

# Сравнительная оценка содержания загрязняющих примесей в карьерных сточных водах угольных предприятий Кузбасса\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-4-69-73>

В настоящее время в ресурсоориентированных регионах значительно выражены серьезные экологические проблемы. За последние 50 лет территория Кузбасса – крупнейшего территориально-производственного комплекса Российской Федерации претерпела настолько сильное техногенное воздействие, что большую часть антропогенного ландшафта составляет горнопромышленный ландшафт с поверхностными водотоками, которые относятся преимущественно к 3 и 4 классам качества воды. Низкая санитарная надежность поверхностных водотоков Кемеровской области обусловлена в значительной степени сбросами сточных вод химических, металлургических предприятий, разрезов, ведущих разработку угля открытым способом. В работе представлена оценка качества поверхностных водотоков Кузбасса, приведен усредненный состав сточных вод угольных предприятий региона, представленный преимущественно взвешенными веществами, нефтепродуктами, нитрат- и нитрит-ионами, тяжелыми металлами и сульфат-ионами и даны рекомендации по результатам оценки.

**Ключевые слова:** Кузбасс, добыча угля открытым способом, карьерные сточные воды, мониторинг качества поверхностных водотоков.

**Для цитирования:** Сравнительная оценка содержания загрязняющих примесей в карьерных сточных водах угольных предприятий Кузбасса / А.Ю. Просеков, И.В. Тимошук, А.К. Горелкина и др. // Уголь. 2023. № 4. С. 69-73. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-4-69-73.

## ВВЕДЕНИЕ

Кемеровская область – Кузбасс является сердцем угольной промышленности Российской Федерации. Кузнецкий угольный бассейн, располагающийся между Салаирским кряжем, горными массивами Кузнецкого Алатау и хребтами Горной Шории, относится к одному из крупнейших угольных месторождений планеты с общей площадью угленосных отложений около 26700 км<sup>2</sup>, что составляет 28% от площади Кузбасса, с общими запасами каменного угля более 500 млрд т.

Интенсивное развитие угледобывающей отрасли за последние 50 лет привело к повсеместным трансформациям антропогенного характера, повлек-

\* 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 № 1144-р.

## ПРОСЕКОВ А.Ю.

Доктор техн. наук, доктор биол. наук, член-корр. РАН, ректор КемГУ, 650000, г. Кемерово, Россия, e-mail: rector@kemsu.ru

## ТИМОШУК И.В.

Доктор техн. наук, профессор кафедры техносферной безопасности КемГУ, 650000, г. Кемерово, Россия, e-mail: irina\_190978@mail.ru

## ГОРЕЛКИНА А.К.

Доктор техн. наук, профессор кафедры техносферной безопасности КемГУ, 650000, г. Кемерово, Россия, e-mail: alengora@yandex.ru

## МИХАЙЛОВА Е.С.

Канд. хим. наук, начальник управления по реализации КНТП КемГУ, 650000, г. Кемерово, Россия, e-mail: e\_s\_mihaylova@mail.ru

## ГОЛУБЕВА Н.С.

Канд. техн. наук, доцент кафедры техносферной безопасности КемГУ, 650000, г. Кемерово, Россия, e-mail: golnadya@yandex.ru

## ИВАНОВА Л.А.

Канд. техн. наук, доцент кафедры техносферной безопасности КемГУ, 650000, г. Кемерово, Россия, e-mail: lyuda\_ivan@mail.ru

шим деградацию природных ландшафтов и недр, преобразованию и перемещению значительных массивов почвенного покрова, разрушению литологической основы вследствие непрерывного расширения зон добычи угля, характерному для всех районов интенсивной открытой и подземной угледобычи.

Добыча угля открытым способом сопровождается регрессом и отчуждением поверхностного слоя не только на территориях разрезов, но и на прилегающих природных ландшафтах. В экосистемах нарушаются геохимические миграции элементов, в том числе в биогеохимический круговорот включаются значительные количества токсичных примесей. Существуют риски переноса контаминантов вместе с частицами пыли, сдуваемой ветрами с отвалов вскрышных пород. Велика вероятность химического загрязнения почв вследствие взаимосвязанных и взаимозависимых природных явлений, таких как перемещения водных и воздушных миграционных потоков в биосфере [1, 2].

