

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

О. В. ШЕРШНЁВ<sup>1</sup>, А. И. ПАВЛОВСКИЙ<sup>1</sup>, А. Н. ГАЛКИН<sup>2</sup>, И. И. КОСИНОВА<sup>3</sup>,  
И. А. КРАСОВСКАЯ<sup>2</sup>

*natstudy@yandex.ru, aipavlovsky@mail.ru,*

<sup>1</sup>Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины,  
г. Гомель, Беларусь,

*galkin-alexandr@yandex.ru, iakrasovskaya@yandex.ru*

<sup>2</sup>Витебский государственный университет им. П. М. Машерова,  
г. Витебск, Беларусь,

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО Воронежский государственный университет,  
г. Воронеж, Россия

**Аннотация.** На территории Республики Беларусь расположено большое количество объектов добычи и переработки минерального сырья. Цель работы – анализ трансформации химического состава подземных вод на примере добычи и переработки минерального сырья в Республики Беларусь. Обобщены данные по выявленным антропогенным очагам загрязнения подземных вод. Проанализирована динамика показателей качества воды и установлены тренды формирования загрязнения. Установлено, что загрязнение дифференцируемо по площади и компонентному составу. Загрязнение носит как устойчивый характер, так и имеет определенную тенденцию снижения, хотя и не постоянную во времени.

**Ключевые слова:** добыча и переработка минерального сырья, подземные воды, карьеры, отвалы, загрязнение, химический состав.

Анализ многолетней динамики за период с 1996 до 2021 г. в структуре общего водоотбора в Республике Беларусь показывает доминирующую роль подземных вод, доля которых составляла от 54 до 58 %. Преобладание добычи подземных вод обусловлено их более высоким качеством по сравнению с поверхностными водами и, как следствие, приоритетным использованием, прежде всего для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Изменение качества подземных вод по различным причинам может привести к формированию локальных и региональных гидрогеохимических аномалий, что потребует дополнительных средств для водоподготовки, а в худшем случае вызвать необходимость разведки нового участка для строительства водозабора.

Поэтому выявление характера изменения показателей качества подземных вод позволяет установить возможные причины таких преобразований и обосновать мероприятия по их устранению.

Задачи настоящего исследования включали:

- 1) обобщение литературных материалов по основным источникам загрязнения подземных вод на территории Республики Беларусь;
- 2) анализ динамики и трендов показателей качества подземных вод в зоне влияния объектов добычи и переработки минерального сырья в Республике Беларусь на основе абсолютных величин показателей загрязнения и количественных критериев.

В качестве количественных критериев, относительно которых характеризуется изменение качества подземных вод, использованы показатели их фонового качества. Для этого используем соотношение  $C_{\text{набл}}/C_{\text{ф}}$ , в котором  $C_{\text{набл}}$  – наблюдаемая концентрация показателя, а  $C_{\text{ф}}$  – фоновая концентрация показателя.

Анализ рядов динамики проведен на основе аналитических показателей темпов прироста, рассчитанных базисным и цепным способами.

Для визуализации, анализа трендов, систематизации и обобщения результатов исследования использованы графические методы представления данных в виде гистограмм и графиков.

Обобщение данных по антропогенным источникам воздействия на компоненты природной среды Республики Беларусь позволило провести структуризацию антропогенных объектов с выявленными очагами загрязнения подземных вод.

Под очагом загрязнения подземных вод понимается приуроченная к антропогенному объекту область водоносного горизонта, содержащая воды существенно иного качества по сравнению с фоновым качеством вод этого горизонта и сформировавшаяся вследствие утечек стоков с поверхности земли [2].

К такому роду объектам относятся:

- территории хранения и захоронения промышленных отходов химической, металлургической, транспортной промышленности и предприятий энергетики;
- места расположения иловых площадок и площадок складирования осадка очистных сооружений объектов водоснабжения и водоотведения;
- полигоны твердых коммунальных отходов;
- объекты хранения, транспортировки и распределения нефтепродуктов;
- участки захоронения непригодных пестицидов;
- территории размещения полей фильтрации и орошения;
- места добычи полезных ископаемых (карьеры).

В пределах таких территорий загрязнение подземных вод наблюдается в результате превышения фоновых концентраций по минерализации, хлор-иону, сульфат-иону, аммоний-иону, фосфат-иону, фенолу, нефтепродуктам, тяжелым металлам, СПАВ, ДДТ.

В настоящей работе оценка воздействия на подземные воды проведена по трем промышленным объектам осуществляющих добычу и переработку минерального сырья в Республике Беларусь: Старобинскому месторождению калийных солей, месторождению строительного камня «Микашевичи» и промышленному комплексу по переработке горнохимического сырья ОАО «Гомельский химический завод».

