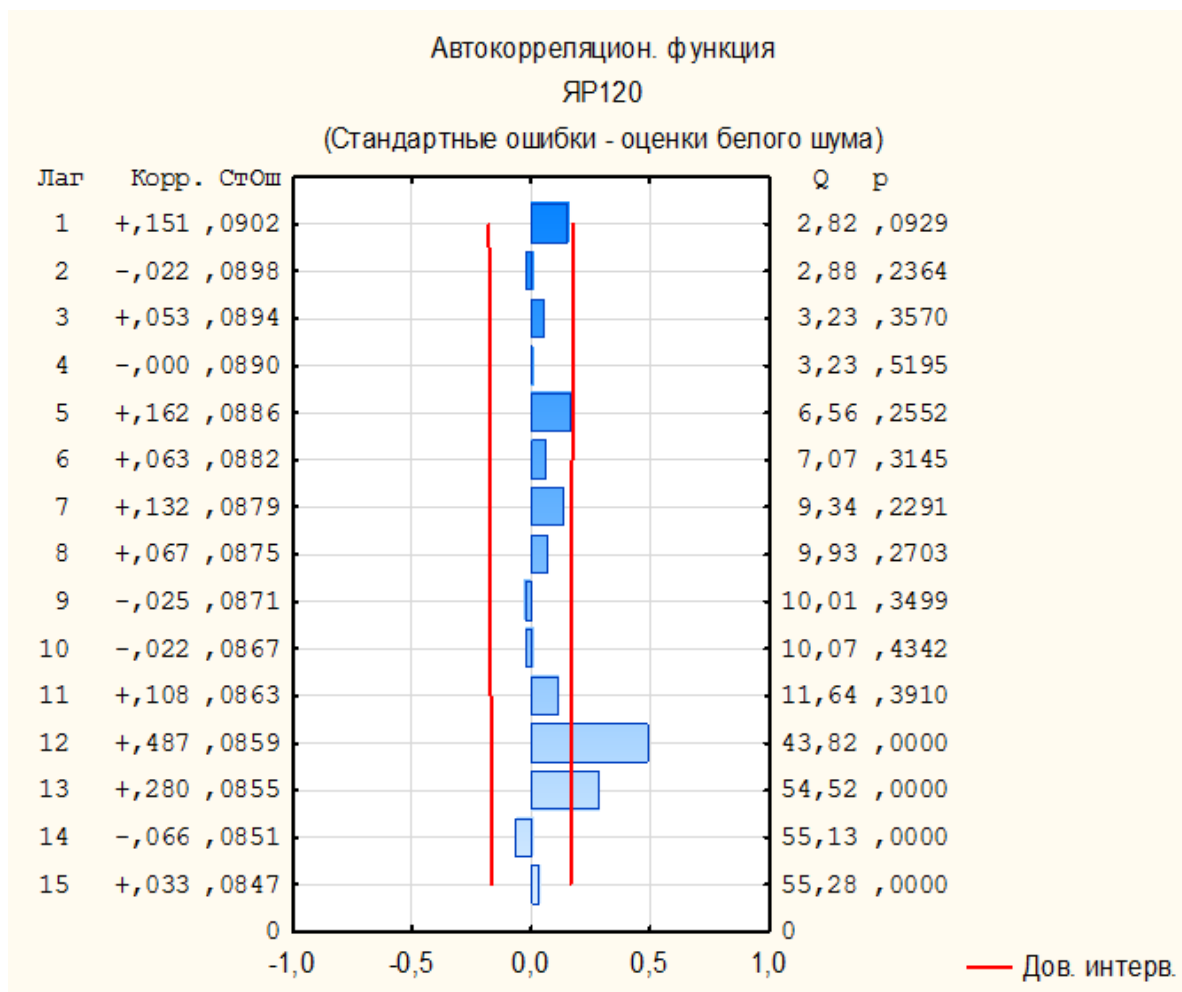


Рис. 2. Автокорреляционная функция исходного временного ряда

Далее приведены результаты анализа объекта исследования на наличие закономерных, неслучайных составляющих временного ряда, зависящих от времени.

Наличие тренда выявило сглаживание временного ряда (см. рис. 3). Необходимо отметить, что тренд наблюдается только в 2009-2011 годах анализируемого временного ряда. Такое поведение динамики ежемесячного количества пожаров для регионов, входящих в Центральный федеральный округ на интервале времени с 2009 по 2018 год нетипично. Например, тренд присутствует в аналогичных рядах динамики для Ивановской [4] и Владимирской [5] областей. Поэтому в целях упрощения аддитивной математической модели временного ряда и ее дальнейшего использования для прогнозирования на среднесрочную перспективу целесообразно сократить длину анализируемого ряда за счет участка, содержащего тренд. Таким образом, будет анализироваться временной ряд с 2012 по 2018 год. Он имеет достаточную длину (84 наблюдения), чтобы

использование методов математической статистики носило обоснованный характер.

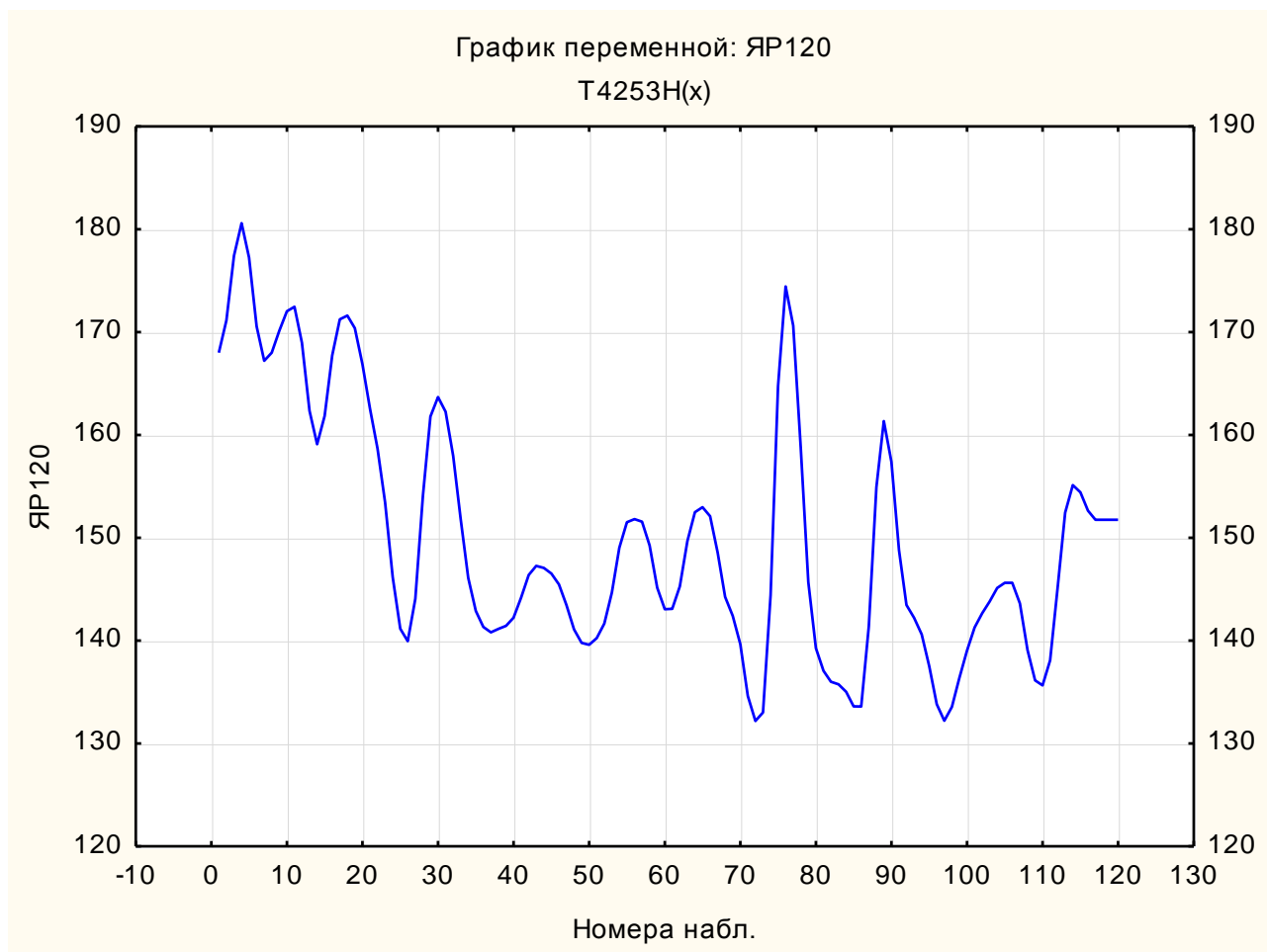


Рис. 3. Сглаженный с помощью фильтра 4253H анализируемый ряд динамики

На рис. 4 приведена автокорреляционная функция ряда динамики ежемесячного количества пожаров, зафиксированных в Ярославской области за семилетний период. На рис. 4 видно, что тренд в сокращенном временном ряду отсутствует, автокорреляционная компонента незначительна и основной вклад в величину вариации ежемесячного количества пожаров вносят сезонная, циклическая и случайная компоненты.

Многие временные ряды показывают периодическое поведение. Это периодическое поведение может быть очень сложным. Спектральный анализ - это метод, который позволяет обнаруживать лежащие в его основе периодичности. Наличие сезонной и циклической компоненты позволил выявить спектральный анализ, результаты которого приведены на рис. 5.

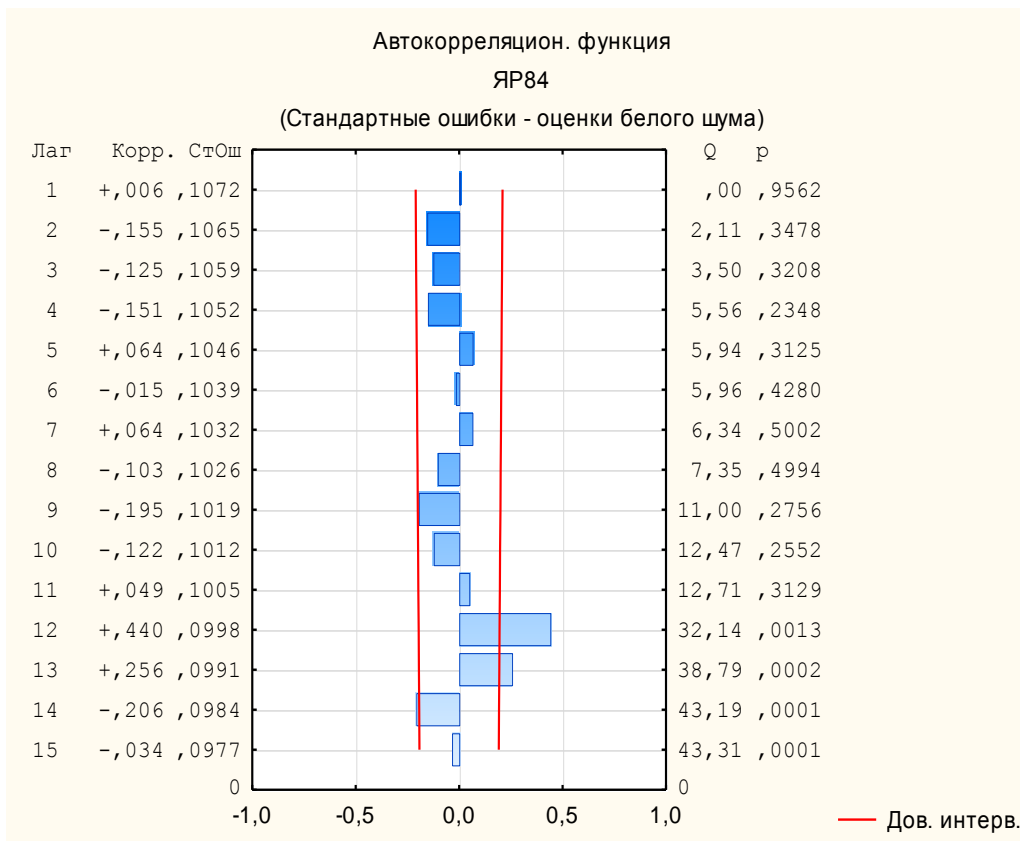


Рис. 4. Автокорреляционная функция сокращенного временного ряда

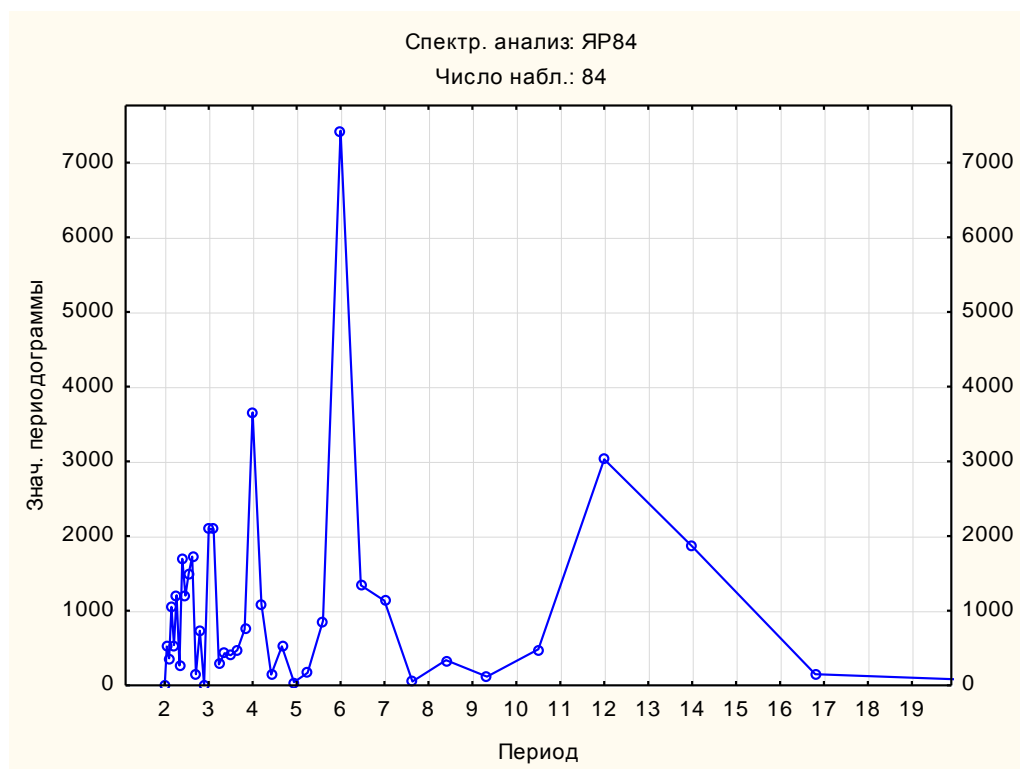


Рис. 5. Спектральный анализ исходного временного ряда

Периодограмма — оценка спектральной плотности мощности, основанная на вычислении квадрата модуля преобразования Фурье последовательности данных. Спектральная плотность мощности - это функция, описывающая распределение мощности сигнала в зависимости от частоты, то есть мощность, приходящаяся на единичный интервал частоты.

На рис.5 видно, что максимумы спектральной плотности мощности приходятся на третий, четвертый, шестой и двенадцатый периоды (месяцы).

Незначительный вклад автокорреляционной компоненты в вариацию анализируемого временного ряда (см. рис. 4) позволяет провести сезонную декомпозицию. В общем случае временной ряд состоит из четырех различных компонентов: сезонной компоненты (обозначается S_t , где t обозначает момент времени), тренда (T_t), циклической компоненты (C_t) и случайной (стохастической), нерегулярной компоненты (I_t). Разница между циклической и сезонной компонентой состоит в том, что последняя имеет регулярную (сезонную) периодичность, тогда как циклические факторы обычно имеют более длительный эффект, который к тому же меняется от цикла к циклу. Конкретные функциональные взаимосвязи между этими компонентами могут иметь самый разный вид. Однако, можно выделить два основных способа, с помощью которых они могут взаимодействовать: *аддитивно* и *мультипликативно* [1, 2]:

Аддитивная модель:

$$X_t = T_t + C_t + S_t + I_t \quad (1)$$

Мультипликативная модель:

$$X_t = T_t * C_t * S_t * I_t \quad (2)$$

Здесь X_t обозначает значение временного ряда в момент времени t .

На рис.1 видно, что целесообразно использовать аддитивную модель сезонной декомпозиции.

На рис. 6 приведен ряд динамики сезонной составляющей ежемесячного количества пожаров в Ярославской области. За ноль оси ординат принято математическое ожидание количества пожаров.

Анализируемый временной ряд с удаленными неслучайными компонентами (трендом, сезонной и циклической компонентами) представлен на рис.7.

Основные статистические характеристики вкладов компонентов анализируемого временного ряда в численное значение ежемесячного количества пожаров в Ярославской области сведены в таблице.