Ранее выполненные научно-исследовательские работы (агрохимический и санитарно-эпидемиологический анализ почв техногенно нарушенных территорий Кузбасса) Лабораторией фиторемедиации техногенно нарушенных экосистем КемГУ в рамках государственного задания Минобрнауки России [3] показали, что на разрезах, ведущих открытую разработку угля, содержание соединений подвижных форм алюминия, серы, бора, фтора и валовое содержание меди, ртути, цинка, марганца, бензапирена в поверхностном слое почв находится в пределах нормы, однако содержание подвижных форм фосфора и валового содержания мышьяка и никеля превышает установленные нормы в 1,1-3,4 раза.

Кроме техногенного воздействия на литосферные горизонты в процессе угледобычи и переработки угля наблюдается значительное негативное интегрированное воздействие на гидросферу: изменение водного режима техногенно нарушенных территорий, положения подземных вод и гидрографической сети, нарушение природного гидрологического режима поверхностных водотоков, загрязнение последних контаминантами органической и минеральной природы [4, 5]. К сточным водам, образующимся на территории угольных разрезов относят карьерные или шахтные; хозяйственно-бытовые сточные воды и поверхностные стоки с территорий (дождевые и талые). Объемы карьерных вод зависят от климатической зоны, геологической структуры в месте закладки шахты и других условий и составляют от 15 до 3500 м<sup>3</sup>/ч. Большая часть разрезов Кузбасса относится к значительно обводненным (более 1000 м<sup>3</sup>/ч) [6].

На сегодняшний день в регионе работают 96 предприятий угледобычи. Крупнейшие угольные компании, занимающиеся разведкой, добычей, обогащением и реализацией каменного угля: АО «СУЭК», ПАО «Мечел», ООО «УК «Сибантрацит», АО «УК «Кузбассразрезуголь», АО ХК «СДС-Уголь», ПАО «Распадская угольная компания», ООО «Ресурс», АО «Стройсервис», АО «Кузбасская Топливная Компания» стремятся минимизировать экологическую нагрузку на биосферу, в том числе внедряя на действующих угольных разрезах инновационные технологии очистки сточных вод [7].

В настоящей работе предпринята попытка оценить качество поверхностных водотоков Кузбасса, состав сточ-

ных вод угольных предприятий и дать рекомендации по результатам оценки.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основная техногенная нагрузка на гидрологическую сеть Кемеровской области создается за счет организованного сброса сточных вод. На качественный состав р. Томи влияют и ее основные притоки, в том числе реки Аба и Ускат, в которые производят сброс стоков предприятия ЖКХ и другие промышленные комплексы. В бассейнах этих рек развиты добыча угля и его переработка. В бассейнах притоков рек Иня, Малый Бачат и Большой Бачат также развита добыча полезных ископаемых.

Согласно данным Докладов о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области – Кузбасса за 2020-2021 года, размещенным на официальном интернет-портале Министерства природных ресурсов и экологии Кузбасса, к наиболее загрязненным рекам относятся следующие: Томь, Ускат, Аба, Кондома, Уса, Иня, Малый и Большой Бачат.

Главная водная артерия Кузбасса – река Томь. Отмечено, что в 2021 году качество воды в районе г. Новокузнецка (с. Славино) соответствовало классу 3«Б», «очень загрязненная»; в 2020 г. – классу качества 3«А», «загрязненная». В створе ниже г. Новокузнецка (с. Славино) значительная контаминация обусловлена летучими фенолами, нитритным и аммонийным азотом, железом, зарегистрировано превышение содержания фенолов в четыре раза; железа в 6,5 раза; азота аммонийного в четыре раза; азота нитритного в шесть раз. Качество воды реки Томи в створах выше г. Кемерово и ниже (д. Верхотомка) характеризовалось классом качества 2, «слабозагрязненная» в 2021 г., в 2020 г. – «условно чистая», класс качества 1 с превышением среднегодовой концентрации железа в 2,2-2,6 раза, а в разовых пробах – в 7,4-7,8 раза.

