

1. Деятельность горнодобывающих комплексов оказывает дифференцированное воздействие на эколого-геохимические функции приповерхностной части литосферы.

2. Максимальные уровни преобразования фиксируются в 550 – метровой прибрежной зоне карьеров, которая оценивается по уровню экологического бедствия. Концентрация отдельных элементов в пыли буровзрывного облака зависит от ее гранулометрического состава. Выявлено, что к песчаным фракциям приурочены молибден, стронций, барий, частично медь, олово, титан. Для тонких фракций (< 0,1 мм) характерны высокие концентрации титана, ванадия, свинца, марганца, меди, вольфрама.

3. Для территории Губкинского – Старооскольского горнодобывающего района выявлено умеренно опасное загрязнение приповерхностных отложений цинком, кобальтом, молибденом, бором.

4. Сравнительный анализ негативного воздействия структурных элементов техносферы Губкинского – Старооскольского района позволил произвести построения следующего ряда: прибрежная часть карьеров (радиус 550) > зона влияния хвостохранилища > перерабатывающие предприятия. Однако следует подчеркнуть, что по величине площадей воздействия перерабатывающие предприятия (Оскольский электрометаллургический комбинат) нередко занимают лидирующие позиции.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 20-55-00010

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экологическая геология крупных горнодобывающих районов Северной Евразии (теория и практика). /Под ред. И.И. Косиновой – Воронеж: изд-во Областная типография.. им. Болховитинова 2015. – 576с
2. Соколов Н.А. и др. Геологический отчет о геологической съемке и глубинном геологическом картировании масштаба 1:50 000 Старооскольского железорудного района КМА//Листы М-37-27-Б, 28-А). Белгородская ГРЭ. 1977. – 205 с.

УДК 504.75 + 624.131

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ И ГОРНО – ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ РАЙОНОВ ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССИИ

Красовская И.А. \*, Галкин А.Н. \*, Павловский А.И. \*\*

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

\*Витебский государственный университет имени П.М. Машерова, г. Витебск,

Белоруссия,

\*\*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, г. Гомель, Белоруссия

**Аннотация:** Проанализирована деятельность предприятий горнодобывающей и горно-перерабатывающей промышленности Республики Беларусь, показаны примеры техногенных преобразований геологической среды при их функционировании.

**Ключевые слова:** горнодобывающая и горно-перерабатывающая промышленность, полезные ископаемые, горные породы и грунты, подземные воды, загрязнение, процессы.

# TRANSFORMATION OF THE ECOLOGICAL FUNCTIONS OF THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT OF MINING AND MINING PROCESSING AREAS OF THE TERRITORY OF BELARUS

*I.A. Krasovskaya \*, A.N. Galkin \*, A.I. Pavlovsky \*\**

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

*\* Vitebsk State University named after P.M. Masherov, Vitebsk, Belarus,*

*\*\* Gomel State University named after F. Skorina, Gomel, Belarus*

**Annotation:** The activity of the enterprises of the mining and mining-processing industry of the Republic of Belarus is analyzed, examples of technogenic transformations of the geological environment during their functioning are shown.

**Key words:** mining and processing industry, minerals, rocks and soils, groundwater, pollution, processes.

Деятельность горнодобывающей и горно – перерабатывающей промышленности на территории Республики Беларусь является существенным фактором трансформации геологической среды и ее экологических функций (главным образом, геохимической, геодинамической и ресурсной). Это в первую очередь относится к верхним горизонтам литосфера, которые в результате добычи и переработки полезных ископаемых практически полностью трансформируются. Предприятия данных отраслей промышленности в стране не занимают сколько – нибудь значительных площадей. Формирование их связано с разработкой полезных ископаемых, общее количество месторождений которых в республике насчитывает около 5 тысяч [1]. Выявлено и разведано около 30 видов полезных ископаемых, среди которых наиболее важными являются калийные и каменные соли, нефть и газ верхнего девона, строительные материалы, представленные горными породами различного возраста, верхнеплейстоценовые сапропель, торф и др.

Эти предприятия представляют собой комплексы карьерных, шахтных, нефтепромысловых и других хозяйств, объединенных в единую инфраструктуру. Практически вокруг каждой крупной горной выработки формируется локальное хозяйство, а на нефтепромыслах – даже комплексы локальных хозяйств, связанных широкой сетью дорог и трубопроводов. Функционирование глубоких карьеров и шахт обычно требует складирования в отвалах больших объемов пустой породы, создания мощных и сложных дренажных систем. Нередко в районах добычи осуществляется первичная переработка полезных ископаемых, работают горно – обогатительные комбинаты, значительные площади заняты хвостохранилищами и шламонакопителями.

