



Научная статья

2.6.11 – Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов (технические науки)  
УДК628.358-032.25:363

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.04.025



## ПРИМЕНЕНИЕ СОРБЦИОННОЙ ДООЧИСТКИ ВОДЫ В ПЕРИОД ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

Ирина Михайловна Угарова <sup>1</sup>,  
Людмила Анатольевна Иванова <sup>2</sup>, Евгений Николаевич Неверов <sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

<sup>1</sup> ugarova260304@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7016-8162>

<sup>2</sup> lyuda\_ivan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4103-8780>

<sup>3</sup> neverov42@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3542-786X>

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются проблемы, связанные с качеством воды в условиях наводнений – одного из наиболее распространенных стихийных бедствий на планете. Основной акцент сделан на загрязнениях, возникающих в результате наводнений, таких как фенолы и железо, и на необходимости разработки эффективных методов их удаления из водных ресурсов, особенно для небольших населенных пунктов, испытывающих нехватку чистой воды.

Цель работы заключается в анализе загрязняющих веществ и предложении методов доочистки воды на основе сорбционных технологий. Описывается разнообразие методов очистки воды, среди которых выделяются химические и физико-химические, а также их эффективность в контексте очищения от фенолов и железа. Уделяется внимание новым материалам для сорбции, таким как стеклянный фильтрующий элемент Glass Berk и ионообменные смолы, что открывает новые перспективы в поиске решений для очистки воды от токсичных загрязнителей.

С помощью расчётов и лабораторного эксперимента демонстрируется, что разумная комбинация различных сорбционных материалов может привести к значительному улучшению качества очищаемой воды. Приведённая информация о допустимых концентрациях загрязняющих веществ подчеркивает важность соблюдения санитарных норм для защиты здоровья населения.

Необходимо акцентировать внимание на необходимости адаптации и внедрении новых технологий обработки воды в условиях гидрологических чрезвычайных ситуаций. Важно, чтобы будущие разработки учитывали не только эффективность очистки, но и экономическую целесообразность, минимизацию воздействия на окружающую среду, а также соответствие санитарным нормам. Таким образом, основная мысль статьи заключается в актуальности поиска и применения эффективных методов очистки воды во время наводнений, чтобы гарантировать здоровье и безопасность населения, и в значении комплексного подхода к этой проблеме, который включает как научные исследования, так и практическое применение новых технологий.

**Ключевые слова:** водный объект, загрязняющее вещество, сточные воды, методы очистки, адсорбция, углеродный сорбент.

**Благодарности:** Исследование выполнено в рамках комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения», утверждённой Распоряжением Правительства Российской Федерации от 11.05.2022 г. №1144-р, при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, № соглашения 075-15–2022-1201 от 30.09.2022 г.

**Для цитирования:** Угарова И. М., Иванова Л. А., Неверов Е. Н. Применение сорбционной доочистки воды в период гидрологической чрезвычайной ситуации // Ползуновский вестник. 2024. № 4. С. 167–172. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.04.025, EDN: <https://elibrary.ru/YUSTLQ>.

Original article

## USE OF SORPTION WATER PURIFICATION DURING A HYDROLOGICAL EMERGENCY

Irina M. Ugarova <sup>1</sup>, Lyudmila A. Ivanova <sup>2</sup>, Evgeny N. Neverov <sup>3</sup><sup>1, 2, 3</sup> Kemerovo State University, Kemerovo, Russia<sup>1</sup> ugarova260304@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7016-8162><sup>2</sup> lyuda\_ivan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4103-8780><sup>3</sup> neverov42@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3542-786X>

