

УДК 504.5 : 622.33 : 556.1+556.3 : 543.3(571.17)

**ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
НА КАЧЕСТВО ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД
(НА ПРИМЕРЕ РАЗРЕЗА ПЕРМЯКОВСКИЙ, КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

© 2025 С.Л. Лузянин¹, Д.В. Катенович², М.О. Осипова¹, О.А. Неверова¹

¹ Кемеровский государственный университет, Россия

² ООО «Разрез Пермьяковский», пгт. Инской, Кемеровская область, , Россия

Статья поступила в редакцию 10.04.2025

Оценка антропогенного воздействия угледобычи на качество водных ресурсов важна для экологической безопасности и устойчивого развития регионов с горнодобывающими предприятиями. В условиях роста техногенного давления и ужесточения природоохранных требований разработка подходов к мониторингу и снижению негативных последствий становится особенно актуальной. Цель исследования – анализ влияния открытой добычи угля на разрезе «Пермьяковский» (Кемеровская область) на состояние водных объектов и разработка рекомендаций по минимизации воздействия на подземные и поверхностные воды. В статье представлены результаты мониторинга качества водных ресурсов в районе деятельности угольного разреза за 2022–2024 годы. Рассмотрены концентрации тяжелых металлов, нефтепродуктов, нитратов, сульфатов, хлоридов, показатели БПК, ХПК, сухого остатка и взвешенных веществ. Сточные воды разреза в целом соответствуют нормативам, очистные сооружения эффективно удаляют нефтепродукты, фосфаты и взвешенные вещества, но менее успешно справляются с сульфатами, хлоридами, железом и нитратами, что требует модернизации. Мониторинг подземных вод показал небольшой рост минерализации и содержания азотистых соединений, хотя качество воды остается удовлетворительным, пригодным для питья. Рекомендации включают улучшение систем водоотвода и очистки, мониторинг реки Иня и контроль сточных вод по химическим и токсикологическим показателям. Предложенные меры направлены на снижение техногенной нагрузки и обеспечение экологического баланса в Кузбассе, способствуя устойчивому развитию региона.

Ключевые слова: угледобыча, Кемеровская область - Кузбасс, подземные воды, поверхностные воды, экологический мониторинг, устойчивое развитие.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-3-206-216

EDN: SITWUT

1. ВВЕДЕНИЕ

Угледобывающая промышленность занимает одно из центральных мест в мировой экономике, обеспечивая значительную долю энергетических ресурсов. Однако ее развитие неизбежно связано с антропогенным воздействием на окружающую среду, в частности на качество подземных и поверхностных вод. В условиях глобального роста экологической осведомленности и ужесточения природоохранных требований оценка влияния угледобычи на водные ресурсы становится ключевой задачей для обеспечения устойчивого развития [1, 2].

Водные объекты, будучи важнейшим компонентом экосистем, подвергаются значительным изменениям под воздействием техногенных процессов. В этой связи изучение и мониторинг качества вод в районах угледобычи приобретают особую актуальность [3].

Исследования последних лет подчеркивают многогранность проблемы загрязнения водных ресурсов в угледобывающих регионах. Первостепенной глобальной проблемой является загрязнение поверхностных и подземных вод токсичными веществами, например, тяжелыми металлами (ртуть, свинец, кадмий, мышьяк), фенолами, нефтепродуктами и др. [4–6]. Особенно опасен кислотный дренаж, возникающий при окислении сульфидов в угольных отвалах, который резко снижает pH воды [7]. Эти вещества загрязняют водоемы и подземные воды, ухудшая их качество и делая непригодными для питьевого и хозяйственного использования.

Лузянин Сергей Леонидович, доктор биологических наук, доцент, директор института биологии, экологии и природных ресурсов. E-mail: sl_luzyanin@mail.ru

Катенович Даниил Владимирович, начальник отдела охраны окружающей среды. E-mail: dkatenovich@bk.ru

Осипова Мария Олеговна, кандидат технических наук, доцент кафедры экологии и природопользования. E-mail: masha-dlinina@rambler.ru

E-mail: masha-dlinina@rambler.ru

Неверова Ольга Александровна, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и природопользования. E-mail: nev11@yandex.ru

Значительное внимание уделяется исследованию нарушения гидрологического режима в результате угледобычи [8]. Открытые карьеры и шахты часто требуют откачки подземных вод для осушения рабочей зоны. Это приводит к снижению уровня грунтовых вод, истощению источников и пересыханию малых рек. Кроме того, поверхностная добыча угля изменяет рельеф местности, что приводит к изменению направлений стока вод. Это способствует изменению водосборных бассейнов, увеличению поверхностного стока и снижению инфильтрации [9]. В свою очередь, изменение водного баланса может вызывать деградацию экосистем, зависящих от стабильного водоснабжения [1].

Другой ключевой проблемой при разработке полезных ископаемых является эрозия почв и последующее заиливание водоемов. Эти процессы ведут к деградации водных экосистем, ухудшению качества воды и сокращению биоразнообразия. Эрозия почв возникает в результате механического разрушения поверхности земли при разработке угольных карьеров и подземных шахт [10]. Заиливание водоемов происходит вследствие переноса эродированных частиц в водные объекты, что приводит, в частности, к снижению глубины водоемов и уменьшению их водоудерживающей способности, а также ухудшению качества воды из-за увеличения содержания взвешенных веществ и тяжелых металлов [11].

Вопрос оценки воздействия добычи каменного угля на качество подземных и поверхностных вод приобретает особую значимость для регионов с высокой концентрацией угледобывающих предприятий, таких как Кемеровская область – Кузбасс. Здесь расположен Кузнецкий угольный бассейн, который считается одним из крупнейших угольных месторождений в мире. На территории Кузбасса действует более 90 угольных предприятий суммарно добывающие свыше 190 млн т каменного угля [12, 13]. На территории региона сосредоточены крупные запасы как подземных, так и поверхностных вод, что создает благоприятные условия для развития промышленности и других экономических отраслей [14]. Более 60 % территории региона относится к бассейну реки Томь, испытывающему значительную техногенную нагрузку. Ежедневный сброс шахтных и карьерных вод превышает 1 млн м³, что приводит к загрязнению как поверхностных, так и подземных вод [15]. Ухудшение их качества угрожает водоснабжению населения и устойчивости экосистем, что делает разработку мер по снижению антропогенного воздействия критически важной задачей.