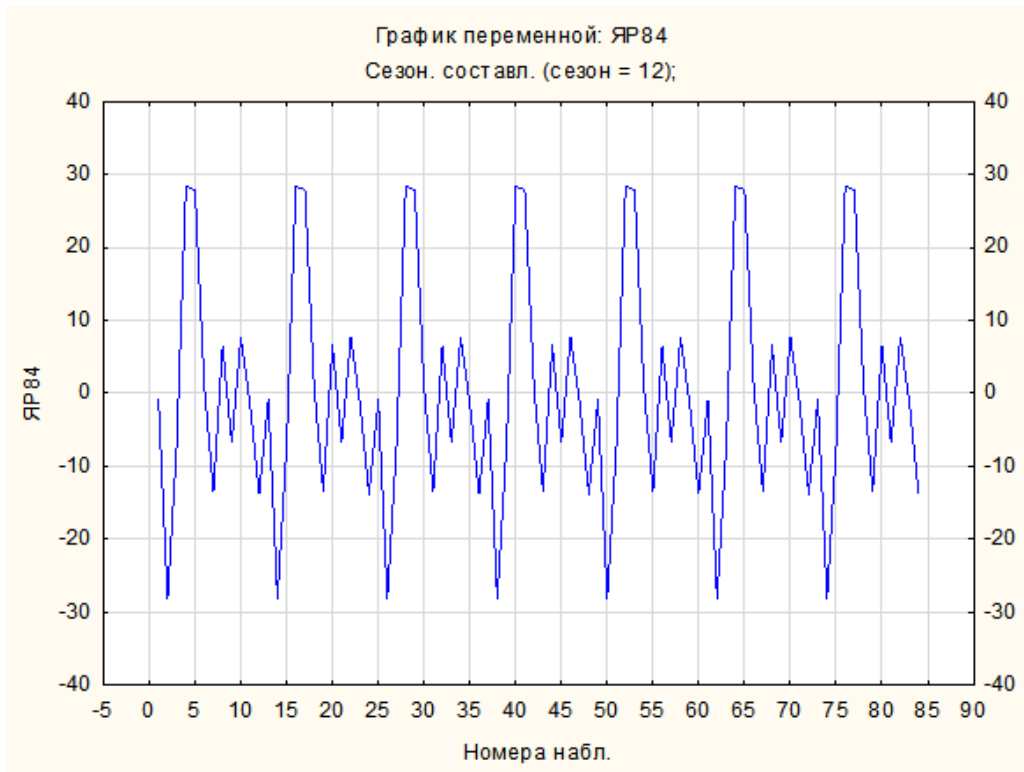


Рис. 6. Сезонная составляющая анализируемого временного ряда



Рис. 7. Очищенный от случайных компонентов исходный временной ряд

Таблица. Основные результаты сезонной декомпозиции ежемесячного количества пожаров в Ярославской области за семилетний период

Показатель	Компоненты ряда		
	Сезонная	Циклическая	Стохастическая
Минимальное значение, %	0,53	0,19	0,03
Максимальное значение, %	26,53	40,62	30,06
Интервал вариации, %	26,00	40,43	30,04
Математическое ожидание, %	8,34	10,85	7,30

Результаты сезонной декомпозиции анализируемого временного ряда (см. таблицу) свидетельствуют, что все три компонента вносят в вариацию временного ряда вклады одинакового порядка, как по математическому ожиданию, так и по интервалу вариации. Этот результат говорит о том, что необходимо учитывать все три компонента для построения математической модели динамики ежемесячного количества пожаров в Ярославской области, способной с приемлемой для практического использования точностью и горизонтом прогнозирования на среднесрочную перспективу.

Проведенный анализ динамики ежемесячного количества пожаров в Ярославской области за десятилетний период показал, что он не является стационарным, а представляет собой комбинацию четырех составляющих: тренда, сезонной, циклической и случайной компоненты. Необходимо отметить, что тренд обнаружен только в 2009-2011 годах. В вариацию временного ряда основной вклад вносит циклическая компонента.

При построении математической модели для прогнозирования ежемесячного количества пожаров в Ярославской области на среднесрочную перспективу необходимо использовать представленные результаты анализа исходного временного ряда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айвазян С. А., Мхитарян В. С. Прикладная статистика и основы эконометрики. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1998. 1022 с.
2. Афанасьев В. Н., Юзбашев М. М. Анализ временных рядов и прогнозирование. М.: Финансы и статистика, 2001. 228 с.
3. Петров А. Н., Разводов М.А. Прогнозирование количества чрезвычайных ситуаций в связи с пожарами в обеспечении пожарной безопасности региона // Сетевое издание электронного журнала «Пожарная и аварийная безопасность» №3. 2020. С. 33-39.
4. Петров А.Н. Анализ динамики количества пожаров в Ивановской области // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XV Международной научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России, Иваново,

17–18 ноября 2020 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. С. 343-348.

5. *Петров А. Н.* Анализ динамики количества пожаров во Владимирской области // Актуальные вопросы естествознания: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Иваново, 23 марта 2021 года. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. С. 303-309.

6. Пожары и пожарная безопасность в 2009 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Н.П. Копылова. М.: ВНИИПО, 2010. 135 с.

7. Пожары и пожарная безопасность в 2012 году: Статистический сборник. Под общей редакцией В.И. Климкина. М.: ВНИИПО, 2013. 137 с.

8. Пожары и пожарная безопасность в 2015 году: Статистический сборник. Под общей редакцией В.И. Климкина. М.: ВНИИПО, 2016. 124 с.

9. Пожары и пожарная безопасность в 2018 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2019. 125 с.

УДК 614.8

Н. В. Свентская, А. П. Попов
ФГБУ ВНИИ ГО ЧС (ФЦ)

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ-112

Аннотация: в работе рассмотрены вопросы создания и функционирования системы-112 в субъектах Российской Федерации. Приведены основные направления развития системы-112 в части нормативного регулирования, расширения функционала системы-112 и интеграции системы-112 в систему антикризисного управления.

Ключевые слова: система-112, функционирование, развитие системы-112, экстренные оперативные службы.

N. V. Svetskaya, A. P. Popov

DIRECTIONS OF DEVELOPMENT AND IMPROVEMENT SYSTEMS-112

Abstract: the paper deals with the creation and functioning of the system-112 in the constituent entities of the Russian Federation. The main directions of development of system-112 in terms of regulatory regulation, expansion of the functionality of system-112 and integration of system-112 into the anti-crisis management system are given.

Key words: system-112, functioning, development of system-112, emergency operational services.

Введение

В соответствии с федеральной целевой программой от 16.03.2013 г. № 223 «О федеральной целевой программе «Создание системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» в Российской Федерации на 2013-2017 годы» (далее Программа) [1] до 2018 г. планировалось завершить выполнение мероприятий по созданию системы-112 на всей территории Российской Федерации. Однако, с 2014 г. начались проблемы финансового обеспечения Программы (в период с 2015 по 2017 г. произошло сокращение выделяемых финансовых средств с 65 до 14,7 млрд. руб.), а также проблемы организационного плана (отсутствие единого нормативного правового акта, регламентирующего создание системы-112) и технического плана (вопросы интеграции специального программного обеспечения систем-112 с ведомственными автоматизированными системами). По данным причинам сроки полноценного внедрения системы-112 на всей территории РФ неоднократно сдвигались.

Основная часть

Президентом Российской Федерации 16.01.2019 г. было дано поручение об обеспечении завершения работ по созданию системы-112. В соответствии с данным поручением, по состоянию на 1.01.2022 г., система-112 введена в постоянную эксплуатацию во всех 85 субъектах Российской Федерации.

Как было отмечено ранее, по причине организационных проблем, ключевыми из которых было отсутствие единого распорядительного документа, который бы законодательно определял полномочия, функции и обязанности участников создания системы-112 на федеральном уровне, на уровне субъектов РФ и на уровне местного самоуправления, а также отсутствие целого ряда иных нормативных правовых и нормативно-технических документов, регламентирующих функционирование системы-112. Снижение финансирования мероприятий создания системы-112 значительно сдвинуло сроки ее внедрения. Так, в период 2014-2017 гг. в постоянную эксплуатацию система-112 была введена только в 12 субъектах Российской Федерации, а в период 2018-2021 гг. - в оставшихся 73 субъектах.

Развитие нормативной правовой базы в области создания, развития и совершенствования системы-112

Разработанные нормативные правовые и методические документы положили основу создания системы-112, формирования единых подходов к внедрению, развитию и обеспечению контроля функционирования принятых в постоянную эксплуатацию систем-112.

Основополагающим документом в области организации и функционирования системы-112 является Федеральный закон от 30.12.2020 г. № 488-ФЗ «Об обеспечении вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [2], который вступит в силу с 1.01.2022 г. Данный Федеральный закон:

устанавливает правовые и организационные основы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по номеру «112»;

разграничивает полномочия Правительства РФ, федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти РФ и органов местного самоуправления в области обеспечения вызова экстренных оперативных служб;

определяет права и обязанности организаций в рамках системы-112;

определяет меры по финансовому обеспечению расходов, связанных с вызовом экстренных оперативных служб по единому номеру «112»;

устанавливает требования по защите информации;

определяет требования по взаимодействию системы-112 с системами обеспечения вызова экстренных служб иностранных государств.

Отдельные вопросы создания, функционирования и развития системы-112 раскрыты в подзаконных актах:

постановлении Правительством Российской Федерации от 21.11.2011 № 958 «О системе обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112», регламентирующем структуру и порядок создания системы-112;

постановлении Правительства Российской Федерации от 30.09.2021 № 1658 «Об утверждении Правил согласования технического задания и проектно-технической документации на развитие системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» субъекта Российской Федерации, проекта положения о системе обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» субъекта Российской Федерации»;

постановлении Правительства Российской Федерации от 12.11.2021 № 1931 «Об утверждении обязательных требований к организации и функционированию системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112», в том числе порядка и сроков осуществления приема, обработки и передачи вызовов по единому номеру «112» диспетчерским службам», содержащем порядок приема и обработки вызовов, а также временные параметры приема, обработки вызовов;

постановлении Правительства Российской Федерации от 27.11.2021 № 2071 «Об утверждении Правил взаимодействия сил и средств систем обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112», определяющем правила организации информационного взаимодействия экстренных оперативных служб с использованием технических, программных, программно-аппаратных и иных средств;

постановлении Правительства Российской Федерации от 10.12.2021 № 2253 «Об определении федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на координацию работ по организации, функционированию и развитию системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» субъекта Российской Федерации, и федеральных органов исполнительной власти, участвующих в координации работ по организации, функци-

онированию и развитию системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» субъекта Российской Федерации», определяющем координатором работ по организации, функционированию и развитию системы-112 МЧС России, а участниками работ Минцифры России, МВД России, Минздрав России, ФСБ России, Росгвардию.

МЧС России и Минцифры России в период с 2012 по 2021 г разработаны комплекты методических материалов, касающиеся нормативного регулирования вопросов создания, эксплуатации и развития системы-112.

Направления развития системы-112 в области повышения защищенности населения и территорий

В 2020 году Заместителем Председателя Государственной Думы И.А. Яровой были разработаны и направлены в заинтересованные федеральные органы исполнительной власти предложения о создании Единой унифицированной системы комплексной безопасности. По задумке авторов законопроекта, на территории Российской Федерации должна быть создана единая система антикризисного управления, которая бы могла обеспечить интеграцию федеральных, региональных и муниципальных мультисервисных цифровых платформ обеспечения безопасности жизнедеятельности, а также межведомственное и межуровневое сопряжение взаимодействующих автоматизированных систем. В этом направлении в ближайшие годы будет происходить развитие единой информационной среды системы-112, обеспечивающей передачу сведений и данных о происшествиях, чрезвычайных ситуациях, данных о заявителях между всеми организациями-участниками системы-112 и экстренными оперативными службами.

Историческая ретроспектива создания системы-112 показывает, что с момента реализации Программы (с 2012-2013 года) было разработано пять вариантов специального программного обеспечения (далее – СПО) системы-112 различных производителей. С учетом специфики создания системы-112 для регионов, таких модификаций насчитывается уже более десятка. Создание и развитие специального программного обеспечения службы скорой медицинской помощи и службы полиции также происходило отдельным направлением. В результате, в дежурно-диспетчерских службах диспетчерам приходилось вводить данные по происшествию в различные системы: в систему-112 и в ведомственную систему, что приводило к удлинению времени реагирования, снижению эффективности работы обеих систем и значительной перегрузке диспетчерского персонала. Поэтому, практически во всех субъектах Российской Федерации в настоящее время проводятся работы по интеграции системы-112 с ведомственными автоматизированными системами и интеграции систем-112 соседних субъектов РФ. В рамках интеграции обеспечивается двунаправленная передача карточки информационного обмена (карточки происшествия) и передачи вызова между системами.

С учетом данных требований дальнейшее развитие системы-112 будет проходить в направлении интеграции в единое информационное поле:

СПО системы-112 (различных производителей);

СПО службы скорой медицинской помощи;

СПО службы полиции;

СПО единых дежурно-диспетчерских служб (создано в ряде субъектов РФ);

ГАИС «ЭРА-ГЛОНАСС»;

АИУС РСЧС;

СПО системы-112 приграничных государств;

АПК «Безопасный город»;

Комплексных систем безопасности жизнедеятельности населения;

Перспективных систем мониторинга;

МКА ЖКХ.

Также среди направлений развития системы-112 следует отметить переход на отечественное программное обеспечение.

Направления совершенствования функционала системы-112

Обеспечение интеграции системы-112 с ведомственными автоматизированными системами, АИУС РСЧС и системами-112 соседних субъектов РФ и сопредельных государств обеспечит создание на базе системы-112 комплексной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности населения (КСОБЖН).

В этой связи актуальной задачей совершенствования системы-112 становятся контроль внесения в специфическую часть унифицированной карточки информационного обмена диспетчерами ДДС ЭОС данных по реагированию на происшествие (количество бригад, количество пострадавших, травмированных, погибших, время завершения реагирования и др. информации). Данная норма закреплена Постановлением Правительства РФ от 21.11.2011 г. №958, однако, ни в одной из введенных в постоянную эксплуатацию систем-112 в настоящее время данные по реагированию не вносятся всеми службами. Данная задача решается на уровне субъекта РФ путем актуализации Регламентов и Соглашений об информационном взаимодействии между системой-112 и ДДС ЭОС.

Следующая задача развития системы-112 – обеспечение возможности вызова экстренных оперативных служб и получения помощи лицам с ограниченными возможностями. С этой целью в системе-112 обеспечена возможность приема sms-сообщений по номеру «112» (в некоторых регионах обеспечивается возможность приема e-mail- и fax-сообщений). В Московской области с этой целью в состав штатных сотрудников введены специалисты сурдопереводчики, обеспечивающие помощь лицам с ограниченными возможностями по слуху.

Среди задач по развитию также следует выделить создание сайта системы-112 (мобильного приложения) с целью приема ауди- видео- информации о происшествии, доведения актуальной информации до населения, обеспечения функционирования подсистемы консультативного обслуживания населения,

информирования населения о событиях (происшествиях, в том числе массовых), произошедших на территории субъекта РФ.

Заключение

В настоящей работе приведены основные направления по развитию и совершенствованию системы-112, которые включают: развитие нормативной правовой базы, а также направления по интеграции системы-112 в единую систему антикризисного управления и расширение функционала системы-112. Внедрение данных предложений позволит повысить эффективность мероприятий по созданию, развитию и эксплуатации системы-112 в субъектах РФ, обеспечит взаимодействие систем-112 на межсубъектовом уровне, бесшовную интеграцию с системами экстренных оперативных служб и создаст эффективную скоординированную систему реагирования на вызовы (сообщения о происшествиях).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральная целевая программа от 16.03.2013 г. № 223 «О федеральной целевой программе «Создание системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» в Российской Федерации на 2013-2017 годы».
2. Федеральный закон от 30.12.2020 г. № 488-ФЗ «Об обеспечении вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»

УДК: 614.84

*О. В. Стрельцов, Е. В. Бобринев, Е. Ю. Удавцова,
А. А. Кондашов, О. Г. Меретукова*
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ МЕСТ ДИСЛОКАЦИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ

Аннотация: разработана математическая модель определения мест размещения специализированных пожарно-спасательных частей (далее – СПСЧ), учитывающая поставленные перед ними задачи и риски возможных чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) природного и техногенного характера на территории субъектов Российской Федерации. В модели использован принцип минимизации времени следования подразделений СПСЧ к месту потенциальной ЧС на основе анализа всех потенциально опасных объектов и территорий в соответствующем территориальном гарнизоне пожарной охраны с учетом рисков возникновения чрезвычайных ситуаций и крупных пожаров. Предложенная модель может быть использована при разработке предложений по перспективному развитию специализированных пожарно-спасательных частей

Федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы (далее - ФПС ГПС) и специализированных пожарно-спасательных частей по тушению крупных пожаров ФПС ГПС.

Ключевые слова: специализированная пожарно-спасательная часть, место дислокации, математическая модель, оптимизация, время следования

*O. V. Streltsov, E. V. Bobrinev, E. Yu. Udavtsova,
A. A. Kondashov, O. G. Meretukova*

DETERMINATION OF OPTIMAL LOCATIONS OF SPECIALIZED FIRE AND RESCUE UNITS

Abstract: a mathematical model has been developed for determining the locations of specialized fire and rescue units, taking into account the tasks assigned to them and the risks of possible natural and man-made emergencies on the territory of the subjects of the Russian Federation. The model uses the principle of minimizing the travel time of specialized fire and rescue units to the place of a potential emergency situation based on the analysis of all potentially dangerous objects and territories in the corresponding territorial garrison of fire protection, taking into account the risks of emergencies and large fires. The proposed model can be used in the development of proposals for the long-term development of specialized fire and rescue units of the Federal Fire Service of the State Fire Service and specialized fire and rescue units for extinguishing large fires of the Federal Fire Service of the State Fire Service

Keywords: specialized fire and rescue unit, location, mathematical model, optimization, follow-up time.

Деятельность территориальных пожарно-спасательных частей (далее - ПСЧ) не всегда может обеспечить их эффективное применение при ликвидации чрезвычайных ситуаций по причинам привязки ПСЧ к району выезда и ограниченности в видах работ [5].

В связи с этим важнейшим направлением деятельности государства является перспективное развитие служб специализированных пожарно-спасательных частей ФПС ГПС.

