

14. Khrantsov B. A., Kravchenko A. S. The usage of the modern surveying equipment to provide the industrial safety in the mine after Gubkin of the Joint Stock Company KMAruda. *Scientific Reports on Resource Issues*. 2015. Vol. 1. *Innovations in Mineral Resource Value Chain*. Freiberg : Medienzentrum der TU Bergakademie Freiberg, 2015. pp. 134–136.
15. Guidelines on arrangement, control and reconstruction of mine survey networks using satellite equipment. Saint-Petersburg : VNIMI, 1997. 43 p.
16. Azizi M. A., Marwanza I., Ghifari M. K., Anugraha A. Three Dimensional Slope Stability Analysis of Open Pit Mine. *Slope Engineering*. London : IntechOpen, 2020. DOI: 10.5772/intechopen.94088
17. Jingjing Meng, Mattsson H., Laue J. Three-dimensional slope stability predictions using artificial neural networks. *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*. 2021. Vol. 45, Iss. 13. pp. 1988–2000.
18. McQuillan A., Yacoub T., Bar N., Coli N., Leoni L. et al. Three-dimensional slope stability modelling and its interoperability with interferometric radar data to improve geotechnical design. *Slope Stability 2020 : Proceedings of the 2020 International Symposium on Slope Stability in Open Pit Mining and Civil Engineering*. Perth : Australian Centre for Geomechanics, 2020. pp. 1349–1358.
19. Bui X.-N., Nguyen H., Cho Yi, Nguyen-Thoi T., Zhou J. et al. Prediction of slope failure in open-pit mines using a novel hybrid artificial intelligence model based on decision tree and evolution algorithm. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10. 9939. DOI: 10.1038/s41598-020-66904-y
20. Jiang J., Lu Y., Wang D., Han X. Slope stability calculation method for highwall mining with open-cut mines. *Scientific Reports*. 2022. Vol. 12. 209. DOI: 10.1038/s41598-021-04130-w

УДК 550.42:622.341.1

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭКОЛОГО-РЕСУРСНОЙ И ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ФУНКЦИЙ ЛИТОСФЕРЫ В ПРЕДЕЛАХ СТАРООСКОЛЬСКО-ГУБКИНСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА КМА

В. А. БУДАРИНА¹, доцент, канд. юр. наук

Ф. Н. ЛИСЕЦКИЙ^{2,3}, проф., д-р геогр. наук, fnliset@mail.ru

И. И. КОСИНОВА¹, проф., д-р геол.-минерал. наук

¹ Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

² Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия

³ Казанский федеральный университет, Казань, Россия

Введение

При широкомасштабном освоении и эксплуатации железорудных месторождений происходят нарушения в природных системах и активизация деструктивных природных и техногенных процессов, обуславливающих напряженную экологическую обстановку. Характер и интенсивность многих процессов зависят от применяемых способов добычи железорудного сырья: карьерного, шахтного и скважинной гидродобычи.

Регионы со сложным строением литосферы как осадочного чехла, так и близко расположенного фундамента Восточно-Европейской платформы обладают весомой минерально-сырьевой базой [1, 2]. Исследования многих научных центров показали, что горнодобывающие предприятия в зоне КМА оказывают разнообразные экологические воздействия как на все основные природные среды: подземные воды, включая горизонты, которые обеспечивают хозяйственно-питьевое водоснабжение [3, 4], поверхностные воды [5], почвенный покров [6, 7], агроценозы [8], так и на региональную геоэкологическую систему [9–11].

Наиболее крупный ареал со сложной геоэкологической ситуацией (площадью около 900 км²) расположен в северо-восточной

Оценено влияние горного производства на окружающую природную среду. Выявлена тенденция значительного защелачивания почв, грунтов, поверхностных вод, превышающего фоновые значения на 30–50 %. Обозначены основные загрязняющие элементы. Отмечена тенденция преобразования макро- и мезокомпонентного состава поверхностных вод.

Ключевые слова: литосфера, преобразование, экологическая функция, геохимические показатели, ресурсы, район, добыча, переработка, сырье

DOI: 10.17580/gzh.2022.11.09

части Белгородской области и охватывает территорию городов Губкин и Старый Оскол, а также площадь между ними; приурочен к зоне влияния Старооскольско-Губкинского горнопромышленного района (ГПР). По числу объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, этот участок является наиболее насыщенным техногенными объектами в Белгородской области.

В данном районе, кроме урбанизированных территорий (города Губкин и Старый Оскол), расположены два крупных железорудных карьера («Лебединский» и «Стойленский») глубиной более 300 м, многочисленные отвалы высотой от 60 до 100 м, хвостохранилища, занимающие площадь в несколько десятков квадратных километров, Стойленский и Лебединский ГОКи, шахта им. Губкина, Оскольский электрометаллургический комбинат (ОЭМК), ТЭЦ, цементный завод и многие другие, более мелкие предприятия.

