

В. В. КУЛЬНЕВ¹, А. Н. КИЗЕЕВ²

МЕТЕОИНДИКАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОВДОРСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

¹Центрально-Чернозёмное межрегиональное управление
Федеральной службы по надзору в сфере природопользования,
г. Воронеж, Российская Федерация,
kulnev@rpn36.ru

²Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья
Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация,
aleksei.kizeev@mail.ru

Приведена интерпретация пространственно-временных сведений о химическом составе метеорных осадков в зоне влияния Ковдорского горно-обогатительного комбината. Показано, что по мере удаления от промплощадки происходит изменение водородного показателя и химического состава атмосферных осадков. Отмечена роль кислой реакции среды в изменении концентрации поллютантов, определяемой при сноухимической съёмке.

Ключевые слова: атмосферные осадки, источник загрязнения атмосферы, ключевая площадка, метеоиндикация, поллютанты, хвостохранилище.

Мурманская область относится к высокоиндустриальным регионам России. Сочетание предприятий горнодобывающей отрасли, металлургического производства, ядерной энергетики являются объектами негативного техногенного воздействия на компоненты окружающей природной среды. Низкий саморегулирующий потенциал природной среды, обусловленный сравнительно низкой продуктивностью северных ценозов, усиливает канцерогенное воздействие техногенных выбросов в компоненты природной среды региона [2].

АО ЕВРОХИМ «Ковдорский ГОК» – единственное в мире предприятие по производству бадделеитового концентрата. Здесь также происходит выпуск железорудного и апатитового концентратов [4, 18]. Загрязнение атмосферы влияет на территорию районного центра – города Ковдора, другие населенные пункты района и на окружающие комбинат таежные ландшафты. Результатом деятельности Ковдорского горно-обогатительного комбината по данным геоэкологического мониторинга является образование техногенных пустошей в виде хвостохранилища, терриконов и деградация компонентов природной среды.

Исследованиям качества атмосферного воздуха техногенно нагруженных территорий посвящены работы отечественных и зарубежных специалистов. Так, в работах [14, 16] описывается применение фрактального анализа при лихеноиндикации техногенного воздействия. Моделирование динамики и прогноза экологических состояний воздушной среды селитебных территорий отражено в научной статье А. Н. Насонова и соавторов [15]. Применение фрактального анализа для оценки экологического состояния внутриконтинентальных орогенов, описано в работе [13].

В исследовании китайских специалистов [19] показано, что в пилотных районах с высоким уровнем экологического развития основным элементом являются развивающиеся отрасли экономики, поскольку они обеспечивают более высокий уровень экономического производства без ухудшения состояния атмосферного воздуха, связанного с традиционными отраслями промышленности, такими как, например, металлургия.

Результатом исследования ученых из Эквадора является модель, интегрирующая и объясняющая социально-экологические городские отношения латиноамериканского города с учетом трех подходов высокого уровня: лесного хозяйства, географии и психологии. Модель дала

количественную оценку социально-экологическим отношениям, возникающим в результате сочетания различных факторов городских социально-экологических систем, предложив преимущества этого метода для получения знаний, необходимых для планирования и управления латиноамериканскими городами.

Авторы научной работы из Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова для выявления состояния геоэкологической обстановки в центральной части Мурманской области провели исследования снежного покрова и воды. Гидрохимический анализ проб снега и воды, отобранных на ключевых участках, показал, что в настоящее время в районе исследования наблюдается значительное загрязнение природной среды тяжёлыми металлами, особенно в районе Мончегорска. Также прослеживается площадное загрязнение аэротехногенными поллютантами на расстоянии на 80 и более километров на северо-запад от источника загрязнения (комбината «Североникель»). Другим районом с неблагоприятной геоэкологической обстановкой, согласно проведённым исследованиям, является Кировско-Апатитский в зоне влияния горнодобывающего и горно-обогатительного производства [3].

В исследовании специалистов из Санкт-Петербургского государственного горного университета показано, что в результате сброса сточных вод в озеро Ковдор рН воды повысился до 8, а кислотные соединения, выбрасываемые в атмосферу и выпадающие на территории водосбора озера Куропта, вызвали тенденцию к закислению воды озера, значение рН понизилось до величины менее 6 [17].

Исследованиям экологического состояния природных вод и почвенного покрова на территории деятельности АО ЕВРОХИМ «Ковдорский горно-обогатительный комбинат» посвящены работы [5–13].