Настоящее исследование посвящено анализу влияния угледобычи открытым способом на качество водных ресурсов, на примере разреза Пермьяковский.

2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Разрез «Пермьяковский» расположен в Беловском муниципальном округе Кемеровской области, действует с октября 2002 года. Предприятие ведет добычу энергетического угля марки Д, ДГ и Г на Караканском и Соколовском каменноугольных месторождениях. Предприятие оснащено собственным углеперерабатывающим комплексом с производственной мощностью до 2 млн т сортовых углей в год.

В непосредственной близости от участков изысканий разреза располагаются различные водные объекты, включая реки, водохранилища и небольшие старицы. Наиболее значимым водотоком в данной местности является река Иня с ее притоками, входящими в бассейн реки Обь. Среди водоемов выделяется Беловское водохранилище, а также несколько мелких стариц, характерных для пойменных территорий.

Согласно данным Доклада о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области – Кузбасса за 2023 год [15], качество воды в указанных водных объектах оценивается как «загрязненное» и относится к классу 3А. Это свидетельствует о наличии в воде примесей и загрязняющих веществ, что может указывать на антропогенное воздействие и необходимость проведения мероприятий по мониторингу и охране водных ресурсов.

Во исполнении Федеральных законов № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» и № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», на предприятии утверждены: программа производственного экологического контроля и программа мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды на территории объектов размещения отходов и в пределах их воздействия на окружающую среду. В рамках данных нормативных документов проводится ежегодный мониторинг воздействия на окружающую среду и в частности на водные объекты.

Вблизи разреза «Пермьяковский» расположены населенные пункты – с. Евтино и с. Каракан. Для обеспечения населения качественной питьевой водой предприятие дважды в год осуществляет мониторинг качества подземных вод. Для этого на предприятии организована сеть гидронаблюдательных скважин, состоящая из четырех точек отбора (№ 9, № 5(6), № 8 и № 2РЭС). По геоструктурному положению Беловский муниципальный округ относится к Кузнецкому бассейну пластово-блоковых вод. Глубина скважин, в которых проводится мониторинг составляет 80 м. На такой глубине водоносная зона относится к средне-верхнепермским угленосно-терригенным пород ерунаковской

подсерии. Водовмещающие породы представлены чередующимися средне-мелкозернистыми песчаниками, алевролитами, реже углистыми аргиллитами, каменными углями. Наиболее обводнены отложения в верхней трещиноватой зоне, развитой до глубины 100–150 м, где выделяется от 2 до 5 водоносных зон. Наибольшей обводненностью характеризуется трещиноватые песчаники и пласты углей. Менее обводнены алевролиты и аргиллиты. Статические уровни устанавливаются на глубинах +5,0–40,0 м. подземные воды преимущественно напорные. Величина напора достигает 45–80 м. На водоразделах воды либо безнапорные, либо слабонапорные.

Из скважины № 2РЭС осуществляется добыча подземных вод для обеспечения хозяйственно-бытовых нужд предприятия. Добыча ведется на основании лицензии КЕМ 42241 ВЭ от 23.07.2018 г., выданной Департаментом природных ресурсов и экологии Кемеровской области (максимальная добыча может составлять до 35,769 тыс. м³/год). Остальные скважины обеспечивают «пункты наблюдения» за состоянием, уровнем и качеством подземных вод.



Рис. 1. Схема земельного отвода разреза Пермяковский:
9, 5(6), 8, 2РЭС – гидронаблюдательные скважины, 1 – сброс № 1 в реку Иню,
2 – точка отбора проб воды (500 м выше сброса), 3 – точка отбора проб воды (500 м ниже сброса)

Исследование поверхностных и сточных карьерных вод проводится ежемесячно – 36 проб в год, что позволяет учитывать сезонные колебания качества вод, связанные с изменением осадков, температуры и интенсивности водопритока. Мониторинг органолептических и обобщенных свойств, а также химического состава подземных вод осуществляется из каждой скважины с периодичностью 2 раза в год. Процедура отбора проб и водоподготовки осуществляется согласно ГОСТ Р 59024-2020, который устанавливает требования к точечному отбору проб, их транспортировке и хранению. Отбор проводится вручную с использованием стерильных контейнеров, а время от отбора до анализа не превышает 24 часов для сохранения достоверности результатов. Физико-химический анализ проб выполняется в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Сибирскому федеральному округу» (аттестат аккредитации № Ra.RU.511566 от 30.08.2017 г.) с применением современных приборов: спектрофотометра UNICO 2800 для определения концентраций металлов и ионов, анализатора МАРК-302Э для измерения растворенного кислорода, а также рН-метра для оценки кислотности. Все приборы проходят регулярную поверку, что подтверждается данными протоколов анализа за 2024 год.

3. АНАЛИЗ СОСТАВА СТОЧНЫХ ВОД И ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ РАЗРЕЗА ПЕРМЯКОВСКИЙ: ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО ВОДЫ РЕКИ ИНЯ

Анализ состава сточных вод, сбрасываемых в реку Иню, а также сравнение концентраций загрязняющих веществ выше и ниже места сброса позволяет оценить степень антропогенного воздействия на водный объект. В исследовании были рассмотрены данные, охватывающие широкий

спектр химических параметров воды, включая содержание неорганических соединений, нефтепродуктов и органических веществ (табл. 1).

Таблица 1. Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах на выпуске в водный объект (р. Иня), а также в 500 м выше и в 500 м ниже от места сброса за 2022–2024 годы (мг/дм³)

Исследуемый показатель	Выпуск № 1	Выше сброса	Ниже сброса	ПДК
Аммоний-ион	0,388±0,01	0,373±0,031	0,362±0,031	0,5
Нитрит-ион	0,065±0,001	0,057±0,005	0,057±0,005	0,08
Нитрат-ион	9,992±0,47	3,368±0,332	3,468±0,297	20
Нефтепродукты	0,029±0,001	0,031±0,004	0,026±0,002	0,05
Хлориды	9,986±0,398	5,816±0,641	6,174±0,537	50
Сульфаты	44,944±0,434	25,316±2,064	25,616±2,057	50
Железо	0,095±0,001	0,179±0,014	0,167±0,013	0,1
Марганец	0,007±0,001	0,044±0,003	0,035±0,003	0,01
Сухой остаток	461,916±3,479	257,526±24,739	272,15±21,194	500
Фосфаты	0,054±0,002	0,04±0,007	0,038±0,007	0,1
СПАВ	0,062±0,001	0,014±0,002	0,014±0,001	0,1
БПК	1,427±0,038	2,046±0,157	2,02±0,155	3
ХПК	11,416±0,301	17,433±1,357	17,233±1,337	15
Взвешенные вещества	8,775±0,336	10,664±1,233	9,911±1,079	*

