



Научная статья

2.6.13 – Процессы и аппараты химических технологий (технические науки)

УДК 628

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.03.034



ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ВКЛАДА

Ирина Михайловна Угарова ¹, Алена Константиновна Горелкина ²,
Тамара Александровна Утробина ³

^{1, 2, 3} Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

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

² alengora@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3782-2521>

³ tamara-mamontova@yandex.ru

Аннотация. Решение вопросов экологической безопасности, это одна из основных повесток «Программы социально-экономического развития Кузбасса» в рамках которой проводится масштабная работа по обеспечению безопасности жизнедеятельности населения и улучшения экологической обстановки Кемеровской области-Кузбасса. Высокая антропогенная нагрузка на экосистемы региона, в том числе водные, приводит к снижению их биосферных функций. В рамках исследования был проведен анализ воздействия техногенных факторов на водную систему Кемеровской области-Кузбасса, а также определены основные источники загрязнения сточных вод. Наиболее эффективным и экономически целесообразным способом очистки воды от загрязнителей является использование метода сорбционного извлечения, предварительно комбинированного с механической обработкой.

Ключевые слова: гидрологическая сеть, водный объект, контаминант, сточные воды, методы очистки, сорбционный материал.

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», утвержденной 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., Горелкина А. К., Утробина Т. А. Загрязнение водных объектов и способы снижения антропогенного вклада // Ползуновский вестник. 2024. № 3. С. 234 – 241. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.03.034, EDN: <https://elibrary.ru/SHYXOG>.

Original article

POLLUTION OF WATER BODIES AND WAYS TO REDUCE ANTHROPOGENIC CONTRIBUTION

Irina M. Ugarova ¹, Alena K. Gorelkina ², Tamara A. Utrobina ³

^{1, 2, 3} Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

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

² alengora@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3782-2521>

³ tamara-mamontova@yandex.ru

Abstract. Addressing environmental safety issues is one of the main agendas of the Kuzbass Socio-Economic Development Program, which carries out large-scale work to ensure the safety of the population and improve the ecological situation of the Kemerovo region-Kuzbass. High anthropogenic pressure on the ecosystems of the region, including aquatic ones, leads to a decrease in their biospheric functions. As part of the study, the impact of man-made factors on the water system of the Kemerovo region-Kuzbass was analyzed, and the main sources of wastewater pollution were identified. The most effective and economical-

© Угарова И. М., Горелкина А. К., Утробина Т.А., 2024

ly feasible way to purify water from pollutants is to use the sorption extraction method, previously combined with mechanical treatment.

Keywords: hydrological network, water body, contaminant, wastewater, purification methods, sorption material.

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., Gorelkina, A. K. & Utrobina, T. A. (2024). Pollution of water bodies and ways to reduce anthropogenic contribution. *Polzunovskiy vestnik*. (3), 234-241. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2024.03.034. EDN: <https://elibrary.ru/SHYXOG>.

ВВЕДЕНИЕ

Ресурсориентированные регионы, основанные на добыче полезных ископаемых, зачастую сталкиваются с серьезными последствиями для окружающей среды. Добыча ресурсов неизбежно приводит к глубоким техногенным изменениям экосистем, что негативно сказывается на биосферных функциях различных объектов, в том числе водных. Антропогенное загрязнение гидросферы, то есть загрязнение водных ресурсов деятельностью человека, является характерной чертой таких регионов. Загрязнение затрагивает как поверхностные водоемы, такие как реки, озера, моря и океаны, так и подземные водоносные горизонты, являющиеся важнейшим источником питьевой воды. Кузбасс, регион с богатыми запасами каменного угля, является ярким примером ресурсориентированного региона, где проблема загрязнения воды стоит особенно остро. Экономика Кузбасса во многом обусловлена развитием добывающего сектора, что обуславливает масштабную техногенную нагрузку на окружающую среду [1].

Важную роль в индустриально развитом Кузбассе играет главная водная артерия река Томь, которая подвергается сильному антропогенному воздействию, приводящему к ухудшению состояния водных объектов. Загрязнение Томи формируемся и за счет притоков. Реки бассейна Томи принимают недостаточно очищенные сточные воды от городских коммунальных хозяйств, а также промышленных предприятий, в том числе горнодобывающих, металлургических, химических и агропромышленных. Если сточные воды не очищаются должным образом, они могут содержать вредные вещества, такие как нефтепродукты, фенолы, железо, соединения азота, органические материалы, тяжелые металлы и другие загрязнители, которые могут оказать пагубное воздействие на окружающую среду. Особое внимание стоит уделить малым и очень малым рекам, являющимися притоками Томи (Тайда, Ольжерас, Калзагай, Бунгур, Кондома и другие), которые принимают на себя значительные объемы сточ-