Высокий уровень техногенного освоения территории осуществляется на фоне уникальных природных условий района, отличающихся благоприятным климатом, богатейшими почвами,

значительными запасами поверхностных и подземных вод, спокойным рельефом и отсутствием значимых экзогенных процессов. В подобных условиях формируется комфортная среда обитания для растительного и животного мира. Ресурсная экологическая функция литосферы является основой природного богатства региона, что проявляется как в характере абиотической составляющей, обеспечивающей существования биоты, так и в значительных запасах рудных и нерудных полезных ископаемых. Основное противоречие, рассматриваемое в настоящей работе, связано, с одной стороны, с базовым высоким уровнем комфортности среды обитания, а с другой – с трендами негативного преобразования эколого-ресурсной функции литосферы в пределах крупного горнопромышленного района КМА.

В пределах активно развивающихся железорудных и промышленных районов наблюдается значительная трансформация эколого-геохимической функции как почв [12, 13], так и литосферы в целом [14, 15]. В горнодобывающих регионах отмечается не менее значительное воздействие техногенеза на гидросферу [16–20].

В качестве индикаторных компонентов природной среды, наиболее ярко демонстрирующих данную тенденцию, авторами исследованы почвы и поверхностные воды Старооскольско-Губкинского ГПР.

Почвенный покров данной территории сформировался как результат воздействия комплекса факторов: пестроты и неоднородности почвообразующих пород; близкого залегания вод с повышенной минерализацией; активностью эрозионных процессов; интенсивного техногенного воздействия горнодобывающих и перерабатывающих предприятий. Основными почвообразующими породами являются четвертичные отложения. Старооскольско-Губкинский район преимущественно относится к Левобережному почвенному району черноземов выщелоченных и темно-серых лесостепных почв легкого (супесчаного и песчаного) механического состава.

Почвы района относятся к разным таксономическим уровням, однако обладают рядом общих свойств. Среди них песчаный и супесчаный механический состав, высокая водопроницаемость, значительная аэрация, недостаточная влагообеспеченность, низкая сумма поглощенных оснований (до 15 мг-экв/100 г).

Донецко-Оскольский район серых лесостепных почв располагается в правобережной части Старооскольского района. Для данного типа почв характерны: небольшая мощность гумусового горизонта (около 30 см); малая гумусность; широкое колебание суммы поглощенных оснований (17–35 мг-экв).

Методика исследований

Авторами был выполнен комплекс эколого-геологических исследований, который включал отбор проб почв по сети ключевых участков. Выбор данных участков осуществляли по ландшафтному принципу, а также с учетом характера техногенной нагрузки.

Основной целевой задачей ключевых участков являлось определение трансформации эколого-ресурсной функции почв в местах расположения основных объектов горнодобывающей и перерабатывающей промышленности. Так, участки № 3, 8, 9

Величина pH почв в пределах исследуемого участка

Номер участка наблюдения	Значение pH	Номер участка наблюдения	Значение pH
1	6,8	22	8,3
2	7	23	8,3
3	6,9	24	7,9
4	7,3	25	7,7
5	7,6	26	7,5
6	7,9	27	6,9
7	8,1	28	6,9
8	7,1	29	7,3
9	6,8	30	7,4
10	7,4	31	7,2
11	7,1	32	7
12	7,5	33	7,2
13	7,7	34	7
14	8,1	35	6,9
15	8,3	36	7,1
16	7,1	37	7,3
17	7,5	38	7,1
18	7,7	39	6,9
19	7,9	40	7,2
20	8	41	6,9
21	8,2	42	7,9

были размещены в непосредственной близости к отвалам и хвостохранилищам Стойленского и Губкинского ГОКов, участки № 1, 2, 4–7, 10–12 расположены на расстоянии от 1 до 3 км от основных источников. Вытягивание площади наблюдений в юго-восточном направлении связано с падением рельефа в сторону основных водотоков района. В пределах ключевого участка размещали по три почвенные площадки, усредненную в процессе квартования пробу почв отправляли на анализ. В процессе аналитических исследований определяли показатель pH почвы и содержание тяжелых металлов. Результаты замеров величин кислотности почв представлены в **таблице**. Определение данного показателя было выбрано в качестве маркера для прогноза процессов миграции и аккумуляции загрязняющих элементов в почвенном профиле. Содержание тяжелых металлов определяли методом атомного спектрального анализа.

Состояние поверхностных вод изучали на реках Котел, Осколец и Убля. Русло р. Осколец используется для дренажных и осветленных вод хвостохранилищ Лебединского ГОКа. Реки Котел и Убля являются центром района активного техногенного преобразования окружающей природной среды. Площади водосбора данных рек находятся между г. Старый Оскол с севера и ОЭМК с юга. На западе располагаются предприятия Стойленского ГОКа.