*Содержание в контрольном створе не должно увеличиваться по сравнению с естественными условиями более чем: на 0,25 мг/дм³ для высшей и первой категории водопользования, на 0,75 мг/дм³ для второй категории водопользования. При содержании в межень более 30 мг/дм³ природных взвешенных веществ, допускается увеличение их содержания в воде в пределах 5%. Сброс взвешенных веществ со скоростью осаждения более 0,4 мм/с запрещается

Результаты показывают, что концентрация большинства загрязняющих веществ находится в пределах предельно допустимых концентраций. Так, концентрация аммоний-иона составляет 0,388 мг/дм³ на выпуске, что ниже ПДК (0,5 мг/дм³). Аналогично, концентрация нитрит-ионов и нитрат-ионов не превышает допустимые значения, причем их содержание ниже места сброса практически не изменяется по сравнению с контрольной точкой выше сброса. Однако концентрация нитрат-ионов на выпуске (9,992 мг/дм³) значительно превышает значения выше и ниже сброса (3,368 и 3,468 мг/дм³ соответственно), что свидетельствует о разбавлении или трансформации соединений в водотоке.

Интересную картину демонстрируют показатели нефтепродуктов: их концентрация выше сброса (0,031 мг/дм³) несколько выше, чем в точке ниже сброса (0,026 мг/дм³), что может указывать на естественное рассеивание или биodeградацию этих соединений. Концентрация хлоридов и сульфатов также возрастает на выпуске (9,986 мг/дм³ и 44,944 мг/дм³ соответственно) по сравнению с точками мониторинга выше и ниже сброса, однако остается в пределах ПДК.

Особого внимания заслуживает содержание железа и марганца. Концентрация железа на выпуске ниже, чем в контрольных точках, что может быть обусловлено его осаждением или разбавлением в водоеме. Однако марганец на выпуске (0,007 мг/дм³) имеет значительно меньшую концентрацию, чем выше (0,044 мг/дм³) и ниже (0,035 мг/дм³) по течению, что может свидетельствовать о естественных источниках поступления этого элемента в водоем.

Показатель сухого остатка на выпуске (461,916 мг/дм³) значительно превышает значения в контрольных точках (257,526 и 272,15 мг/дм³), но остается ниже установленного предела (500 мг/дм³). Это указывает на высокую минерализацию сточных вод, что требует дополнительного контроля, особенно в условиях маловодных периодов, когда разбавление менее эффективно.

Биохимическое потребление кислорода (БПК) и химическое потребление кислорода (ХПК) демонстрируют обратную тенденцию: БПК ниже на выпуске (1,427 мг/дм³) по сравнению с контроль-

ными точками (2,046 и 2,02 мг/дм³), в то время как ХПК наоборот превышает допустимый уровень (11,416 мг/дм³ на выпуске при ПДК 15 мг/дм³). Это может свидетельствовать о наличии трудноокисляемых органических веществ.

Взвешенные вещества находятся на относительно стабильном уровне, не превышая допустимых значений, что говорит об отсутствии значительного поступления нерастворимых примесей со сточными водами.

Таким образом, проведенный анализ указывает на контролируемый характер загрязнения реки Иня сточными водами, однако ряд показателей требует внимания и возможной оптимизации очистных мероприятий. В частности, необходимо отслеживать уровень минерализации и органических загрязнителей, чтобы минимизировать их влияние на водную экосистему.

На предприятии функционирует система карьерного и поверхностного водоотлива, включающая зумпфы-водосборники общим объемом 120 тыс. м³, расположенные в горной выработке. В них накапливаются осадки и карьерный водоприток в виде подземных вод. Собранная вода перекачивается насосными установками в очистные сооружения, где проходит процесс очистки (рис. 2).

Очистные сооружения карьерных сточных вод представляют собой грунтовую конструкцию, состоящую из двух секций. Загрязненные воды из водоотливных установок сначала поступают в приемную секцию, где боновые фильтры удаляют нефтепродукты до допустимых концентраций. В этой же секции происходит первичное осветление: большая часть взвешенных веществ осаждается на пути от точки сброса к фильтрующему массиву.

Из приемной секции карьерные сточные воды, поступают в фильтрующий массив. При прохождении фильтрующего массива сточные воды очищаются от взвешенных веществ до допустимых концентраций. Для удаления тяжелых металлов, сульфатов, железа и других загрязняющих веществ в массиве предусмотрена двойная прослойка из цеолита, который благодаря своим уникальным сорбционным и ионообменным свойствам эффективно удаляет указанные загрязнители. Кроме того, цеолит улучшает осветление воды, снижает мутность и способствует нейтрализации некоторых вредных соединений.

После фильтрующего массива очищенная вода поступает в водосливную секцию, откуда через водослив шахтного типа отводится в р. Иня. Дополнительно обеззараживание сточных вод осуществляется с применением реагентной обработки препаратом «Биопаг».

Очистные сооружения разреза «Пермяковский» демонстрируют различную эффективность в удалении загрязняющих веществ из карьерных сточных вод перед их дальнейшим отведением в реку Иня. На основании данных таблицы 2 можно сделать вывод о том, как изменяются концентрации отдельных загрязнителей до и после очистки, а также оценить степень их удаления.



Рис. 2. Общий вид приемного резервуара очистных сооружений

Наиболее высокая эффективность очистки наблюдается для нефтепродуктов (89,1 %), фосфатов (75,1 %), взвешенных веществ (73,6 %) и марганца (73,1 %). Эти показатели свидетельствуют о том, что очистные сооружения успешно справляются с удалением данных веществ, снижая их концен-

трацию до уровней, близких или соответствующих фоновым значениям реки Иня. Например, концентрация нефтепродуктов снижается с 0,267 до 0,029 мг/дм³, что значительно ниже фонового значения (0,04 мг/дм³), а взвешенные вещества уменьшаются с 33,225 до 8,775 мг/дм³ при фоне 12,9 мг/дм³. Хорошие результаты достигнуты в очистке нитрит-ионов (69,3 %) и аммоний-ионов (51,4 %).