**Abstract.** This article addresses water quality issues related to floods, one of the most common natural disasters on the planet. The main focus is on flood-related contaminants, such as phenols and iron, and the need to develop effective methods for their removal from water resources, especially for small communities experiencing a shortage of clean water. The aim of the work is to analyze the contaminants and propose methods for additional water treatment based on sorption technologies. A variety of water treatment methods are described, including chemical and physicochemical ones, as well as their effectiveness in the context of purification from phenols and iron. Attention is paid to new sorption materials, such as the GlassBerk Glass Filter Element and ion exchange resins, which opens up new perspectives in the search for solutions for water purification from toxic pollutants. Calculations and a laboratory experiment demonstrate that a reasonable combination of different sorption materials can lead to a significant improvement in the quality of purified water. The information provided on permissible concentrations of pollutants emphasizes the importance of observing sanitary standards to protect public health. It is necessary to emphasize the need to adapt and implement new water treatment technologies in hydrological emergencies. It is important that future developments take into account not only the efficiency of purification, but also economic feasibility, minimization of environmental impact, and compliance with sanitary standards. Thus, the main idea of the article is the relevance of finding and applying effective methods of water purification during floods to ensure the health and safety of the population, and the importance of an integrated approach to this problem, which includes both scientific research and the practical application of new technologies.

**Keywords:** water body, pollutant, wastewater, purification methods, adsorption, carbon sorbent.

**Acknowledgements:** The research is conducted as part of the comprehensive scientific and technical program of a complete innovative cycle "Development and implementation of a complex of technologies in the fields of exploration and extraction of minerals, ensuring of industrial safety, bioremediation, creation of new products of deep processing of coal raw materials with consecutive amelioration of ecological impact on the environment and risks to human life", approved by the Decree of the Government of the Russian Federation from 11.05.2022 №1144-r, with financial support from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation agreement No. 075-15-2022- 1201 dated 30.09.2022.

**For citation:** Ugarova, I.M., Ivanova, L.A. & Neverov, E.N. (2024). Use of sorption water purification during a hydrological emergency. *Polzunovskiy vestnik*. (4), 167-172. (In Russ). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.04.025, EDN: <https://elibrary.ru/YUSTLQ>.

### ВВЕДЕНИЕ

Наводнения относятся к числу стихийных бедствий, которые становятся все более распространенными явлениями во всем мире. Большие объемы воды, присутствующие при наводнениях, охватывают сельскохозяйственные угодья, инфраструктуру и промышленные районы. В результате в паводковой воде по мере ее накопления часто присутствуют химикаты, топливо, отходы животноводства, бактерии и другие вредные вещества [1].

Наводнение – время неизбежного ухудшения качества воды, когда показатели качества воды, поступающей на станции водоподготовки, резко снижаются. Статистические данные свидетельствуют о многократном превышающем количестве возникающих наводнений во всем мире, рисунок 1 [2]. Известно, что к основным загрязняющим воду компонентам относят фенолы, нефтепродукты, соединения меди,

цинка, нитратный азот, ртуть, марганец, железо и т.д., все эти вещества имеют природное и антропогенное воздействие.

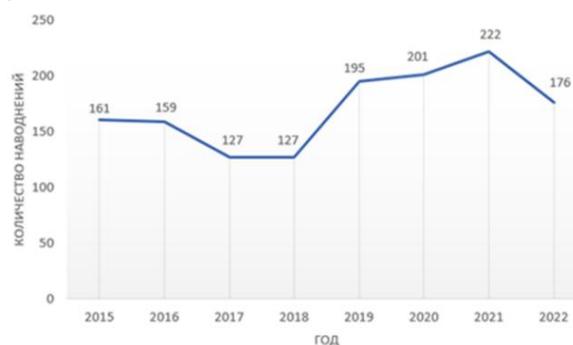


Рисунок 1 – Количество наводнений в мире в период за 2015–2022 гг.

Figure 1 – Number of floods worldwide in the period 2015–2022

## ПРИМЕНЕНИЕ СОРБЦИОННОЙ ДООЧИСТКИ ВОДЫ В ПЕРИОД ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

Для насосно-фильтровальных станций, снабжающих небольшие населенные пункты в период значительного поднятия уровня реки, важной задачей является обеспечение населения водой соответствующей санитарным нормам. Микробиологический показатель обеспечивается посредством введения обеззараживающих реагентов или применения УФ-обработки. Эффективность использования ультрафиолета достигается при обработке воды с мутностью и цветностью, соответствующей СанПиН 1.2.3685-21 [3]. Однако такие вещества, как фенолы и железо, придают выраженную цветность воде, тем самым снижая эффективность УФ-обеззараживания. А в случае использования химических реагентов для обеззараживания того же фенола образуется более опасное соединение хлорфенолы [4].