ных вод, причем чаще всего это загрязненные стоки. Таким образом, они испытывают большую нагрузку, чем сама река Томь, так как их малый объем не позволяет им эффективно очищаться естественным путем, тем самым делая их приемником сточных вод. Как результат, некоторые из этих малых рек были исключены из реестра [2, 3, 4].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методы анализа контаминантов и забор воды из объектов исследования осуществлялся в соответствии с нормативными документами: ГОСТ 31861-2012, ГОСТ 31940-2012, ГОСТ 33045-2014, ГОСТ 2517-2012, ГОСТ 18293-72, ГОСТ 31956-2012, ГОСТ 18165-2014.

Контрольные точки для отбора на гидрологической сети Кузбасса отражены на рисунке 1. Точки забора проб из водных объектах соответствуют: р. Тайда 3,7 км от устья; р. Большой Теш 28 км от устья; р. Малый Теш 23 км от устья; р. Черный Калтанчик 5,5 км от устья; р. Кийзас-3 0,6 км от устья; р. Черновой Нарык 53 км от устья; р. Ольжерас 4 км от устья; р. Калзагай 10 км от устья; р. Есаулка 5 км от устья; р. Кыргайчик 9,2 км от устья; р. Щедруха 6 км от устья; р. Бунгур 16 км от устья; р. Казас 2 км от устья; р. Южная Уньга 30 км от устья; р. Кондома 100 км от устья; р. Акчурла 8 км от устья; р. Красенка 0,68 км от устья; р. Сенькина 0,5 км от устья; р. Большая Тетенза 5 км от устья; р. Володино 0,05 км от устья; р. Конобениха 3,6 км от устья; р. Черная Речка 0,6 км от устья; р. Большой Унзас 105,1 км от устья; р. Кульяновка 0,45 км от устья; р. Кульяновка, приток р. Рушпайка 4 км от устья; р. Петрик 12,9 км от устья; р. Аба 5 км от устья; р. Абашева 5,7 км от устья; р. Горбуниха 7,2 км от устья.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

Широкий спектр объектов исследования отражает высокий уровень техногенной нагрузки на экосистемы региона и определяет остроту экологического бедствия.

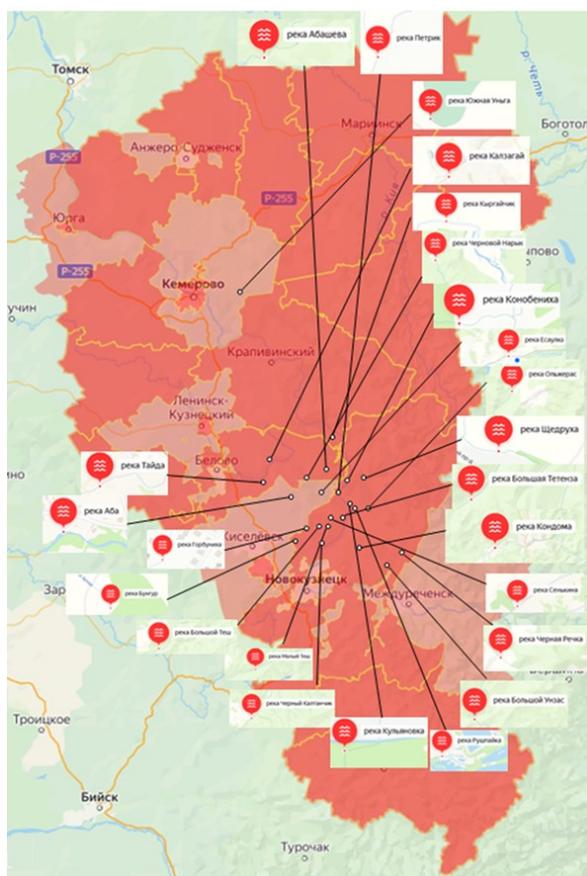


Рисунок 1 – Контрольные точки для отбора проб воды гидрологической сети Кемеровской области-Кузбасса

Figure 1 – Control points for water sampling of the hydrological network of the Kemerovo region-Kuzbass