Качество воды в реке Ускат в 2020 г. соответствовало классу качества воды 4 «Б», «грязная», в 2021 году – класс качества воды 3«Б», «очень загрязненная». Отмечено среднегодовое превышение ПДК за исследуемый период: фенолов – в 7,5 раза, азота аммонийного – в четыре раза, азота нитритного – в 2,4 раза, марганца – в 1,5 раза, железа – в 1,1 раза. Кроме того, 27 октября 2020 г. зарегистрировано три случая экстремально высоких уровня загрязнения и три случая высокого загрязнения в разовых пробах в реке Ускат: фенолы – 31 ПДК, азот нитритный – 74 ПДК; азот аммонийный – 14 ПДК.

Качество воды в реке Аба (ниже г. Прокопьевска) характеризовалось классом качества воды 4 «А», «грязная». Среднегодовые концентрации контаминантов, превысивших нормативы качества, составили для азота нитритного 3-5 ПДК; марганца – 6,7-7 ПДК; железа общего – 2,1-3,7 ПДК; фенолов – 2 ПДК; нефтепродуктов – 1,1-1,9 ПДК.

Качество воды в реке Кондома (г. Таштагол, в черте г. Новокузнецка и выше/ниже г. Осинники) за исследуемый период не изменилось. Вода характеризуется классом качества 3 «А», «загрязненная». Отмечены среднегодовые концентрации: марганца – 1,5-2,5 ПДК; железа общего – 3,5-4,2 ПДК.

Качество воды в реке Уса (выше г. Междуреченска) соответствовало классу качества 3«А», «загрязненная», в реке Уса (ниже г. Междуреченска) – класс качества 2, «слабоза-

грязненная». Контаминация воды обусловлена присутствием железа (1,2-1,7 ПДК) и марганца (2,8 ПДК).

Качество воды в реке Иня (выше/ниже г. Ленинска-Кузнецкого) отнесено к классу качества 3«Б», «очень загрязненная», среднегодовые концентрации железа составили 1,9-2,1 ПДК, марганца – 1,9 ПДК.

Качество воды в реке Большой Бачат (выше г. Белово) в 2021 г. соответствовало классу качества 4«А», «грязная», в 2020 г. – классу качества 3«Б», «очень загрязненная»: отмечено превышение среднегодовых концентраций: цинка – в два раза; марганца – в три раза; железа – в 2,3 раза, меди – в 1,4 раза. Качество воды в реке Большой Бачат (ниже г. Белово) в 2021 г. не изменилось (класс качества 3«Б» – «очень загрязненная»): отмечено превышение среднегодовых концентраций: цинка – семь раз; марганца – в 6,5 раз; железа – в 1,8 раза, меди – в 1,9 раз.

Качество воды в реке Малый Бачат (выше г. Гурьевска) – класс качества 4«А», «грязная», обусловлен присутствием в воде: марганца – 6,5 ПДК; цинка – 7,1 ПДК; железа – 1,8 ПДК, меди – 1,9 ПДК. Качество воды в реке Малый Бачат (ниже г. Гурьевска) – класс качества 4«А», «грязная», обусловлен присутствием в воде: марганца – 4,4 ПДК; цинка – 4,1 ПДК; железа – 2,1 ПДК, меди – 2,1 ПДК [8].

Значительный вклад в контаминацию поверхностных источников Кемеровской области вносят сточные воды фармацевтических, химических, металлургических предприятий, разрезов, осуществляющих открытую разработку угольных месторождений. При открытой угледобыче к приоритетным загрязняющим примесям сточных вод относятся взвешенные вещества, нефтепродукты, тяжелые металлы, нитрит-, нитрат-ионы и сульфат-ионы. В рамках реализации комплексной научно-технической программы проанализирован состав загрязнений на территории разрезов с различной локализацией, обозначены источники загрязнений и их характер.

Повышенное содержание сульфат-ионов (до 8 ПДК) можно объяснить тем, что они могут вымываться из горных пород и искусственно в стоки не привносятся.