Менее эффективно очистные сооружения справляются с удалением хлоридов (37,6 %), сульфатов (32,4 %), железа (39,5 %), СПАВ (31,8 %), ХПК (30,3 %) и БПК (26,4 %). Например, концентрация сульфатов снижается с 66,5 до 44,944 мг/дм³ при фоне 24,1 мг/дм³, что говорит о недостаточной очистке до природного уровня. Аналогично, хлориды уменьшаются с 16,012 до 9,986 мг/дм³ (фон – 4,0 мг/дм³), а железо – с 0,157 до 0,095 мг/дм³ (фон – 0,12 мг/дм³), что также не достигает целевых значений.

Наименьшая степень очистки зафиксирована для нитрат-ионов (15,9 %) и сухого остатка (16,4 %). Это может быть связано с их высокой исходной концентрацией или особенностями применяемой технологии очистки.

Основной объем очищенных сточных вод (96,6 %) поступает на сброс в поверхностный водный объект – р. Иня. Сброс осуществляется на основании Решения о предоставлении водного объекта в пользование № 1573/ПРИ/Сс-12.2024 от 05.12.2024 г., выданное Министерством природных ресурсов и экологии Кузбасса. Кроме того, на предприятии предусмотрено использование очищенных карьерных вод на производственные нужды – полив технологических дорог, обеспыливание поверхностей (склонов отвалов, взрывааемых блоков и т.д.).

Таблица 2. Эффективность очистки карьерных сточных вод на очистных сооружениях разреза «Пермяковский»

Исследуемый показатель	река Иня, фон	Карьерные воды		Степень очистки, %
		до очистки	после очистки	
Аммоний-ион	0,16	0,798±0,041*	0,388±0,01	51,4
Нитрит-ион	0,005	0,212±0,016*	0,065±0,001	69,3
Нитрат-ион	0,51	11,89±2,842	9,992±0,47	15,9
Нефтепродукты	0,04	0,267±0,029*	0,029±0,001	89,1
Хлориды	4,0	16,012±2,301	9,986±0,398	37,6
Сульфаты	24,1	66,5±2,535*	44,944±0,434	32,4
Железо	0,12	0,157±0,007*	0,095±0,001	39,5
Марганец	0,009	0,026±0,003*	0,007±0,001	73,1
Сухой остаток	343,4	552,625±43,893*	461,916±3,479	16,4
Фосфаты	24,1	0,217±0,022*	0,054±0,002	75,1
СПАВ	Нет данных	0,091±0,005	0,062±0,001	31,8
БПК	2,1	1,94±0,337	1,427±0,038	26,4
ХПК	Нет данных	16,375±2,821*	11,416±0,301	30,3
Взвешенные вещества	12,9	33,225±4,616	8,775±0,336	73,6

*концентрации загрязняющих веществ с превышением ПДК

4. ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНЕ УГЛЕДОБЫЧИ

Данные за 2022–2024 годы свидетельствуют о том, что химический состав подземных вод в районе недропользования изменяется в зависимости от года и конкретной скважины. Основные параметры включают биохимическую потребность в кислороде (БПК), концентрацию взвешенных частиц, нефтепродуктов, сухого остатка, а также ионов аммония, гидрокарбонатов, железа, кальция, магния, марганца, фенолов, нитратов, нитритов, сульфатов, хлоридов, цинка и меди. Некоторые показатели, такие как аммоний, фенолы и медь, часто оказываются ниже предела обнаружения, что говорит о их минимальном присутствии в воде.

В 2022 году значения БПК колебались в пределах 1,9–2,2 мг/дм³, что указывает на слабое органическое загрязнение. Концентрация взвешенных веществ составляла 1,2–1,6 мг/дм³, а нефтепродуктов – 0,021–0,023 мг/дм³, что соответствует нормам для подземных вод. Сухой остаток был невысоким (104–122 мг/дм³), а гидрокарбонаты находились на уровне 86–87,8 мг/дм³, что свидетельствует о мягкости воды. Ионы кальция (21,2–22 мг/дм³) присутствовали в умеренных количествах, тогда как магний, фенолы и медь оставались ниже порога обнаружения. Нитраты (1,1–1,5 мг/дм³) и нитриты (0,107–0,126 мг/дм³) также показывали низкие значения.

В 2023 году некоторые параметры значительно выросли. Например, взвешенные вещества увеличились до 3,4–5,55 мг/дм³, что, вероятно, связано с усилением техногенной нагрузки в районе разреза. Концентрация гидрокарбонатов резко возросла (374,85–390,4 мг/дм³), указывая на повышение минерализации воды. Ион аммония стал фиксироваться в заметных количествах (0,835–2,47 мг/дм³), особенно в скважине № 5(6), что может быть признаком загрязнения азотистыми соединениями. Нитраты выросли до 1,35–4,55 мг/дм³, а сухой остаток увеличился до 116–151 мг/дм³. При этом содержание нефтепродуктов снизилось (0,011–0,0155 мг/дм³), а фенолы и медь оставались ниже предела обнаружения.

В 2024 году минерализация воды продолжила расти. Гидрокарбонаты достигали 369–401 мг/дм³, а магний, ранее не определяемый, появился в концентрациях 33,1–40 мг/дм³. Взвешенные вещества оставались на уровне 3,3–5,6 мг/дм³, а сухой остаток составил 113–150 мг/дм³. Ион аммония сохранял высокие значения (0,87–2,24 мг/дм³), а нитраты варьировались от 1,22 до 4,43 мг/дм³. Появление фенолов (0,00035–0,00045 мг/дм³) и меди (0,00065–0,0009 мг/дм³) в малых количествах может указывать на усиление техногенного воздействия. БПК оставался стабильным (1,78–2,15 мг/дм³), что подтверждает низкий уровень органического загрязнения.

Качество подземных вод в районе «Пермяковского» разреза в целом можно считать удовлетворительным, однако в 2023–2024 годах наблюдается ухудшение. Увеличиваются минерализация (гидрокарбонаты, сухой остаток), а также концентрации аммония, нитратов и взвешенных веществ. Эти изменения, вероятно, связаны с деятельностью угольного разреза, включая вымывание минералов из пород, проникновение азотистых соединений в водоносные слои и рост мутности воды из-за перемещения грунтов.

