

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

FEATURES OF CHANGES IN GEOCHEMICAL PARAMETERS OF SOILS IN THE CONDITIONS OF INDUSTRIAL DEVELOPMENT OF DEPOSITS IN THE FAR NORTH

R. Sayfiyev
E. Gaevaya
Yu. Sivkov

Summary. The industrial development of mineral deposits is a necessary and important component of the socio-economic development of the country and the well-being of the population. At the same time, mining inevitably harms the environment, soil cover, biota living in these ecosystems, and public health. This paper examines the issues of changes in geochemical parameters of soils in the conditions of industrial development of deposits in the Far North from the point of view of the natural features of vulnerable ecosystems operating in harsh climatic conditions. Based on the analysis of data from state reports on the state of the environment, geochemical changes in soil ecosystems of the Far North are shown in dynamics on the example of the Kola Peninsula, the Komi Republic over the past decade, caused, among other things, by mining, and the possibilities of restoring disturbed natural soil ecosystems are demonstrated.

Keywords: soil ecosystems, mineral deposits, industrial development, geochemical indicators, assessment of soil condition.

Сайфиев Руслан Ринатович

Кандидат биологических наук, доцент,
Тюменский Индустриальный Университет
sajfiyevrr@tyuiu.ru

Гаевая Елена Викторовна

Кандидат биологических наук, доцент,
Тюменский Индустриальный Университет

Сивков Юрий Викторович

Кандидат биологических наук доцент,
Тюменский Индустриальный Университет

Аннотация. Промышленное освоение месторождений полезных ископаемых является необходимым и важным компонентом социально-экономического развития страны и благополучия населения. При этом добыча полезных ископаемых неминуемо наносит вред окружающей среде, почвенному покрову, обитающей в данных экосистемах биоте, здоровью населения. В настоящей работе рассматриваются вопросы изменения геохимических показателей почв в условиях промышленного освоения месторождений Крайнего Севера с точки зрения природных особенностей уязвимых экосистем, функционирующих в жестких климатических условиях. На основании анализа данных государственных докладов о состоянии окружающей среды в динамике показаны геохимические изменения почвенных экосистем Крайнего Севера на примере Кольского полуострова, Республики Коми за последнее десятилетие, обусловленные в том числе и добычей полезных ископаемых, продемонстрированы возможности восстановления нарушенных природных почвенных экосистем.

Ключевые слова: почвенные экосистемы, месторождения полезных ископаемых, промышленное освоение, геохимические показатели, оценка состояния почв.

Введение

Промышленное освоение месторождений полезных ископаемых на Крайнем Севере с успехом ведется уже более 70 лет, с тех пор как еще в СССР были разведаны и запущены несколько крупных источников апатита, нефти и газа, железных руд и других ценных ресурсов. В Коми АССР, а затем в Мурманской, Архангельской областях, на севере Сибири и на Камчатке, в других регионах севера России постепенно во второй половине XX века вводились в строй важные нефтегазовые и рудные месторождения, что обусловило экономический рост и развитие регионов Крайнего Севера и отразилось на историко-экономическом облике всей страны. С течением времени эволюционно менялись методологические подходы к разведыванию и освоению найденных месторождений, что привело к формированию уникального, отвечающего всем современным тре-

бованиям геофизического спектра методов для разведки полезных ископаемых и их освоения.

Промышленное освоение месторождений полезных ископаемых согласно трактовке ГОСТ Р 53713–2009 характеризуется созданием необходимой инфраструктуры для разработки месторождения, добычи полезного ископаемого ресурса и транспортирования его к месту переработки, на темпы развития которой оказывает влияние экономическое и социальное развитие территорий, включающих залежи [1].

Добыча полезных ископаемых, тем самым, остается важным источником ресурсов, способствующих росту экономики и повышению уровня жизни населения, однако, развитие отрасли всегда сопряжено с загрязнением осваиваемых территорий, нарушением экологической безопасности региона [1, 2]. В полной мере данные

экологические риски актуальны для уязвимых к воздействиям природной среды северных экосистем, функционирующих в условиях постоянных низких температур и жесткого климата, что определяет низкие скорости восстановления нарушенной среды [1, 3, 4]. К основным особенностям экологической трансформации северных экосистем вследствие разработки и промышленного освоения месторождений следует отнести такие факторы как 1) сукцессия естественных ландшафтов в результате формирования отвалов и хвостохранилищ; 2) формирование техногенных пейзажей и опустынивания; 3) загрязнение объектов окружающей среды пылью, взвешенными частицами, соединениями тяжелых металлов, реагентами; 4) увеличение риска извращения морфологии рельефа, земной коры, структуры почвы; 5) изменение, снижение, а иногда и потеря биоразнообразия [3]. Уязвимость северных территорий обусловлена лабильностью температурного режима, высоким уровнем осадков, наличием многолетнемерзлых пород [4, 5]. Кроме того, существенное влияние на изменение почв и почвообразовательных процессов в северных условиях оказывает характер рельефа, структура почвообразующих пород, микроклиматическая теплообеспеченность [6].