Из всех существующих на территории страны предприятий горнодобывающей и горно – перерабатывающей промышленности наибольшее воздействие на геологическую среду оказывает деятельность Солигорского горнопромышленного района (ГПР) ОАО «Беларуськалий», разрабатывающего Старобинское месторождение калийных солей. На базе месторождения созданы и работают 4 рудоуправления, состоящих из рудников и обогатительных фабрик. Добыча руды производится шахтным способом, отходы производства складируются в отвалах и шламохранилищах. Ежегодно на земной поверхности формируется около 20 млн т твердых галитовых отходов и около 2,2 млн т шламов. За все время эксплуатации месторождения накопилось около 1 млрд т твердых отходов на площади свыше 550 га и более 65 млн т жидких глинисто– солевых шламов на площади 950 га [1, 2].

По уровню техногенного преобразования геологической среды шахтно – отвальное производство относится к числу наиболее средотрансформирующих в Белоруссии. Если оценивать уровень такой трансформации лишь объемами горных пород, перемещенных на единицу площади, то соответствующий коэффициент для Солигорского горнопромышленного района может превысить 10 млн  $\text{m}^3/\text{km}^2$  при среднем значении этого показателя для республики 120–170 тыс.  $\text{m}^3/\text{km}^2$  [2].

Однако воздействие калийного производства на геологическую среду не ограничивается изъятием и преобразованием грунтовых толщ. К негативным последствиям техногенеза на территории размещения этого вида производства необходимо отнести также образование мульд оседания (рис. 1), подтопление территории, загрязнение грунтов и подземных вод.

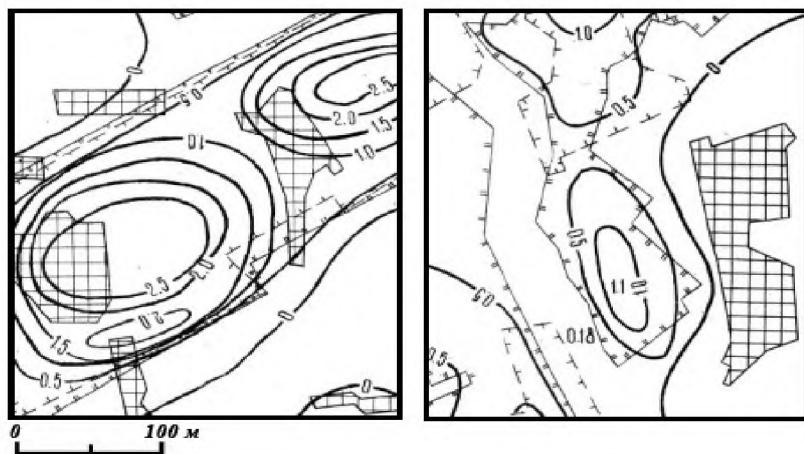


Рис. 1. – Схемы оседания земной поверхности на территории Солигорского промышленного района (по [2])

Например, ширина мульд оседания на отдельных участках Солигорского ГПР достигает 100–300 м при глубине 1–3 м и более и крутизне склонов 3–4° (рис. 1). В таких депрессиях часто развивается заболачивание [3]. В районах солеотвалов и шламохранилищ сформировалась зона хлоридно–натриевого засоления (рис. 2). Здесь минерализация грунтовых вод достигла 80–160 г/дм<sup>3</sup>, а в некоторых случаях и 200 г/дм<sup>3</sup>. Имеет место тенденция увеличения площади ореола загрязнения со скоростью до 85 м/год. По этой причине еще в конце 1970–х годов был ликвидирован ряд водозаборных скважин 1–го и 3–го рудоуправлений [2].