Актуальность работы обусловлена необходимостью в период гидрологической чрезвычайной ситуации (наводнения) обеспечить население в создавшихся условиях качественной водой, соответствующей нормативным требованиям.

Целью работы является анализ приоритетных загрязнителей источников водоснабжения небольших населенных пунктов в период значительного поднятия уровня рек, подтопляющих ближайшие окрестности, а также рекомендации по доочистке воды сорбционным способом, подчиняющимся принципу разумной достаточности. В рамках данной работы были взяты за основу модельные растворы с содержанием следующих загрязняющих веществ, а именно: фенола и железа.

Избыток железа в питьевой воде может привести к повреждению печени, поджелудочной железы и сердца. Стоит отметить, что при избытке железа вода имеет металлический привкус и запах. В свою очередь, загрязнение воды фенолами ведёт к ухудшению её сенсорных свойств за счет появляющегося характерного «аптечного» запаха, ухудшается вкус. Негативное влияние фенолов не ограничивается изменением вкусового качества воды. Фенолы обладают кумулятивными и канцерогенными свойствами. Накапливаясь в течение длительного времени в организме, эти вещества могут приводить к возникновению онкологических заболеваний, поражению печени, почек и нервной системы [4–9].

Можно сделать вывод о необходимости применения способов доочистки, направленных на снижение содержания фенолов и железа.

Наиболее широко распространённые методы очистки питьевой воды от содержания железа – химические методы (окисление  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , озонирование, каталитическое окисление ( $\text{MnO}_2$ )); физико-химические методы (ионный обмен, адсорбция, коагуляция, обратный осмос, гальванокоагуляция); биохимический метод и

фенолов – физико-химические методы (коагуляция, флотация, адсорбция); окисление (озонирование); каталитическое окисление (металлоксидные катализаторы Fe, Ni, Cu, Cr, Co и др.); биологические методы [10].

### ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА В ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЛАБОРАТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Сорбционные методы зарекомендовали себя как эффективные и экономически выгодные в области доочистки водных растворов от органической и минеральной составляющей.

Согласно литературным данным, с целью извлечения органических соединений на рынке наиболее широко из перечисленных сорбционных материалов представлены активные угли, в том числе БАУ (сырьё – древесный уголь), СКД-515, АГ-3, АГ-ОВ-1, КАУ (каменный уголь) [11–13]. Данные марки сорбционных материалов имеют высокую сорбционную способность при очистке малоконцентрированных растворов, загрязнённых органическими компонентами (фенолом, формальдегидом, хлороформом, трихлорэтиленом), что обосновывает их выбор.

Ионообменная смола представляет собой разновидность нерастворимого полимерного соединения с функциональной группой обменным ионом сетчатой структурой. В качестве ионообменной смолы выбрана марка Puresin PC 002 (Пюресин). Катионит Puresin применяется для умягчения питьевой воды с высоким содержанием солей жесткости, а также для удаления из нее остаточного железа и марганца. Рассматриваемая смола может использоваться для умягчения холодной и горячей (до +120 °С) воды [14].

Наряду с известными марками активных углей в работе представлено исследование альтернативного материала и его сорбционная активность по отношению к органическим загрязнителям, в частности, к фенолу. Была выявлена выраженная адсорбционная способность стеклянного фильтрующего элемента Glass Berk по отношению к фенолу [10].

Предельно допустимая концентрация железа в питьевой воде установлена на уровне  $0,3 \text{ мг/дм}^3$ , фенола соответственно  $0,001 \text{ мг/дм}^3$ . Исследования качества извлечения проводили на монокомпонентных модельных растворах железа (10 ПДК), фенола (10 ПДК) и бинарных системах с соотношением железа и фенола 1:1 в тех же концентрациях.