По данным отечественных исследователей, среди северных регионов Российской Федерации наибольшей чувствительностью к климатическим влияниям демонстрируют почвенные экосистемы севера Сибири, что напрямую обусловлено добычей сырьевых ресурсов и значительной степенью износа инфраструктуры. Адаптивностью к экологическим опасностям обладают почвенные экосистемы Архангельской и Мурманской областей, Красноярского края, Камчатки, Республики Якутия (Саха) благодаря высокому уровню социально-экономического развития данных регионов [5, 7].

Основные геохимические показатели почвенного покрова включают pH почвы, целостное органическое вещество, уровень насыщенности почвы щелочными соединениями, содержание нитратов почв, на основе оценки которых формируется геохимический индекс почв, позволяющий охарактеризовать особенности почвенных экосистем конкретного региона. Почвенные соединения являются одним из важнейших биотических сегментов, отвечающих за биохимические реакции почвы.

Наиболее серьезные нарушения почвенного покрова происходят при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. Почвы, трансформированные при переработке полезных ископаемых, часто имеют экстремальный уровень pH, низкое содержание органических веществ и ограниченную доступность питательных веществ. В результате утечки реагентов и осадка при разработке рудных месторождений в почву попадает большое количество ксенобиотиков, наиболее важными из них являются тяжелые металлы

и другие потенциально токсичные элементы, которые ингибируют рост растений и негативно влияют на почвенное микробное сообщество.

Значительная трансформация почвенных экосистем формируется под влиянием нефтедобычи. Биохимические и физико-химические свойства почвы разрушаются компонентами нефтепереработки, что ограничивает развитие и совершенствование растений. Дефицит воды и кислорода, доступных видов азота и фосфора, являются фундаментальными изменениями свойств почв вследствие загрязнения нефтесодержащими веществами. Вредное воздействие нефтяного загрязнения на биологические системы может оказаться решающим для их устойчивости, поскольку гибель биоты вызывается непосредственно ненасыщенными углеводородами, нафтеновыми кислотами и другими соединениями, содержащими ароматические соединения, степень вреда от загрязнения обусловлена долей разложения веществ нефти.

В результате интенсивного промышленного освоения северных территорий в почвенных экосистемах доминируют явления эрозионных процессов, эрозионный процесс продолжается, в то время как противоэрозионные мероприятия проводятся с запозданием или неэффективно. В этой связи, для восстановления систем рационального землепользования, возобновления и разработки новых противоэрозионных мероприятий, улучшения экологической ситуации на территориях добычи полезных ископаемых необходимо регулярно проводить объективную почвенно-экологическую оценку эродированных почв.

Материалы и методы

Объектами исследования были выбраны почвенные экосистемы северных регионов Российской Федерации на примере Кольского полуострова, Республики Коми, геохимические показатели которых были проанализированы зарубежными и отечественными авторами. Результаты анализов нашли свое отражение в статьях, которые были изучены и проанализированы в настоящей работе. В ходе исследования были применены методы систематизации, сравнительного анализа. На основе анализа данных государственных докладов о состоянии окружающей среды за 2014 и 2023 годы по Республике Коми и Мурманской области проведена динамическая оценка изменения геохимических показателей почв северных регионов в течении последних десятилетий.

Результаты и обсуждение

По данным V. Beznosikov с соавт. по результатам ландшафтно-геохимической оценки фонового содержания углеводов в органических горизонтах северных

почв Республики Коми на территории перспективных мест разработки и добычи нефти было показано, что максимальные концентрации углеводородов формируются в суглинистых почвах и болотно-подзолистых почвах, в меньшей степени эти загрязнения развиты в песчаных почвах, что связано с плохой дренируемостью, особенностями рельефа и естественным накоплением углеводородов [8]. В органических горизонтах болотно-подзолистых почв, залегающих на суглинках, содержание углеводородов колеблется в диапазоне от 26 ± 4 до 32 ± 6 мг/кг, что можно оценить как очень высокое. Фоновые диапазоны изменения углеводородов в органических горизонтах почв Коми аналогичны для почв с уровнем значимости 0,5 [8].