На СПСЧ в территориальных гарнизонах пожарной охраны возлагаются широкий спектр задач [3, 5]:

- тушение крупных пожаров в населенных пунктах и на объектах, проведение аварийно-спасательных, водолазных и иных специальных инженерно-технических работ, связанных с ликвидацией пожаров;
- ликвидация последствий взрывов и других техногенных аварий в населённых пунктах и на объектах;
- ликвидация аварий на магистральных трубопроводах;
- ликвидация аварий на транспортных магистралях и узлах;
- тушение природных пожаров;

- ликвидация последствий затоплений и наводнений;
- ликвидация последствий землетрясений.

Указом Президента Российской Федерации от 16 октября 2019 года № 501 утверждена «Стратегия в области развития гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах на период до 2030 года» (далее - Стратегия). Реализация Стратегии предусматривает создание оптимальных условий для эффективного решения общегосударственных задач в области обеспечения безопасности жизнедеятельности населения и защищённости критически важных и потенциально опасных объектов на территории Российской Федерации от опасностей, возникающих при ЧС и пожарах в целях обеспечения национальной безопасности и устойчивого социально-экономического развития Российской Федерации.

Приказами МЧС России от 14.08.2019 №425 «Об организации управления МЧС России при реагировании на чрезвычайные ситуации» и от 20.07.2020 № 536 «О плане мероприятий на 2020-2024 годы (I этап) по реализации Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Стратегии в области развития гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах на период до 2030 года» предусмотрено проведение исследований по оперативному реагированию и эффективности действий подразделений пожарной охраны при тушении крупных пожаров и проведении связанных с ними аварийно-спасательных работ.

В соответствии с задачами, возложенными на СПСЧ были сформулированы требования, предъявляемые к СПСЧ:

- высокая степень готовности к оперативному реагированию на ЧС;
- способность выполнять аварийно-спасательные и другие неотложные работы в режиме постоянной готовности;
- мобильность, позволяющая эффективно реализовывать принцип территориального прикрытия объектов;
- соответствие их размещения на территории страны уровням возможных угроз;
- способность выполнять задачи по предназначению максимально эффективно и в сжатые сроки, действовать автономно;
- способность к оперативному взаимодействию с территориальными и объектовыми нештатными аварийно-спасательными формированиями (НАСФ), группировками вооруженных сил Российской Федерации, воинских формирований при ликвидации ЧС [4].

В настоящем исследовании предпринята попытка разработать математическую модель зависимости места размещения специализированных пожарно-спасательных частей в территориальных гарнизонах пожарной охраны от поставленных перед ними задач с учетом рисков возможных чрезвычайных ситу-

аций природного и техногенного характера на территории субъектов Российской Федерации.

В реаниматологии используется термин «золотой час» для определения промежутка времени (принимаемого близким по продолжительности к 1 часу) после получения травмы, который позволяет наиболее эффективно оказать первую помощь. Считается, что в течение этого времени вероятность того, что лечение предотвратит смерть пациента, наиболее высока [6]. Поэтому можно считать целесообразным критерием для определения места дислокации специализированной пожарно-спасательной части использовать минимизацию времени следования подразделений СПСЧ к месту потенциальной ЧС на основе анализа всех потенциально опасных объектов и территорий в соответствующем территориальном гарнизоне пожарной охраны с учетом рисков возникновения чрезвычайных ситуаций и крупных пожаров.

Среднее время следования от места дислокации СПСЧ до места потенциальной ЧС может быть определено с использованием следующей формулы

$$T = \frac{\sum_{i=1}^{N_{об}} p_i t_i + \sum_{j=1}^{N_{лес}} p_j t_j + \sum_{k=1}^{N_{нав}} p_k t_k + \sum_{l=1}^{N_{зем}} p_l t_l + \sum_{m=1}^{N_{тп}} p_m t_m}{\sum_{i=1}^{N_{об}} p_i + \sum_{j=1}^{N_{лес}} p_j + \sum_{k=1}^{N_{нав}} p_k + \sum_{l=1}^{N_{зем}} p_l + \sum_{m=1}^{N_{тп}} p_m}. \quad (1)$$

В формуле (1):

$N_{об}$ – количество объектов, на которых возможно возникновение крупных пожаров, взрывов и техногенных аварий;

p_i – вероятность возникновения крупного пожара, взрыва и техногенной аварии на i -том объекте, ед./год;

t_i – время следования от места дислокации СПСЧ до i -го объекта;

$N_{лес}$ – количество населенных пунктов, расположенных на территории, где возможно возникновение лесных пожаров;

p_j – вероятность возникновения лесного пожара в районе расположения j -го населенного пункта, ед./год;

t_j – время следования от места дислокации СПСЧ до j -го населённого пункта;

$N_{нав}$ – количество населенных пунктов, расположенных на территории, где возможно подтопление и наводнение;

p_k – вероятность подтопления или наводнения в районе расположения k -го населенного пункта, год⁻¹;

t_k – время следования от места дислокации СПСЧ до k -го населённого пункта;

$N_{зем}$ – количество населенных пунктов, расположенных на территории, где возможно землетрясение;

p_l – вероятность землетрясения в районе расположения l -го населенного пункта, год⁻¹;

t_l – время следования от места дислокации СПСЧ до l -го населённого пункта.

$N_{\text{тп}}$ – количество точек на магистральных трубопроводах, используемых для вычисления T (выбираются расположенными равномерно по длине трубопроводов с некоторым шагом, например 10 км);

p_m – вероятность возникновения аварии на участке магистрального трубопровода длиной, равной величине шага, выбранного при определении количества точек, год⁻¹;

t_m – время следования от места дислокации СПСЧ до m -ой точки на магистральном трубопроводе.

Для определения время следования составляется список транспортных магистралей (улиц, дорог и т.д.), по которым пожарные и спасательные автомобили движутся из пожарно-спасательной части к месту вызова (пожара, ЧС). Для каждой транспортной магистрали определяется средняя скорость следования. Общее время следования определяется как сумма времен следования по каждой магистрали.

Если пожарно-спасательная часть располагается на значительном удалении от объекта потенциального возникновения ЧС (100 км и более), то для доставки личного состава и техники целесообразно использовать авиацию. В этом случае общее время следования определяется как сумма времени следования от пожарно-спасательной части к месту погрузки в самолет или вертолет, времени полета, времени разгрузки и времени следования от места приземления до объекта.

По формуле (1) определяется среднее время следования от места дислокации СПСЧ до места потенциальной ЧС для начального положения СПСЧ. Координаты начального положения СПСЧ могут быть определены по формулам

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{об}}} p_i x_i + \sum_{j=1}^{N_{\text{лес}}} p_j x_j + \sum_{k=1}^{N_{\text{нав}}} p_k x_k + \sum_{l=1}^{N_{\text{зем}}} p_l x_l + \sum_{m=1}^{N_{\text{тп}}} p_m x_m}{\sum_{i=1}^{N_{\text{об}}} p_i + \sum_{j=1}^{N_{\text{лес}}} p_j + \sum_{k=1}^{N_{\text{нав}}} p_k + \sum_{l=1}^{N_{\text{зем}}} p_l + \sum_{m=1}^{N_{\text{тп}}} p_m}, \quad (2)$$

$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{об}}} p_i y_i + \sum_{j=1}^{N_{\text{лес}}} p_j y_j + \sum_{k=1}^{N_{\text{нав}}} p_k y_k + \sum_{l=1}^{N_{\text{зем}}} p_l y_l + \sum_{m=1}^{N_{\text{тп}}} p_m y_m}{\sum_{i=1}^{N_{\text{об}}} p_i + \sum_{j=1}^{N_{\text{лес}}} p_j + \sum_{k=1}^{N_{\text{нав}}} p_k + \sum_{l=1}^{N_{\text{зем}}} p_l + \sum_{m=1}^{N_{\text{тп}}} p_m}, \quad (3)$$

где x_i, x_j, x_k, x_l, x_m и y_i, y_j, y_k, y_l, y_m – координаты соответствующих объектов (см. формулу (1)).

Затем производится минимизация функции (1) с целью определения оптимального место расположения СПСЧ. Минимизация осуществляется методом градиентного спуска [1, 2].

Вычисляется градиент функции (1)

$$\text{grad}(T) = \left(\frac{\partial T}{\partial x}; \frac{\partial T}{\partial y} \right). \quad (4)$$

Затем определяется единичный вектор, направленный против направления градиента

$$\vec{n} = \left\{ -\frac{\partial T}{\partial x} \left[\left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial y} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}}; -\frac{\partial T}{\partial y} \left[\left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial y} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}} \right\}. \quad (5)$$

Далее определяется оптимальная величина шага Δl . Для этого необходимо найти минимум функции

$$F(\Delta l) = T(x + \Delta l n_x; y + \Delta l n_y) \quad (6)$$

Это условие означает, что движение вдоль антиградиента происходит до тех пор, пока значение функции $F(\Delta l)$ убывает.

Минимум функции (1) удобно находить методом золотого сечения. Точка z осуществляет золотое сечение отрезка $[a; b]$, если выполнено условие

$$\frac{b-a}{b-z} = \frac{b-z}{z-a} = \varphi = \frac{1+\sqrt{5}}{2}. \quad (7)$$

В качестве z_1 и z_2 выбираются точка золотого сечения отрезка и симметричная ей. Если $a < z_1 < z_2 < b$, то при указанном выборе точек z_1 – точка золотого сечения отрезка $[a; z_2]$, а z_2 – точка золотого сечения отрезка $[z_1; b]$. Таким образом, на каждом шаге, кроме первого, необходимо вычислять значение только в одной точке, вторая берется из предыдущего шага.

Задается параметр ε – достаточно малая положительная константа, погрешность метода. На первом шаге вычисляются значения z_1 и z_2

$$z_1 = b - \frac{b-a}{\varphi}, \quad (8)$$

$$z_2 = a + \frac{b-a}{\varphi}. \quad (9)$$

Если выполнено условие $f(z_1) > f(z_2)$, полагается $a = z_1$, $z_1 = z_2$, $z_2 = b - (z_1 - a)$, $f(z_1) = f(z_2)$, вычисляется новое значение $f(z_2)$.

Если выполнено условие $f(z_1) < f(z_2)$, полагается $b = z_1$, $z_2 = z_1$, $z_1 = a + (b - z_2)$, $f(z_2) = f(z_1)$, вычисляется новое значение $f(z_1)$.

Данная итерационная процедура продолжается до тех пор, пока не будет достигнута заданная точность

$$\frac{b - a}{2} < \varepsilon. \quad (10)$$

Окончательное значение шага определяется по формуле $\Delta l = \frac{a+b}{2}$.

Новое значение среднего времени следования определяется по формуле

$$T(x_1; y_1) = T \left(x - \frac{\frac{\partial T}{\partial x}}{\sqrt{\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)^2}} \Delta l; y - \frac{\frac{\partial T}{\partial y}}{\sqrt{\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)^2}} \Delta l \right). \quad (11)$$

После этого определяется новое значение шага Δl путем минимизации функции (6) в точке $(x_1; y_1)$. Данная процедура повторяется до тех пор, пока не будет достигнута заданная точность

$$T(x_k; y_k) - T(x_{k-1}; y_{k-1}) < \varepsilon. \quad (12)$$

В качестве примера рассмотрим определения оптимального размещения пожарной части. Данная часть обслуживает девять потенциально опасных объектов. На рис. 1 эти объекты обозначены квадратными маркерами красного цвета. Вероятность возникновения ЧС p_i для данных объектов варьируется от $2,5 \cdot 10^{-3}$ до $6 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹.

На территории обслуживания пожарной части также находится 12 населённых пунктов, которые расположены в зоне возможных лесных пожаров. На рис. 1 данные населенные пункты обозначены треугольными маркерами синего цвета. Вероятность возникновения лесного пожара p_j в районе расположения населенных пунктов лежит в пределах от $7 \cdot 10^{-4}$ до $9 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹.

В районе обслуживания пожарной части также проходит магистральный трубопровод. Для расчета оптимального месторасположения пожарной части определим контрольные точки вдоль трубопровода, вероятность возникновения ЧС в каждой из них будем считать равной вероятности возникновения ЧС на всем трубопроводе, деленной на количество контрольных точек, ($p_m = 3 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹). На рис. 1 трубопровод показан голубой линией с круглыми маркерами.

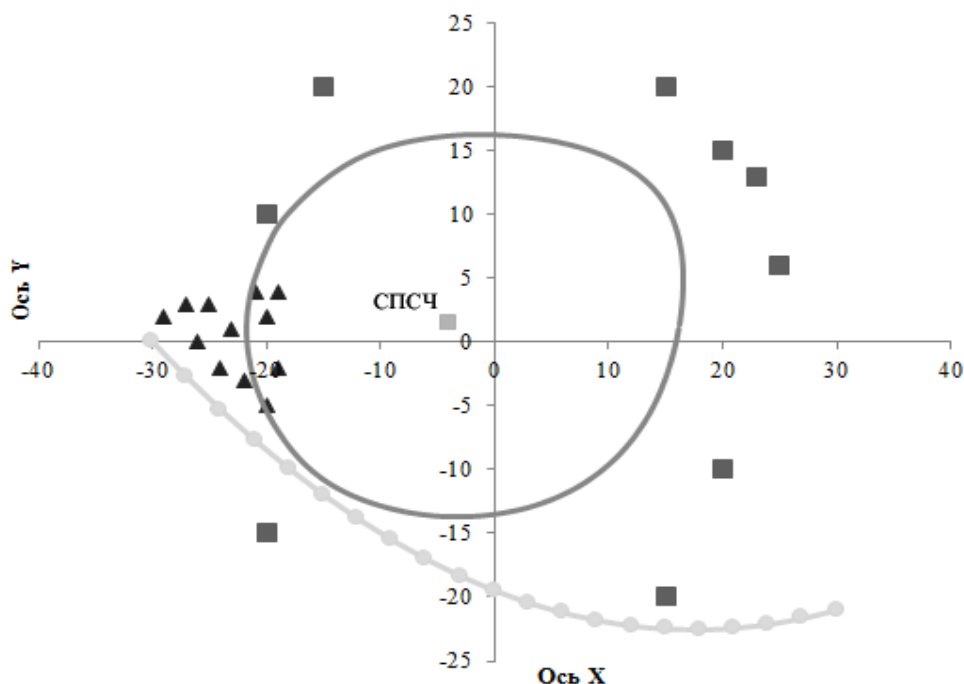


Рис. 1. Расположение объектов потенциальных ЧС (квадраты, треугольники и кружки, соединенные линией), а также оптимальное положение пожарного депо (светлый квадрат) и область возможного размещения депо (обведена сплошной линией)

Начальное положение пожарной части определяется координатами $X_0 = 5$ км, $Y_0 = -5$ км. Будем считать, что средняя скорость следования $v_{сл}$ равна 30 км/час, а время следования определяется по формуле $t_{сл} = S_k/v_{сл}$, где расстояние от пожарного депо до k -го объекта вычисляется по формуле

$$S_k = \sqrt{(X_k - X_0)^2 + (Y_k - Y_0)^2}. \quad (13)$$

В таблице представлены результаты расчета методом градиентного спуска. Начальный шаг выбран равным 1 км. Значение параметра ε выбрано равным 0,0001. Из таблицы видно, что сходимость достигается после шести итераций. На рис. 1. показано конечное положение пожарного депо. Видно, что оптимальное место положения депо смещено примерно на 11 км к северо-западу от начального положения.

Таблица. Определение оптимального расположения пожарного депо

№ итерации	Среднее время следования, мин	Координата X, км	Координата Y, км	Величина шага, км
0	51,041	5,000	-5,000	-
1	48,779	-0,998	2,683	9,748
2	48,634	-3,252	0,924	2,858
3	48,620	-3,717	1,520	0,755
4	48,618	-3,929	1,354	0,269
5	48,618	-3,973	1,411	0,072
6	48,618	-3,994	1,395	0,025

Реальное положение пожарного депо может отличаться от оптимального с учетом возможности размещения здания депо на местности (наличие водоемов, плотность застройки, возможность использования уже существующих зданий и пр.). Для определения границ области, в пределах которой может быть размещено депо, может быть использован следующий алгоритм.

Будем менять значение угла φ от 1° до 360° с шагом 1° : $\varphi_j = j$, $j = 1, 2, \dots, 360$.

Для каждого значения φ_j будем последовательно вычислять значения координат

$$\begin{aligned} X_{j,k} &= X_0 + k \cos \varphi_j, \\ Y_{j,k} &= Y_0 + k \sin \varphi_j. \end{aligned} \quad (14)$$

Для каждой пары координат $(X_{j,k}; Y_{j,k})$ вычисляется значение функции $T(X_{j,k}; Y_{j,k})$. Находим минимальное целое значение k , для которого выполнено условие

$$T(X_{j,k}; Y_{j,k}) > t_{\text{норм}}, \quad (15)$$

где $t_{\text{норм}}$ – нормативное значение времени следования. Искомые координаты для данного значения угла φ определяются по формулам

$$\begin{aligned} r &= \frac{T(X_{j,k}; Y_{j,k}) - t_{\text{норм}}}{T(X_{j,k}; Y_{j,k}) - T(X_{j,k-1}; Y_{j,k-1})}, \\ X_j &= X_0 + (k - r) \cos \varphi_j, \\ Y_j &= Y_0 + (k - r) \sin \varphi_j. \end{aligned} \quad (16)$$

Множество точек $\{(X_1; Y_1), (X_2; Y_2), \dots, (X_{360}; Y_{360})\}$ определяют границы области, в пределах которой может быть размещено пожарное депо. На рис. 1 в качестве примера показана область возможного размещения депо для объектов, координаты которых представлены в таблице 1, для $t_{\text{норм}} = 55$ минут.