Результаты исследований

Эколого-ресурсная функция почв в районе Старооскольско-Губкинского района определяется деградационными трендами, связанными со значительными площадями съема и перемещения почв. В различной степени данный процесс представлен на

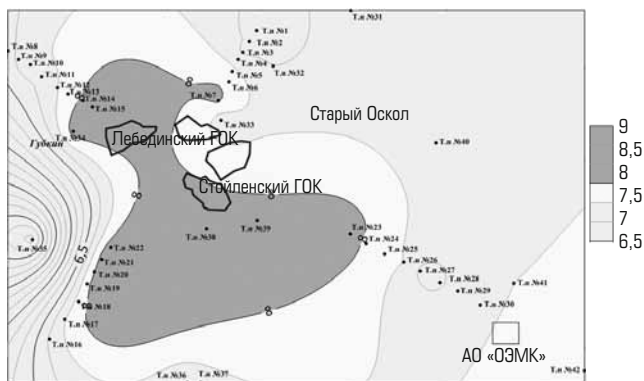


Рис. 1. Схема распределения кислотно-щелочного баланса почв территории Старооскольско-Губкинского ГПР

35–40 % территории. Анализ pH почв демонстрирует широкий диапазон его изменения – от 6,8 до 8,2, т. е. от нейтральных до сильнощелочных. Фоновое значение показателя варьирует в диапазоне от 7 до 7,5. В исследуемых пробах фоновые значения фиксируются в 48 % выборки. Слабокислые и слабощелочные почвы составляют примерно по 15 % выборки, сильнощелочные также представлены примерно в 15 % выборки.

Эколого-ресурсная функция почв трансформируется при концентрировании в них загрязняющих элементов 1-го и 2-го классов опасности. Авторами выделена группа данных элементов, характерная для зоны влияния Старооскольско-Губкинского района. Среди них цинк, свинец, молибден, хром, бор, медь.

Обсуждение результатов

Технологические циклы, отвалы горных пород, хвостохранилища требуют изъятия значительных объемов почв (до сотен квадратных километров). Дальнейшее селективное хранение почв в отвалах в значительной степени снижает их качество, что сказывается при их дальнейшем использовании. Наблюдается ярко выраженный тренд защелачивания почв, что приводит к аккумуляции большей части металлов (рис. 1). Зона преобразования эколого-ресурсной функции почв высокой степени щелочности приурочена к территориям ГОКов и, в большей степени, к участкам отвалов и хвостохранилищ. ореол щелочных почв окаймляет щелочную аномалию и вытянут по рельефу в юго-восточном направлении. Воздействие горноперерабатывающей промышленности отражается в юго-восточной части участка в зоне расположения Оскольского электрометаллургического комбината, где также фиксируется наличие щелочных почв.

В пределах выявленных техногенных эколого-геологических аномалий миграционные свойства подавлены для таких металлов, как кобальт, хром, висмут, олово, циркон, сурьма и др. Однако существуют металлы, которые активно мигрируют в широких диапазонах pH. Среди них натрий, калий, хлор, бром, цезий.

По полученным данным можно сделать вывод, что вблизи горнодобывающих и перерабатывающих предприятий формируются эколого-геологические обстановки с физико-химическими