Таблица 1 наглядно демонстрирует, какие вещества в сточных водах превышают допустимые нормы. В первую очередь, это органические загрязнители: нефтепродукты, фенолы и взвешенные вещества. Их высокая концентрация в воде является следствием промышленных выбросов, утечек с нефтедобывающих платформ, а также неочищенных сточных вод с предприятий пищевой промышленности. Следом за органическими веществами в списке приоритетных загрязнителей идут минеральные вещества: хлорид-ион, сульфат-ион, нитрат-ион, нитрит-ион, аммоний-ион и фосфаты. Повышенное содержание этих веществ в воде обусловлено как промышленным производством, так и сельскохозяйственной деятельностью, где используются различные удобрения и пестициды. Например, избыток нитратов и фосфатов ведет к бурному росту водорослей, что приводит к «цветению» водоемов, снижению уровня кислорода и гибели рыбы. Особую опасность представляют собой тяжелые металлы: железо, свинец, марганец, медь, цинк. Их

наличие в сточных водах обусловлено промышленными выбросами, особенно из металлургических предприятий, а также выщелачиванием из почвы в результате кислотных дождей. Тяжелые металлы накапливаются в организмах водных животных, постепенно увеличиваясь в концентрации с каждым звеном пищевой цепи. Присутствие тяжелых металлов сказывается на биологической активности гидробионтов, а также сокращении количества видов водных животных и растений, нарушая естественный баланс экосистемы [5, 6, 7, 8].

Реализуемые мероприятия по очистке сточных вод, судя по результатам исследования проб воды водных объектов, не в достаточной степени удовлетворяют нормативным требованиям ПДК р/х.

В результате анализа было установлено, что концентрация некоторых веществ значительно превышает установленные нормативы ПДК. На основе полученных данных были созданы модельные растворы, имитирующие сточные воды предприятий, оказывающие наибольшее влияние на уровень загрязнения водных ресурсов региона. Эти модели позволили в лабораторных условиях изучать влияние различных загрязняющих веществ на водную среду. В качестве приоритетных загрязнителей для моделирования были выбраны сульфаты, нитраты, железо и взвешенные вещества. Выбор этих веществ был обусловлен их регулярным превышением ПДК в сточных водах предприятий Кузбасса, что делает их ключевыми факторами, негативно влияющими на качество воды [9, 10, 11]. Для снижения уровня загрязнения модельного раствора был выбран двухэтапный метод, который является наиболее экономически целесообразным. Он объединяет механическую очистку и применение сорбционных материалов, работая по принципу «сначала грубое, потом тонкое». Первый этап – механическая очистка – играет роль «предварительной фильтрации», минимизируя нагрузку на основной сорбционный фильтр, тем самым значительно увеличивая срок его службы. Данный этап предотвращает попадание крупных частиц в сорбционный фильтр, которые могли бы забить его поры и нарушить его работу. Для механической очистки используется дополнительный фильтр с песчаной загрузкой, который позволяет задерживать взвешенные вещества, препятствуя их проникновению в последующие стадии очистки. Вторым этапом – сорбционная очистка – это «тонкая» работа, где вступают в действие специальные материалы, способные связывать и удерживать загрязняющие вещества. Для данной цели применяется многоразовый картридж, который заполняется различными сорбционными материалами. В качестве сорбентов могут использоваться такие синтетические вещества, как активированный уголь и силикагель. Также в картридж могут быть

внесены природные материалы: мел, диатомит, трепел, цеолит, доломит и магнитит. Все эти вещества имеют свои уникальные характеристики и могут эффективно удалять определённые типы загрязняющих веществ. [12, 13, 14, 15, 16].

В сфере очистки сточных вод сорбционные материалы играют ключевую роль, эффективно удаляя из них различные загрязнения. Среди широкого ассортимента материалов, представленных на рынке, выделяются несколько наиболее популярных марок, каждая из которых обладает своими уникальными свойствами и предназначением. Так, например, каменный уголь (КАУ) и древесный уголь (БАУ), СКД-515, АГ-3 и АГ-ОВ-1. Важно отметить, что эффективность сорбционных материалов зависит не только от их типа, но и от концентрации загрязняющих веществ, температуры, pH среды и ряда других факторов. Поэтому выбор оптимальной марки сорбента для конкретного случая требует тщательной оценки характеристик сточных вод и составления режима очистки.

Данные марки сорбционных материалов зарекомендовали себя в очистке малоконцен-

трированных сточных вод, загрязненных органическими соединениями (C_6H_6O , CH_2O , $CHCl_3$, C_2HCl_3) и взвешенными частицами. Именно поэтому выбор этих материалов является приоритетным при работе с загрязнителями, которые и исследовались в модельных растворах [17, 18].