Особенностью почв Коми также является нейтральная и слабощелочная реакция среды, обусловленная значительным содержанием карбонатов кальция и магния, а также повышенным содержанием свинца, марганца и кадмия. Данные характеристики определяются естественным биогеохимическим фоном. В целом, уровень загрязнения почвенных экосистем Республики Коми определяется как среднее, в некоторых районах достигая уровня умеренно-опасного [9].

По данным государственных докладов о состоянии окружающей среды в Республике Коми структура земельного фонда с 2014 по 2023 гг. не изменилась. Для промышленного освоения край выделяет 0,7 % земель в 2014 и 0,6 % в 2023 году. Наибольшая доля земель приходится на земли лесного фонда (86,3 %). Снижение доли промышленных земель произошло за счет ремедиации части нарушенных земель и расширения земельного фонда ООПТ республики. В республике активно ведется разработка месторождений каменного угля, нефти и газа, бокситовых, титановых, баритовых руд, кварцевого сырья [9, 10].

Оценка химического загрязнения почв по показателю содержания тяжелых металлов показала наличие доли проб, не соответствующих гигиеническим нормативам по содержанию свинца (от 1,5 до 4,5 % от всех отобранных проб) и содержанию цинка (1,47 % проб), что обусловлено деятельностью крупнейших добывающих компаний МО ГО «Сыктывкар», «Ухта» и МО МР «Прилузский» [10].

Благодаря общероссийским программам по оздоровлению экологической ситуации, расширению инфраструктуры очистительных сооружений на промышленных предприятиях, в том числе и добывающих, мероприятиям по восстановлению и ремедиации нарушенных земель к 2024 году на протяжении уже нескольких лет в республике Коми не регистрируются пробы с превышением гигиенических нормативов по санитарно-химическим показателям [10].

Почвы Кольского региона представлены подзолистыми почвами и таежными подбурами с добавлением торфа и гумуса. В почвах Хибинского и Ловозерского районов значительно содержание кремния, алюминия, кальция, магния, калия, натрия, железа и других элементов. Наибольшие концентрации загрязнений аккумулируются в горизонте В/С, минимальные — в А0, что обусловлено особенностями режимов осадков и выносом элементов вниз [11]. Особенностью кольских почв является элювиально-иллювиальное распределение фосфора, что оказывает значимое влияние на геохимическую миграцию фосфора в почвах. В этих условиях биологический фактор играет важную роль в поддержании устойчивости почвенных экосистем. В настоящее время различия в геохимическом составе кольских почв обусловлены особенностям состава почвообразующих пород, присутствием элювия нефелиновых сиенитов, морен, дифференциации профиля, независимостью состава почв от растительной биоты, что, в свою очередь, определяется климатическими условиями, сниженными временными рамками биологической активности, низкой продуктивностью почвенной и растительной биоты в условиях постоянно холодных температур [12, 13].

Содержание тяжёлых металлов в почвах Мурманска и области несколько ниже, чем в других крупных городах России, суммарное загрязнение по степени опасности охарактеризовано как неопасное (индекс загрязненности <16) [12]. Следует отметить, что масштабное негативное воздействие, которое испытывали природные экосистемы Кольского полуострова вследствие разработки крупнейших в стране месторождений никеля и апатита, привело к формированию техногенного ландшафта на части территории региона, загрязнению почв тяжелыми металлами и апатитнефелиновой пылью, трансформации растительного сообщества.

Нефтяные загрязнения для Кольского полуострова также являются актуальным компонентом общего негативного влияния на почвы. Тем не менее, благодаря усилиям экологов и общественности удалось с помощью мероприятий по охране окружающей среды, предпринимаемых горнообогатительными комбинатами области, удалось стабилизировать экологическое состояние региона [13].

По данным государственных докладов о состоянии окружающей среды в Мурманской области структура земельного фонда изменяется в сторону увеличения доли земель для промышленного освоения с 2014 по 2023 гг. (с 3,16 до 3,2 %) за счет снижения земель лесного фонда (с 65,65 до 65,3 %). Наибольшая доля земель приходится на земли лесного фонда (65,3 %). Расширяется доля земельного фонда ООПТ. Мурманская область — один из наиболее развитых горнорудных районов России, обеспечивающий добычу фосфатных руд, циркония, ниобия, тантала, редкоземельных металлов, никеля, меди,

кобальта, нефелинового и керамического сырья, железных и хромовых руд, облицовочного камня. На шельфе Баренцева моря разведаны и введены в действия месторождения нефти и газа, а город Мурманск в последние годы стал крупнейшим транспортным узлом [12, 13].