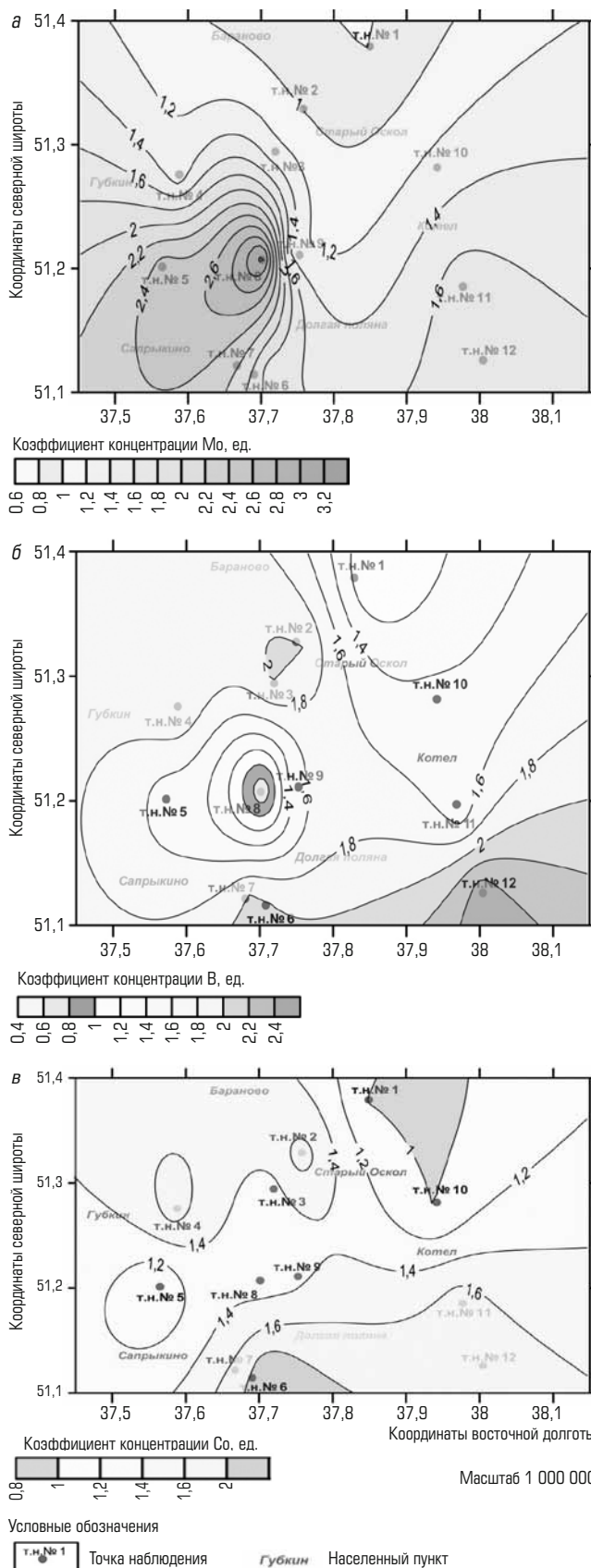


Рис. 2. Эколого-геохимическая оценка Старооскольско-Губкинского горнопромышленного района по содержанию молибдена (а), бора (б) и кобальта (в)

условиями, способствующими накоплению тяжелых металлов в почвах и поверхностном слое грунтов. В щелочной среде тяжелые металлы накапливаются, а в кислой среде повышается их подвижность.

По результатам количественного спектрального анализа отобранных проб были построены карты, демонстрирующие степень преобразования эколого-геохимической функции литосферы в пределах Старооскольско-Губкинского промышленного района. Выявлены ведущие элементы, формирующие эколого-геохимические аномалии. Среди них медь, цинк, свинец, кобальт, хром, молибден, бор. Карты построены по величинам коэффициентов концентраций данных элементов. Проведенные исследования выявили практически повсеместное загрязнение территории молибденом (рис. 2, а). Данные превышения относятся к уровню преобразования, равному опасной оценке. Отмечено, что максимальные значения молибдена характерны для точек, расположенных в районах отвалов и шламоотвалов предприятия. Картографическая модель демонстрирует повышение коэффициента концентрации практически на всей территории. Диапазон коэффициента концентрации варьирует от 0,4 до 1,2. Наибольший уровень проявления эколого-геохимической аномалии отмечен в пределах отвалов нерудной толщи.

По коэффициенту концентрации молибдена было выявлено, что наиболее благоприятная эколого-геохимическая ситуация фиксируется в северной части исследуемого района и составляет примерно 10 % территории. Наименее благоприятная ситуация имеет место в юго-западной части исследуемого района и относится к южной части мелового отвала. Содержание молибдена в почвах 90 % территории, превышающее величину ПДК, свидетельствует как о его разном с элементами буровзрывного облака, так и с пылением меловых отвалов.

Значительные перепады высот карьерно-отвальных комплексов обуславливают формирование микроклиматических особенностей (специфического ветрового режима и увлажнения). По этой причине радиус зоны деградации почв и грунтов на территории Старооскольско-Губкинского ГПР изменяется в широких пределах – от 2 до 15 км от границ санитарно-защитной зоны.

Вторым ярко выраженным элементом-загрязнителем территории является бор. Проведенные исследования показали, что наиболее благоприятная эколого-геохимическая ситуация по бору (см. рис. 2, б) наблюдается в юго-западной и северо-восточной частях исследуемой территории, что составляет 70 % ее площади. Наименее благоприятная ситуация фиксируется в северо-западной и юго-восточной частях. Данная область приурочена к части площадки по обжигу известняка. Диапазон коэффициента концентрации варьирует от 0,4 до 2,4.

По коэффициенту концентрации кобальта (см. рис. 2, в) было выявлено, что наиболее благоприятная эколого-геохимическая ситуация фиксируется в северо-западной части района исследования и составляет 15 % территории. Наименее благоприятная ситуация отмечена на всей оставшейся территории, что составляет 85 %.