Изучение адсорбции проводили в динамических условиях (рисунок 2), колонны заполняли изучаемыми материалами (масса сорбента 10 г, скорость пропускания  $2,5 \text{ см}^3/\text{мин}$ , объем раствора  $10 \text{ дм}^3$ , забор раствора на выходе из колонны проводили с интервалом  $250 \text{ см}^3$ ). Результаты приведены в сводных таблицах 1, 2.

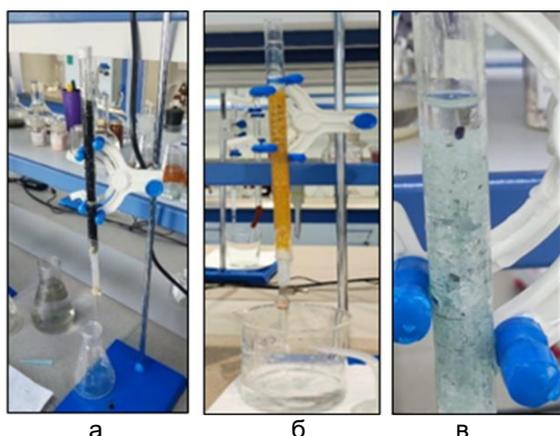


Рисунок 2 – Заполнение адсорбционной колонны исследуемыми образцами: а) БАУ; б) ионообменная смола; в) стеклянный фильтрующий элемент Glass Berk

Figure 2 – Filling the adsorption column with the samples to be studied: a) BAU; b) ion exchange resin; c) Glass Filter Element Glass Berk

Таблица 1 – Извлечение фенола из монокомпонентного модельного водного раствора (10 ПДК) в динамике

Table 1 – Extraction of phenol from a mono-component model aqueous solution (10 MPC) in dynamics

V р-ра, прошедшего через колонну, см <sup>3</sup>	Содержание фенола, мг/дм <sup>3</sup> ·10 <sup>3</sup>	
	БАУ	Стеклянный Фильтрующий Элемент GlassBerk
250	0	0
4000	0	0
4500	0	0,022
5000	0	0,028
6000	0,03	0,035
7000	0,05	0,058
8000	0,05	0,066
9000	0,06	0,07
10000	0,061	0,072

Таблица 2 – Извлечение ионов железа из монокомпонентного модельного раствора (10ПДК) в динамике

Table 2 – Extraction of iron ions from a mono-component model solution (10PDC) in dynamics

Pureresin PC 002	
V р-ра, прошедшего через колонну, см <sup>3</sup>	Содержание ионов железа, мг/дм <sup>3</sup>
250	0
3000	0
4000	0,00151
4500	0,001971
5000	0,00221
6000	0,003668
7000	0,005184
8000	0,0058
9000	0,00609
10000	0,0068

По результатам исследований процесса извлечения на лабораторных колонках при заданных условиях содержание загрязняющего вещества не вышло на проскоковый уровень при очистке монорастворов. Извлечение компонентов из водной бинарной системы в динамических условиях на БАУ и альтернативном сорбционном материале Glass Berk менее эффективно, что, вероятно, связано с конкурентным характером удаления компонентов. Glass Berk по отношению к монораствору ионов железа проявил низкую сорбционную способность (15 % извлечения об общего содержания).

### РАСЧЕТ ОБЪЕМА СОРБЦИОННОГО МАТЕРИАЛА И ИОНООБМЕННОЙ СМОЛЫ

Для определения объема сорбционного материала и ионообменной смолы в качестве наполнителя сорбционной колонны, а также в целях сокращения времени на экспериментальную часть воспользовались расчетным методом. Для оценки эффективности очистки воды от фенола рассчитывалась приблизительная равновесная доза адсорбера, необходимая для снижения концентрации органического компонента до заданного значения по следующей формуле [15, 16]:

$$m_e = (C_0 - C_b) / q_b, \quad (1)$$

где  $m_e$  – доза сорбента, необходимая для извлечения вещества, г/дм<sup>3</sup>;

$C_0$  – исходная концентрация, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_b$  – концентрация, до которой необходимо снизить содержание компонента (концентрация проскока), мг/дм<sup>3</sup>;

$q_b$  – удельная емкость адсорбера до проскока, г/г. В расчетах принята  $8 \cdot 10^3$  г/г.