Моделирующий сточные воды раствор с соотношением SO_4^{2-} , NO_3^- , Fe^{2+} – 1:1:1, соответственно, при концентрации загрязняющих веществ, превышающей ПДК в 10 раз, $V=50$ дм³ пропущен через активированный уголь СКД-515 (слой загрузки 20 см при диаметре картриджа 7 см) был очищен до показателей, соответствующих нормативным. Промышленные угли марок БАУ и КАУ показали аналогичный эффект. Дальнейшие исследования направлены на определение объема, который вероятно можно пропустить через данный слой загрузки до проскока одного из компонентов.

Результаты исследуемых сорбционных материалов представлены на рисунке 2.

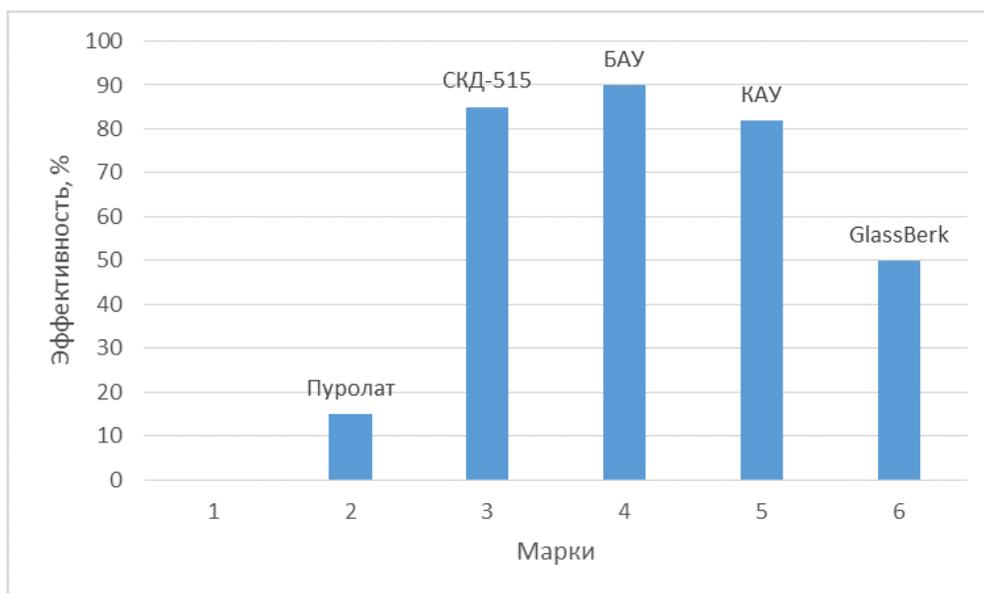


Рисунок 2 – Сорбционная эффективность углеродных сорбентов

Figure 2 – Sorption efficiency of carbon sorbents

Стекланный Фильтрующий Элемент GlassBerk – опытный образец альтернативного сорбционного материала, оснащенный кислородосодержащими поверхностными группами. Эти поверхностные группы взаимодействуют с различными типами загрязнителей, включая органические и неорганические соединения. Органические загрязнители, как правило, задерживаются в порах материала, в то время как неорганические вещества преимущественно взаимодействуют с кислородосодержащими группами. GlassBerk производится в Турции и

доступен по цене, сопоставимой с ценой других фильтрующих материалов, таких как БАУ. Однако данный материал демонстрирует значительно большую механическую прочность по сравнению с активным углем, что делает его более устойчивым к истиранию и повреждениям, позволяя рассчитывать на долговечность и эффективность в условиях эксплуатации.

Производителем отмечается и ряд общих характеристик:

- Экономия расходных материалов. Потребность в GlassBerk на 20% ниже по сравне-

нию с активным углем, что приводит к снижению расходов на эксплуатацию.

- Уменьшение загрязнения. Отсутствие кальцинации грязи позволяет избежать образования осадка и необходимости регулярной очистки фильтрующей системы.

- Высокая точность фильтрации. GlassBerk обеспечивает очистку воды до 5 микрон, эффективно удаляя из нее мельчайшие частицы и примеси.

- Предотвращение бактериального и во-

дорослевого роста. Благодаря своей структуре и свойствам, GlassBerk препятствует появлению бактерий и водорослей в фильтрующей системе.

- Оптимизация обратной промывки. Процесс обратной промывки GlassBerk происходит быстрее и менее продолжительно по сравнению с песком, что экономит время и ресурсы.

- Экономия воды и энергии. GlassBerk позволяет сократить потребление воды и энергии при обратной промывке на 50%, делая его более экологичным решением.