На рис. 2 показано распределение количества объектов (точек) в зависимости от времени следования до них от места расположения СПСЧ, взвешенное с весом, равным вероятности возникновения ЧС для данного объекта (точки).

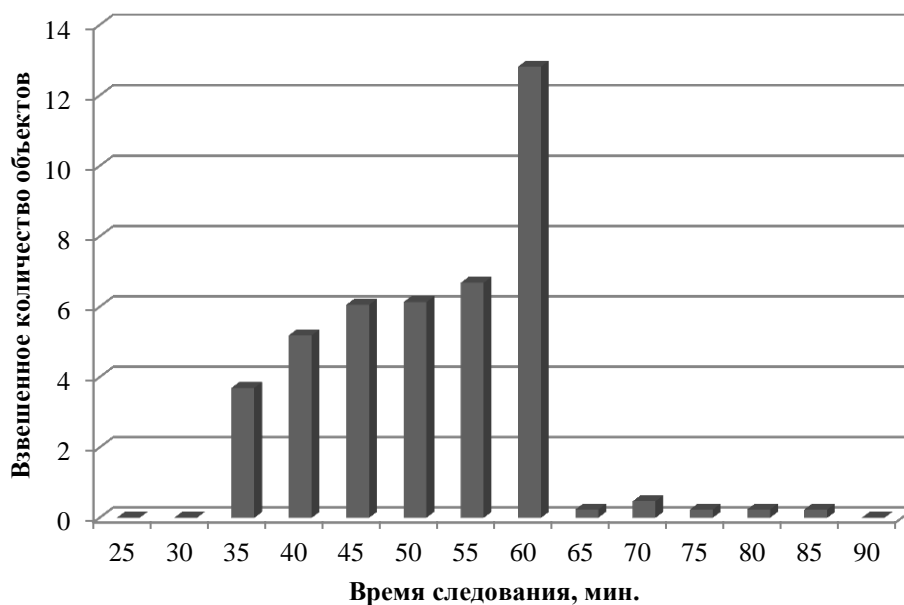


Рис. 2. Распределение количества объектов (точек) в зависимости от времени следования до них от места расположения СПСЧ, взвешенное с весом, равным вероятности возникновения ЧС для данного объекта (точки)

Таким, образом, разработана математическая модель зависимости места размещения специализированных пожарно-спасательных частей в территориальных гарнизонах пожарной охраны от поставленных перед ними задач с учетом рисков возможных чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на территории субъектов Российской Федерации. Предложенная модель может быть использована при разработке предложений по перспективному развитию специализированных пожарно-спасательных частей ФПС ГПС и специализированных пожарно-спасательных частей по тушению крупных пожаров ФПС ГПС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аттетков А. В., Галкин С. В., Зарубин В. С. Методы оптимизации: учеб. для вузов, 2-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. 440 с.
2. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация, пер. с англ. – М.: Мир, 1985. 509 с.

3. Дагиров Ш. Ш., Алешков М. В., Ищенко А. Д. и др. Специализированные подразделения пожарной охраны: монография. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. 173 с.

4. Зыков В. В., Гладких А. Н. Расширение задач, решаемых специализированными пожарно-спасательными частями федеральной противопожарной службы. Актуальные проблемы пожарной безопасности. Материалы XXVII международной научно-практической конференции, посвящённой 25-летию МЧС России: В 3 ч. М.: ВНИИПО МЧС России, 2015. С. 228–234.

5. Киселёв Д. В. Модели управления развитием специализированных пожарно-спасательных частей. Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация, 2020. № 3. С. 77-83.

6. Lerner E. B., Moscati R. M. The golden hour: scientific fact or medical "urban legend"? // Academic Emergency Medicine journal, 2001. Vol. 8, no. 7. P. 758-760.

УДК 614.849

А. А. Уткин

ГУ МЧС России по Вологодской области

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ПРОПАГАНДЫ В ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ В 2021-2022 ГОДАХ

Аннотация: в статье описана противопожарная пропаганда в Вологодской области 2021 -2022 года. Описаны организационные меры деятельности субъектов профилактики с применением информационных технологий. Детально рассмотрены меры, принимаемые в рамках профилактических операций.

Ключевые слова: противопожарная пропаганда, информационные технологии, пожарная безопасность, профилактическая работа

А. А. Utkin

INFORMATION TECHNOLOGIES OF FIRE PREVENTION PROPAGANDA IN THE VOLOGDA REGION IN 2021-2022

Abstract: The article describes fire prevention propaganda in the Vologda region in 2021-2022. Organizational measures of activity of subjects of prevention with the use of information technologies are described. The measures of preventive operations are considered in detail.

Keywords: fire prevention propaganda, information technology, fire safety, preventive work

В настоящее время при организации и осуществлении надзорной деятельности за соблюдением требований пожарной безопасности действует риск-ориентированный подход, который предполагает разделение объектов на различные категории риска, от присвоения которых зависит периодичность проведения плановых проверок объекта, в результате чего часть объектов выходит из надзорного поля (объекты, отнесенные к категории низкого риска) или проверяется достаточно редко (раз в несколько лет), в связи с чем МЧС России в надзорной деятельности делает упор на профилактические мероприятия. Проведение этих мероприятий возможно благодаря информационным технологиям.

К таким мероприятиям относятся:

обеспечение размещения на официальных сайтах в сети «Интернет» перечней нормативных правовых актов или их отдельных частей, содержащих обязательные требования, оценка соблюдения которых является предметом государственного контроля (надзора), муниципального контроля, а также текстов соответствующих нормативных правовых актов;

осуществление информирования юридических лиц, индивидуальных предпринимателей по вопросам соблюдения обязательных требований, в том числе посредством разработки и опубликования руководств по соблюдению обязательных требований, проведения семинаров и конференций, разъяснительной работы в средствах массовой информации и иными способами;

обеспечение регулярного (не реже одного раза в год) обобщения практики осуществления деятельности государственного контроля (надзора), муниципального контроля и размещение на официальных сайтах в сети «Интернет» соответствующих обобщений, в том числе с указанием наиболее часто встречающихся случаев нарушений обязательных требований с рекомендациями в отношении мер, которые должны приниматься юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями в целях недопущения таких нарушений.

При этом большая часть пожаров происходит в жилом секторе, к которому относятся как многоквартирные жилые дома, так и частные дома, которые не являются поднадзорными объектами, в них проводится профилактическая работа. Данный факт в совокупности с нехваткой сотрудников субъектов профилактики в том количестве, чтобы провести профилактическую работу со всеми гражданами и определяет актуальность работы – наглядная противопожарная пропаганда, проводимая посредством информационных технологий, способствует охвату большего количества населения, а использование, при подготовке видео контента [1-5].

На социально-экономическую эффективность проводимых мероприятий по обеспечению пожарной безопасности во многом влияют: степень подготовки людей в области пожарной безопасности, состояние культуры людей, уровень их духовно-нравственного и патриотического воспитания. Из множества причин, приводящих к возникновению пожаров, наиболее распространенной является неосторожное, беспечное обращение людей с огнем. К сожалению,

немногие граждане задумываются, а тем более всерьез занимаются решением вопросов пожарной профилактики в повседневной жизни. Люди слишком заняты более насущными (как им кажется) ежедневными проблемами, и зачастую у них нет серьезного отношения к вопросам обеспечения собственной безопасности и безопасности своих близких. Многие граждане считают, что пожар никогда не произойдет по их вине. Повышение культуры пожаробезопасного поведения людей связано с повышением их заинтересованности данным вопросом, внутренней ответственности, и этот процесс зависит во многом от качества проводимых мероприятий по обучению и пропаганде в области пожарной безопасности.

С учетом изложенного рассмотрим ежедневные профилактические мероприятия, которые проводились в 2021 году в Вологодской области с привлечением всех субъектов профилактики (в том числе должностные лица федеральных органов исполнительной власти, органов местного самоуправления, органов социальной защиты населения, опеки и попечительства, и иных общественных организаций).

Организовывались также дополнительные мероприятия такие как:

– программа профилактики нарушений пожарной безопасности на 2021 год;

– целевые профилактические операции «Жилье», «Внимание – дети!», а также сезонные профилактические операции «Отдых», «Школа»;

– осуществлялось взаимодействие с уполномоченным по правам ребенка при Губернаторе области по обмену оперативной информации о происшествиях с детьми и принятием совместных мер реагирования.

– с начала года продолжена работа по установке автономных пожарных извещателей в рамках программы «Безопасный дом». Установлено 877 датчиков в 369 многодетных семьях на территории всей области (всего на учете состоят 18 900 многодетных семей).

Особое внимание уделялось информированию населения о складывающейся обстановке с пожарами на территории Вологодчины через средства массовой информации и СМС-оповещение.

Главным управлением проводились следующие превентивные мероприятия:

– принято участие в 189 заседаниях КЧС и ПБ на муниципальном уровне, на которых рассмотрены вопросы стабилизации обстановки с пожарами во всех районах области;

– принято участие в 82 заседаниях муниципальных комиссий по делам несовершеннолетних;

– 293 занятия с преподавательским составом образовательных организаций;

– 866 мероприятий с детьми на противопожарную тематику (беседы, уроки, занятия с детьми, экскурсии в пожарные части);

- нештатной службой профилактикой в рамках 3 297 комиссионных обследований посещено более 29 700 жилых домов (45 021 квартира), 1 984 места проживания неблагополучных семей, в составе которых имеются несовершеннолетние, 2 040 мест проживания лиц, ведущих асоциальный образ жизни;

В государственных организациях социального обслуживания области на учете состоит 704 семьи, находящихся в социально опасном положении.

– по месту жительства проинструктировано более 185 351 человек о мерах пожарной безопасности;

– распространено свыше 190 900 агитационных материалов на противопожарную тематику среди населения;

– в период аномально низких температур, установления аномально жаркой погоды в рамках СМС - оповещения направлено более 13 724 400 сообщения о предостережении пожаробезопасного поведения в быту, а также соблюдении требований пожарной безопасности в период пожароопасного периода жителям Вологодской области;

– проведено 1528 ночных профилактических мероприятий на социально-значимых объектах.

На официальном сайте Главного управления, а также в соответствующих группах социальных сетей и СМИ размещается информация на противопожарную тематику (4 495 публикаций).

На региональных каналах транслируются видеоролики социальной рекламы о пожарной безопасности в быту (53 ролика).

Достигнута договоренность с приходами Русской Православной церкви об инструктировании граждан в местах богослужений, а также с автозаправочными станциями, кинотеатрами, театрами по распространению памяток на противопожарную тематику.

В 2022 году организовано следующее:

– реализуется программа профилактики нарушений пожарной безопасности на 2022 год;

– проводятся целевые профилактические операции «Жилье», «Внимание – дети!», а также сезонные профилактические операции «Отдых», «Школа»;

– на муниципальном уровне проведено 20 заседаний КЧС и ПБ по вопросу стабилизации обстановки с пожарами и последствиями от них;

– организовано взаимодействие с уполномоченным по правам ребенка при Губернаторе области по обмену оперативной информации о происшествиях с детьми и принятием совместных мер реагирования;

– принято участие в 20 заседаниях муниципальных комиссий по делам несовершеннолетних;

– 9 занятий с преподавательским составом образовательных организаций;

– 87 мероприятий с детьми на противопожарную тематику (беседы, уроки, занятия с детьми, экскурсии в пожарные части);

- в рамках нештатной службы профилактики 308 комиссионных обследований посещено более 3200 жилых домов (3146 квартир), посещено 657 мест проживания неблагополучных семей, в составе которых имеются несовершеннолетние, 345 мест проживания лиц, ведущих асоциальный образ жизни;
- по месту жительства проинструктированы более 12 800 человек о мерах пожарной безопасности;
- распространено свыше 11 600 агитационных материалов на противопожарную тематику среди населения;
- в отношении социально-значимых объектов проведено 11 профилактических визитов;
- 354 устных консультаций по вопросам соблюдения обязательных требований
- с начала года продолжается работа по установке автономных пожарных извещателей в рамках программы «Безопасный дом». Запланировано к установке 800 приборов в 400 многодетных семьях на территории всей области (всего на учете состоят 18 900 многодетных семей. (Дополнительно замена ранее установленных 460 приборов).

В государственных организациях социального обслуживания области на учете состоит 704 семьи, находящихся в социально опасном положении.

Рассмотрим подробнее мероприятия, проводимые с использованием информационных технологий в рамках различных операций.

Сезонная профилактическая операция «Новый год» (в период с 20.12.2020 по 08.01.2021):

проведено 19 профилактических обследований в отношении мест хранения и реализации пиротехнических изделий;

проведено 60 инструктажей и бесед с обслуживающим персоналом по вопросам обеспечения пожарной безопасности;

проведено 79 консультации ответственных должностных лиц по вопросам реализации установленных требований пожарной безопасности;

организована и проведено 6 заседаний комиссий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности по вопросам обеспечения безопасности объектов, задействованных в мероприятиях по обеспечению проведения общероссийской новогодней елки;

проведено 172 выступления, обеспечено публикаций в СМИ.

Сезонная профилактическая операция «Пожароопасный сезон» (в период с 26.04.2021 по 27.09.2021):

совместно с комитетом гражданской защиты и социальной безопасности Вологодской области были скорректированы перечни населенных пунктов, территорий организации отдыха детей и их оздоровления, территории садоводства или огородничества, подверженных угрозе лесных пожаров.

была организована работа совместно с органами местного самоуправления по разработке соответствующих паспортов населенных пунктов, территорий организаций отдыха детей и их оздоровления, а также территорий ведения

гражданами садоводства или огородничества для собственных нужд, подверженных угрозе лесных пожаров.

весь комплекс превентивных мероприятий, направленных на профилактику и борьбу с лесными и ландшафтными пожарами, обсуждался и принимался на заседаниях комиссий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности областного и муниципального уровня.

75 плановых (рейдовых) осмотров и профилактических обследований населенных пунктов, 7 в отношении загородных оздоровительных лагерей, 5 в отношении садоводческих, огороднических и дачных некоммерческих объединений граждан, а также 25 контрольно-надзорных мероприятий в отношении ОМС с населенными пунктами, подверженными угрозе природных пожаров, и в отношении 5-ти оздоровительных лагерей;

проведено 543 профилактических рейда территорий;

осуществлено 983 публикации в средствах массовой информации.

Совместно с Департаментом по охране, контролю и регулированию использования объектов животного мира Вологодской области проводились совместные патрулирования территорий поселений, прилегающих к лесному массиву.

Совместно с Россельхознадзором велась активная работа по выявлению и пресечению нарушений требований пожарной безопасности.

В рамках рассмотрения по полученной информации в 2021 году было вынесено 11 предостережений, составлено 5 протоколов об административных правонарушениях.

В мае 2021 года по завершению особого противопожарного режима Главным управлением проводилось заслушивание руководителей и глав районных и сельских администраций по реализованным полномочиям в области обеспечения пожарной безопасности населённых пунктов.

Сезонная профилактическая операция «Отдых» (в период с 15.05.2021 по 20.08.2021):

в отношении организаций, осуществляющих отдых и оздоровление детей на территории Вологодской области проведено 120 проверок в области пожарной безопасности, из них 76 плановых и 44 внеплановых проверки по контролю исполнения ранее выданных предписаний;

принято участие в работе районных межведомственных комиссий по приёме 453 организаций отдыха детей к началу летней оздоровительной кампании.

проведено 13 плановых рейдовых осмотров территорий, на которых расположены объекты оздоровительных учреждений;

проведено 342 обследования;

проведено 112 совещаний с руководителями объектов;

проведено 132 практических тренировки;

проведено 219 противопожарных инструктажей, бесед;
размещено более 200 экземпляров наглядной агитации.

Профилактическая операция «Выборы» (в период с 01.07.2021 по 19.09.2021):

проведено 932 обследования объектов, задействованных в выборной кампании;

проведено 85 инспекционных визитов;

проведено 254 практических тренировки по эвакуации людей в случае возникновения пожара;

проведено 973 консультации с ответственными должностными лицами и обслуживающим персоналом по вопросам обеспечения пожарной безопасности;

принято участие в 8 заседаниях комиссий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности по вопросам обеспечения безопасности объектов.

Профилактическая операция «Школа» (в период с 01.06.2021 по 06.09.2021):

проведено 278 проверок (189 плановых, 89 внеплановых);

принято участие в работе межведомственных комиссий по приемке 663 объектов образования к новому учебному году (474 юридических лица);

проведено 8 профилактических визитов;

проведено 75 практических тренировок по эвакуации людей в случае возникновения пожара;

проведено 315 консультаций с ответственными должностными лицами и обслуживающим персоналом по вопросам обеспечения пожарной безопасности;

принято участие в 7 заседаниях комиссий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности по вопросам обеспечения безопасности объектов.

проведено более 300 открытых уроков по основам безопасности жизнедеятельности, пожарной безопасности, направленных на подготовку детей к действиям в условиях различного рода чрезвычайных ситуаций, в том числе в местах массового пребывания людей, адаптации после летних каникул.

Профилактическая операция «Отопление» (по состоянию на 01.11.2021):

инициировано 21 заседание комиссий по чрезвычайным ситуациям и обеспечению пожарной безопасности по вопросам соблюдения требований пожарной безопасности в жилом секторе в ходе отопительного сезона, а также повышения уровня противопожарной защищенности объектов образования, здравоохранения и социальной защиты населения;

проведено 157 рейдов, сельских сходов по правилам эксплуатации печей и других отопительных приборов, а также по вопросам соблюдения мер пожарной безопасности и необходимых действий при обнаружении пожара;

распространено 3258 агитационных материалов по вопросам соблюдения мер пожарной безопасности и необходимых действий при обнаружении пожара;

на безвозмездной основе за счет бюджетных средств установлено 135 автоматических пожарных извещателей;

направлено 14 информации о неудовлетворительном состоянии объектов;

проведено 304 профилактических мероприятия;

проведено 3 профилактических визита в отношении объектов теплоэнергетики и социальной сферы, отнесенных к категории чрезвычайно высокого, высокого и значительного риска;

проведено 207 выступлений, публикаций в СМИ.