Максимальное значение содержания кобальта в приповерхностных отложениях отмечено в районе отвалов. Более благоприятная ситуация наблюдается в районах горной добычи

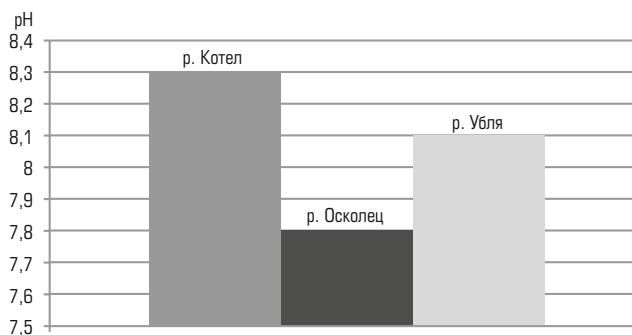


Рис. 3. Показатели pH в поверхностных водах Старооскольско-Губкинского горнопромышленного района

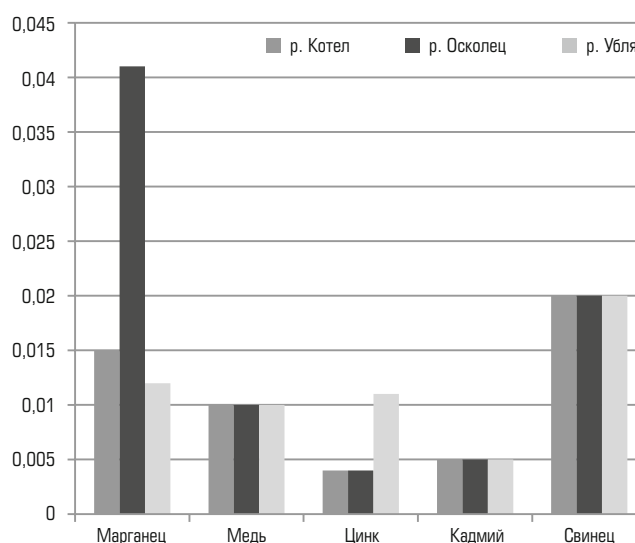


Рис. 4. Содержание микроэлементов в поверхностных водах Старооскольско-Губкинского горнопромышленного района

и деятельности Оскольского электрометаллургического комбината.

Поверхностные воды исследуемых рек не используют в качестве хозяйственно-питьевого водоснабжения. Однако они связаны с подземными водами четвертичного водоносного комплекса, которые используют в водоснабжении. В связи с этим анализ качества поверхностных вод имеет большое значение. Эколого-гидрохимические исследования осуществляли по сети наблюдательных точек.

По показателю pH поверхностные воды в Старооскольско-Губкинском ГРП относятся к слабощелочным и щелочным (рис. 3). Максимальные показатели щелочности характерны для вод р. Котел, протекающей в зоне влияния Оскольского электрометаллургического комбината. Содержание кальция, калия, натрия, магния в р. Убля в 1,5 раза больше, чем в других реках. Данные химические элементы относятся к группе макрокомпонентов, что показывает значительное влияние техногенной нагрузки на качество поверхностных вод р. Убля.

Содержание марганца, меди, цинка, кадмия и свинца (микроэлементов) в поверхностных водах Старооскольско-Губкинского горнопромышленного района (рис. 4) демонстрирует динамику концентрации в отдельных поверхностных водотоках. Максимальное значение марганца составляет 0,041 мг/л (р. Осколец), а минимальное – 0,015 мг/л (р. Убля). Максимальное значение цинка прослеживается в р. Убля и составляет 0,011 мг/л, а минимальные значения в реках Котел и Осколец.

Следует отметить, что содержание таких компонентов, как медь, кадмий и свинец, в поверхностных водах аналогично: медь – 0,01 мг/дм³, кадмий – 0,005 мг/дм³, свинец – 0,02 мг/дм³. По содержанию микроэлементов в р. Осколец наблюдается превышение марганца относительно других рек. Наиболее вероятным источником воздействия является материал буровзрывных работ, поступающий с атмосферным переносом. По показателю минерализации воды рек Котел и Осколец относятся к пресным водам, в р. Убля наблюдается повышенная минерализация воды (до 0,8 мг/дм³).

Выводы

Старооскольско-Губкинский район является ярким примером преобразований экологических функций литосферы в результате горнопромышленной деятельности. Выявлены деграционные процессы в преобразовании эколого-ресурсной и эколого-геохимической функций литосферы. Добыча и переработка железорудного сырья привела к значительной деградации эколого-ресурсной функции, что проявляется в снятии почвенного покрова с площадей в десятки квадратных километров, значительном зашелачивании почв и грунтов территории. В результате происходит накопление элементов загрязнителей в почвах, приповерхностных отложениях. Дальнейшая миграция

тяжелых металлов по трофическим цепям формирует экологически зависимые заболевания.