Таблица 1 – Результаты анализа образцов воды
Table 1 – The results of the analysis of water samples

| Классификация | Водный объект | Выполнение условий водопользования в части загрязнения водных объектов за первое полугодие 2021 г. |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Угольные (предприятия по добыче и переработке угля) | Река Тайда, г. Киселевск | Превышение максимального содержания загрязняющих веществ в сточных водах по нитрит-аниону в 1,6 раза; железу в 2,51 раза; нефтепродуктам в 8,3 раза; сульфат-аниону в 3,69 раза; взвешенным веществам в 1,94 раза; хлорид-аниону в 1,11 раза; минерализации в 1,02 раза |
| | Река Большой Теш, Новокузнецкий р-н | Превышение максимального содержания загрязняющих веществ в сточных водах по сульфат-аниону в 1,49 раза |
| | Река Малый Теш, Новокузнецкий р-н | Превышение максимального содержания загрязняющих веществ в сточных водах по сульфат-аниону в 1,39 раза |
| | Река Черный Калтанчик, Новокузнецкий р-н | Превышение максимального содержания загрязняющих веществ в сточных водах по сульфат-аниону в 1,6 раза |
| | Река Кийзас-3, г. Междуреченск | Превышение максимального содержания загрязняющих веществ в сточных водах по цинку в 1,11 раза |
| | Река Черновой Нарык, Новокузнецкий р-н | Превышение максимального содержания загрязняющих веществ в сточных водах по фенолу в 1,13 раза; по свинцу в 1,19 раза |
| | Река Ольжерас, Междуреченский гор. округ | Превышение максимального содержания загрязняющих веществ в сточных водах по взвешенным веществам в 1,39 раза; сухому остатку в 1,36 раза; сульфат-аниону в 1,87 раза |
| | Река Калзагай, г. Киселевск | Превышение максимального содержания загрязняющих веществ в сточных водах по железу в 4,2 раза |
| | Река Есаулка, г. Новокузнецк | Превышение максимального содержания микроорганизмов в сточных водах по ТКБ в 4 раза |
| | Река Кыргайчик, Прокопьевский р-н | Превышение максимального содержания загрязняющих веществ в сточных водах по меди в 1,6 раза; нитрат-иону в 3,05 раза; железу в 2,3 раза |
| | Река Щедруха, Новокузнецкий р-н | Превышение максимального содержания загрязняющих веществ в сточных водах по нитрат-иону в 1,25 раза; по меди в 2 раза |
| | Река Казас, г. Мыски | Превышение максимального содержания загрязняющих веществ в сточных водах по БПКполн. в 1,01 раза |
| | ЖКХ (водоканалы, теплоэнергетические предприятия) | Река Южная Уньга, Крапивинский р-н |
| Река Кондома, Таштагольский р-н | | Превышение максимального содержания загрязняющих веществ в сточных водах по взвешенным веществам в 1,05 раза |
| Река Акчурла (Лог Акчурлинский), Киселевский гор. округ | | Превышение максимального содержания загрязняющих веществ в сточных водах по фосфат-иону в 3 раза |
| | Река Красенка, приток р. Кондома, Калтан г. | Превышение максимального содержания загрязняющих веществ в сточных водах по железу в 5,4 раза |