Таким образом, анализируя результаты проведенной профилактической работы с использованием информационных технологий представляется необходимым сделать вывод о комплексности и многогранности проводимой работы. Основным организационным направлением проводимой противопожарной пропаганды является вовлечение всех субъектов профилактики в данный процесс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булгаков В. В., Лазарев А. А., Коноваленко Е. П., Мочалова Т. А. Игровой метод практической подготовки офицеров Государственной противопожарной службы // Образование и наука. – 2019. Т. 21. № 4. – С. 183-207.

2. Коноваленко Е. П., Лазарев А. А., Волкова Т. Н. Воспитание ценностного отношения менеджера-андрагога к обеспечению техносферной безопасности // Технологии техносферной безопасности. – 2017. № 3 (73). – С. 259-265.

3. Лазарев А. А. К вопросу формирования культуры безопасности жизнедеятельности подростков // Актуальные проблемы формирования культуры безопасности жизнедеятельности населения. Тезисы докладов XXI Международной научно-практической конференции по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. – 2016. – С. 169-170.

4. Лазарев А. А., Булгаков В. В. Рискогенные факторы планирования проверок в области пожарной безопасности // Техносферная безопасность. – 2018. № 4 (21). – С. 139-146.

5. Лазарев А. А., Сакулина С. В. Аксиологический подход к формированию культуры безопасности жизнедеятельности у студентов вуза // Актуальные вопросы естествознания. Материалы II Межвузовской научно-практической конференции. Составитель: Н. Е. Егорова. – 2017. – С. 100-102.

УДК 004.896

Р. Н. Фадеев¹, Е. Ю. Огурцова²

¹Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

²Ивановский государственный университет, Шуйский филиал

ПОТЕНЦИАЛ БОЛЬШИХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ СФЕРЫ

Аннотация: в статье отмечается актуальность проблемы использования больших данных для повышения производительности и качества промышленного производства. Рассмотрены характеристические признаки понятия «большие данные», которые необходимо учитывать при решении задач обработки и анализа этих данных. Приводятся примеры внедрения технологии больших данных в деятельность зарубежных и отечественных компаний. Делается вывод, что компаниям придется решить целый ряд задач, чтобы воспользоваться результатами, которые дает работа с большими данными.

Ключевые слова: большие данные, аналитика, промышленность, управление, машинное обучение, интеллектуальная система.

R. N. Fadeev, E. Yu. Ogurtsova

THE POTENTIAL OF BIG DATA FOR THE INDUSTRIAL SECTOR

Abstract: the article notes the relevance of the problem of using big data to improve the productivity and quality of industrial production. The characteristic features of the concept of «big data», which must be taken into account when solving problems of processing and analyzing this data, are considered. Examples of the implementation of big data technology in the activities of foreign and domestic companies are given. It is concluded that companies will have to solve a number of tasks in order to take advantage of the results that work with big data gives.

Keywords: big data, analytics, industry, management, machine learning, intelligent system.

Сейчас сбор, анализ больших данных и применение его результатов являются новыми направлениями в деятельности крупных компаний. Бизнес вступает в эпоху, когда данные становятся движущей силой. Со временем использование аналитики на основе Big Data станет доступно не только для крупных компаний. Эксперты считают, что удобно и недорого работать с большими объемами неструктурированных данных могут помочь data lake – озера данных.

Компания McKinsey & Company отмечает, что в области производства хранится больше данных, чем в любой другой сфере. Основной задачей использования больших данных в рамках промышленного применения является достижение безаварийного и экономически эффективного выполнения процессов при высоких уровнях производительности и качества.

Специалисты компании McKinsey прогнозируют, что за счет использования больших данных производители могли бы снизить затраты на разработку и сборку продукции до 50 % и сократить оборотный капитал до 7 %.

Школа менеджмента имени Слоуна Массачусетского технологического института провела исследования, которые позволили сделать вывод о повышении производительности на 5-6 % в тех компаниях, где решения принимаются с использованием инструментов больших данных.

Активное использование термина «большие данные» (Big Data) связывают с выходом в свет в 2008 г. специального выпуска журнала «Nature». Он содержал материалы, в которых рассматривались различные аспекты взрывного роста объёмов информации [1, с.37].

В современных исследованиях отмечается наличие у понятия «большие данные» семи свойств («семь V»). Эти признаки необходимо учитывать при решении задач обработки и анализа этих данных. Рассмотрим подробнее признаки данного понятия (таблица).

Таблица. Признаки больших данных

	Признак	Характеристика признака
1.	Volume (объем)	Более 150 Гб в сутки.
2.	Velocity (обновление)	Большая скорость накопления информации требует интеллектуальных технологий для обработки данных в режиме реального времени.
3.	Variety (разнообразие)	В зависимости от типа данных (структурированные, неструктурированные или структурированные частично) необходимы различные инструменты для обработки и анализа.
4.	Variability (переменчивость)	Сложности в управлении и необходимость мощных технологий обработки в связи с изменениями потоков данных, которые могут иметь пики и спады.
5.	Veracity (достоверность)	Соответствие совокупности данных реальной действительности и надежность результатов их анализа.
6.	Value (ценность или значимость)	Эффективность использования результатов анализа данных в качестве основы для принятия решений.
7.	Visualization (визуализация)	Для улучшения восприятия человеком итогов анализа больших данных требуется их визуализация.

Для анализа Big Data используют четыре метода (рис. 1). Они представляют собой степени зрелости аналитики. Описательная аналитика связана с произошедшими событиями, диагностическая анализирует их причину. Прогнозная аналитика, используя метод моделирования и статистику, определяет вероятные результаты, на ее основе предписывающая аналитика с использованием машинного обучения и нейронных сетей позволяет получить оптимальное решение [2].

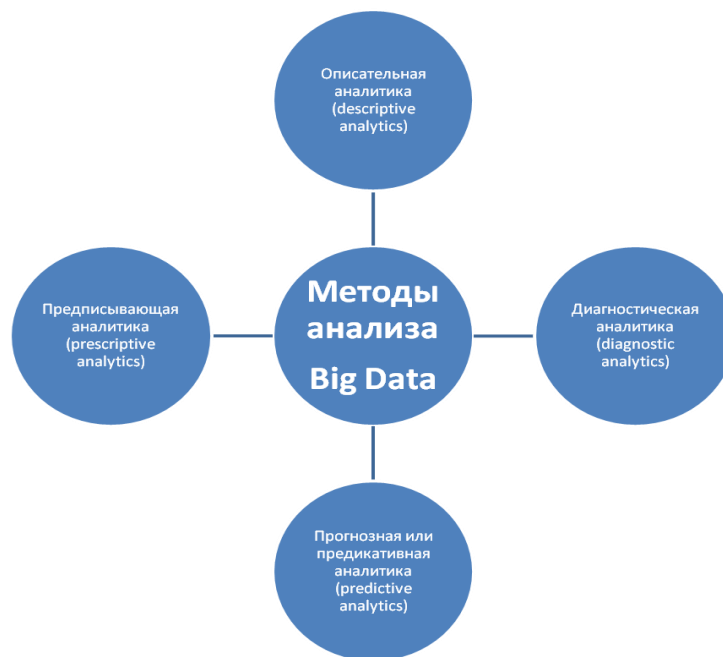


Рис. 1. Методы анализа Big Data

Наибольшие ожидания от систем анализа больших данных связаны с клиентоориентированностью.

Есть стремление использовать информацию, собираемую различными способами и в разных формах, для анализа потребителей: понимания потребностей клиентов и прогнозирования их будущего поведения и, таким образом, предоставления им более качественного обслуживания. Предполагается, что датчики, встроенные в умные продукты, с помощью киберфизических систем будут отсылать обратно информацию о потребностях клиента по каждому сегменту рынка, например сведения о том, как определенная вещь используется потребителем, какие функциональные возможности предпочтительны, каким новым функциям покупатель был бы рад и т. д. Кроме того, могут предлагаться инновационные послепродажные услуги, например профилактическое обслуживание, основанное на превентивных мерах – до возникновения неисправности. Благодаря данным, отправляемым интеллектуальными устройствами, производитель сможет точно определять предпочтения потребителей, а значит, формировать характеристики будущей продукции.

Еще одно интересное направление – диагностическое обслуживание. Оборудование оснащается датчиками, передающими информацию в аналитический центр. Накопленные данные помогают зафиксировать изменения в работе и предсказать выход из строя критических узлов и деталей. В результате предприятие уменьшает вероятность непредвиденных поломок, повышает эффективность работы, может оптимизировать интервалы обслуживания.

За счет решений на основе больших данных возможно улучшение корпоративного управления (управление цепочками поставок, управление рисками для принятия более обоснованных решений руководством компании, прогнозирование сбыта продукции и т. д.).

Сразу несколько стартапов по работе с большими данными сегодня работают в нише AgTech (объединяет информационные технологии и сельскохозяйственное производство). Алгоритмы анализа больших данных прогнозируют урожайность, на основе мониторинга почвы определяют лучшее время для посева.

Рассмотрим несколько примеров внедрения технологии больших данных в деятельность зарубежных и отечественных компаний.

Компания Apple использует большие данные о поведении потребителей для улучшения дизайна, характеристик и удобства использования продукта. Продвижение Apple Watch позволяет увеличить возможности сбора данных о пользователе (сколько шагов прошел владелец часов, какая у него температура, список покупок и т. п.).

General Electric Oil & Gas выпускает высокотехнологичное оборудование для нефтегазового сектора. На продаваемом оборудовании установлены сенсоры, и аналитики компании получают большие массивы данных. Инженеры компании используют алгоритмы машинного обучения и облачную платформу Predix для подготовки расписания диагностических проверок, что позволяет увеличить коэффициент задействования оборудования, минимизировать время его простоя.

В компании Intel применение инструментов обработки Big Data позволило снизить себестоимость продукции. Микропроцессор перед выходом на рынок должен пройти около 19 000 тестов. Intel использует платформу, которая анализирует данные производственного процесса и указывает, какие тесты проводить не требуется, оставляя лишь часть необходимых проверок. За счет этого значительно уменьшается время тестирования микропроцессоров, что ведет к сокращению производственных затрат.

Авиационная отрасль берет на вооружение системы предикативного обслуживания. Например, Air France Industries KLM Engineering & Maintenance в 2017 г. презентовала систему Prognos, которая накапливает и обрабатывает в реальном времени технические данные систем воздушного судна. Это дает возможность предвидеть неполадки. Компания Lufthansa Technik прогнозирует сроки замены комплектующих, используя платформу Condition Analytics.

Предикативное обслуживание и развитие технологий диагностики воздушных судов практически сведет к нулю ситуации AOG ("самолет на земле") ориентировочно к 2025 году. Такое мнение выразил вице-президент программ цифровой трансформации Airbus Мэтью Эванс на конференции Aerospace Big Data. Переход на применение инструментов больших данных планируется провести в три этапа. В настоящее время, в рамках первого этапа

происходит предикативное обслуживание на основе системы диагностики и контроля технического состояния. На втором этапе возможен отказ от обслуживания самолетов по установленному расписанию. Система мониторинга будет давать информацию, что узлы и агрегаты в рабочем состоянии и нет необходимости проводить их техническое обслуживание. На третьем этапе руководство по техническому обслуживанию и ремонту воздушного судна привяжут к бортовому номеру самолета. Необходимость в техобслуживании и периодичность работ будут основаны на истории эксплуатации машины.

Комплексное оцифровывание данных Procter & Gamble дает компании конкурентное преимущество. Технология больших данных помогает улучшить инновационные продукты, используя анализ в реальном времени комментариев клиентов в социальных сетях, отслеживание данных в целях оптимизации планирования магазинов розничной торговли.

The Cheesecake Factory собирает информацию из 175 ресторанов Америки. Инструментарий Big Data дает компании возможность устанавливать причину проблем с качеством поставляемой продукции.

Большие данные в пищевой промышленности не только контролируют поставки и качество продукции, но и позволяют шеф-повару оптимизировать стоимость блюда в меню, а также улучшать его, учитывая предпочтения посетителей. Платформа Food Genius определит, какое блюдо наиболее популярно и по какой стоимости его можно заказать.

Цель использования больших данных на швейцарской компании Nestle – оптимизация производственной цепочки. Для фабрик Nestle важно эффективно планировать сроки и количество приобретаемого сырья, чтобы обеспечить свежесть продукции. Компания внедрила технологию Big Data и, используя данные по продажам за предыдущие периоды и оптимизационные алгоритмы, автоматически определяет спрос на материалы и формирует логистические цепочки поставок.

Dansk Supermarked Group в Дании собирает сведения о продажах в магазинах, аналитическая платформа позволяет избежать дефицита или переизбытка продуктов.

Zest Fresh предлагает датчики для мониторинга температуры товаров при транспортировке. Алгоритм рассчитывает «запас свежести» продукта, на основании чего составляет маршрут и время доставки в торговую сеть.

Данные со спутника и датчики в почве позволяют производителям на основе больших данных планировать поставки с фермерских хозяйств на долгосрочной основе. Европейская комиссия, например, использует спутниковые данные для сбора информации об объемах производства сельскохозяйственных культур.

На ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» был внедрен рекомендательный сервис от Yandex Data Factory – «Снайпер», который предназначается для оптимизации расхода ферросплавов и добавочных

материалов при производстве стали. Обрабатываются параметры плавки (исходный состав, масса шихты, содержание химических элементов в готовой стали и т.п.), и аналитический сервис дает соответствующие рекомендации. Компания при его использовании экономит в среднем 275 млн рублей в год.

«Газпром нефть» реализовала проект внедрения предикативной аналитики в процессы управления насосным оборудованием. Для того чтобы выяснить причины сбоя автоматического перезапуска электроцентробежных насосов после аварийного отключения электропитания проанализированы более 200 млн записей с контроллеров систем управления на скважинах, разработаны визуализированные модели цепочек событий, влияющие на самозапуск насосов, карты вероятностного распределения причинно-следственных связей.

«Сургутнефтегаз» использует платформу данных и приложений «in-temogu» для ведения бизнес-процессов в режиме реального времени, автоматизирован учет продукции, расчет скользящих цен онлайн.

В 2017 году группа "Аэрофлот" заказала программный комплекс интеллектуальной диагностики и прогноза технического состояния узлов воздушных узлов с применением инструментов Big Data.

Эти примеры демонстрируют, что возможности, которые предоставляют технологии больших данных, достаточно существенны.

Учитывая вышесказанное, отметим, что использование больших данных является необходимым и исключительно важным шагом для производственной сферы. Чтобы воспользоваться результатами, которые дает работа с данными, компаниям придется решить целый ряд задач, поскольку неизбежно возникает потребность в новых навыках, инструментах и ином образе мышления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Огурцова Е. Ю., Фадеев Р. Н.* Большие данные и цифровая аналитика в университетском образовании // Ноосферные исследования. 2021. № 4. С. 37-44.
2. *Хасанов А. Р.* Влияние предиктивной аналитики на деятельность компаний // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2018. № 3. С. 108-113. <https://doi.org/10.17747/2078-8886-2018-3-108-113>

УДК 681.518.5:004.6

Р. Н. Фадеев¹, Е. Ю. Огурцова²

¹Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,

²Ивановский государственный университет, Шуйский филиал

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

Аннотация: в статье отмечается актуальность проблемы использования методов анализа данных для управления технологическим процессом. В работе приводится обобщённая структура управления с применением интеллектуальной системы анализа технологических данных. Рассматриваются задачи, которые необходимо решить для использования адаптивных алгоритмов машинного обучения в управлении технологическими процессами.

Ключевые слова: технологический процесс, автоматизированные системы управления, системы диспетчерского контроля и управления, интеллектуальная система анализа данных, машинное обучение, индустриальная аналитика.

R. N. Fadeev, E. Yu. Ogurtsova

PROCESS CONTROL USING DATA MINING

Abstract: the article notes the relevance of the problem of using data analysis methods for process control. The paper provides a generalized control structure using an intelligent process data analysis system. The problems that must be solved for use of adaptive machine learning algorithms in process control are considered.

Keywords: process, automated control systems, supervisory control and data acquisition systems, intelligent data analysis system, machine learning, industrial analytics.

В настоящее время для большинства технологических процессов используются автоматизированные системы управления (АСУ ТП). На начальном этапе внедрение АСУ ТП в различных областях промышленности было направлено на автоматизацию сложных производственных процессов, когда главная роль отводилась оператору при осуществлении управления и контроля. Сейчас цель внедрения АСУ ТП это возможно более полное исключение человека и влияния «человеческого фактора» на производственные процессы. Новое направление в развитии АСУ ТП – включение элементов, способных обеспечить управление и принятие решений непосредственно применяемой системой с обеспечением контроля диспетчером [5]. Перед разработчиками встала задача интеллектуализации АСУ ТП.

Современные АСУ ТП можно охарактеризовать как многоуровневые человеко-машинные системы управления [4]. Структуру АСУ ТП можно представить в виде трех уровней (рис. 1). Первый уровень образован контрольно-измерительными приборами, приборами автоматики, исполнительными устройствами управления, пультами сигнализации. Второй уровень представлен программируемыми логическими контроллерами (ПЛК). Третий уровень – автоматизированные рабочие места (АРМ), серверы баз данных.