Преобразование эколого-геохимической функции литосферы проявлено в повсеместном загрязнении территории элементами 1-го и 2-го классов опасности. В качестве ведущих элементов-загрязнителей почв и грунтов Старооскольско-Губкинского ГПР выявлены молибден и бор, источниками поступления данных компонентов в окружающую среду являются материалы буровзрывного облака и пыление отвалов. Картографическое моделирование выявило значительную роль перерабатывающей промышленности в нарушении комфортности среды обитания.

Анализ уровня преобразования эколого-гидрохимической обстановки в пределах Старооскольско-Губкинского горнопромышленного района продемонстрировал близкое к фоновому состояние поверхностных вод. Однако зафиксирована тенденция изменения макро- и мезокомпонентного состава поверхностных вод р. Убля, протекающей в непосредственной близости к Оскольскому электрометаллургическому комбинату, что позволяет обозначить его значимую роль в формировании загрязнения прилегающих территорий. Содержание кальция, натрия, хлоридов превышает аналогичные показатели в других реках в 2–10 раз, а содержание сульфатов – в 70 раз. Нитраты, как показатель хронического уровня загрязнения, зафиксированы в поверхностных водах р. Убля в концентрациях, близких к ПДК. В реках Осколец и Убля они не превышают 5–9 мг/дм³. Общая минерализация поверхностных вод р. Убля превышает показатели иных исследуемых рек в 3 раза. Повышенное относительно фона содержание марганца связано с материалами буровзрывных работ. Проведенные исследования демонстрируют процессы негативного преобразования эколого-гидрохимической функции района исследований.

Библиографический список

1. Бойко П. С. Развитие минерально-сырьевой базы регионов со сложным строением литосферы (на примере Воронежской области) // Разведка и охрана недр. 2017. № 1. С. 3–8.
2. Яницкий Е. Б., Изнатенко И. М. Горнодобывающая отрасль Белгородской области: наука и производство // Горный журнал. 2020. № 7. С. 44–50. DOI: 10.17580/gzh.2020.07.04
3. Бочаров В. Л. Влияние горнодобывающих предприятий на подземные воды Старооскольско-Губкинского района КМА // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2017. № 4. С. 95–99.
4. Pogoreltseva E. I., Zaitsev D. A., Khaustov V. V. The transformation of the composition of the groundwater in the area of high technogenic load mining productions // Proceedings of the 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences. – Albena, 2019. Book 1.2. Vol. 19. P. 541–548.
5. Кочуров Б. И., Кульнев В. В., Цветков И. В. Мультифрактальные модели воздействия на водную экосистему: отклик, риск, управление // Региональные геосистемы. 2022. Т. 46. № 1. С. 71–80.
6. Лисецкий Ф. Н., Чендев Г. Г., Голушов П. В., Чепелев О. А. Загрязнение почвы тяжелыми металлами в зоне Курской магнитной аномалии // Научные труды Федерального научного центра гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана. – Мытищи, 2004. № 10. С. 286–291.
7. Gadzhikerimova A. G., Novykh L. L. Ecological-Geochemical Features of the Trace Elements Distribution in Arable Soils and Parent Bedrocks in the Conditions of Slope Relief // Research Journal of Pharmacy and Technology. 2017. Vol. 10. Iss. 3. P. 773–777.
8. Лисецкий Ф. Н., Свиридова А. В., Кухарук Н. С., Голушов П. В., Чепелев О. А. Аккумуляция тяжелых металлов в растениеводческой продукции зоны техногенеза // Вестник Оренбургского государственного университета. 2008. № 10. С. 142–149.
9. Янин Е. П. Оценка воздействия разработки российских железорудных месторождений на окружающую среду. Обзор // Экологическая экспертиза. 2019. № 5. С. 2–94.
10. Голушов П. В., Лисецкий Ф. Н. Воспроизводство почвенно-растительного покрова в посттехногенных геосистемах КМА и перспективы их ренатурирования // Горный журнал. 2014. № 8. С. 69–74.
11. Косинова И. И., Надежка Л. И., Лисецкий Ф. Н., Бударина В. А., Семёнов А. Е. и др. Анализ пространственных закономерностей воздействий промышленных взрывов на эколого-геологические системы горнодобывающих районов // Региональные геосистемы. 2021. Т. 45. № 3. С. 393–413.
12. Бауэр Т. В., Линник В. Г., Минкина Т. М., Манджиева С. С., Невидомская Д. Г. Эколого-геохимические исследования техногенных почв в пойменных ландшафтах Северского Донца (бассейн Нижнего Дона) // Геохимия. 2018. № 10. С. 956–966.
13. Chaplygin V., Minkina T., Nevidomskaya D., Fedorenko G., Fedorenko A. The influence of long-term chemical contamination in the zone of sediment ponds on biogeochemical and morphological-anatomical characteristics of soils and plants // Proceedings of the 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference. – Albena, 2018. Vol. 18. Book 3.2. P. 567–574.
14. Шеринёв О. В., Павловский А. И., Галкин А. Н., Косинова И. И. Эколого-геологические проблемы в зоне влияния объектов добычи и переработки нерудного минерального сырья (Республика Беларусь) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2020. № 3. С. 64–72.