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ВКЛАДА

Продолжение таблицы 1 / Continuation of table 1

| 1 | 2 | 3 |
|--|--|---|
| | Река Сенькина, Кемеровская область, Осинниковский городской округ | Превышение максимального содержания загрязняющих веществ в сточных водах по железу в 3,77 раза |
| | Река Большая Тетенза, левобережный приток р. Томь, Кемеровская область, Мысковский городской округ | Превышение максимального содержания загрязняющих веществ в сточных водах по нитрит-аниону в 5 раз, сульфат-аниону в 2 раза, хлорид-аниону в 1,47 раза |
| | Река Володино, левобережный приток р. Томь, Кемеровская область, Мысковский городской округ | Превышение максимального содержания загрязняющих веществ в сточных водах по сульфат-аниону в 1,78 раза, хлорид-аниону в 2 раза |
| Промышленные предприятия, в том числе металлургические | Река Конобениха, Новокузнецк г. | Превышение максимального содержания загрязняющих веществ и микроорганизмов в сточных водах по нефтепродуктам в 1,6 раза; фторид-иону в 1,69 раза; железу в 2 раза; марганцу в 5,6 раза; фосфору фосфатов в 2,64 раза |
| | Река Черная Речка, Новокузнецк г. | Превышение максимального содержания загрязняющих веществ и микроорганизмов в сточных водах по нефтепродуктам в 3,4 раза; нитрит-иону в 2,35 раза; фторид-иону в 1,13 раза; железу в 1,6 раза; алюминию в 1,5 раза |
| | Река Большой Унзас (Бол. Речка), Таштагольский р-н | Превышение максимального содержания загрязняющих веществ в сточных водах по БПКполн. в 1,02 раза; взвешенным веществам в 2,89 раза; аммоний-иону в 31,3 раза; железу в 9,8 раза; марганцу в 7,2 раза; нефтепродуктам в 21,4 раза; нитратам в 3,53 раза; нитритами в 10 раз; сульфатам в 1,51 раза; сухому остатку в 1,13 раза; фенолу в 4,56 раза |
| | Река Кульяновка, Новокузнецк г | Превышение нормативов допустимого сброса по меди в 1,2 раза |
| | Река Кульяновка, приток р. Рушпайка, Новокузнецкий г. о. | Превышение максимального содержания загрязняющих веществ в сточных водах по БПКполн. в 1,29 раза |
| Сельскохозяйственные | Река Петрик, Новокузнецкий р-н; 12,9 км от устья | Превышение объема допустимого сброса сточных вод по: аммоний-иону в 2,7 раза; БПКполн. в 3,57 раза; железу в 4,41 раза; нефтепродуктам в 1,7 раза; нитрит-аниону в 3,86 раза; СПАВ в 1,26 раза; марганцу в 11,33 раза; фосфору фосфатов в 3,49 раза; взвешенным веществам в 6,56 раза; ОКБ в 9286,67 раза; ТКБ в 46433,0 раза |
| Энергетические | Река Аба, Новокузнецк г; 5 км от устья | Превышение максимального содержания загрязняющих веществ и микроорганизмов в сточных водах по железу в 1,2 раза; марганцу в 4,4 раза; фосфору фосфатов в 1,1 раза; ТКБ в 4 раза |
| Прочие (образовательные учреждения, транспортные компании) | Река Абашева, Новокузнецкий р-н; 5,7 км от устья | Превышение максимального содержания загрязняющих веществ в сточных водах по аммоний-иону в 4,45 раза; БПКполн. в 4,13 раза; взвешенным веществам в 3,89 раза; ХПК в 2,06 раза; железу в 13,9 раза; фосфору фосфатов в 3 раза; ХПК в 2,06 раза |
| | Река Горбуниха, Новокузнецк г; 7,2 км от устья | Превышение максимального содержания загрязняющих веществ в сточных водах по аммоний-иону в 1,08 раза; фосфатам (по Р) в 2,22 раза; БПКполн. в 2,17 раза; железу в 2,4 раза |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование образцов проб воды позволило выявить следующие приоритетные загрязнители для водных объектов Кемеровской об-

ласти – Кузбасса, а именно сульфаты, нитраты, железо, взвешенные вещества. На основании усредненных данных были составлены модельные растворы.

В ходе исследований рассмотрен физико-химический процесс – сорбция. Наибольшая сорбционная активность была отмечена у БАУ, однако стеклянный фильтрующий элемент показал себя как перспективный материал для сорбционной очистки сточных вод. Он отличается высокой механической прочностью, небольшой стоимостью и возможностью регенерации. Применение стеклянного фильтрующего элемента в качестве наполнителя сорбционной колонны позволяет снизить затраты на очистку и повысить ее эффективность.