Особую озабоченность вызывает рост содержания аммония и магния в 2023–2024 годах. Аммоний может попадать в воду из-за разложения органики или применения взрывчатки на разрезе, что требует дальнейшего изучения. Появление фенолов и меди, пусть и в минимальных количествах, также указывает на возможное техногенное влияние от угледобычи. Однако такие параметры, как нефтепродукты, железо, марганец и цинк, остаются на низком уровне, что свидетельствует об отсутствии значительного загрязнения тяжелыми металлами или углеводородами.

На рисунке 3 представлены средние концентрации веществ в подземных водах по результатам мониторинга. Анализ показывает вариации в зависимости от пробы и типа вещества. В скважине

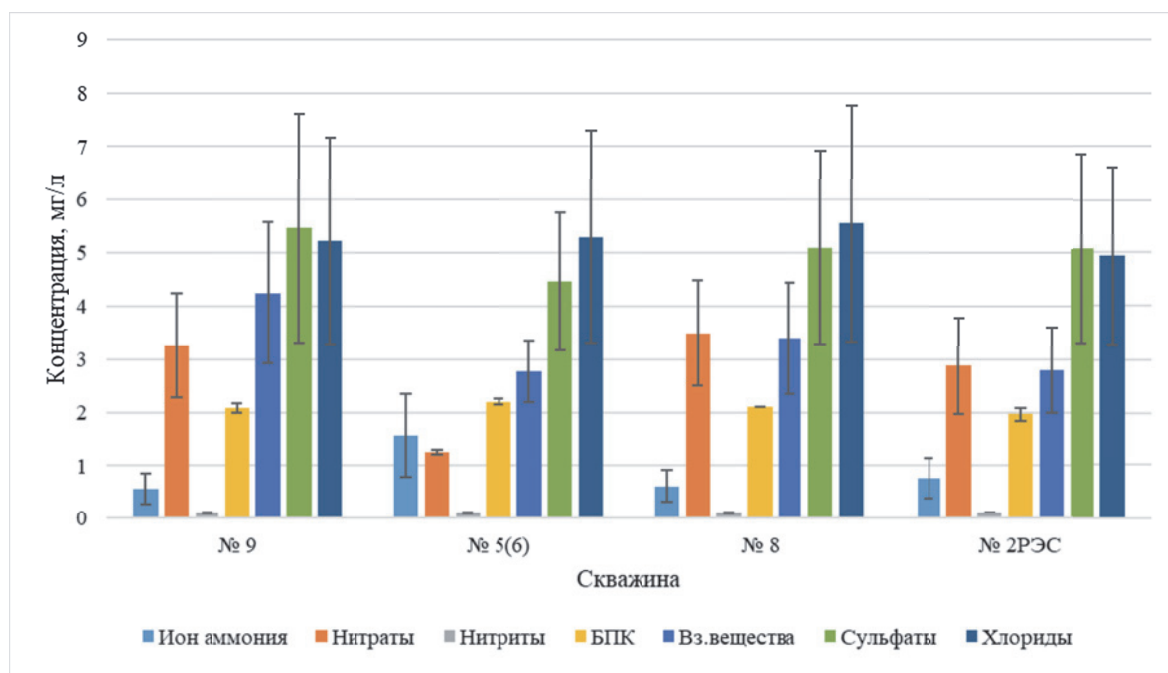


Рис. 3. Данные о средних значениях концентрации некоторых загрязняющих веществ из водозаборных скважин на территории исследования («усы» – стандартная ошибка среднего)

№ 9 аммоний составляет $0,568 \pm 0,284$ мг/дм³, нитраты – $3,263 \pm 0,982$ мг/дм³, нитриты почти отсутствуют ($0,109 \pm 0,008$), БПК – $2,083 \pm 0,093$ мг/дм³, взвешенные вещества – $4,25 \pm 1,325$ мг/дм³, сульфаты – $5,466 \pm 2,149$ мг/дм³, хлориды – $5,233 \pm 1,938$ мг/дм³, что делает эту воду одной из самых насыщенных хлоридами и сульфатами. В скважине № 5(6) аммоний снижается до $1,57 \pm 0,788$ мг/дм³, нитраты – $1,256 \pm 0,047$ мг/дм³, нитриты остаются минимальными, БПК – $2,203 \pm 0,055$ мг/дм³, взвешенные вещества – $2,766 \pm 0,584$ мг/дм³, сульфаты – $4,466 \pm 1,298$ мг/дм³, хлориды – чуть выше 5 мг/дм³, что указывает на меньшую насыщенность по сравнению с пробой из скважины № 9, особенно по нитратам и хлоридам.

В скважине № 8 аммоний составляет $0,618 \pm 0,309$ мг/дм³, нитраты – $3,493 \pm 0,997$ мг/дм³, нитриты – $0,108 \pm 0,002$ мг/дм³, БПК – $2,106 \pm 0,007$ мг/дм³, взвешенные вещества – $3,4 \pm 1,05$ мг/дм³, сульфаты – $5,1 \pm 1,819$ мг/дм³, хлориды – $5,55 \pm 1,819$ мг/дм³, что делает ее схожей с пробой из скважины № 9, но с меньшим содержанием нитратов. В пробе № 2РЭС аммоний – $0,756 \pm 0,379$ мг/дм³, нитраты – $2,88 \pm 0,9$ мг/дм³, нитриты – $0,11 \pm 0,002$ мг/дм³, БПК – $1,96 \pm 0,125$ мг/дм³, взвешенные вещества – $2,8 \pm 0,802$ мг/дм³, сульфаты – $5,066 \pm 1,79$ мг/дм³, хлориды – $4,933 \pm 1,675$ мг/дм³, что отражает стабильность большинства показателей, за исключением чуть меньшего уровня взвешенных веществ по сравнению с пробами из скважин № 9 и № 8.

Общая тенденция показывает, что сульфаты и хлориды имеют самые высокие концентрации ($4-6$ мг/дм³) во всех пробах, тогда как нитриты почти отсутствуют, что может указывать на низкую активность процессов их образования. Нитраты, БПК и взвешенные вещества остаются относительно стабильными, варьируясь в пределах $1-4$ мг/дм³. Аммоний также сохраняется на низком уровне ($1-1,5$ мг/дм³), что может свидетельствовать о стабильных условиях в пробах.

Обеспечение качественной питьевой водой населения как крупных городов, так и небольших сельских поселений – является приоритетной задачей. Преимущественно такое обеспечение осуществляется за счет подземных водных объектов. Для изучения этого вопроса проведен мониторинг качества подземных вод в непосредственной близости от села Евтино и села Каракан Беловского муниципального округа.