Выбор объектов обусловлен рядом факторов. Предприятия по добыче и переработке минерального сырья относятся к потенциальным объектам возникновения геоэкологических проблем, которые могут проявляться на различных этапах производственной деятельности, включая извлечение полезного ископаемого и его первичную обработку, процесс получения готовой продукции, образование и размещение отходов производства. Рассматриваемые объекты отличаются значительными размерами и длительным периодом функционирования, составляющим более полувека.

Старобинское месторождение калийных солей открыто в 1949 г. Расположено месторождение в пределах Солигорского, Любанского и Слуцкого районов Минской области и занимает площадь около 350 км<sup>2</sup>. Добычу и переработку сырья Старобинского месторождения осуществляет предприятие ОАО «Беларуськалий».

Старобинское месторождение включает в себя 4 шахтных поля, в пределах которых осуществляется добыча калийной соли. Каждое шахтное поле разрабатывается отдельным рудоуправлением, состоящим из рудника и обогатительной фабрики.

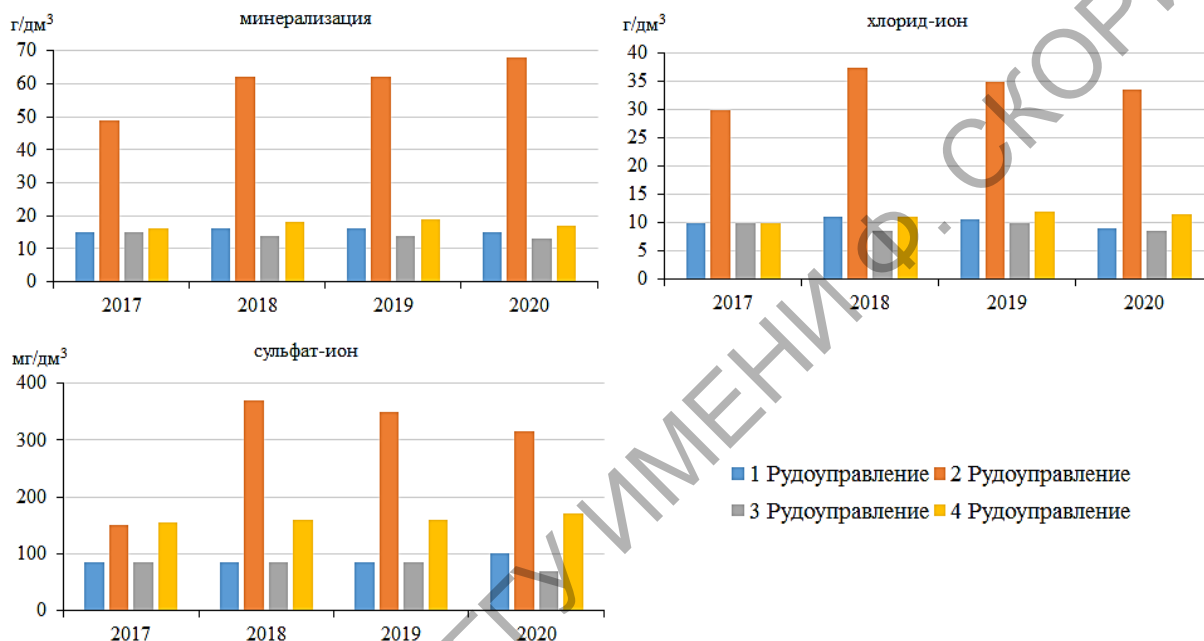
В результате переработки сильвинитовой руды на Солигорском ГОК на земной поверхности образованы солеотвалы отходов, накопленные объем которых составляет более 1 млрд т, а высота до 100 – 120 м. Отходы почти на 90 % состоят из хорошо растворимого галита. Они являются объектом интенсивного воздействия водной и ветровой эрозии. В результате воздействия атмосферных осадков на складированные солевые отходы происходит их выщелачивание и образование рассолов с минерализацией 260 – 350

г/дм<sup>3</sup>, насыщенных *NaCl* и в меньшей степени *KCl*. Хлоридно-натриевые насыщенные рассолы фильтруются в подстилающие грунты и водоносные горизонты [1, 3].

Наблюдение за состоянием подземных вод вблизи солеотвалов и шламохранилищ четырех рудоуправлений ОАО «Беларуськалий» осуществляется посредством локального мониторинга по 129 наблюдательным скважинам [4].