В условиях стремительного загрязнения гидрологической сети Кузбасса актуальной задачей становится поиск и внедрение эффективных методов очистки сточных вод. Сорбционные технологии являются перспективным направлением, которое может внести значительный вклад в решение экологических проблем и развитие различных отраслей промышленности. Дальнейшие исследования и разработки в этой области позволят создавать новые, более эффективные и экологически чистые технологии. Однако при выборе метода очистки необходимо учитывать комплекс факторов, включая тип загрязняющих веществ, объем сточных вод, экологические и экономические ограничения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способы снижения воздействия горнодобывающей отрасли на водные экосистемы / А. К. Горелкина, И. В. Тимошук, Н. С. Голубева, О. В. Беляева, Е. С. Михайлова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2023. № 7. С. 64-75. DOI 10.25018/0236_1493_2023_7_0_64.
2. Корчагина Т. В. Метод оценки экологических показателей воздействия на окружающую среду в районах размещения угольных предприятий / Т. В. Корчагина, Ю. А. Степанов, Л. Н. Бурмин // Уголь. 2018. № 8(1109). С. 119-123. DOI 10.18796/0041-5790-2018-8-119-123.
3. Левакова И. В. Некоторые аспекты оценки экологического состояния Кемеровской области / И. В. Левакова, Э. А. Арустамов // Вестник евразийской науки. 2019. Т. 11, № 6. С. 35.
4. Куликова Е. Ю. Концептуальная модель минимизации риска загрязнения водных ресурсов Кемеровской области / Е. Ю. Куликова, Ю. А. Сергеева // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2020. № 6-1. С. 107-118. DOI 10.25018/0236-1493-2020-61-0-107-118.
5. Производственный контроль как составная часть мониторинга качества питьевой воды / И. О. Мясников, Ю. А. Новикова, О. С. Алентьева [и др.] // Здоровье населения и среда обитания - ЗНиСО. 2020. № 10(331). С. 9-14.
6. Хасанова А. А. Определение приоритетных химических веществ для контроля безопасности воды централизованных сетей водоснабжения / А. А. Хасанова, К. В. Четверкина, Н. И. Маркович // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 5. С. 428-435. DOI 10.47470/0016-9900-2021-100-5-428-435.
7. Progress in the Research of the Toxicity Effect

Mechanisms of Heavy Metals on Freshwater Organisms and Their Water Quality Criteria in China / Ya-jun Hong, Wei Liao, Zhen-fei Yan, Ying-chen Bai, Cheng-lian Feng, Zu-xin Xu, Da-yong Xu // Journal of Chemistry. 2020. DOI 10.1155/2020/9010348.

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. Иветич М. Снижение контаминации воды для обеспечения качества и безопасности продукции пищевых предприятий / М. Иветич, А. К. Горелкина // Техника и технология пищевых производств. 2020. Т. 50, № 3. С. 515-524. DOI 10.21603/2074-9414-2020-3-515-524.

10. Великий В. А., Федоров С. О. Государственное регулирование в сфере охраны водных ресурсов Кузбасса // Россия молодая: Сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 2022. С. 31607.1-31607.5.

11. Голубева Н. С., Гора Н. В., Ботанова А. А. Исследование возможности очистки водных объектов Кузбасса от железа // 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.

12. Способ очистки сточных вод: пат. 2755988 Рос. Федерации № 2021106095; заявл. 10.03.2021; опубл. 23.09.202.

13. Rajoria S. Treatment of electroplating industry wastewater: a review on the various techniques / S. Rajoria, M. Vashishtha, V. K. Sangal // Environmental Science and Pollution Research. 2022. DOI 10.1007/s11356-022-18643-y.

14. Rajoria S. Treatment of electroplating industry wastewater: a review on the various techniques / S. Rajoria, M. Vashishtha, V. K. Sangal // Environmental Science and Pollution Research. 2022. DOI 10.1007/s11356-022-18643-y.

15. Вайцель А. А. Механические методы очистки сточных вод // Наука, образование и культура. 2019. № 3(37). С. 13-14.

16. Истомина Е. Е., Алексеева Е. А. Применение сорбентов для очистки питьевой воды // Электронный научный журнал. 2019. № 3(25). С. 25-28.

17. Ashurova Sh., Amonova M. The use of natural adsorbents in wastewater treatment systems // Universum: технические науки. 2021. No. 3-4(84). P. 86-88.

18. Перспективы очистки оборотных и сточных вод химических предприятий природными сорбентами / Ж. В. у. Вахобов, Ф. Э. Умиров, И. А. Тагаев, Х. Б. у. Мажидов // Universum: технические науки. 2022. № 9-4(102). С. 56-61.

Информация об авторах

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

А. К. Горелкина – доктор технических наук, профессор кафедры техносферной безопасности

опасности Кемеровского государственного университета.

Т. А. Утробина - кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной безопасности Кемеровский государственный университет.