Данные (о протекании технологических процессов с учётом действий диспетчерского персонала, параметров среды, состояний агрегатов и характеристик исходного сырья и т.п.) в процессе автоматизированного или автоматического контроля образуют большой массив, который включает информацию как о текущем состоянии того или иного агрегата, так и о начавшихся критических изменениях в его технических характеристиках и свойствах. Для того чтобы отследить неблагоприятные изменения в работе оборудования используют системы диспетчерского контроля и управления (SCADA). На многих предприятиях в основе таких систем лежит принцип объединения и визуализации данных из различных источников в формате доступном для проведения анализа.

Анализ представленной информации остаётся за человеком. Подобный анализ не всегда позволяет учитывать многочисленные косвенные факторы и прогнозировать критическую ситуацию априори, анализ проводится с задержкой относительно режима реального времени. Поэтому актуальными становятся методы анализа данных с использованием экспертных систем, машинного обучения.

Разработчики решений для интеллектуального анализа технологических данных считают, что их внедрение способствует:

- значительному уменьшению времени простоя оборудования;
- более качественному планированию мероприятий по техническому обслуживанию;
- сокращению времени внепланового технического обслуживания;

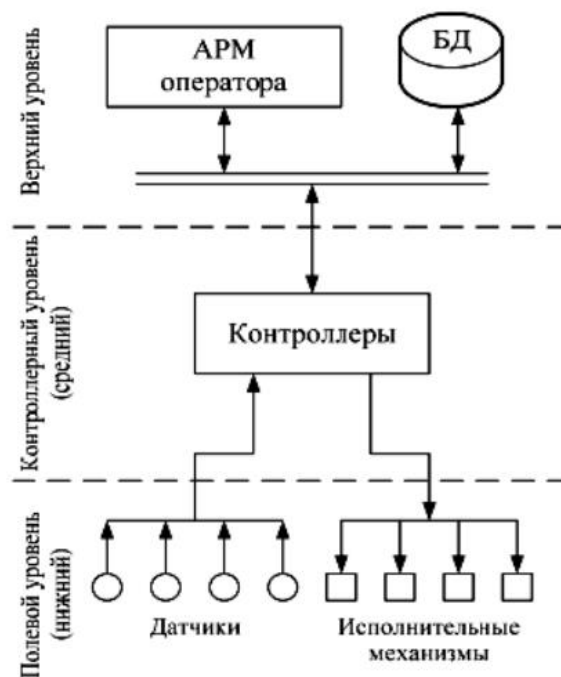


Рис. 1. Структура АСУ ТП

- полноценному анализу причин отказов оборудования;
- накоплению более точной и полной информации о технологическом процессе;
- увеличению срока службы сложного технологического оборудования.

Небольшое количество решений в области индустриальной аналитики Д. А. Мурзагулов, А. В. Замятин [3] связывают со следующими обстоятельствами:

- нестационарность и быстрое изменение по времени параметров технологических процессов приводят к сложным математическим описаниям;
- данные могут иметь неоднородную структуру (вещественные значения, события, сообщения);
- уникальность каждого объекта управления, которая требует адаптивного подхода для каждого случая;
- изменения тренда технологического сигнала, ремонтные или иные регламентные процедуры могут быть причинами возникновения аномальных ситуаций.

Интеллектуальные системы анализа на основе адаптивных алгоритмов машинного обучения могут осуществлять контроль и оценку состояния сложных динамических объектов управления в условиях реального времени, формировать решения о воздействии на технологический процесс. Процесс адаптации продолжается, и система постоянно обучается, в ходе обработки данных расширяются имеющиеся знания. Объединение интеллектуальной системы с существующими на предприятии SCADA позволяет достигнуть автоматического и непрерывного функционирования управления технологическим процессом. Обобщённая структура управления с применением интеллектуальной системы анализа технологических данных приведена на рис. 2.

Использование адаптивных алгоритмов машинного обучения в управлении технологическими процессами требует решения ряда задач:

- *Предварительная обработка сигналов.* Сигнал является единицей технологической информации и обычно поступает от различного типа измерительных преобразователей: давления, температуры, расхода и т. п. В сигналах могут присутствовать искажения различного характера (шумы, избыточная информация, пропуски значений и т.д.). До процесса построения модели это следует устранить или снизить степень их влияния [1].

- *Классификация технологических сигналов.* Технологические сигналы могут быть разных типов от детерминированных до случайных. Для сигналов первого типа математический аппарат анализа будет отличаться от анализа случайных величин, где необходимо оперировать вероятностными характеристиками. Кроме этого технологические сигналы могут образовывать как отдельный класс, так и в случае более сложных процессов являться комбинацией классов. Классификация технологических сигналов сделает возможным применение своего метода анализа к каждому классу, облегчит в дальнейшем принятие решений.

- *Разработка метрик оценки качества для обеспечения контролируемой точности алгоритмов и выбор модели прогнозирования.* Модель прогнозирования оказывает влияние на результат работы алгоритма машинного обучения. Для оценивания пригодности модели необходимо разработать подходящие метрики качества, которые наилучшим образом позволят учесть специфику технологических процессов.

- *Анализ совокупности сигналов.* Многие реальные объекты характеризуется совокупностью сигналов. Для решения этой задачи могут быть применены методы поиска взаимных корреляций между независимыми параметрами и установления их степени влияния друг на друга.

- *Разработка адаптивного алгоритма распознавания и прогнозирования внештатных ситуаций.* Необходимо создать модели, которые сопоставляют результаты мониторинга текущей ситуации с набором ретроспективных данных, с определённой долей вероятности предсказывают возникновение внештатной ситуации или необходимость внепланового технического обслуживания объекта. Постоянно контролируются отклонения прогнозного и фактического сигналов. Чтобы избежать ложных срабатываний в процессе установления вероятности отказа оборудования и внештатной ситуации, необходимо определить пороговое значение максимально возможного отклонения и длительности отклонения сигналов. Адаптивность подхода состоит в том, что учитывается класса сигнала (определён на предыдущих этапах), когда отдаётся предпочтение модели для прогнозирования внештатных ситуаций. Возможно использование процедур бустинга и бэггинга – последовательное и параллельное построение комплекса алгоритмов для итеративной оптимизации [2].

- *Разработка технологии динамического обучения.* Технологические процессы являются сложными объектами с изменяющимися во времени характеристиками, поэтому при эксплуатации интеллектуальной системы необходимо проводить дополнительное обучение модели. Сезонность, изменение производственного плана или ряд других факторов могут оказывать влияние на условия работы оборудования. Гибкий подход в зависимости от выбранной модели машинного обучения необходим и при решении данной проблемы.

- *Программная реализация разработанных алгоритмов.* Интеллектуальная система анализа для оценки и контроля состояния технологических процессов должна отвечать требованиям производительности, совместимости и предоставлять удобный интерфейс пользователя для оперативной поддержки и принятия решений. При создании программного обеспечения возникает необходимость реализации совокупности математических моделей как семейства дополняющих друг друга решений.

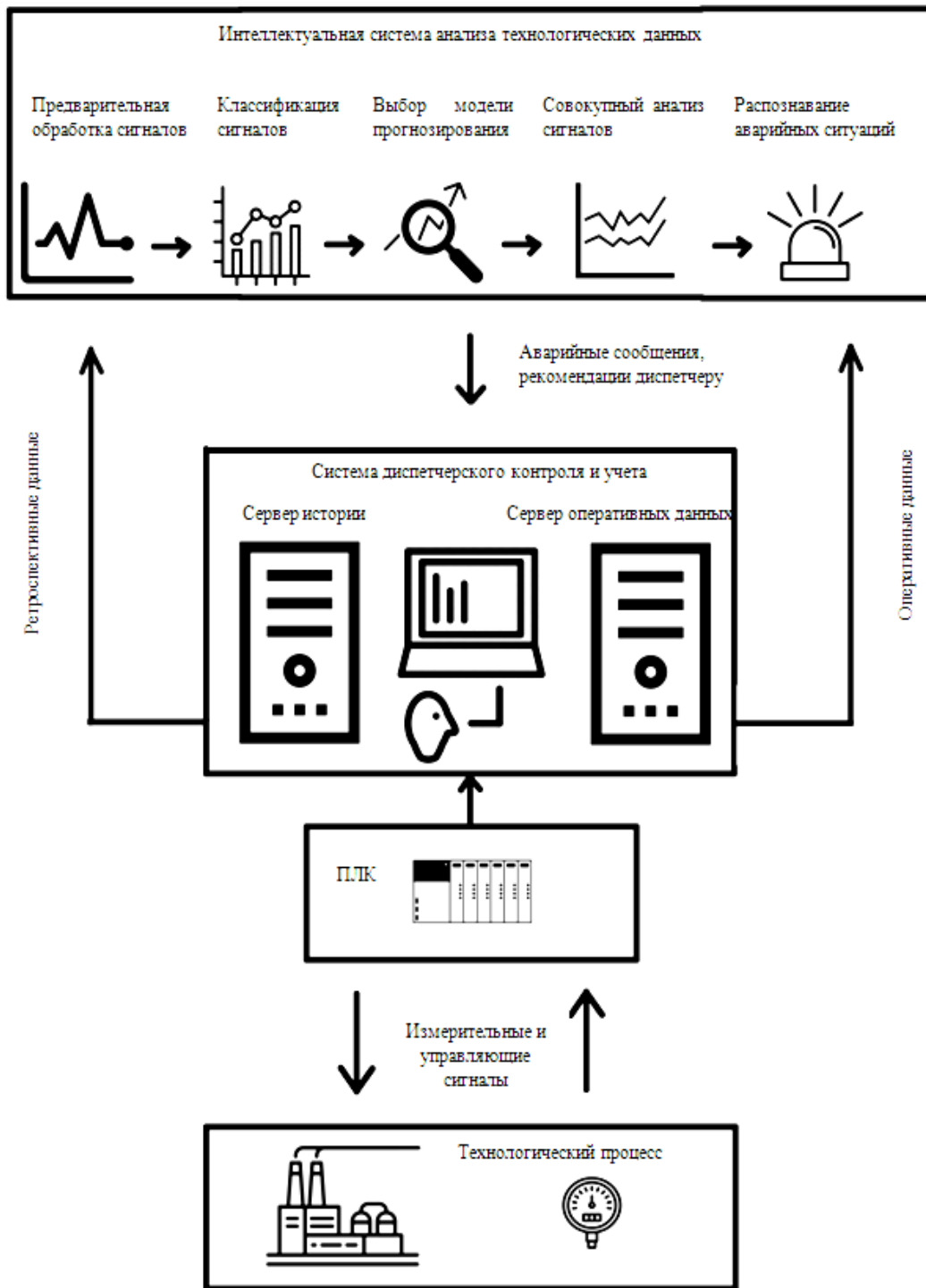


Рис. 2. Интеграция интеллектуальной системы анализа технологических данных с системой диспетчерского контроля и управления

Учитывая вышесказанное, отметим, что использование интеллектуального анализа данных является важным шагом для повышения эффективности управления технологическими процессами. Реализации сервиса предсказания аварийных ситуаций на производстве может уменьшить количество остановок,

связанных с обслуживанием объектов, снизить вероятность аварийной ситуации, оптимизировать затраты на техническое обслуживание оборудования. При этом придется решить целый ряд задач, так как технологические сигналы имеют сложную структуру, они включают большое количество компонент, содержат локальные особенности различной формы и временной протяженности, а также шумовые факторы различной природы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Айфичер Э., Джервис Б.* Цифровая обработка сигналов. Практический подход. 2-е изд. М.: Вильямс, 2004. 992 с.
2. *Замятин А. В.* Интеллектуальный анализ данных. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2020. 196 с.
3. *Мурзагулов Д. А., Замятин А. В.* Адаптивные алгоритмы машинного обучения в управлении технологическими процессами // Автоматизация. Современные технологии. 2018. Т. 72. № 8. С. 354—361.
4. *Нестеров А. Л.* Проектирование АСУ ТП. СПб.: Деан, 2009. 552 с.
5. *Самойлова Е. М., Игнатьев А. А.* Интеграция искусственного интеллекта в автоматизированные системы управления и проектирования технологических процессов // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2010. № 1. С. 127-132.

УДК: 614.84

*В. В. Харин, Т. А. Шавырина, Е. Ю. Удавцова,
Е. В. Бобринев, А. А. Кондашов*
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ

Аннотация: разработана компьютерная программа для автоматизации процесса оценки результативности системы управления охраной труда (далее – СУОТ) в подразделениях пожарной охраны. Оценка результативности СУОТ проводится на основе Байесовской модели в зависимости от переменных факторов, характеризующих состояние СУОТ. Также учитываются факторы, характеризующие сложность пожаров, в тушении которых принимало участие подразделение пожарной охраны. Итоговая оценка результативности СУОТ подразделения пожарной охраны выполняется с использованием интервалов функции Харрингтона.

Ключевые слова: система управления охраной труда, подразделение пожарной охраны, Байесовская модель, база данных, интегрированная среда программирования.

*V. V. Kharin, T. A. Shavyrina, E. Yu. Udavtsova,
E. V. Bobrinev, A. A. Kondashov*

AUTOMATION OF THE PROCESS OF EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF THE OCCUPATIONAL SAFETY MANAGEMENT SYSTEM IN FIRE DEPARTMENTS

Abstract: a computer program has been developed to automate the process of evaluating the effectiveness of the occupational safety management system in fire protection units. The assessment of the effectiveness of the occupational safety management system is carried out on the basis of the Bayesian model, depending on the variables that characterize the state of the occupational safety management system (availability of organizational documentation on labor protection and compliance with the labor rights of employees, organization of training and briefings on labor protection, organization of accident records, prevention of injuries and deaths among personnel, assessment of the risk of injury and death of personnel). Factors characterizing the complexity of fires, in which the fire protection unit took part in extinguishing, are also taken into account (the level of fire danger of fire objects, the number of equipment involved in extinguishing). The final assessment of the effectiveness of the fire protection unit is carried out using the intervals of the Harrington function.

Keywords: occupational safety management system, fire department, Bayesian model, database, integrated programming environment.

В статье [4] разработана модель расчета комплексного показателя оценки состояния системы управления охраной труда (далее – СУОТ) в подразделения пожарной охраны, позволяющая проводить ранжирование подразделений в зависимости от величины этого показателя в течение года. Данная модель является статической, в которой оценивается фактическое состояние СУОТ без учета изменений показателей, влияющих на СУОТ, в предшествующие периоды времени. В работах [2, 3] с использованием байесовского подхода [6] разработана модель динамического контроля изменения состояния СУОТ в организациях и на предприятиях, однородных по видам экономической деятельности. Данная модель с использованием априорной величины комплексного показателя оценки состояния СУОТ позволяет рассчитать возможное апостериорное изменение данного показателя в зависимости от факторов, влияющих на состояние СУОТ путем максимизации апостериорной плотности вероятности. Результативность системы управления охраной труда оценивается с использованием интервалов функции Харрингтона [5]. При оценке результативности СУОТ учитываются факторы, характеризующие наличие организационной документации по охране труда и соблюдение трудовых прав работников, организацию обучения и проведение инструктажей по охране труда, организацию учета несчастных случаев,

профилактику травматизма и гибели среди персонала, уровень риска травматизма и гибели персонала. Также учитываются факторы, характеризующие сложность пожаров, в тушении которых принимало участие подразделение пожарной охраны (уровень пожарной опасности объектов пожара, количество привлекаемой к тушению техники).

На основе модели оценки результативности СУОТ в подразделениях пожарной охраны, представленной в [2-4] была разработана компьютерная программа, позволяющая автоматизировать процесса вычисления оценки результативности системы управления охраной труда.

Для разработки программы оценки результативности системы управления охраной труда в подразделениях пожарной охраны (в дальнейшем – программа «Результативность СУОТ») был выбран язык программирования C++.

При разработке программного обеспечения использовалась интегрированная среда программирования (IDE) C++ Builder компании Borland Software [1]. Работа с базой данных реализована с использованием Borland Data Engine (BDE).

Блок-схема программы «Результативность СУОТ» представлена на рис. 1.

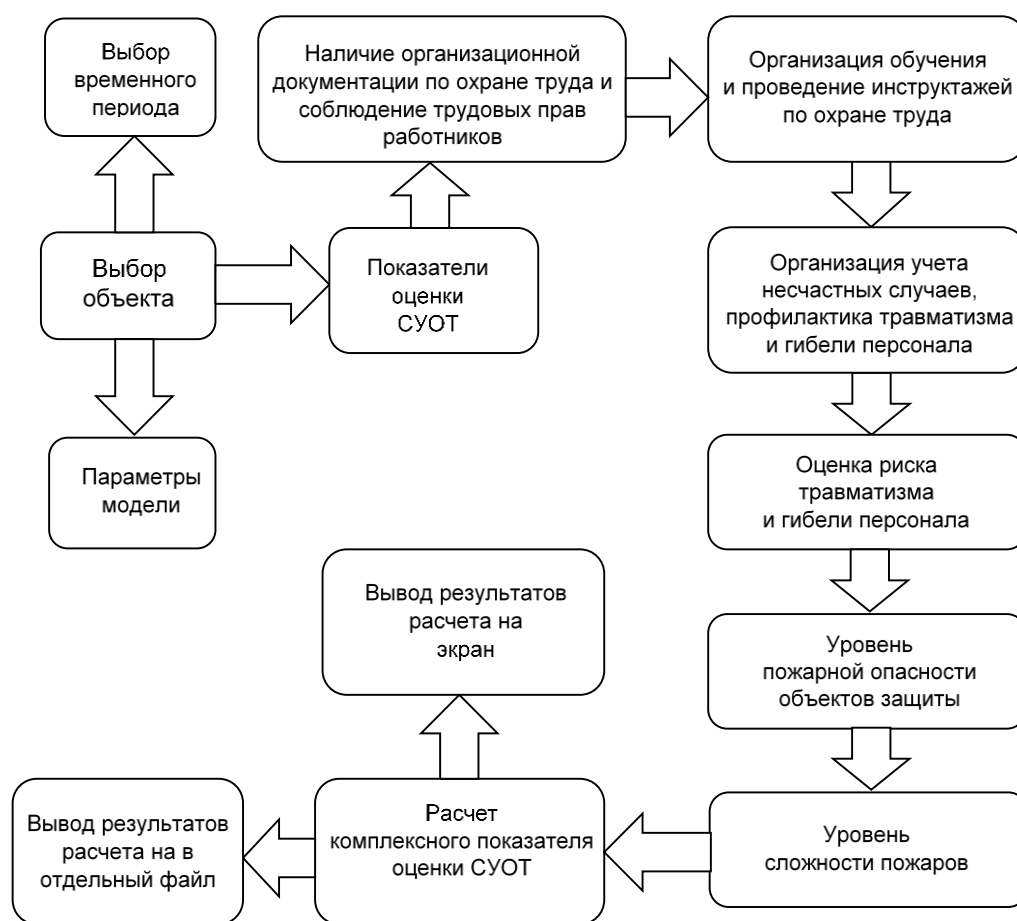


Рис. 1. Блок-схема программы «Результативность СУОТ»

При запуске программы открывается заставка (рис. 2), на которой отображается название программы. Через несколько секунд заставка закрывается и открывается главное окно программы (рис. 3).