Доза ионообменной смолы, необходимая для извлечения минеральных компонентов, определена по формуле 2 [14, 15]:

$$E_{ст} = \frac{V(C_n - C_p)}{m_u}, \quad (2)$$

где  $V$  – объем раствора, из которого выделяют ионы, л;

$C_n$  и  $C_p$  – начальная и равновесная концентрация раствора, мг/дм<sup>3</sup>;

$m_u$  – масса ионита, г/дм<sup>3</sup>

Минимальная и достаточная доза сорбента, полученная при расчете для изученных сорбционных материалов, представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Минимальная и достаточная доза исследуемых образцов сорбента

Figure 3 – Minimum and sufficient dose of the studied sorbent samples

# ПРИМЕНЕНИЕ СОРБЦИОННОЙ ДООЧИСТКИ ВОДЫ В ПЕРИОД ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

Учитывая конкурентный характер адсорбции загрязняющего вещества из смеси, предлагаем адсорбционную колонку заполнить смесью материалов, то есть Glass Berk и ионообменной смолой. Выбор стекла обоснован тем, что вымывание из материала сопутствующих загрязнителей сведено к минимуму.

Экспериментально исследовано соотношение материалов загрузки (Glass Berk : ионообменная смола) в следующем количестве (10 : 5); (10 : 2); (10 : 0,5). Полученные данные отражены в таблице 3.

Таблица 3 – Эффективность смешанной загрузки при различном соотношении материалов

Table 3 – Efficiency of mixed loading with different ratios of materials

Концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	10:5		10:2		10:0,5	
	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	Fe	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	Fe	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	Fe
Исходная	0,01	3,0	0,01	3,0	0,01	3,0
После извлечения	0,0005	–	0,0006	–	0,0005	–

При пропускании через колонны растворов, содержащих смесь фенола и железа (10ПДК : 10ПДК) объемом 10 дм<sup>3</sup>, проскок загрязняющего вещества ни при одном соотношении не зафиксирован, что позволяет рекомендовать к применению соотношение 10 : 0,5 для доочистки воды сорбционным способом в период гидрологической чрезвычайной ситуации. Полученные данные подтверждаются расчетами дозы материалов при очистке монокомпонентных растворов и экономической целесообразностью, так как стоимость ионообменной смолы составляет в диапазоне от 261 до 470 рублей за литр.

Стоит отметить, что на российском рынке аналогов стеклянному фильтрующему элементу не найдено. Однако изучение его свойств, состава, структуры, возможности модифицирования, как альтернативного материала в качестве наполнителя сорбционных колон, является перспективным направлением.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании вышеприведённых исследований можно сделать вывод, что необходимо искать, изучать и технически внедрять дополнительные методы доочистки воды в период гидрологической чрезвычайной ситуации. Новые технологии и разработки должны не только обеспечивать большую эффективность, но и учитывать другие факторы, такие как энергоёмкость, тип дозируемых химических веществ, экономическую целесообразность. Выбор метода должен быть основан на принципах разумной достаточности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Санитарно-гигиенический и микробиологический мониторинг источников водоснабжения и поверхностных водоемов во время природного стихийного бедствия в Приамурье / С.В. Балахов, С.А. Косилко, О.П. Курганова [и др.] // Проблемы особо опасных инфекций. 2014. № 1. С. 116–120.
2. Анализ обстановки с наводнениями и их последствиями на территории РФ [Электронный ресурс] // Департамент надзорной деятельности и профилактической работы, 2023. URL: <https://39.mchs.gov.ru>
3. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Введен 01.03.2021. Москва : ЦентрМг, 2022. 736 с.
4. Горелкина А.Л. Извлечение органических загрязнителей из сточных вод для повышения санитарной надежности водных объектов / А.К. Горелкина, О.В. Беляева, Н.С. Голубева [и др.] // Отходы и ресурсы. 2023. Т. 10. № 2.
5. Конев М.Д. Влияние избыточного содержания железа в воде на организм человека / М.Д. Конев // Аллея науки. 2018. Т. 2. № 5(21). С. 45–48.
6. Иванова М.И. Токсичное действие фенола на организм человека на производстве / М.И. Иванова, В.А. Юровских // Вестник науки. 2023. Т. 2. № 7(64). С. 221–224.
7. Свергузова С.В. Тяжелые металлы в окружающей среде и их трансформация / С.В. Свергузова, Л. Хунади, Ю.С. Воронина // CHEMICAL BULLETIN, 2019. С. 9–14.
8. Микшевич Н.В. Тяжелые металлы и экологическая безопасность человека: (свинец, ртуть, кадмий) / Н.В. Микшевич, Л.А. Ковальчук. Екатеринбург: Уральский государственный педагогический университет, 2020. 92 с.
9. Голубева Н.С. Исследование возможности очистки водных объектов Кузбасса от железа / Н.С. Голубева, Н.В. Гора, А.А. Ботанова // Пищевые инновации и биотехнологии : сборник тезисов; IX Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых в рамках III международного симпозиума "Инновации в пищевой биотехнологии. Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2021. С. 203–204.
10. Угарова И.М. Стеклоанный фильтрующий элемент Glass Berk как альтернативный сорбционный материал / И.М. Угарова // Многополярный мир в фокусе новой действительности : материалы XIII Евразийского экономического форума молодежи / Уральский государственный экономический университет. Том 3, 2023. С. 60–63.
11. Мусеев Т.С. Анализ современных сорбентов, на основе материалов органического происхождения / Т.С. Мусеев, К.В. Солдатов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2017. № 1–1. С. 69–73.
12. Истомина Е.Е. Применение сорбентов для очистки питьевой воды / Е.Е. Истомина, Е.А. Алексеева // Электронный научный журнал. 2019. № 3(25). С. 25–28.