Превышение ПДК по содержанию ионов железа (до 12 ПДК) связано с геохимическими особенностями водовмещающих пород, нарушаемых в технологическом процессе угледобычи.

Причинами присутствия в воде взвешенных веществ, нитрит- и нитрат-ионов являются технические факторы: возможное распыление мелкодисперсных минеральных фракций при транспортировании, проведение погрузочно-разгрузочных и взрывных работ на территории карьеров. Поступление в дренажные воды карьера ионов аммония и нитрата (до 8 и 2 ПДК соответственно) связано с растворением и вымыванием нитрата аммония при зарядке обводненных скважин [9, 10]. Контаминация дренажных вод нитритным азотом (до 9 ПДК) обусловлена сорбцией горной массой оксидов азота, которые образуются при взрывах с последующим вымыванием их атмосферными осадками, что в результате приводит к поступлению образующихся ионов нитрита и нитрата в дренажные воды.

Превышение по ионам марганца (до 10 ПДК) связано с наличием этого элемента во вскрышных породах, которые содержат двуокись марганца ( $MnO_2$ ).

Содержание цинка в сточных карьерных водах (до 4 ПДК) можно объяснить процессом миграции и накопления микроэлементов в сточных водах в большей мере ионнообменной сорбцией  $Zn^{2+}$  глинистыми образованиями вскрышных пород.

Основными источниками загрязнения сточных вод нефтепродуктами (до 4 ПДК) на угольных предприятиях являются: утечки нефтепродуктов в ходе работы техники и механизмов; мойка, загрязненных деталей в ремонтно-механических мастерских; попадание в стоки воды, используемой для охлаждения различных машин и механизмов; аварии в ходе транспортировки горюче-смазочных материалов; загрязнения, появляющиеся в ходе производственно-бытовой деятельности.

С целью минимизации экологической нагрузки в настоящее время на предприятиях Кемеровской области активно ведется работа по внедрению новейших высокоэкологических технологий очистки сточных вод. Очистные сооружения запущены на шахте им. Рубана АО «СУЭК-Кузбасс», на разрезе «Виноградовский» АО «Кузбасская Топливная Компания», на Талдинском угольном разрезе АО «УК «Кузбассразрезуголь» и др. [11, 12, 13, 14].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно ежегодным мониторинговым отчетам качество поверхностных водотоков Кузбасса характеризуется 3 и 4 классом качества воды: «загрязненная» и «очень загрязненная».

На предприятиях по угледобыче Кузбасса, ведущих разработку угля открытым способом, действующие очистные сооружения соответствуют базовой очистке сточных вод при добыче угля открытым способом (НДТ № 15 ИТС-37 – 2017 «Добыча и обогащение угля»). Данная НДТ предполагает обязательное наличие следующих установок: шахтные водосборники или зумпфы для предварительного отстаивания воды; пруды-отстойники или иные устройства и сооружения для осветления воды. В случае, если указанных установок недостаточно для снижения концентрации загрязняющих веществ до уровней ПДК, рекомендовано дополнять их искусственными фильтрующими массивами. В технологии очистки карьерных сточных вод предприятий по добыче угля открытым способом также рекомендовано включать применение следующих методов: для удаления сульфат-, нитрат-, нитрит-, хлорид-ионов, солей жесткости используют реагентный метод, биологический способ, ионный обмен и обратный осмос; нефтепродуктов – коагуляцию, флотацию; тяжелых металлов – фильтрование, ионный обмен, сорбцию. Технологическая схема очистки для конкретного предприятия угледобычи может быть предложена на основании результатов технологических исследований с учетом состава и объемов стоков.

## Список литературы

1. Системный анализ параметров устойчивого развития угледобывающего региона в свете нарастания экологических проблем (На примере Кемеровской области – Кузбасса) / А.А. Хорешок, Н.В. Кудреватых, О.Б. Шевелева и др. // Устойчивое развитие горных территорий. 2021. Т. 13. № 4. С. 505-517. DOI: 10.21177/1998-4502-2021-13-4-505-517.