15. Khansivarova N., Kostyuk Yu. Review of information for the problem statement while studying dispersed rocks for urban planning // *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*. 2020. Vol. 12. Special issue No. 6. P. 798–807.
16. Ахтямова Г. Г., Тацый Ю. Г., Янин Е. П. Особенности распределения и накопления тяжелых металлов в техногенных илах бассейна р. Пахра // *Метеорология и гидрология*. 2012. № 2. С. 89–97.
17. Berezina O. A., Maksimovich N. G., Pyankov S. V. Hydroecological characteristic of coal-mining regions with crucial anthropogenic load (in the case study of the Yaiva river basin) // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018. Vol. 107. 012001. DOI: 10.1088/1755-1315/107/1/012001

18. Shadrunova I. V., Orekhova N. N., Chekushina T. V., Vorobev K. A. Protection of hydrosphere in mining regions: Problems and methodology of technological solutions // *Industrial Engineering and Management Systems*. 2020. Vol. 19. No. 1. P. 70–77.
19. Серпуховитина Т. Ю., Лазарев Р. А., Логвинова А. Н., Цыцорин И. А. Анализ антропогенных факторов воздействия на гидросферу и пути их снижения в горнодобывающих регионах // *ГИАБ*. 2021. № 2-1. Промышленная и экологическая безопасность. С. 263–274.
20. Qiang Sun, Yuzhuo Jiang, Dan Ma, Jixiong Zhang, Yanli Huang. Mechanical Model and Engineering Measurement Analysis of Structural Stability of Key Aquiclude Strata // *Mining, Metallurgy & Exploration*. 2022. Vol. 39. Iss. 5. P. 2025–2035. **EX**

«GORNYI ZHURNAL», 2022, № 11, pp. 57–62
DOI: 10.17580/gzh.2022.11.09

Transformation of ecological-resource and ecological-geochemical functions of the lithosphere within the Stary Oskol–Gubkin mining district of the Kursk Magnetic Anomaly

Information about authors

V. A. Budarina¹, Associate Professor, Candidate of Juridical Sciences
F. N. Lisetsky^{2,3}, Professor, Doctor of Geographic Sciences, fnliset@mail.ru
I. I. Kosinova¹, Professor, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences

¹Voronezh State University, Voronezh, Russia

²Belgorod State University, Belgorod, Russia

³Kazan Federal University, Kazan, Russia

Abstract

The impact of mining production on the natural environment shows itself in many ways: through changes in the chemical and mechanical composition of the atmosphere, deformation of the earth's surface, activation of exogenous geomorphological processes, violation of hydrological regime, surface water and groundwater alteration, degradation of soil and vegetation cover, disruption of functioning (vital activity) of living organisms—from bacteria to humans. The purpose of this work was to assess the main trends of transformation of the ecological-resource and ecological-geochemical functions of the lithosphere within the Stary Oskol–Gubkin mining area of the Kursk Magnetic Anomaly. This area is a key site for such research in the central part of Russia, which is due to its natural and man-made features: the initial high quality of the natural environment, the high population density—36 people / km², and the extremely high level of induced load as a result of the mineral mining and processing activities. The research methods included field observations, as well as soil sampling at 12 key sites and at three main rivers of the district. The ecological and geochemical studies were carried out using the quantitative atomic spectral analysis. In the process of research, the tendency of significant alkalization of soils and surface waters was revealed to exceed background values by 30–50%. Extraction and processing of iron ore has led to a significant degradation of the ecological and resource function, which is manifested in the removal of soil cover over the areas of tens of km². The main polluting elements are indicated, including Zn, Pb, Mo, Co, Cr, B, Cu. The trend of transformation of the macro- and mesocomponent composition of surface waters was recorded. The content of calcium, sodium, chlorides exceeds the similar indicators in other rivers by 2 to 10 times, and this excess in terms of the content of sulfates is 70 times.

Keywords: direction, transformation, ecological function, lithosphere, geochemistry, resources, area, extraction, processing, raw materials.

References

1. Boiko P. S. Development of mineral resources of regions with complex structure of the lithosphere (on the example of the Voronezh region). *Razvedka i okhrana nedr*. 2017. No. 1. pp. 3–8.
2. Yanitsky E. B., Ignatenko I. M. Mining industry in the Belgorod Region: Science and production. *Gornyi Zhurnal*. 2020. No. 7. pp. 44–50. DOI: 10.17580/gzh.2020.07.04
3. Bocharov V. L. The impact of mining on groundwater Starooskol-Gubkinsky district of the KMA. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Geologiya*. 2017. No. 4. pp. 95–99.
4. Pogoreltseva E. I., Zaitsev D. A., Khaustov V. V. The transformation of the composition of the groundwater in the area of high technogenic load mining productions. *Proceedings of the 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences*. Albena, 2019. Book 1.2, Vol. 19. pp. 541–548.