REFERENCES

- Gorelkina, A. K., Tymoshchuk, I. V., Golubeva, N. S., Belyaeva, O. V., Mikhailova E. S. (2023). Ways to reduce the impact of the mining industry on aquatic ecosystems. Mining information and Analytical bulletin (scientific and technical journal). No. 7. pp. 64-75. DOI 10.25018/0236_1493_2023_7_0_64.
- Korchagina, T. V., Stepanov, Yu. A., Burmin L. N. (2018). Method for assessing environmental impact indicators in areas where coal enterprises are located. Coal. No. 8 (1109). pp. 119-123. DOI 10.18796/0041-5790-2018-8-119-123.
- Levakova, I. V., Arustamov, E. A. (2019). Some aspects of the assessment of the ecological state of the Kemerovo region. Bulletin of Eurasian Science. Vol. 11, No. 6. P. 35.
- Kulikova, E. Yu., Sergeeva, Yu. A. (2020). Conceptual model of minimizing the risk of pollution of water resources of the Kemerovo region. Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal). No. 6-1. pp. 107-118. DOI 10.25018/0236-1493-2020-61-0-107-118.
- Myasnikov, I. O., Novikova, Yu. A., Alentyeva, O. S [et al.] (2020). Production control as an integral part of monitoring the quality of drinking water. Public health and habitat - ZNiSO. No. 10(331). pp. 9-14.
- Khasanova, A. A., Chetverkina, K. V., Markovich, N. I. (2021). Determination of priority chemicals for safety control waters of centralized water supply networks // Hygiene and sanitation. Vol. 100. No. 5. pp. 428-435. DOI 10.47470/0016-9900-2021-100-5-428-435.
- Ya-jun Hong, Wei Liao, Zhen-fei Yan, Ying-chen Bai, Cheng-lian Feng, Zu-xin Xu, Da-yong Xu (2020). Progress in the Research of the Toxicity Effect Mechanisms of Heavy Metals on Freshwater Organisms and Their Water Quality Criteria in China. Journal of Chemistry. 2020. DOI 10.1155/2020/9010348
- Mikshevich, N. V. Kovalchuk, L. A. (2020). Heavy metals and human environmental safety: (lead, mercury, cadmium). Yekaterinburg: Ural State Pedagogical University. 92 p.
- Ivetic, M, Gorelkina, A. K. (2020). Reduction of water contamination to ensure the quality and safety of food enterprises. Technique and technology of food production. Vol. 50, No. 3. pp. 515-524. DOI 10.21603/2074-9414-2020-3-515-524.
- Velikiy, V. A., Fedorov, S.O. (2022). State regu-

lation in the field of protection of Kuzbass water resources. Molodaya Rossiya: Collection of materials of the XIV All-Russian Scientific and practical conference with international participation. Kemerovo: Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev. pp. 31607.1-31607.5.

- Golubeva, N. S., Gora, N.V. Botanova, A.A. (2021). Investigation of the possibility of purification of Kuzbass water bodies from iron. Food innovations and biotechnologies: A collection of abstracts of the IX International Scientific Conference of students, postgraduates and young scientists within the framework of the III international Symposium "Innovations in food bio- technology. – Kemerovo: Kemerovo State University. pp. 203-204.
- Method of wastewater treatment: pat: 2755988 Russian Federation No. 2021106095; application no. 03/10/2021; publ. 09/23/202. (in Russ.).
- Rajoria, S., Vashishtha, M., Sangal, V. K. (2022). Treatment of electroplating industry wastewater: a review on the various techniques. Environmental Science and Pollution Research. DOI 10.1007/s11356-022-18643-y.
- Rajoria S. Vashishtha, M., Sangal, V. K. (2022). Treatment of electroplating industry wastewater: a review on the various techniques. Environmental Science and Pollution Research. DOI 10.1007/s11356-022-18643-y.
- Weitzel, A. A. (2019). Mechanical methods of wastewater treatment // Science, education and culture. No. 3(37). pp. 13-14.
- Istomina, E. E., Alekseeva, E. A. (2019). The use of sorbents for drinking water purification // Electronic scientific journal. No. 3(25). pp.25-28.
- Ashurova, Sh., Amonova, M. (2021). The use of natural adsorbents in wastewater treatment systems // Universum: technical sciences. No. 3-4(84). P. 86-88.
- Vakhobov, J. V. U., Umirov, F. E., Tagaev I. A., Mazhidov, H. B. U. (2022). Prospects for the purification of recycled and wastewater of chemical enterprises with natural sorbents // Universum: technical Sciences. No. 9-4(102). pp. 56-61.

Information about the authors

I. M. Ugarova is a post-graduate student, laboratory researcher at the "Youth Laboratory of Fundamental Research of Physico-Chemical Methods of Water Purification" of Kemerovo State University.

A. K. Gorelkina is a Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technosphere Safety of Kemerovo State University.

T. A. Utrobina - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technosphere Safety, Kemerovo State University.

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

Статья поступила в редакцию 25 мая 2024; одобрена после рецензирования 20 сентября 2024; принята к публикации 04 октября 2024.

The article was received by the editorial board on 25 May 2024; approved after editing on 20 Sep 2024; accepted for publication on 04 Oct 2024.