Состояние почв Мурманской области в 2023 году характеризуется общим снижением доли проб с превышениями гигиенических нормативов по санитарно-химическим показателям по сравнению с 2014 г. (с 33,1 в 2014 г. до 6,57 % в 2023 г.) и характеризуется значительными темпами снижения показателей загрязнения почвы [12, 13]. В области развернута масштабная деятельность по оздоровлению экологической ситуации, что дало свои существенные результаты, позволив региону стать в национальном экологическом рейтинге субъектов Российской Федерации, лидером по северо-западу и занять 11 место по России [13].

Выводы

Высокий уровень социально-экономического развития региона определяет темпы промышленного освое-

ния разведанных полезных ископаемых обуславливает высокую вероятность адаптивности экосистем региона к регенерации и ремедиации почв. Загрязнение почвы тяжелыми металлами, нефтяными углеводородами в результате промышленного освоения месторождений является далеко идущей всемирной естественной проблемой. Особенную актуальность и опасность проблема загрязнений приобретает в северных регионах вследствие природных особенностей, не предрасполагающих к быстрым темпам восстановления нарушенных экосистем. Северные территории РФ подвержены загрязнению, а почвы — эрозивным процессам вследствие активной добычи полезных ископаемых, которыми эти регионы богаты. Однако, предпринимаемые меры по охране окружающей среды, проведение экологических мероприятий способны дать ощутимые результаты в отношении улучшения экологической ситуации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козьменко С.Ю., Савельев А.Н., Тесля А.Б. Глобальные и региональные факторы промышленного освоения углеводородов континентального шельфа Арктики // Известия СПбГЭУ. 2019. №3 (117). С. 65–73.
2. Alexandrova Y., Timofeeva S.S. Impact of mining of common minerals on the environment and public health// IOP Conference Series Earth and Environmental Science. 2021. 848(1). P.012136.
3. Тарасов П.И., Хазин М.Л., Голубев О.В. Снижение геоэкологической нагрузки горно-перерабатывающей промышленности северных и арктических территорий // ГИАБ. 2019. №7. С.74–82.
4. Бессонова Т.Н. Оценка уязвимости северных регионов к природным опасностям, вызванным изменениями климата // Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования СГУ. 2023. Т. 3, вып. 4. С. 419–427.
5. Пестерев А.П. Экологические проблемы севера Якутии // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Науки о Земле. 2016. № 2 (2). С. 5–8.
6. Горячкин С.В., Водяницкий Ю.Н., Конюшков Д.Е. и др. Биоклиматогенные и геогенные проблемы географии почв северной Евразии // Бюл. Почв. ин-та. 2008. №62. С. 48–68.
7. Коннова Л.А., Львова Ю.В. Возможные источники экологической опасности на территории субъектов Арктической зоны Российской Федерации (Мурманской и Архангельской областей) // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2018. №2.
8. Beznosikov V., Lodygin E. Ecological-Geochemical Assessment of Hydrocarbons in Soils of Northeastern European Russia // Eurasian Soil Science. 2010. 43(5). P.550–555.
9. Кряжева Е.Ю., Лаптева Е.М., Шахтарова О.В., Осадчая Г.Г. Специфика загрязнения тяжелыми металлами урбаноземов города Ухта (республика Коми, Европейский северо-восток России) // Экология урбанизированных территорий. 2020. 3. С. 66–74.
10. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Республики Коми в 2014 году» [Электронный ресурс]. Сыктывкар, 2015. 195 с. URL: https://mpr.rkomi.ru/uploads/documents/gosdoklad_2014_pdf_2020-10-12_11-41-42.pdf (дата обращения: 18.09.2024).
11. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Республики Коми в 2023 году»: гос. доклад [Электронный ресурс]. — Сыктывкар: Минприроды Республики Коми, 2024. 162 с. URL: https://mpr.rkomi.ru/uploads/documents/doklad_2023_2024-06-28_11-57-49.pdf (дата обращения: 18.09.2024).
12. Козаренко А.Е., Семенов В.А. Особенности химического состава почв Хибинского и Ловозерского массивов // Вестник МГПУ, серия «Естественные науки». 2021. С. 62–72.
13. Маслов М.Н., Данилова А.Д., Королева Н.Е. Почвы пояса гольцовых пустынь Хибинских гор // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2021. №1. С. 31–37.
14. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2014 году»: гос. доклад [Электронный ресурс]. Мурманск, 2015. 107 с. URL: https://mpr.gov-murman.ru/upload/iblock/cb5/Доклад_2014году.pdf (дата обращения: 18.09.2024).
15. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2023 году»: гос. доклад [Электронный ресурс]. — Мурманск, 2024. 107 с. URL: file:///C:/Users/O/Downloads/2024-08-20_Doklad_2023_svodnyu.pdf (дата обращения: 18.09.2024).