Анализ данных мониторинга за период 2017 – 2019 гг. указывает на устойчивый уровень весьма высоких концентраций хлорид-иона, сульфат-иона и минерализации воды в местах расположения всех четырех рудоуправлений (рисунок 1).

Наиболее высокие концентрации загрязняющих веществ на протяжении длительного времени наблюдаются в подземных водах в скважинах рудоуправления № 2. Средние значения хлорид-иона превышают ПДК для питьевых вод в 100 раз, минерализации в 60 раз, а максимальные концентрации сульфат-иона составляют до 280 ПДК [5].



**Рисунок 1 – Средние концентрации загрязняющих веществ в наблюдательных скважинах рудоуправлений солеотвалов и шламохранилищ ОАО «Беларуськалий» за период 2017 – 2020 гг. По данным [5]**

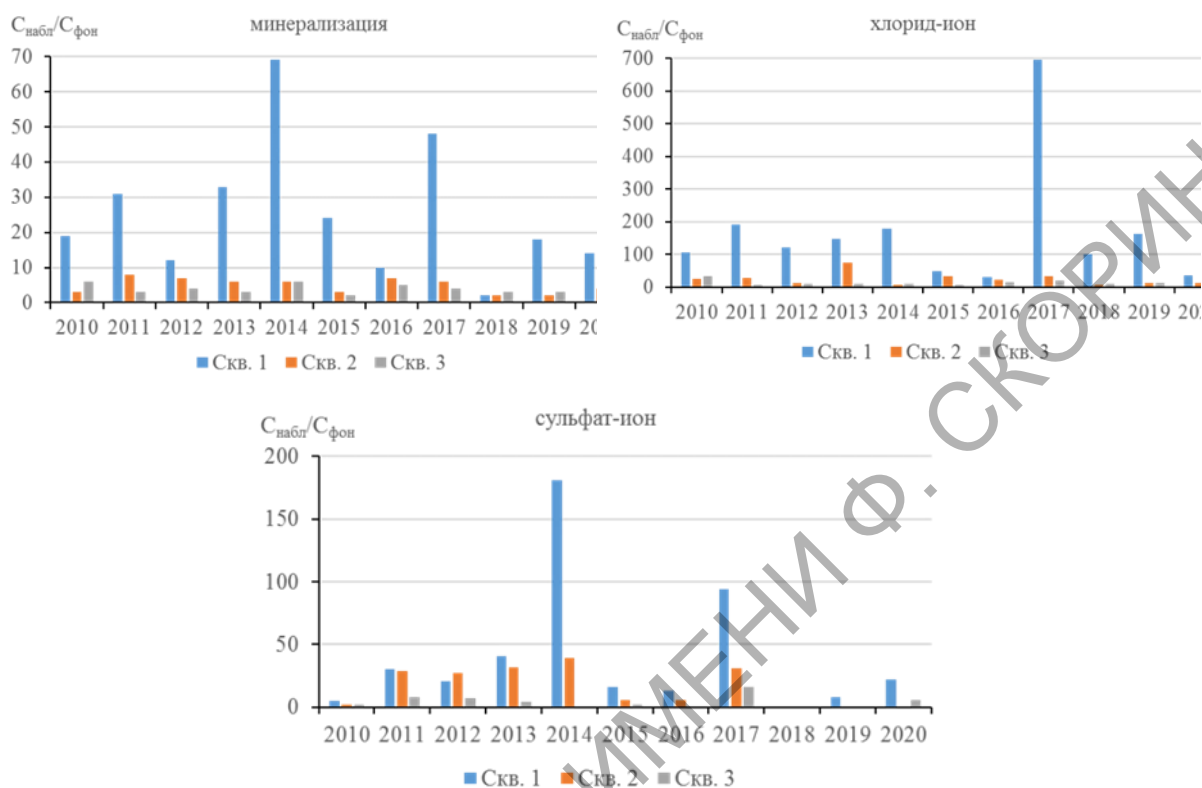
Месторождение строительного камня «Микашевичи» расположено в восточной части Лунинецкого района Брестской области, в 500 м западнее г. Микашевичи.

Разработка полезного ископаемого (диориты, гранодиориты, граниты) осуществляется открытым способом РУПП «Гранит» и предусматривает ведение вскрышных, буровзрывных и добычных работ. Карьер является крупнейшей в Центральной Европе открытой горной выработкой и простирается с запада на восток примерно на 2990 м, а с севера на юг около 1770 м. Глубина карьерной выемки существенно превышает естественную глубину расчленения и составляет до 150 м от поверхности или -20 м в абсолютных высотах.