Анализ данных, представленных в таблице 3, позволяет оценить качество воды в указанных населенных пунктах за период с 2022 по 2024 годы в сравнении с предельно допустимыми концен-

Таблица 3. Мониторинг качества воды в населенных пунктах Евтино и Каракан, мг/дм³ (2022–2024 гг.)

Исследуемый показатель	село Евтино			село Каракан			ПДК*
	2022	2023	2024	2022	2023	2024	
БПК	0,7417	0,732	0,684	2,1	2,125	2,04	4,0
Взвешенные вещества	7,3472	6,2	7,102	1,425	4,2125	4,275	—
Нефтепродукты	0,0167	0,0007	менее 0,0001	0,0218	0,0125	0,0119	0,1
Сухой остаток	—	260,375	146,4250	112,5	131,75	129,875	1500
Аммоний-ион	0,1753	0,027	0,0025	Менее 0,1	1,3463	1,2889	3,0
Гидрокарбонаты	120,7917	150,3392	160,0043	87,050	381,1	388,625	—
Железо	0,0706	0,0713	0,0424	0,0763	0,0755	0,0673	0,3
Кальций	57,2903	55,210	58,4123	21,6	36,6375	35,5625	—
Марганец	0,0077	0,0044	0,0027	0,0165	0,0124	0,0124	0,1
Массовая концентрация фенолов	Менее 0,0005	Менее 0,0005	Менее 0,0005	Менее 0,0005	Менее 0,0005	Менее 0,0005	0,001
Магний	25,2431	22,631	23,8771	Нет данных	12,1	37,025	—
Нитраты	1,4319	1,9821	1,7030	1,275	3,525	3,37	45
Нитриты	0,0097	0,0070	0,0070	0,1155	0,1078	0,1055	3,0
Сульфаты	28,75	Менее 10	Менее 10	Менее 10	Менее 10	8,075	500
Хлориды	1,8292	Менее 10	Менее 10	Менее 10	Менее 10	8,7625	350
Цинк	0,0006	0,0006	0,0006	0,006	0,004	0,0051	1,0
Медь	0,0007	Менее 0,001	Менее 0,001	Менее 0,001	Менее 0,001	Менее 0,001	5,0

*для системы Централизованного водоснабжения

трациями. В целом, большинство показателей в обоих населенных пунктах находятся в пределах установленных норм, однако есть некоторые особенности и тенденции, которые стоит отметить. В с. Евтино наблюдается снижение биохимического потребления кислорода (БПК) с 0,7417 мг/дм³ в 2022 году до 0,684 мг/дм³ в 2024 году, что свидетельствует об улучшении качества воды. В то же время в с. Каракан БПК остается выше и колеблется в пределах 2,04–2,1250 мг/дм³, приближаясь к ПДК. Взвешенные вещества в Евтино сохраняются на стабильном уровне, тогда как в Каракане наблюдается их увеличение в 2023–2024 гг. Концентрация нефтепродуктов в обеих локациях снизилась, приближаясь к минимальным значениям. Присутствие аммония в Евтино уменьшилось с 0,1753 до 0,0025 мг/дм³, тогда как в Каракане остается выше 1,2 мг/дм³, но не превышает ПДК. По железу, марганцу и нитритам оба населенных пункта остаются в допустимых пределах. В Каракане наблюдается значительный рост гидрокарбонатов (с 87,05 до 388,625 мг/дм³), что может указывать на изменения в источнике водоснабжения. Уровень магния в Евтино остается стабильным, тогда как в Каракане он значительно вырос в 2024 году. Нитраты в обоих населенных пунктах находятся в допустимых пределах, с небольшими колебаниями. По сульфатам и хлоридам в последние годы фиксируется снижение концентрации до минимальных значений. Фенолы, медь и цинк сохраняются на уровне ниже ПДК во всех случаях. В целом, вода в Евтино демонстрирует тенденцию к улучшению качества, тогда как в Каракане наблюдаются колебания по ряду показателей, требующие дальнейшего мониторинга.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование влияния угледобывающей деятельности на разрезе «Пермяковский» (Кемеровская область) на качество подземных и поверхностных вод выявило как контролируемый характер антропогенного воздействия, так и ряд аспектов, требующих дальнейшего внимания. Анализ данных за 2022–2024 годы показал, что сточные воды, сбрасываемые в реку Иня, в целом соответствуют предельно допустимым концентрациям (ПДК) по всем контролируемым загрязняющим веществам. Очистные сооружения предприятия демонстрируют высокую эффективность в удалении нефтепродуктов (89,1 %), фосфатов (75,1 %), взвешенных веществ (73,6 %) и марганца (73,1 %), что свидетельствует о работоспособности применяемой системы очистки. Однако менее эффективное удаление сульфатов, хлоридов, железа, а также нитрат-ионов и сухого остатка указывает на необходимость оптимизации технологий очистки для достижения фоновых значений реки Иня, особенно в условиях маловодных периодов, когда разбавление загрязнителей снижается.

Мониторинг подземных вод в районе разреза выявил тенденцию к увеличению минерализации (гидрокарбонаты, сухой остаток) и концентраций аммония, нитратов и взвешенных веществ в 2023–2024 годах, что, вероятно, связано с техногенным воздействием угледобычи. Несмотря на это, качество подземных вод остается удовлетворительным, а содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов сохраняется на низком уровне. В населенных пунктах Евтино и Каракан вода соответствует нормам питьевого водоснабжения, хотя в Каракане наблюдаются более высокие значения БПК и аммония, требующие дополнительного контроля.

Таким образом, деятельность разреза «Пермяковский» оказывает ограниченное влияние на водные ресурсы региона. Минимизация негативного антропогенного влияния напрямую связано с проводимыми ежегодными природоохранными мероприятиями в отношении водных объектов:

- поддержание в технически исправном состоянии системы водоотвода и очистных сооружений (своевременное обследование и ремонт);
- ведение регулярных наблюдений за водным объектом (его морфометрическими особенностями) и его водоохранной зоной в границах участка водного объекта, предоставленного в пользование;
- осуществление мероприятий по очистке и поддержанию в надлежащем состоянии водоохранной зоны, прибрежной защитной и береговой полосы р. Иня в границах части водного объекта, предоставленной в пользование;
- осуществление контроля качества (химические, бактериологические и паразитологические показатели, токсичность) сбрасываемых сточных вод;
- осуществление контроля качества (химические, бактериологические и паразитологические показатели, токсичность) в поверхностном водном объекте р. Иня в контрольных створах.