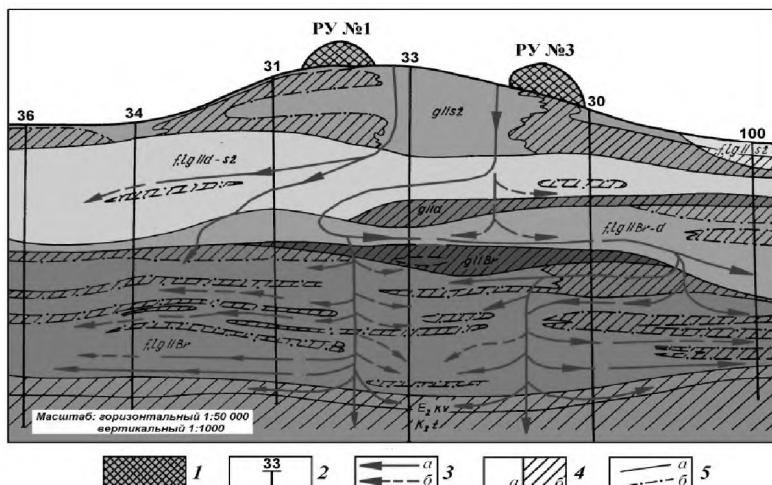


Рис. 2 – Схема движения загрязненных подземных вод на участках размещения рудоуправлений №№ 1 и 3 ОАО «Беларуськалий» (по [4]): 1 – солеотвалы; 2 – наблюдательная скважина и ее номер; 3 – направление потока загрязненных вод: а – выявленное, б – предполагаемое; 4 – водопроницаемые пески(а), слабопроницаемые породы (супеси, суглинки, глины)(б); 5 – границы: а – геологических подразделений, б – между проницаемыми и непроницаемыми породами

Складирование в отвалы больших объемов отходов калийного производства над подработанными шахтными полями Солигорского ГПР из-за нарушения изостатического равновесия в земных недрах стало, по всей вероятности, одной из причин повышения

сейсмичности территории. В районе Солигорска фиксируется до сотни сейсмических толчков в год, причем некоторые из них иногда составляют 4–5 баллов [5].

Широким распространением на территории республики пользуются карьерно–отвальные предприятия, формирующиеся в местах разработки открытым способом сырья для строительных материалов. Это легкоплавкие глины и суглинки (около 500 месторождений), песчано– гравийно– галечные материалы (100), силикатные и строительные пески (20), цементное (13), известковое (50) сырье, строительный камень (4) [2].

Сырье такого типа содержится главным образом в четвертичных отложениях и связано с ресурсами природных ландшафтов. Особенно много его в пределах краевых ледниковых гряд и возвышенностей, моренных, озерно– ледниковых и водно– ледниковых равнин.

Организация и функционирование карьерно– отвальных производств приводит к существенному изменению геологической среды. Эти изменения проявляются уже во внешнем облике территории размещения предприятий, в их рельефе. Создаются глубокие карьеры, формируются большие объемы техногенных грунтов – отвалы вскрышных пород. В бортах карьеров и на отвалах часто развиваются гравитационные процессы, иногда масштабных по объемам. В качестве примера можно отметить карьер «Гралево» по добыче верхнедевонских доломитов в окрестностях Витебска. Вскрыша здесь представлена поозерскими и днепровскими моренными глинистыми грунтами, перекрытыми голоценовыми аллювиальными песками общей мощностью 10–20 м. Приуроченность к вскрыше грунтовых вод, выветрелость моренных отложений, крутые склоны (до 50°) обусловили здесь широкое развитие обвалов и оползней [2, 6] с объемами от нескольких сотен до тысяч  $m^3$  перемещенных грунтовых масс.

Оползни часто возникают и на отвалах вскрышных пород, они часто имеют небольшие размеры и объемы, но иногда способны захватывать обширные участки. Так, в ноябре 1998 г. из – за продолжительных дождей сполз обширный массив грунта, имевший в поперечнике около 70 м, при высоте смещения до 10 м. Этим оползнем было перемещено порядка 20 тыс.  $m^3$  грунтовых масс. В результате были уничтожены частные строения, расположенные вблизи отвалов [6]. Другим примером активизации гравитационных процессов является карьер «Микашевичи» по добыче строительного камня (гранитов, диоритов, габбро, гнейсов AR–PR<sub>1</sub>) в Брестской области.