5. Kochurov B. I., Kulnev V. V., Tsvetkov I. V. Multifractal Models of Impact on the Aquatic Ecosystem: Response, Risk, Management. *Regionalnye geosistemy*. 2022. Vol. 46, No. 1. pp. 71–80.
6. Lisetskiy F. N., Chendeu Yu. G., Goleusov P. V., Chepelev O. A. Soil pollution with heavy metals in the zone of the Kursk Magnetic Anomaly. *Transactions of the Erisman Federal Science Center for Hygiene*. Mytishchi, 2004. No. 10. pp. 286–291.
7. Gadzhikerimova A. G., Novykh L. L. Ecological-Geochemical Features of the Trace Elements Distribution in Arable Soils and Parent Bedrocks in the Conditions of Slope Relief. *Research Journal of Pharmacy and Technology*. 2017. Vol. 10, Iss. 3. pp. 773–777.
8. Lisetskiy F. N., Sviridova A. V., Kukharchuk N. S., Goleusov P. V., Chepelev O. A. Accumulation of heavy metals in crop products of the technogenesis zone. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2008. No. 10. pp. 142–149.
9. Yanin E. P. Estimation of the environmental impact of iron ore mining in Russia. Review. *Ekologicheskaya ekspertiza*. 2019. No. 5. pp. 2–94.
10. Goleusov P. V., Lisetskiy F. N. Restoration of soil and vegetation cover in post-mining geo-systems and their renaturation prospects in the area of the Kursk Magnetic Anomaly. *Gornyi Zhurnal*. 2014. No. 8. pp. 69–74.
11. Kosinova I. I., Nadezhka L. I., Lisetskiy F. N., Budarina V. A., Semenov A. E. et al. Analysis of spatial regulations of impact of industrial explosions on ecological and geological systems of mining areas. *Regionalnye geosistemy*. 2021. Vol. 45, No. 3. pp. 393–413.
12. Bauer T. V., Linnik V. G., Minkina T. M., Mandzhieva S. S., Nevidomskaya D. G. Ecological–Geochemical Studies of Technogenic Soils in the Flood Plain Landscapes of the Seversky Donets, Lower Don Basin. *Geochemistry International*. 2018. Vol. 56, No. 10. pp. 992–1002.
13. Chaplygin V., Minkina T., Nevidomskaya D., Fedorenko G., Fedorenko A. The influence of long-term chemical contamination in the zone of sediment ponds on biogeochemical and morphological-anatomical characteristics of soils and plants. *Proceedings of the 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference*. Albena, 2018. Vol. 18, Book 3.2. pp. 567–574.
14. Shershnev O. V., Pavlovskii A. I., Galkin A. N., Kosinova I. I. Ecological and geological issues of the territories affected by facilities for the mining and processing of non-metallic mineral raw materials (Belarus). *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Geologiya*. 2020. No. 3. pp. 64–72.
15. Khansivarova N., Kostyuk Yu. Review of information for the problem statement while studying dispersed rocks for urban planning. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*. 2020. Vol. 12, Special issue No. 6. pp. 798–807.
16. Akhtyamova G. G., Tatsii Yu. G., Yanin E. P. Peculiarities of Distribution and Accumulation of Heavy Metals in Anthropogenic Silts of the Pakhra River Basin. *Meteorologiya i gidrologiya*. 2012. No. 2. pp. 89–97.
17. Berezina O. A., Maksimovich N. G., Pyankov S. V. Hydroecological characteristic of coal-mining regions with crucial anthropogenic load (in the case study of the Yaiva river basin). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018. Vol. 107. 012001. DOI: 10.1088/1755-1315/107/1/012001
18. Shadrunova I. V., Orekhova N. N., Chekushina T. V., Vorobev K. A. Protection of hydrosphere in mining regions: Problems and methodology of technological solutions. *Industrial Engineering and Management Systems*. 2020. Vol. 19, No. 1. pp. 70–77.
19. Serpukhovitina T. Yu., Lazarev R. A., Logvinova A. N., Tsytsorin I. A. Analysis of anthropogenic factors of influence on the hydrosphere and ways to reduce them in mining regions. *GIAB*. 2021. No. 2-1. Ecological and industrial safety. pp. 263–274.
20. Qiang Sun, Yuzhuo Jiang, Dan Ma, Jixiong Zhang, Yanli Huang. Mechanical Model and Engineering Measurement Analysis of Structural Stability of Key Aquiclude Strata. *Mining, Metallurgy & Exploration*. 2022. Vol. 39, Iss. 5. pp. 2025–2035.