Определенное негативное влияние на химический состав подземных вод оказывают карьерные воды, которые обогащены хлоридами, сульфатами, соединениями железа, цинка, никеля, меди и свинца. В них также присутствуют взвешенные вещества, нефтепродукты, хром, что обусловлено производственной деятельностью всего комплекса предприятий РУПП «Гранит».

В районе карьера «Микашевичи» локальный мониторинг подземных вод осуществляется на 4 пунктах наблюдения: в 3 наблюдательных скважинах и 1 фоновой [5].

За более чем десятилетний период наблюдений постоянно обнаруживается превышение фоновых концентраций минерализации воды, сульфат-иона и хлорид-иона. Наиболее существенное превышение фоновых концентраций (в десятки и сотни раз) характерны для скважины №1 (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Уровень воздействия ( $C_{набл./C_{фон}}$ ) загрязняющих веществ в скважинах карьера «Микашевичи» за период 2010 – 2020 гг. По данным [5]**

За период 2010 – 2020 гг. в отдельных наблюдательных скважинах отмечается постоянное или периодическое превышение ПДК для вод хозяйственно-питьевого назначения.

В то же время динамика распределения концентраций загрязняющих веществ в подземных водах наблюдательных скважин указывает на определенную тенденцию, хотя и не постоянную во времени, снижения концентраций загрязняющих веществ.

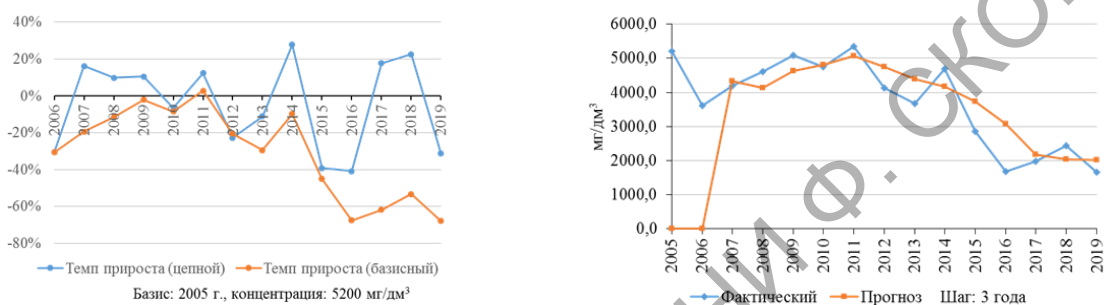
Гомельский химический завод размещен в Гомельском районе на северо-западной окраине г. Гомеля. Предприятие является одним из крупнейших в нефтехимической отрасли Республики Беларусь производителем фосфорсодержащих минеральных удобрений, тукосмесей, серной и фосфорной кислот и др.

Производственный процесс получения готовой продукции приводит к ежегодному образованию более 800 тыс. т твердых отходов фосфогипса, складированного в отвалах. Их накопленная масса составляет более 23 млн. т [6].

Данные локального мониторинга подземных вод свидетельствуют, что на территории размещения отвалов фосфогипса сохраняется, сформировавшееся в течение длительного времени загрязнение, преимущественно представленное сульфатами и фосфатами. Наиболее высокие концентрации сульфат-иона и фосфат-иона, периодически превышающие 4000 мг/дм<sup>3</sup>, обнаруживаются в грунтовых водах и подморенном водоносном горизонте [4]. При удалении от отвалов фосфогипса к его периферийной части и далее к границе санитарно-защитной зоны, их концентрации существенно снижаются, вплоть до величин ниже ПДК для вод хозяйственно-питьевого назначения.

Рассмотрим динамику загрязнения грунтового водоносного, используя временной ряд за 2005 – 2019 гг. для сульфат-иона. Интенсивность и относительную скорость изменения концентраций сульфат-иона исследуем с помощью коэффициента роста (снижения) и темпа прироста (сокращения), а общую тенденцию – методом скользящей средней. За базу сравнения примем концентрацию сульфат-иона в 2005 г.

Динамика сульфатного загрязнения грунтового водоносного горизонта имеет колебательный характер с периодическим сокращением от 10 до 30 % (по цепному показателю), либо возрастанием примерно на такую же величину (рисунок 3). Снижение концентраций сульфат-иона (за исключением 2011 г.) по отношению к базисному 2005 г. наиболее выражено в период 2015 – 2019 гг., когда они составляли 0,2 – 0,55 от базисного показателя. К 2015 г. концентрации сократились на 45 %, а к итоговому 2019 г. сокращение составило почти 68 %. С 2011 г. наблюдается тенденция снижения концентраций сульфат-иона и определенное их выравнивание в последние 4 года до 1700 – 2400 мг/дм<sup>3</sup>.