Открытая разработка месторождений полезных ископаемых нередко сопровождается сосредоточенным водоотбором. При этом водоотливы из карьеров создают общее снижение уровней взаимосвязанных водоносных горизонтов, образующих депрессионные воронки с радиусами, исчисляемыми километрами. В результате иссякают колодцы, скважины, пересыхают малые реки и водоемы, болота, становятся источниками питания подземных вод крупные речные водотоки, дренирующие их в естественных условиях. Так, к примеру, практика эксплуатации карьера «Микашевичи» свидетельствует о том, что постоянный водоотлив, превышающий нередко 60 тыс.  $m^3$ /сут., из– за значительных водопритоков в карьер из подземных водоносных горизонтов (в среднем 43,4 тыс.  $m^3$ /сут., а в периоды ливневых осадков – до 420 тыс.  $m^3$ /сут. и более) существенным образом изменил гидродинамические параметры последних, повлек за собой преобразования химсостава подземных и карьерных вод, нарушил гидрологический режим на прилегающих территориях. Образовавшаяся в результате водоотлива воронка депрессии снизила уровень грунтовых вод (УГВ) в 1998 г. на расстоянии 2 км от карьера на 11 м, а на расстоянии 3 км – на 2 м [7]. Это привело к исчезновению двух малых рек на прилегающей территории. Аналогичная ситуация сложилась и на месторождении доломитов «Гралево». Мощный, свыше 370 тыс.  $m^3$ /сут. водоотлив подземных вод верхнедевонского комплекса привел к снижению пьезометрических уровней в радиусе 10 – 12 км, что повлекло за собой исчезновение меженного стока реки Витьба на десяти километровом участке и выход из строя ряда водозаборных скважин в близ расположенных населенных пунктах [6].

Подобные процессы и явления можно наблюдать и в других карьерах. К примеру, в меловых карьерах у г. Кричев Могилевской области, п. Красносельский Гродненской области,

на месторождениях «Грандичи» близ г. Гродно, «Коммунарское» в Костюковичском районе Могилевщины, ряде разработок месторождений песчано – гравийных грунтов в Минском и Логойском районах Минской области и др.

Интенсивная трансформация компонентов геологической среды происходит и при разведке и эксплуатации месторождений нефти, которых насчитывается в республике 85, из них 58 находятся в разработке. В настоящее время на территории страны в процессе освоения данных месторождений в разной степени нарушено и загрязнено более 700 га земель. Здесь сформировались ореолы загрязнения грунтов и подземных вод  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , поверхностно – активными веществами, нефтепродуктами и другими компонентами (рис. 3). При этом участки загрязнения могут занимать площади от 0,1 до 4,0 га, а глубина миграции поллютантов за несколько лет может достигать 35–40 м [2, 3]. В качестве основных источников загрязнения компонентов геосреды здесь часто выступают сточные воды, буровой шлам и другие отходы бурения, складируемые в амбарах, нефтяные проливы. Нередко с добычей нефти связано проседание земной поверхности (по данным повторных нивелировок на нефтяных месторождениях Белоруссии, скорость опускания дневной поверхности может достигать 10 мм/год), что способствует развитию процессов заболачивания [2].

Существенная трансформация геологической среды происходит также при разработке торфяных месторождений. За последние полвека в Белоруссии торфоразработками нарушено более 1,3 тыс. месторождений торфа общей площадью свыше 300 тыс. га [3].

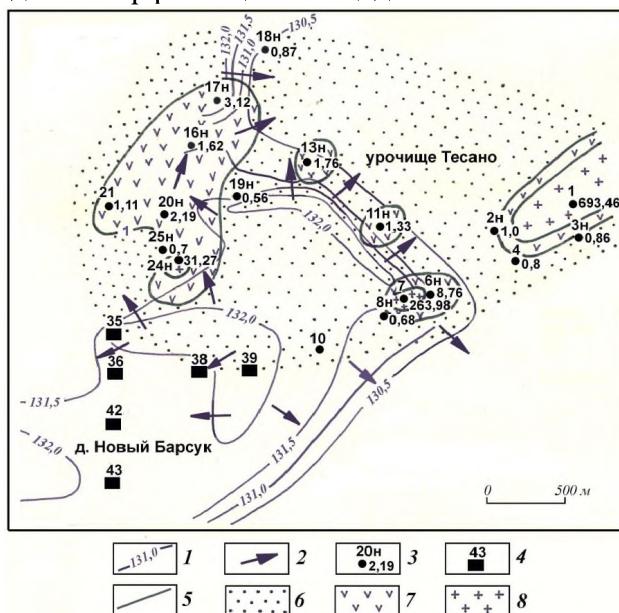


Рис. 3 – Схематическая карта загрязнения грунтовых вод нефтепродуктами на Барсуковском нефтяном месторождении Гомельской области (по [2]): 1 – гидроизогипсы; 2 – направление движения грунтовых вод; 3 – наблюдательная скважина: вверху – ее номер, справа – содержание нефтепродуктов,  $\text{мг}/\text{дм}^3$ ; 4 – колодец и его номер; 5 – изолинии содержания нефтепродуктов. Содержание нефтепродуктов,  $\text{мг}/\text{дм}^3$ : 6 – 0,5–1,0; 7 – 1,0–25,0; 8 – более 25,0.