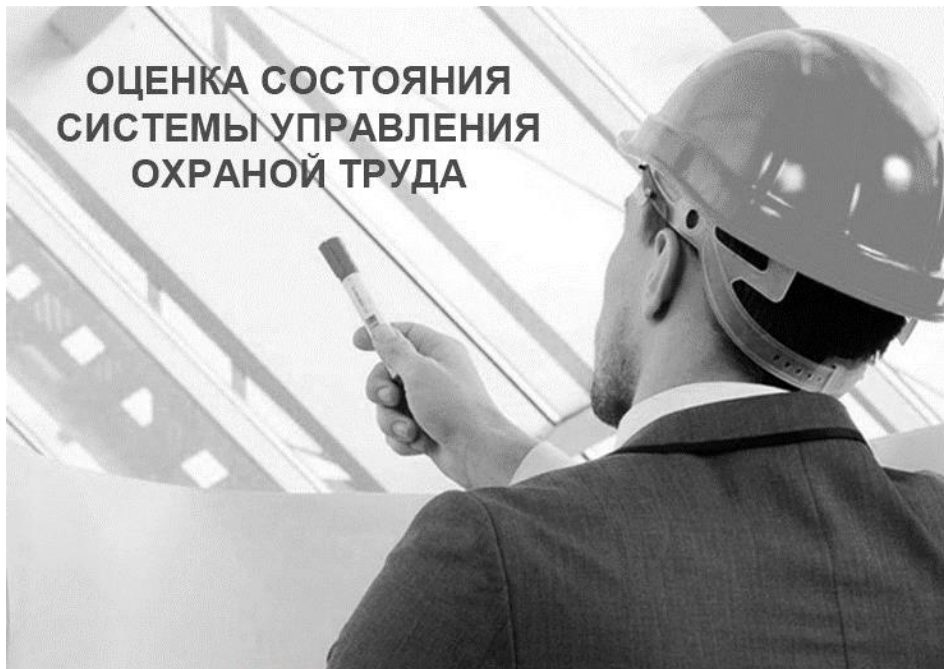


Рис. 2. Заставка программы «Результативность СУОТ»

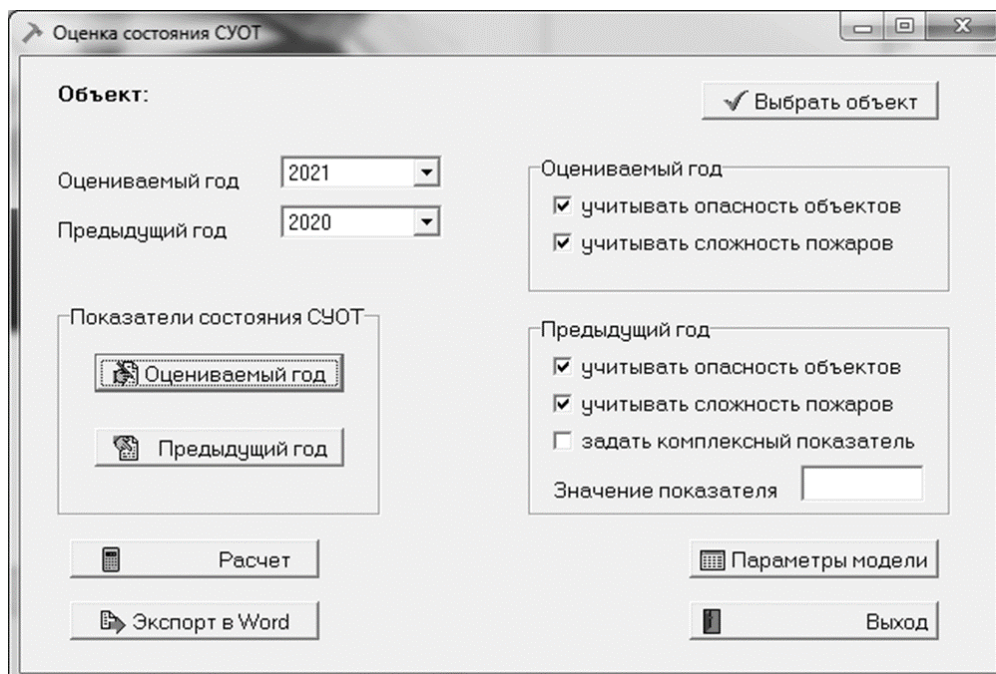


Рис. 3. Главное окно программы «Результативность СУОТ»

В главном окне можно выбрать для оценки состояния СУОТ подразделение пожарной охраны, уже занесенное в базу данных программы (кнопка «Выбрать объект») или добавить новое подразделение. Для оценки состояния СУОТ в текущем году используется динамическая модель [2, 3], которая позволяет скорректировать значение предыдущего года в зависимости от изменения показателей, используемых для оценки СУОТ. Состояние СУОТ в предыдущем году оценивается с использованием статической модели [4]. Возможно также задать значение комплексного показателя оценки состояния СУОТ непосредственно. Кроме того, в программе имеется возможность последовательного вычисления результативности СУОТ за несколько лет, при этом оценка результативности в каждом последующем году осуществляется путем корректировки результативности предыдущего года. Результативность СУОТ может оцениваться как с использованием только факторов, характеризующих состояние СУОТ, так и с учетом дополнительно уровня пожарной опасности объектов пожара и количества привлекаемой к тушению техники.

Параметры модели

Параметры распределения Бернулли		Параметры распределения Гаусса	
Параметр а	2,5	Параметр гамма 1	5
Параметр b	-2	Параметр дельта 1	-4
Параметры бета-распределения		Параметр гамма 2	5
Параметр альфа	2	Параметр дельта 2	-4
Параметр бета	2	Станд. отклонение 0	0,1
		Станд. отклонение 1	0,3
		Станд. отклонение 2	0,3

Отмена Готово

Рис. 4. Окно с параметрами модели

В программе имеется возможность изменения параметров байесовской модели, используемой для динамической корректировки оценки состояния СУОТ (рис. 4). Параметры распределений Бернулли, Гаусса и бета-распределения, отображаемые в окне на рис. 4, используются для построения априорных и апостериорных распределений в байесовской модели. Следует от-

метить, что изменять данные параметры можно только в том случае, когда пользователь четко понимает, к каким результатам приведут его действия. В противном случае следует пользоваться значениями параметров, установленных по умолчанию.

При нажатии кнопки «Оцениваемый год» или «Предыдущий год» последовательно открываются окна, в которых задаются значения параметров, характеризующих состояние СУОТ в обследуемом подразделении:

- окно 1: наличие организационной документации по охране труда и соблюдение трудовых прав работников;
- окно 2: организация обучения и проведение инструктажей по охране труда;
- окно 3: Организация учета несчастных случаев, профилактика травматизма и гибели персонала;
- окно 4: Оценка риска травматизма и гибели персонала;
- окно 5: Уровень пожарной опасности объектов защиты;
- окно 6: Уровень сложности пожаров.

В качестве примера на рис. 5 приведено окно «Наличие организационной документации по охране труда и соблюдение трудовых прав работников».

Наличие организационной документации по охране труда и соблюдение трудовых прав работников	
1. Назначен ответственный за охрану труда, а также назначены ответственные лица за организацию работы по охране труда на объекте	<input checked="" type="checkbox"/>
2. Создана комиссия по вопросам охраны труда	<input checked="" type="checkbox"/>
3. Утверждено положение о системе управления охраной труда	<input checked="" type="checkbox"/>
4. Утвержден и выполняется план мероприятий по охране труда на текущий год	<input checked="" type="checkbox"/>
5. Утвержден перечень нормативных правовых актов в области охраны труда, используемый в соответствии со спецификой деятельности	<input type="checkbox"/>
6. Утверждены должностные регламенты лиц, ответственных за охрану труда	<input type="checkbox"/>
7. Назначено лицо, ответственное за электрохозяйство, а также его заместитель из числа электротехнического персонала	<input type="checkbox"/>
8. Трудовой (коллективный) договор заключен и все его разделы выполняются	<input type="checkbox"/>
9. Не менее 60% рабочих мест организации прошли специальную оценку условий труда, результаты которой доведены под роспись	<input checked="" type="checkbox"/>
10. Не менее 80% персонала прошло обязательные медицинские осмотры	<input checked="" type="checkbox"/>
11. Утверждены графики сменности (при суммированном учете рабочего времени), и доведены до персонала не позднее 1 месяца до их введения	<input checked="" type="checkbox"/>
12. Переработка персонала компенсируется в полном объеме	<input checked="" type="checkbox"/>
13. Назначены лица, ответственные за проведение вводного инструктажа и инструктажей на рабочем месте	<input checked="" type="checkbox"/>
14. Производственные помещения соответствуют требованиям нормативных документов	<input checked="" type="checkbox"/>
15. Гарантии и компенсации, предусмотренные результатами специальной оценки условий труда, предоставляются в полном объеме	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 5. Окно задания параметров для оценки результативности СУОТ по направлению «Наличие организационной документации по охране труда и соблюдение трудовых прав работников»

При нажатии кнопки «Расчет» выводится значение комплексного показателя оценки состояния СУОТ в оцениваемом и предшествующем годах, а также состояние СУОТ (хорошее, удовлетворительное или неудовлетворительное), оцениваемое с использованием интервалов функции Харрингтона. Результаты расчета вместе с исходными данными можно экспортировать в отдельный файл в формате Microsoft Word. Содержимое результирующего файла представлено на рис. 6.

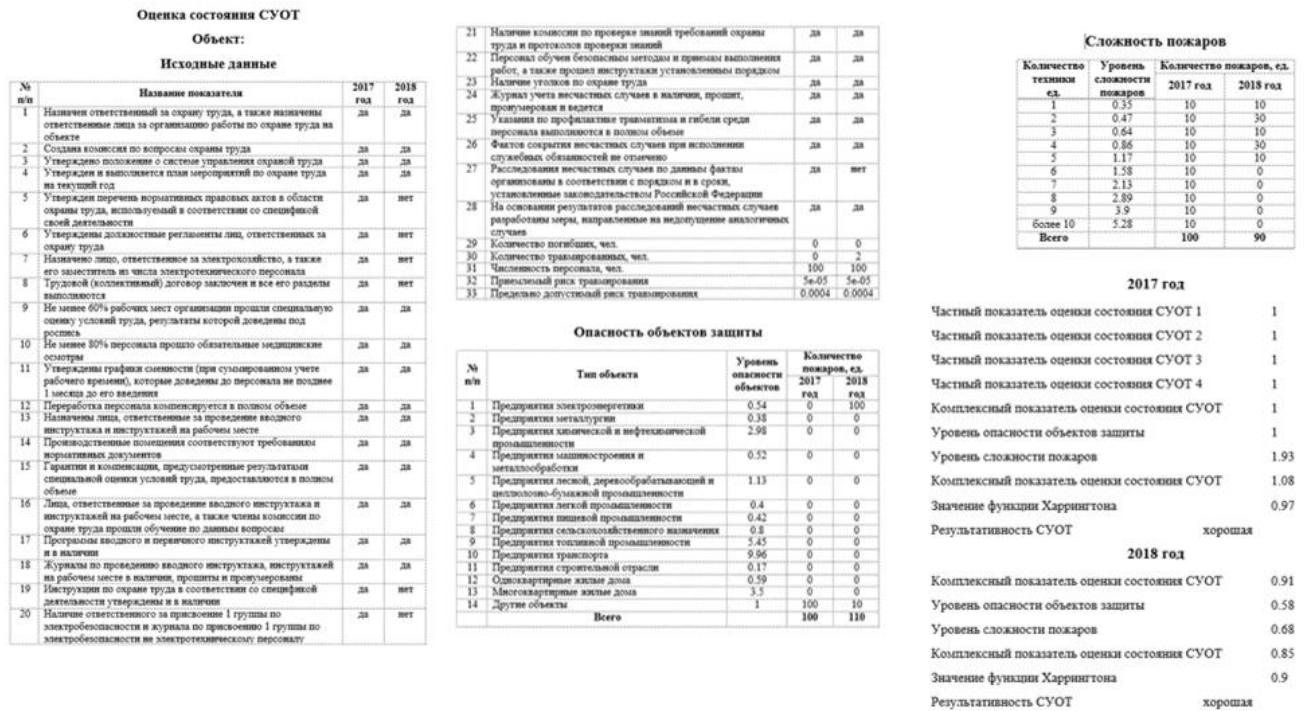


Рис. 6. Результаты расчета результативности СУОТ в виде отдельного файла

Таким образом, разработана программа «Результативность СУОТ», предназначенная для автоматизации процесса оценки результативности системы управления охраной труда в подразделениях пожарной охраны. Данные расчеты могут быть использованы при определении комплекса мероприятий, направленных на совершенствование системы управления охраной труда в подразделениях пожарной охраны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Архангельский А. Я., Тагин М. А.* Программирование в C++ Builder 6 и 2006. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2007. 1184 с.
2. *Порошин А. А., Бобринев Е. В., Удавцова Е. Ю., Кондашов А. А.* Динамическая модель оценки состояния системы управления охраной труда. Безопасность труда в промышленности, 2021. № 6. С. 28-33. DOI 10.24000/0409-2961-2021-6-28-33.

3. Порошин А. А., Бобринев Е. В., Удавцова Е. Ю., Кондашов А. А. Динамическая модель оценки состояния системы управления охраной труда: применение байесовского подхода. Безопасность труда в промышленности, 2021. № 9. С. 26-30. DOI 10.24000/0409-2961-2021-9-26-30.

4. Стрельцов О. В., Шавырина Т. А., Бобринев Е. В., Кондашов А. А., Удавцова Е. Ю. Разработка методики оценки состояния системы управления охраной труда в ФПС ГПС. Сибирский пожарно-спасательный вестник, 2021. № 1 (20). С. 95-100.

5. Черная А. С. Использование функции Харрингтона в рейтинговых оценках и задачах классификации. Современная математика и концепции инновационного математического образования, 2017. Т. 4. № 1. С. 365–368.

6. Bassett R., Deride J. Maximum a Posteriori Estimators as a Limit of Bayes Estimators. Mathematical Programming. 2019. № 174. P. 129–144. DOI: 10.1007/s10107-018-1241-0.