Регулярные экологические наблюдения (с учетом прогнозирования, быстрого реагирования, оперативное вмешательство на изменения качества водных ресурсов) и грамотная экологическая политика предприятий позволят обеспечить устойчивое развитие угледобывающей отрасли в Кузбассе при сохранении экологического баланса и качества водных ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разовский, Ю.В. Типизация источников воздействия добычи угля на экосистемы / Ю.В. Разовский, С.П. Киселева, Н.В. Артемьев, Я.Д. Вишняков, Е.Н. Сухина // Уголь. – 2019. – № 6(1119). – С. 64-66. – <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-6-64-66>.
2. Kamble P.H. An overview of impact of coal mining on water resources // International Journal of Scientific Research in Multidisciplinary Studies. 2019. Vol. 5. Is. 12. P.115-121.
3. Просеков, А.Ю. Сравнительная оценка содержания загрязняющих примесей в карьерных сточных водах угольных предприятий Кузбасса / А.Ю. Просеков, И.В. Тимошук, А.К. Горелкина, Е.С. Михайлова, Н.С. Голубева, Л.А. Иванова // Уголь. – 2023. – № 4(1166). – С. 69-73. – <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-4-69-73>.
4. Mountaintop mining consequences / M.A. Palmer, E.S. Bernhardt, W.H. Schlesinger, K.N. Eshleman, E. Foufoula-Georgiou, G.E. Likens, O.L. Loucks, M.E. Power, P.S. White, P.R. Wilcock // Science. 2010. Vol. 327(5962):148-149. <https://doi.org/10.1126/science.1180543>.
5. Тимошук, И.В. Техногенная нагрузка угольных предприятий Кузбасса на водотоки Кемеровской области / И.В. Тимошук, Е.С. Михайлова, А.К. Горелкина, Е.Н. Неверов // Уголь. – 2024. – № 4(1181). – С. 107-113. – <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-6-107-113>.
6. Tiwary R.K. Environmental impact of coal mining on water regime and its management // Water, Air, and Soil Pollution. 2001. Vol. 132. P. 185-199. <https://doi.org/10.1023/A:1012083519667>.
7. Younger P.L. Environmental impacts of coal mining and associated wastes: a geochemical perspective // Geological Society. 2004. Vol. 236. P. 169-209. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2004.236.01.12>.
8. Акулов, А.О. Влияние угольной промышленности на окружающую среду и перспективы развития по модели декарпинга / А.О. Акулов // Регион: экономика и социология. – 2014. – № 1(81). – С. 272-288.
9. Analysis on the characteristics of water pollution caused by underground mining and research progress of treatment technology / Xinfeng Wang, Yuhao Gao, Xiaojun Jiang, Qiao Zhang, Wengang Liu // Advances in Civil Engineering. 2021. Article ID 9984147. 14 p. <https://doi.org/10.1155/2021/9984147>.
10. Кулик, К.Н. Методология изучения эрозионных процессов в лесоаграрных и техногенных ландшафтах / К.Н. Кулик, А.Р. Зубов, И.Г. Зыков [и др.]. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2018. – 252 с.
11. Ткачев, Б.П. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы / Б.П. Ткачев, В.И. Булатов. – Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2002. – 114 с.
12. Шишков, Р.И. Обоснование вскрытия и подготовки модульного шахтоучастка при комбинированном способе добычи угля в Кузбассе на примере ШУ «Байкаимская» / Р.И. Шишков // Записки Горного института. – 2020. – Т. 243. – С. 293-298. – <https://doi.org/10.31897/PMI.2020.3.293>.
13. Потапов, В.П. Интегральная оценка геоэкологического состояния водных объектов в районах перспективной добычи угля в Кузбассе / В.П. Потапов, Е.Л. Счастливцев, А.А. Быков, Н.И. Юкина // ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 11. – С. 151-165. – <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2020-11-0-151-165>.
14. Брель, О.А. Стратегирование водных ресурсов Кузбасса / О.А. Брель, Г.В. Задорожная, Н.И. Сасаев, А.И. Егорова // Экономика в промышленности. – 2020. – Т. 13. – № 3. – С. 357-365. – <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2020-3-357-365>.
15. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области - Кузбасса в 2023 году. – URL: https://kuzbasseco.ru/wp-content/uploads/2025/02/DOKLAD_2023.pdf (дата обращения 04.04.2025).

**ASSESSMENT OF THE ANTHROPOGENIC IMPACT OF COAL MINING
ACTIVITIES ON THE QUALITY OF GROUNDWATER AND SURFACE WATER
(CASE STUDY OF THE PERMYAKOVSKII OPEN-PIT COAL MINE, KEMEROVO REGION)**

© 2025 S.L. Luzyanin¹, D.V. Katenovich², M.O. Osipova¹, O.A. Neverova¹

¹ Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

² LLC «Razrez Permyakovskii», Inskoi, Kemerovo Region, Russia

Assessing the anthropogenic impact of coal mining on water resource quality is crucial for environmental safety and the sustainable development of regions with mining enterprises. Amid increasing technogenic pressure and tightening environmental regulations, developing approaches to monitor and mitigate negative consequences becomes particularly relevant. The study aims to analyze the impact of open-pit coal mining at the Permyakovskii coal mine (Kemerovo Region) on the condition of water bodies and to develop recommendations for minimizing effects on groundwater and surface water. The article presents the results of water quality monitoring in the area of the coal mine's operations from 2022 to 2024. Concentrations of heavy metals, petroleum products, nitrates, sulfates, chlorides, as well as BOD, COD, dry residue, and suspended solids were examined. The mine's wastewater generally complies with standards, with treatment facilities effectively removing petroleum products, phosphates, and suspended solids, but they are less successful in managing sulfates, chlorides, iron, and nitrates, necessitating modernization. Groundwater monitoring revealed a slight increase in mineralization and nitrogen compound content, though water quality remains satisfactory and suitable for drinking. Recommendations include improving drainage and treatment systems, monitoring the Inya River, and controlling wastewater based on chemical and toxicological parameters. The proposed measures aim to reduce technogenic pressure and ensure ecological balance in Kuzbass, contributing to the region's sustainable development.