**Рисунок 3 – Динамика (темпа прироста) и тенденция изменения (скользящее среднее) концентраций сульфат-иона в грунтовом водоносном горизонте (скважина 51) за 2005 – 2019 гг. Составлено по данным полевых исследований**

Таким образом, проведенное исследование показало, что в пределах рассмотренных объектов добычи и переработки минерального сырья сформировались долгое время существующие очаги химического загрязнения подземных вод. Главными признаками химического загрязнения является повышенные значения показателей качества воды по сравнению с фоновыми.

Химическое загрязнение в пределах объектов исследования представлено следующими основными видами: повышенной минерализацией, повышенными концентрациями хлоридов и сульфатов. Загрязнение носит как устойчивый характер, так и имеет определенную тенденцию снижения, хотя и не постоянную во времени.

### Список литературы

1. Губин, В.Н., Экология геологической среды / В.Н. Губин, А.А. Ковалев, С.А. Сладкопечев, М.Г. Ясовеев. – Минск : БГУ, 2002. – 120 с.
2. Методические рекомендации по выявлению и оценке загрязнения подземных вод / ВНИИ гидрогеологии и инж. геологии; В.М. Гольдберг [и др.]. – М. : ВСЕГИНГЕО, 1988. – 76 с. 61 с.
3. Мониторинг качества питьевых вод в Солигорском горнопромышленном районе: обзор информ. / С.С. Бачила, С.М. Зайко, Л.Ф. Вашкевич. – Минск : БелНИЦ «Экология», 2004. – 50 с.
4. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2019 год. – Минск, 2020. – 493 с.
5. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2020 год. – Минск, 2021. – 591 с.
6. Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень. – Минск : РУП «ЦНИИКИВР», 2021. – 150 с.

# TRANSFORMATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF GROUNDWATER IN THE ZONE OF INFLUENCE OF MINERAL EXTRACTION AND PROCESSING FACILITIES IN THE REPUBLIC OF BELARUS

O. V. SHERSHNEV<sup>1</sup>, A. I. PAVLOVSKY<sup>1</sup>, A. N. GALKIN<sup>2</sup>, I. A. KRASOVSKAYA<sup>2</sup>

*natstudy@yandex.ru aipavlovsky@mail.ru,  
galkin-alexandr@yandex.ru iakrasovskaya@yandex.ru*

<sup>1</sup>*Francisk Skorina Gomel State University,  
Gomel, Republic of Belarus,*

<sup>2</sup>*Vitebsk State University named after P. M. Masherov,  
Vitebsk, Republic of Belarus*

**Abstract.** A large number of facilities for the extraction and processing of mineral raw materials are located on the territory of Belarus. The aim of the study is to analyze the transformation of the chemical composition of groundwater on the example of mineral extraction and processing facilities in the Republic of Belarus. Data on detected anthropogenic groundwater contaminated sites are summarized. The dynamics of water quality indicators was analyzed and the trends of pollution formation were established. It was found that the pollution is differentiated by area and component composition. Contamination is both stable and has a definite downward trend, although not constant over time.

**Key words:** mineral extraction and processing, groundwater, quarries, dumps, contamination, chemical composition.

УДК 574.5.502.1

## О ВЛИЯНИИ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ЛАНДШАФТОВ АПСХОНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

X. X. ХАЛИЛОВА<sup>1</sup>, В. А. МАМЕДОВ<sup>2</sup>, Т. Г. КУЛИЕВА<sup>3</sup>

*khalilova@rambler.ru*

<sup>1</sup>*Институт Физики Академии Наук Азербайджана,  
Баку, Азербайджан,*

*vtamed@rambler.ru*

<sup>2</sup>*Институт Геологии и Геофизики Академии Наук Азербайджана,  
Баку, Азербайджан,*

*taleha-i.va@gmail.com*

<sup>3</sup>*«Azersu» Открытое Акционерное Общество,  
г. Баку, Азербайджан*

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы изменения природных ландшафтов под воздействием нефтепромышленной деятельности на Апшеронском полуострове Азербайджана. Выявлены основные источники, оказывающие вредное воздействие на компоненты экосистемы. Приведены результаты исследований, проведенных по оценке загрязнения компонентов экосистем тяжелыми металлами и нефтяными углеводородами. Потенциальный экологический риск загрязнения тяжелыми металлами рассчитан с использованием индекса экологического риска (Ei) для определения вклада антропогенного воздействия в накопление тяжелых металлов в почвах нефтепромысловых территорий.