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ I

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ВОПРОСЫ ФИЗИКИ И ХИМИИ

<i>Болдрушкиев О. Б., Пузач С. В., Колесник Н. П.</i> Физико-математическая модель отравления циановодородом в условиях пожара.....	3
<i>Васильев А. В., Кондратьева Л. В.</i> Очистка сточных вод от хрома методом электролиза	10
<i>Вахнина Т. Н., Кудряшова И. А., Титунин А. А., Сусоева И. В.</i> Применение вторичного полиэтилентерефталата и огнезащитной добавки в решении вопроса снижения углеродного следа при производстве композитов	17
<i>Вахнина Т. Н., Сусоева И. В., Егоров В. С.</i> Снижение горючести древесно-стружечных плит	22
<i>Вахнина Т. Н., Сусоева И. В., Соколов Н. С.</i> Огнезащита древесно-стружечных плит способом поверхностного нанесения антипирена	26
<i>Ведерникова И. А., Юрина Е. С.</i> Молекулярное комплексообразование 5 (3',4'-дигидроксифенил)-10,15, 20-три(N-метил пиридин-3-ил)порфирина – с протоноакцепторами	30
<i>Вирзум Л. В., Крылов Е. Н.</i> Сульфанилиды как ингибиторы карбоангидразы E. Coli	37
<i>Гессе Ж. Ф., Снегирев Д. Г., Гришина Е. П., Лебедева Н. Ш.</i> Технические способы повышения эффективности огнезащитной обработки древесины.....	47
<i>Горбунов А. С.</i> Цветоизмерение при расследовании и экспертизе пожаров	51
<i>Гречишников Е. Е., Власова О. С.</i> Исследование реагирования пожарных извещателей на оптическую плотность среды	55
<i>Извекова А. А., Смирнова К. В., Иванов А. Н., Шутов Д. А., Рыбкин В. В.</i> Получение оксида никеля из водных растворов нитрата никеля под действием тлеющего разряда.....	59
Кириллов А. Е., Кудрякова Н. О. Термические свойства ионогелей с наночастицами диоксида кремния.....	66
<i>Ковалева Д. С., Квиткова Е. Ю., Гуцин А. А., Гриневич В. И.</i> Особенности процесса разложения п-хлоранилина в барьерном разряде	71
<i>Короткова Я. Н., Гессе Ж. Ф., Шварев Е. А., Снегирев Д. Г., Лебедева Н. Ш.</i> Термоокислительная деструкция древесины лиственных пород.....	78
<i>Коченков Д. С., Косарев Н. Ю., Назаров М. А., Федотов А. А.</i> Исследование влияния добавки ароматической сульфоновой кислоты на свойства фанеры ФСФ.....	86
<i>Кузнецов М. В.</i> Особенности гидрирования ксилолов, этил- и изопропилбензола с использованием наноструктурированных никельсодержащих катализаторов	91
<i>Кузнецов М. В.</i> Физико-химические закономерности адсорбции некоторых органических соединений наночастицами меди.....	98

<i>Липин А. Г., Липин А. А.</i> Извлечение нитрата аммония из сточных вод в электромембранном аппарате	103
<i>Михайлов А. С., Сторонкина О. Е., Мочалова Т. А.</i> Применение метода термического анализа в экспертных исследованиях текстильных материалов по делам о пожарах.....	112
<i>Мурин Д. Б., Малюгин А. А., Пивоваренок С. А., Ситанов Д. В., Ефремов А. М.</i> Сравнительное исследование влияния инертной и молекулярной газовой добавки на электрофизические свойства тлеющего разряда постоянного тока трифторметана...	117
<i>Мустафин В. М., Пузач С. В., Акперов Р. Г., Родионов Р. А.</i> Особенности калибровки электронагревательного излучателя установки по определению пожарной опасности конденсированных веществ и материалов	126
<i>Ощенко И. И., Смирнов С. А.</i> Определение температуры газа в неравновесных условиях	131
<i>Пашинин В. А., Косырев П. Н.</i> Направления разработки комплекта средств для группового экспресс-обнаружения агрессивных химических веществ в воде и на поверхностях объектов	136
<i>Пашинин В. А., Думболов Д. У., Константинов В. Е., Суслин М. А., Зайцева А. А., Павлов А. В., Татаринов В. В.</i> Прямой электрометрический метод определения микроконцентраций нерастворённой воды в лёгких жидких углеводородах	142
<i>Пашкова Т. В., Александров А. И.</i> Спектральные и электронографические исследования пленок на основе красителя прямого желтого светопрочного.....	149
<i>Петрикова В. Ю., Ситанов Д. В., Пивоваренок С. А., Мурин Д. Б.</i> О необходимости учета гетерогенной рекомбинации атомов при технологическом использовании плазмы хлора	155
<i>Пивоваренок С. А., Мурин Д. Б., Ситанов Д. В., Чесноков И. А.</i> Травление кремния в высокочастотном разряде	163
<i>Рева О. В., Богданова В. В., Криваль Д. В.</i> Разработка нетоксичных безгалогенных замедлителей горения для полиамида-6	168
<i>Румянцева В. Е., Коновалова В. С., Нармания Б. Е.</i> Структурно-фазовый состав белых фосфатных покрытий, полученных холодным способом на стали	177
<i>Русских Е. А.</i> Нанодисперсные графитовые материалы как перспективный материал для датчиков газов.....	182
<i>Савичев А. О., Шаранов Р. Р.</i> Повышение пожарной безопасности при производстве теплых асфальтобетонных смесей.....	187
<i>Семенова К. В., Тихонов А. И., Каржевин А. А., Фадеева М. С.</i> Использование MatLab Simulink при моделировании физических процессов произвольной природы	194
<i>Сырбу С. А., Салихова А. Х., Циркина О. Г., Кузьмина Н. Н., Кудряшова З. А., Киселев М. Р.</i> Возможности использования соединений кремния в огнезащитных составах для декоративных тканей.....	199

<i>Тучин Д. С., Серебряков В. А., Дюнова Д. Н.</i> К вопросу об эффективности использования бетона для защиты от радиации	207
<i>Тюканова К. А., Родионов В. П., Гуцин А. А.</i> Исследование процессов деструкции хлорорганических соединений, на примере 2,4-дихлорфенола, в совмещенных плазменно-каталитических системах	213
<i>Филатова Н. В., Косенко Н. Ф., Зонина И. И.</i> Дегидратация осажденного аммиаком байерита.....	221
<i>Фуфаева В. А., Никифорова Т. Е.</i> Адсорбция тяжелых металлов из водных растворов на композиционном гидрогелевом биосорбенте.....	226
<i>Холодков И. В., Холодкова Н. В., Чесноков И. А.</i> Основные аспекты контроля температуры поверхности бесконтактным методом	231
<i>Холодков И. В., Холодкова Н. В., Милегина А. О.</i> Методические аспекты диагностики заряженных частиц в прикатодной области тлеющего разряда	237
<i>Шибашов А. В.</i> Исследование процесса образования полимерной пленки, получаемой путем ультразвукового распыления раствора предконденсатов мочевиноформальдегидной смолы на поверхность сыпучего материала.....	244
<i>Шикова Т. Г.</i> Сравнение результатов модифицирования пленок ПЭТФ в плазме пониженного давления и послесвечении разряда атмосферного давления в смеси аргон-кислород	252
<i>Шлычков С. В., Шлычков Ф. С.</i> Идентификация упругих свойств конструкционных материалов	259
<i>Якупова А. Р., Мочалова Т. А., Сторонкина О. Е.</i> Исследование показателей пожарной опасности звукопоглощающего материала «К-Fonik P» в исходном виде и после обработки огнезащитным составом «Огракс-В-СК»	264

РАЗДЕЛ 2

БИОЛОГИЯ, ЭКОЛОГИЯ И ЧЕЛОВЕК

<i>Бабич М. Е.</i> Волатильность оценки риска канцерогенности от воздействия радиочастотных электромагнитных полей при аварийно-спасательных работах.....	272
<i>Зейнетдинова О. Г., Титова Е. С., Хайсанов Р. Р.</i> Особенности оценки экологических последствий лесных пожаров на примере Красноярского края.....	277
<i>Иванова П. А., Гриневич В. И., Иванов А. Н., Игнатъев А. А.</i> Окислительно-восстановительные процессы с участием перманганат ионов, инициируемые в замкнутом реакторе ДБР, в водном растворе.....	282
<i>Игнатъев А. А., Гуцин А. А., Квиткова Е. Ю., Иванова П. А.</i> Исследование процессов образования азотсодержащих продуктов разрушения парацетамола в диэлектрическом барьерном разряде	294
<i>Кодолова А. Д., Аванесян Н. М., Бексаева С. Н., Агеева О. В.</i> Исследование восстановления активного ила на городских очистных сооружениях канализации...301	

Колотилова А. А., Бубнов А. Г., Буймова С. А. Анализ показателей качества растительности и почв вблизи мест выхода родниковой воды	307
Косырев П. Н. Основные направления совершенствования мероприятий по предоставлению населению средств индивидуальной защиты с учётом современных угроз радиационного, химического и биологического характера.....	312
Красильников А. В., Харионовский Г. В. К вопросу о загрязнении атмосферы вредными веществами от автотранспорта	318
Куликов С. В. Влияние лесных пожаров на здоровье человека	323
Лапшин Н. А., Натареев С. В. Регенерация ионита при нестационарном режиме работы емкостного аппарата непрерывного действия	329
Лузева Ю. С., Буймова С. А., Бубнов А. Г., Буймов С. Д. Биотестирование в экологическом мониторинге родниковых вод	334
Малова Ю. А., Буймова С. А., Бубнов А. Г., Буймов С. Д. Роль атмосферных осадков и листового опада как экологических индикаторов загрязнения урбанизированных территорий г. Иваново	339
Мингалеев С. Г. Риски заболеваний спасателей и пожарных, в том числе, работающих в Арктической зоне РФ	346
Овчинников Г. Д., Буймова С. А., Бубнов А. Г., Буймов С. Д. Безопасность и качество мясомолочной продукции	354
Платова А. С. Анализ содержания полициклических ароматических углеводородов в почвенном покрове.....	364
Пригорелов Г. А., Кебец Н. М., Григорьев Д. Ю. Использование фреона R-114B2 в качестве исходного продукта для синтеза фторорганических соединений в лабораторных условиях	368
Рябиков А. А., Захаров Д. Е., Натареев С. В., Снегирев Д. Г. Применение кольцевого адсорбера для очистки воды от ионов тяжелых металлов	374
Семенова Т. Ю. Происшествия на водных объектах, деятельность ГИМС МЧС России и меры по обеспечению безопасности людей в 2021 году в Центральном федеральном округе Российской Федерации	379
Семенова Т. Ю. Техногенные чрезвычайные ситуации, произошедшие в 2021 году в Дальневосточном федеральном округе и прогноз на 2022 год	391
Сидорович Т. И., Фалеев М. И., Цыбиков Н. А. Обеспечение гражданской защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в российской Арктике в условиях современных глобальных и региональных климатических изменений....	404
Сироткин В. Г. Анализ опасности и параметров риска загрязнения почв и водоёмов вблизи предприятий нефтепродуктообеспечения.....	425
Скалова А. В., Бабурина Е. М., Сидоров Н. Д., Гуцин А. А., Гусев Г. И. Очистка фенолсодержащих сточных вод в плазменно-каталитическом реакторе	430
Соколов А. А., Захаров Д. Е., Натареев С. В., Шварев Е. А. Регенерация природного катионита от ионов тяжелых металлов в аппарате проточного типа	438
Ткачева А. Е., Жирнова Е. А., Снежко А. А. Идентификация вредных и опасных факторов при специальной оценке условий труда.	442

<i>Урекин Е. А., Колесова Т. М.</i> Формирование зообентосных сообществ малых рек ГПЗ «Кологривский лес» им. М. Г. Синицына под влиянием жизнедеятельности <i>Castor fiber</i> L.	447
<i>Худякова А. Ю.</i> Чрезвычайные ситуации биолого-социального характера в 2021 году в Центральном федеральном округе Российской Федерации	455
<i>Цветков А. С., Буймова С. А., Бубнов А. Г., Буймов С. Д.</i> Безопасность питьевой воды в вендинговых аппаратах	466
<i>Цырендоржиева О. Ж.</i> Фанерофиты и хамефиты в составе растительности парка культуры и отдыха им. Ю. А. Гагарина г. Южно-Сахалинск.....	473
<i>Чеберяк В. В.</i> Влияние лесных пожаров на окружающую среду	477

РАЗДЕЛ 3

ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ПЕДАГОГИКИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

<i>Аппакова А. А., Мочалова Т. А., Сторонкина О. Е.</i> Формирование культуры безопасности учащихся общеобразовательных организаций посредством применения современных методов обучения для предупреждения детской шалости с огнем.....	482
<i>Бакулина И. Р.</i> Электронный ресурс для работы студентов по теме «Соединения деталей».....	486
<i>Бекиш О. С., Сябитова А. Р.</i> Экологическая культура: понятие и компоненты	493
<i>Борисенко А. В., Сушкевич А. А., Усков В. С.</i> Современное образование. Возможности и проблемы	499
<i>Голубев С. Ю., Романова К. Е.</i> Аксиологические основы формирования готовности будущих учителей экономики к профессиональной деятельности	505
<i>Донских В. В.</i> Проблема академической свободы в современной системе образования России	511
<i>Дорохова О. Е.</i> Использование креолизованного текста в процессе обучения иностранных граждан математике	516
<i>Егорычева Е. В.</i> Применение САД-систем при обучении графическим дисциплинам студентов с ОВЗ	522
<i>Ермилов А. В., Наумов А. В.</i> Пути совершенствования учебной дисциплины «Пожарная тактика».....	527
<i>Зайцева С. А., Киселев В. С., Иванов В. В.</i> Организация профориентационной работы вуза со школьниками средствами образовательной робототехники	533
<i>Зиатдинов К. И., Ниткин А. Н., Кичайкин В. В.</i> Педагогическое сопровождение процесса формирования водителя пожарного автомобиля	538
<i>Косырев П. Н.</i> Организация радиационной, химической и биологической защиты населения - важнейшая часть основных функций, осуществляемых МЧС России	541

Котов Г. В., Сологуб Н. С., Хмыз А. В. Научно-методический подход в области обеспечения безопасности жизнедеятельности в чрезвычайной ситуации с выбросом опасного химического вещества.....	549
Кропотова Н. А., Шмелева Ю. В. Образовательные продукты обучения с применением дистанционных технологий	554
Куликов С. В. Дидактические особенности удаленной подготовки специалистов гражданской обороны	559
Легкова И. А. Организация дистанционного обучения графическим дисциплинам ..	564
Легкова И. А., Кропотова Н. А. Цифровая трансформация образовательного процесса.....	568
Маркелов В. К., Завьялова О. А. Возможности интерактивных тренажеров визуальной среды разработки «Алгоритм» для обучения программированию в рамках школьного курса информатики.....	574
Маторина О. С., Маштаков В. А., Стрельцов О. В., Меретукова О. Г., Нестерова С. В. Основные подходы и методы, применяемые при проведении оценки эффективности педагогической деятельности в российских и зарубежных университетах	581
Михайлов В. А., Михайлова В. В. Особенности воспитания интеллектуальных чувств выпускников образовательных организаций МЧС России с целью эффективной интеграции их в начальствующий состав структурных подразделений	588
Никитина С. А. Основные проблемы в преподавании графических дисциплин и пути их решения	593
Онегина М. Д. Контрольное тестирование в дистанционном образовании по предмету «Безопасность жизнедеятельности».....	597
Сидоров А. А. Необходимость трехмерного компьютерного моделирования в инженерно-технической подготовке будущих специалистов	602
Смирнова М. А., Федоров О. А. Формирование исследовательской культуры выпускников высшей школы	606
Солдатов Р. А., Солдатова Э. Г. Профориентация как важнейшая составляющая выбора будущей профессии	616
Таратанов Н. А., Таратанова А. В. Наглядность в изучении процесса развития внутреннего пожара	620
Фадеев Р. Н., Огурцова Е. Ю. Формирование готовности будущих учителей к обучению школьников основам информационной безопасности.....	628
Яшкова А. С. Актуальные проблемы современного преподавания ОБЖ и пути их решения	633
Яшкова А. С., Зайнутдинов А. К., Пеканова Е. А. Особенности межличностных отношений курсантов и студентов Академии гражданской защиты МЧС России в условиях современного обучения.....	638

РАЗДЕЛ 4

ИНФОРМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

- Алексеев Е. А., Лабутин А. Н.* Управление реактором твердофазного дополиамидирования646
- Алешин Д. Б., Новоселов Д. И., Куришинов Ю. В., Родионов С. Е., Афонина Е. В.* Исследование возможностей совершенствования математического программного обеспечения детектирования источников техногенного происхождения непрерывного типа652
- Антошина Т. Н.* Применения беспилотных летательных аппаратов в целях обеспечения ГИС информацией666
- Егорова Н. И., Трубилко А. И., Медведева Л. В.* Использование возможностей среды MS EXCEL для углубления естественнонаучных знаний в учебном процессе дисциплины «Физика»670
- Каляпина О. И., Рыжкова Е. В., Трибунских О. А.* Имитационное моделирование процесса поражения групповой цели676
- Климачева Н. Г., Леонова Е. М., Леонова А. Н.* Об отборе образцов при проведении испытаний технических средств оповещения681
- Кузнецов М. В.* Повышение эффективности деятельности научных организаций МЧС России за счёт увеличения публикационной активности обучающихся и сотрудников в англоязычных зарубежных журналах, входящих в международную наукометрическую базу данных SCOPUS686
- Леонова А. Н.* Подходы к формированию требований к программному обеспечению технических средств оповещения различных производителей694
- Леонова Е. М.* О проблеме сопряжения технических средств оповещения различных производителей699
- Маштаков В. А., Бобринев Е. В., Удавцова Е. Ю., Кондашов А. А., Маторина О. С.* Влияние времени прибытия первого подразделения пожарной охраны на количество погибших при пожарах704
- Москвина Н. В.* Технологические предпосылки для создания самоорганизующихся ячеистых сетей оперативного взаимодействия для нужд населения в зоне ЧС710
- Невиницын В. Ю., Лабутин А. Н., Хабибулин Н. М.* Программно-технический комплекс для управления теплообменником смешения716
- Петров А. Н.* Анализ динамики количества пожаров в Ярославской области723
- Свентская Н. В., Попов А. П.* Направления развития и совершенствования системы-112733
- Стрельцов О. В., Бобринев Е. В., Удавцова Е. Ю., Кондашов А. А., Меретукова О. Г.* Определение оптимальных мест дислокации специализированных пожарно-спасательных частей738

Уткин А. А. Информационные технологии противопожарной пропаганды в Вологодской области в 2021-2022 годах	748
Фадеев Р. Н., Огурцова Е. Ю. Потенциал больших данных для промышленной сферы	756
Фадеев Р. Н., Огурцова Е. Ю. Управление технологическим процессом с применением интеллектуального анализа данных	762
Харин В. В., Шавырина Т. А., Удавцова Е. Ю., Бобринев Е. В., Кондашов А. А. Автоматизация процесса оценки результативности системы управления охраной труда в подразделениях пожарной охраны.....	767

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ VII ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

Иваново, 31 марта 2022 года

Текстовое электронное издание

Издается в авторской редакции

Подготовлено к изданию 26.05.2022 г.
Формат 60×90 1/8. Усл. печ. л. 97,8. Заказ № 192

Отделение организации научных исследований научно-технического отдела
Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России
153040, г. Иваново, пр. Строителей, 33

ISBN 978-5-907353-56-5



9 785907 353565 >