13. Gorelkina A.K. Application of adsorption technology for the extraction of chlorine-containing pollutants / A.K. Gorelkina, I.V. Timoshchuk, N.S. Golubeva [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Vol. Volume 839. Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2021. P. 42063. DOI: 10.1088/1755-1315/839/4/042063.

14. Гаптуллин А.Н. Применение ионообменного аппарата для удаления ионов тяжелых металлов из сточных вод / А.Н. Гаптуллин, А.Р. Галимова // Сборник статей III Международной научно-технической конференции «Минские научные чтения-2020» / Белорусский государственный технологический университет. Том 1, 2021. С. 186–189.

15. Когановский А.М. Адсорбция органических веществ из воды / Клименко Н.А., Левченко Т.М., Рода И.Г. Л. : Химия. 1990. 256 с.

16. Просеков А.Ю. Адсорбционное извлечение органических загрязнителей дроблеными углеродными сорбентами / А.Ю. Просеков, А.К. Горелкина, И.В. Тимошук, Н.С. Голубева, Л.А. Иванова, Е.С. Михайлова // Кокс и химия. 2022. № 11.

#### **Информация об авторах**

*И. М. Угарова – аспирант, лаборант-исследователь "Молодежной лаборатории фундаментальных исследований физико-химических методов очистки воды" ФГБОУ*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare that there is no conflict of interest.*

*Статья поступила в редакцию 15 февраля 2024; одобрена после рецензирования 20 ноября 2024; принята к публикации 04 декабря 2024.*

*The article was received by the editorial board on 15 Feb 2024; approved after editing on 20 Nov 2024; accepted for publication on 04 Dec 2024.*

*ВО Кемеровского государственного университета.*

*Л. А.Иванова – канд. техн. наук, доцент кафедры техносферной безопасности, институт инженерных технологий, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».*

*Е. Н. Неверов – д-р техн. наук, заведующий кафедрой техносферной безопасности, институт инженерных технологий, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».*

#### **Information about the authors**

*I.M. Ugarova - postgraduate student, laboratory assistant-researcher of the "Youth Laboratory of Fundamental Research of Physical and Chemical Methods of Water Purification" of the Kemerovo State University.*

*L.A. Ivanova - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technosphere Safety, Institute of Engineering Technologies, Kemerovo State University.*

*E.N. Neverov - Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Technosphere Safety, Institute of Engineering Technologies, Kemerovo State University.*