2. Dyshlyuk L., Asyakina L., Prosekov A. Reclamation of Post-Technological Landscapes: International Experience // *Food Processing: Techniques and Technology*. 2021. Vol. 51. No 4. P. 805-818. DOI: <http://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-805-818>.
3. Осинцева М.А., Милентьева И.С., Голубцова Ю.В. Физико-химический анализ почвенного покрова техногенно нарушенных территорий Кузбасса // *Устойчивое развитие горных территорий*. 2022. Т. 14. № 2. С. 252–262. DOI: 10.21177/1998-4502-2022-14-2-252-262.
4. Бондарев Н.С., Бондарева Г.С. Система оценки возможности включения в хозяйственный оборот нарушенных промышленностью земель // *Уголь*. 2023. № 2. С. 60–64. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-2-60-64.
5. How to tackle the stringent sulfate removal requirements in mine water treatment – A review of potential methods / H. Runtti, E.T. Tolonen, S. Tuomikoski et al. // *Environmental Research*. 2018. Vol. 167. P. 207-222. DOI: 10.1016/j.envres.2018.07.018.
6. Пилипенко А.Т., Горонковский И.Т., Гребенюк В.Д. Комплексная переработка шахтных вод. Киев: Техника, 1985. 183 с.
7. The use of semi-coke for phenol removal from aqueous solutions / T.A. Krasnova, N.V. Gora, O.V. Belyaeva et al. // *Carbon Letters*. 2021. No 31. P. 1023–1032. DOI: 10.1007/s42823-020-00216-z.
8. Кутявина Т.И., Ашихмина Т.Я. Современное состояние и проблемы мониторинга поверхностных водных объектов в России (обзор) // *Теоретическая и прикладная экология*. 2021. № 2. С. 13-21. DOI: 10.25750/1995-4301-2021-2-013-021.
9. Куликова А.А., Сергеева Ю.А., Овчинникова Т.И., Хабарова Е.И. Формирование шахтных вод и анализ способов их очистки // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2020. № 7. С. 135-145. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-7-0-135-145.
10. Gubina N.A., Ylesin M.A., Karmanovskaya N.V. Ways to increase the productivity and quality of mine water treatment // *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2018. Vol. 9. No 3. P. 423-427. DOI: 10.14505/jemt.v9.3(27).03.
11. Мынка А.А., Лобанова Д.М. Технология очистки шахтных вод на шахтах «Березовская», «Первомайская» ОАО «Угольная компания «Северный Кузбасс» / Сборник материалов III Молодежного Экологического Форума, Кемерово, 06–08 октября 2015 года. Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2015. С. 48.
12. Очистка карьерных сточных вод угольного предприятия в регионах с повышенной антропогенной нагрузкой / Л.А. Иванова, И.В. Тимошук, А.К. Горелкина и др. // *Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности*. 2022. № 4. С. 107-114. DOI: 10.25558/VOSTNII.2022.60.11.012.
13. Characterization of two nanofiltration membranes for the separation of ions from acid mine water / O. Agboola, T. Mokrani, E.R. Sadiku et al. // *Mine Water Environ*. 2017. No 36. P. 401-408.
14. Sulphate removal from mine water with chemical, biological and membrane technologies / P. Kinnunen, H. Kyllönen, T. Kaartinen et al. // *Water Sci. Technol*. 2017. No 1. P. 194-205.

## Original Paper

## ECOLOGY

UDC 628.3 © A.Yu. Prosekov, I.V. Timoshchuk, A.K. Gorelkina, E.S. Mikhaylova, N.S. Golubeva, L.A. Ivanova, 2023  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 4, pp. 69-73  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-4-69-73>

## Title

## COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE CONTENT OF POLLUTANTS IN QUARRY WASTEWATER OF KUZBASS COAL ENTERPRISES

## Authors

Prosekov A.Yu.<sup>1</sup>, Timoshchuk I.V.<sup>1</sup>, Gorelkina A.K.<sup>1</sup>, Mikhaylova E.S.<sup>1</sup>, Golubeva N.S.<sup>1</sup>, Ivanova L.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation

## Authors Information

**Prosekov A.Yu.**, Doctor of Engineering Sciences, Doctor of Biological Sciences, Corresponding member of the RAS, Rector, e-mail: [rector@kemsu.ru](mailto:rector@kemsu.ru)

**Timoshchuk I.V.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Department of Technosphere safety, e-mail: [irina\\_190978@mail.ru](mailto:irina_190978@mail.ru)

**Gorelkina A.K.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Department of Technosphere safety, e-mail: [alengora@yandex.ru](mailto:alengora@yandex.ru)

**Mikhaylova E.S.**, PhD (Chemistry), Head of the Department for the implementation of a CSTP, e-mail: [e\\_s\\_mihaylova@mail.ru](mailto:e_s_mihaylova@mail.ru)

**Golubeva N.S.**, PhD (Engineering), Associate Professor, Department of Technosphere safety, e-mail: [golnadya@yandex.ru](mailto:golnadya@yandex.ru)

**Ivanova L.A.**, PhD (Engineering), Associate Professor, Department of Technosphere safety, e-mail: [lyuda\\_ivan@mail.ru](mailto:lyuda_ivan@mail.ru)

## Abstract

Currently, serious environmental problems are significantly expressed in resource-oriented regions. Over the past 50 years, the territory of Kuzbass, the largest territorial and industrial complex of the Russian Federation, has undergone such a strong technogenic impact that most of the anthropogenic landscape is a mining landscape with surface watercourses, which belong mainly to the 3rd and 4th classes of water quality. The low sanitary reliability of surface watercourses of the Kemerovo region is due to the discharge of insufficiently treated wastewater from chemical, metallurgical enterprises, open-pit coal mines. The paper presents an assessment of the quality of surface watercourses of Kuzbass, provides an average composition of wastewater from coal enterprises in the region, represented mainly

by suspended substances, petroleum products, nitrite-nitrate group ions, heavy metals and sulfates) and gives recommendations on the results of the assessment.

## Keywords

Kuzbass, Open-pit coal mining, Quarry wastewater, Monitoring the quality of surface watercourses.

## References

1. Khoreshok A.A., Kudrevatykh N.V., Sheveleva O.B. & Slesarenko E.V. System analysis of sustainable development parameters of a coal-mining region with regard to the growing environmental challenges (as exemplified by the Kemerovo Oblast – Kuzbass). *Ustojchivoe razvitie gornyh territorij*, 2021, Vol. 13 (4), pp. 505-517. (In Russ.). DOI: 10.21177/1998-4502-2021-13-4-505-517.
2. Dyshlyuk L., Asyakina L. & Prosekov A. Reclamation of Post-Technological Landscapes: International Experience. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2021, Vol. 51, (4), pp. 805-818. DOI: <http://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-805-818>.
3. Osintseva M.A., Milentyeva I.S. & Golubtsova Yu.V. Physical and chemical analysis of the soil cover from anthropogenically disturbed territories of Kuzbass. *Ustojchivoe razvitie gornyh territorij*, 2022, Vol. 14 (2), pp. 252-262. (In Russ.). DOI: 10.21177/1998-4502-2022-14-2-252-262.
4. Bondarev N.S. & Bondareva G.S. A system for assessing the possibility of including lands disturbed by industry in economic turnover. *Ugol'*, 2023, (2), pp. 60-64. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-2-60-64.
5. Runtti H., Tolonen E.T., Tuomikoski S., Lassi U. & Luukkonen T. How to tackle the stringent sulfate removal requirements in mine water treatment – A re-

view of potential methods. *Environmental Research*, 2018, (167), pp. 207-222. DOI: 10.1016/j.envres.2018.07.018.

6. Pilipenko A.T., Goronovsky I.T. & Grebenyuk V.D. Complex processing of mine waters. Kiev, Technika Publ., 1985, 183 p. (In Russ.).

7. Krasnova T.A., Gora N.V., Belyaeva O.V., Gorelkina A.K., Golubeva N.S. & Timoshchuk I.V. The use of semi-coke for phenol removal from aqueous solutions. *Carbon Letters*, 2021, (31), pp. 1023-1032. DOI:10.1007/s42823-020-00216-z.