Keywords: coal mining, Kemerovo Region - Kuzbass, groundwater, surface water, environmental monitoring, sustainable development.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-3-206-216

EDN: SITWUT

REFERENCES

1. Razovskij, Yu.V. Tipizaciya istochnikov vozdejstviya dobychi uglya na ekosistemy / Yu.V. Razovskij, S.P. Kiseleva, N.V. Artem'ev, Ya.D. Vishnyakov, E.N. Suhina // Ugol'. – 2019. – № 6(1119). – S. 64-66. – <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-6-64-66>.
2. Kamble P.H. An overview of impact of coal mining on water resources // International Journal of Scientific Research in Multidisciplinary Studies. 2019. Vol. 5. Is. 12. P.115-121.
3. Prosekov, A.Yu. Sravnitel'naya ocenka soderzhaniya zagryaznyayushchih primesej v kar'ernyh stochnyh vodah ugol'nyh predpriyatij Kuzbassa / A.Yu. Prosekov, I.V. Timoshchuk, A.K. Gorelkina, E.S. Mihajlova, N.S. Golubeva, L.A. Ivanova // Ugol'. – 2023. – № 4(1166). – S. 69-73. – <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-4-69-73>.
4. Mountaintop mining consequences / M.A. Palmer, E.S. Bernhardt, W.H. Schlesinger, K.N. Eshleman, E. Foufoula-Georgiou, G.E. Likens, O.L. Loucks, M.E. Power, P.S. White, P.R. Wilcock // Science. 2010. Vol. 327(5962):148-149. <https://doi.org/10.1126/science.1180543>.
5. Timoshchuk, I.V. Tekhnogennaya nagruzka ugol'nyh predpriyatij Kuzbassa na vodotoki Kemerovskoj oblasti / I.V. Timoshchuk, E.S. Mihajlova, A.K. Gorelkina, E.N. Neverov // Ugol'. – 2024. – № 4(1181). – S. 107-113. – <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-6-107-113>.
6. Tiwary R.K. Environmental impact of coal mining on water regime and its management // Water, Air, and Soil Pollution. 2001. Vol. 132. P. 185-199. <https://doi.org/10.1023/A:1012083519667>.
7. Younger P.L. Environmental impacts of coal mining and associated wastes: a geochemical perspective // Geological Society. 2004. Vol. 236. P. 169-209. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2004.236.01.12>.
8. Akulov, A.O. Vliyanie ugol'noj promyshlennosti na okruzhayushchuyu sredu i perspektivy razvitiya po modeli dekaplinga / A.O. Akulov // Region: ekonomika i sociologiya. – 2014. – № 1(81). – S. 272-288.
9. Analysis on the characteristics of water pollution caused by underground mining and research progress of treatment technology / Xinfeng Wang, Yuhao Gao, Xiaojun Jiang, Qiao Zhang, Wengang Liu // Advances in Civil Engineering. 2021. Article ID 9984147. 14 p. <https://doi.org/10.1155/2021/9984147>
10. Kulik, K.N. Metodologiya izucheniya erozionnyh processov v lesaograznyh i tekhnogennyh landshaftah / K.N. Kulik, A.R. Zubov, I.G. Zykov [i dr.]. – Volgograd: FNC agroekologii RAN, 2018. – 252 s.
11. Tkachev, B.P. Malye reki: sovremennoe sostoyanie i ekologicheskie problemy / B.P. Tkachev, V.I. Bulatov. – Novosibirsk: GPNTB SO RAN, 2002. – 114 s.
12. Shishkov, R.I. Obosnovanie vskrytiya i podgotovki modul'nogo shahtouchastka pri kombinirovannom sposobe dobychi uglya v Kuzbasse na primere ShU «Bajkaimskaya» / R.I. Shishkov // Zapiski Gornogo instituta. – 2020. – T. 243. – S. 293-298. – <https://doi.org/10.31897/PMI.2020.3.293>
13. Potapov, V.P. Integral'naya ocenka geoekologicheskogo sostoyaniya vodnyh ob'ektov v rajonah perspektivnoj dobychi uglya v Kuzbasse / V.P. Potapov, E.L. Schastlivcev, A.A. Bykov, N.I. Yukina // GIAB. Gornyy informacionno-analiticheskij byulleten'. – 2020. – № 11. – S. 151-165. – <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2020-11-0-151-165>
14. Brel', O.A. Strategirovanie vodnyh resursov Kuzbassa / O.A. Brel', G.V. Zadorozhnaya, N.I. Sasaev, A.I. Egorova // Ekonomika v promyshlennosti. – 2020. – T. 13. – № 3. – S. 357-365. – <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2020-3-357-365>
15. Doklad o sostoyanii i ohrane okruzhayushchej sredy Kemerovskoj oblasti - Kuzbassa v 2023 godu. – URL: https://kuzbasseco.ru/wp-content/uploads/2025/02/DOKLAD_2023.pdf (data obrashcheniya 04.04.2025).

Sergey Luzyanin, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Director of the Institute of Biology, Ecology, and Natural Resources. E-mail: sl_luzyanin@mail.ru

Daniil Katenovich, Head of Environmental Protection Department. E-mail: dkatenovich@bk.ru

Maria Osipova, PhD (Technical Sciences), Associate Professor of the Department of Ecology and Natural Management.

E-mail: masha-dlinina@rambler.ru

Olga Neverova, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Ecology and Nature Management.

E-mail: nev11@yandex.ru

Известия Самарского научного центра Российской академии наук

Учредитель: федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Самарский федеральный исследовательский центр Российской академии наук

Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре, свидетельство ПИ № ФС77-61347 от 07.04.2015

Главный редактор: академик РАН Ф.В. Гречников

Том 27, номер 3 (125), 30.06.2025

Индекс: 36622. Распространяется бесплатно

Адрес учредителя, издателя и редакции – 443001, Самарская область,

г. Самара, Студенческий пер., 3а. Тел. 8 (846) 340-06-20

Издание не маркируется

Сдано в набор 16.06.2025 г.

Подписано к печати 30.06.2025 г.

Формат бумаги А4

Офсетная печать

Усл. печ. л. 25,110

Тираж 200 экз.

Зак. 40

Отпечатано в типографии ООО "Инсома-пресс.

Адрес типографии: 443080, Самарская обл., г. Самара, ул. Санфириковой, 110А, офис 22А. Тел. 8 (846) 222- 92 -40