Таким образом, проанализировав современную ситуацию функционирования предприятий горнодобывающей и горно – перерабатывающей промышленности Республики Беларусь, можно сделать вывод, что их воздействие на геологическую среду велико и многогранно и приводит к трансформации всех ее компонентов. Особенно усугубляется ситуация, когда на одной относительно небольшой территории расположено несколько горнодобывающих и перерабатывающих объектов. В результате образуются разнотипные отходы производства, формирующие мощные зоны воздействия на компоненты геосреды, имеющие ярко выраженные геохимические, геодинамические и ресурсные особенности, отражающие специфику добываемого и перерабатываемого сырья.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галкин, А.Н. Литотехнические системы Белоруссии: закономерности функционирования, мониторинг и инженерно-геологическое обоснование управления: дис. ... докт. геол.-минер. наук: 25.00.08 / А.Н. Галкин. – М., 2014. – 401 с.
2. Галкин, А.Н. Особенности функционирования литотехнических систем территории Белоруссии / А.Н. Галкин, В.А. Королев // Инженерная геология. – 2014. – №4. – С. 28–44.
3. Галкин, А.Н. Трансформация компонентов природной среды территорий горнодобывающих районов Беларуси / А.Н. Галкин, И.А. Красовская // Сергеевские чтения. Эколого-экономический баланс природопользования в горнодобывающих регионах: сб. науч. тр. (по матер. годичной сессии Научн. совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (2–4 апреля 2019 г.) / под ред. В.И. Осипова [и др.]; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2019. – Вып. 21. – С. 162–166.
4. Губин, В.Н. Экология геологической среды / В.Н. Губин, А.А. Ковалев, С.А. Сладкопевцев, М.Г. Ясовеев. – Минск: БГУ, 2002. – 120 с.
5. Галкин, А.Н. Инженерная геология Беларуси: в 3 ч. / А.Н. Галкин, А.В. Матвеев, А.И. Павловский, А.Ф. Санько. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2017. – Ч.2: Инженерная геодинамика Беларуси / под науч. ред. В.А. Королева. – 452 с.
6. Галкин, А.Н. Инженерная геология Беларуси. Основные особенности пространственной изменчивости инженерно-геологических условий и история их формирования / А.Н. Галкин, А.В. Матвеев, В.Г. Жогло. – Витебск: УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2006. – 208 с.
7. Ясовеев, М.Г. Геоэкологические проблемы разработки Микашевичского месторождения строительного камня / М.Г. Ясовеев, Ю.А. Гледко // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер.2. – 2001.– №2. – С. 71–76.

**УДК 504.3.054 (470.21)**

## МЕТЕОИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОНЧЕГОРСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

*Кульнев В.В. 1, Кизеев А.Н. 2, Кульнева Е.М. <sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Центрально-Черноземное межрегиональное управление Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, г. Воронеж, Российская Федерация*

*<sup>2</sup>ФГУП Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины Федерального медико-биологического агентства, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

*<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, Российская Федерация*

**Аннотация:** В России источником интенсивного загрязнения окружающей среды являются в ряду прочих предприятия металлургической отрасли отечественной тяжелой промышленности. Строительство большинства из них пришлось на первую половину прошлого века, когда вопросы природоохранной деятельности предприятий в лучшем случае были второстепенными. В настоящем исследовании проведена пространственно – времененная интерпретация данные о химическом составе атмосферных осадков в зоне влияния металлургического комбината и за ее пределами. Показано, что при удалении от промышленной площадки происходит закономерное изменение химического состава и реакции среды метеорных осадков. Отмечена роль закисления осадков в изменении содержания тяжелых металлов в суглинистых отложениях.

**Ключевые слова:** атмосферные осадки, газоочистные установки, источник загрязнения атмосферы, ключевая площадка, поллютанты.