8. Kutyavina T.I. & Ashikhmina T.Ya. Current state and challenges of monitoring the surface water bodies in Russia (an overview). *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*, 2021, (2), pp. 13-21. (In Russ.). DOI: 10.25750/1995-4301-2021-2-013-021.

9. Kulikova A.A., Sergeeva Yu.A., Ovchinnikova T.I. & Khabarova E.I. Formation of mine waters and analysis of their treatment methods. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*, 2020, (7), pp. 135-145. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2020-7-0-135-145.

10. Gubina N.A., Ylesin M.A., Karmanovskaya N.V. Ways to increase the productivity and quality of mine water treatment // *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2018. Vol. 9. No 3. P. 423-427. DOI: 10.14505/jemt.v9.3(27).03.

11. Mynka A.A. & Lobanova D.M. Technology of mine water treatment at the Berezovskaya and Pervomaiskaya mines of the Northern Kuzbass Coal Company. Proceedings of the III Youth Environmental Forum, Kemerovo, October 06-08, 2015. Kemerovo, Gorbachev Kuzbass State Technical University, 2015, pp. 48. (In Russ.).

12. Ivanova L.A., Timoshchuk I.V., Gorelkina A.K., Golubeva N.S., Belyaeva O.V. & Rodionova A. Treatment of coal mine wastewater in regions with high anthropogenic load. *Vestnik Nauchnogo centra VostNIi po promyshlennoj i ekologicheskoy bezopasnosti*, 2022, (4), pp. 107-114. (In Russ.). DOI: 10.25558/VOST-NII.2022.60.11.012.

13. Agboola O., Mokrani T., Sadiku E.R., Kolesnikov A., Olukunle O.I. & Maree J.P. Characterization of two nanofiltration membranes for the separation of ions from acid mine water. *Mine Water Environ*, 2017, (36), pp. 401-408. <https://doi.org/10.1007/s10230-016-0427-z>.

14. Kinnunen P., Kyllönen H., Kaartinen T., Mäkinen J., Heikkinen J. & Miettinen V. Sulphate removal from mine water with chemical, biological and membrane technologies. *Water Sci. Technol.*, 2017, (1), pp. 194-205.

#### 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.

#### For citation

Prosekov A.Yu., Timoshchuk I.V., Gorelkina A.K., Mikhaylova E.S., Golubeva N.S. & Ivanova L.A. Comparative assessment of the content of pollutants in quarry wastewater of Kuzbass coal enterprises. *Ugol'*, 2023, (4), pp. 69-73. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-4-69-73.

#### Paper info

Received February 22, 2023

Reviewed February 28, 2023

Accepted March 27, 2023

Оригинальная статья

УДК 622.882 © С.П. Якуцени, А.В. Федаш, Чинь Куок Винь, 2023

# Оценка возможностей естественной рекультивации земель, загрязненных потенциально токсичными элементами углеводородного сырья

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-4-73-78>

Статья посвящена оценке возможностей естественной рекультивации земель, загрязненных потенциально токсичными элементами в результате добычи и переработки углеводородного сырья. Авторами выполнен сравнительный анализ подходов к оценке возможности естественной рекультивации земель, пораженных в процессах добычи, переработки и использования углеводородов; исследована информация о естественном геохимическом фоне почв, в том числе о содержании потенциально токсичных элементов (ПТЭ) в естественных почвах; рассмотрены процессы естественной рекультивации почв в различных ландшафтах, при различном составе почв и в зависимости от технологий добычи углеводородного сырья. В статье на основе геоэкологии

#### ЯКУЦЕНИ С.П.

Канд. геол.-минер. наук, доцент кафедры геоэкологии РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 119991, г. Москва, Россия, e-mail: spyakutseni@gmail.com

#### ФЕДАШ А.В.

Доктор техн. наук, заведующий кафедрой геоэкологии РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 119991, г. Москва, Россия, e-mail: Fedash.AV@yandex.ru

#### ЧИНЬ КУОК ВИНЬ

Аспирант кафедры геоэкологии РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 119991, г. Москва, Россия, e-mail: vinhtq95@gmail.com