Целью настоящего исследования является метеоиндикационная оценка пространственно-временной динамики состояния еловых и сосновых лесов, расположенных на различном удалении от комбината в границах Ковдорского рудного района и за его пределами в купе со спонхимической съёмкой.

Ковдорский рудный район находится на юго-западе Мурманской области, в 20 км к востоку от границы с Финляндией [18].

Ковдорский массив является наиболее изученным и одним из самых крупных щелочно-ультраосновных плутонов Кольского полуострова. Массив представляет собой интрузию концентрически-зонального строения. В плане массив имеет овальную форму, несколько вытянутую в меридиональном направлении. В геолого-структурном плане Ковдорский массив находится в пределах крупной тектонической зоны северо-восточного простирания, протягивающейся от массива Сокли в Финляндии через Маврагубский, Хибинский, Ловозерский, Кургинский, Контозерский массивы до побережья Баренцева моря в районе губы Ивановской - зоны развития палеозойского щелочного магматизма на северо-востоке Балтийского щита. Ковдорский массив приурочен к узлу пересечения трех линейных разломов субмеридионального, северо-восточного и северо-западного простирания [18].

С 1995 г. апатит-бадделеитовая фабрика АО ЕВРОХИМ «Ковдорский ГОК» перерабатывает не только текущие хвосты мокрой магнитной сепарации, но и лежалые. При обогащении апатит-штаффелитовых руд получают апатитовый и магнетитовый концентраты. Фосфатный концентрат используется для химической переработки на удобрения. Магнетитовый концентрат используется как сырьё для производства чугуна и сталей, бадделеитовый – для производства огнеупоров и представляет собой сырьё для извлечения циркония [18].

В районе добычи формируются горные выработки открытого типа, снижающие качество компонентов окружающей среды. После окончания разработки месторождения необходимо проведение полномасштабной рекультивации или санации с учетом зональных особенностей территории [1].

Совместными источником негативного воздействия на депонирующие среды (природные воды, почвы) в пределах горнодобывающих районов являются хвостохранилища и терриконы [5–7].

В процессе эксплуатации объектов негативного воздействия на окружающую среду юридическим лицом – АО ЕВРОХИМ «Ковдорский ГОК» посредством источников загрязнения атмосферы (ИЗА) происходят выбросы атмосферных поллютантов. Состав этих выбросов

наследует специфические геохимические черты добываемых бадделеит-апатит-магнетитовых, маложелезистых апатитовых и штаффелит-апатитовых руд, а именно высокое содержание щелочей, алюминия, сернистого ангидрида и фосфора.

К настоящему времени накоплены данные о возможном экологическом эффекте при загрязнении природной среды названными компонентами, но остается практически неизученным вопрос о закономерностях их поступления в экосистемы воздушным путем [11].

С целью решения указанной природоохранной задачи нами был осуществлен анализ сведений о химическом составе метеорных осадков, собранных в летний и зимний период на открытых и залесенных ключевых участках в период с 2015 по 2019 годы. Следует отметить, что сбор атмосферных осадков в виде дождя и снега в точках наблюдения, расположенных в пределах лесных массивов, осуществлялся на открытых пространствах, и под кронами деревьев с помощью специальных осадкоприемников. Это было сделано для определения влияния крон деревьев на изменение химического состава метеорных осадков, и, следовательно, и определения доли участия древесных растений в очищении атмосферного воздуха. Сбор атмосферных осадков в течение вегетационного периода (июнь-сентябрь) производился ежемесячно, тогда, как сноухимическая съемка проводилась однократно – в конце апреля – в период максимального накопления снежных масс. Отбор проб снега осуществлялся с помощью снегоотборного стакана на глубину снежного покрова. При пробоотборе снега старались исключить возможность загрязнения пробы почвенными частицами и растительными остатками [12].

Точки наблюдения были заложены по розе ветров, согласно которой на исследуемой территории преобладают ветры северо-восточного направления на различном удалении от ИЗА. Первая ключевая площадка была заложена на расстоянии пяти километров в западном направлении от промплощадки и характеризует «теневую» зону ИЗА Ковдорского горно-обогатительного комбината. Вторая ключевая площадка (фоновая) была разбита на территории созданного в 2014 году государственного природного комплексного заказника регионального значения «Кайта», и расположена на расстоянии около 50 км в южном направлении. Последняя ключевая площадка была организована на расстоянии 30 км в восточном направлении от комбината, вблизи поселка Ёна Ковдорского муниципального района Мурманской области.

В ходе пятилетнего периода исследований было проведено определение химического состава дождевых и талых снежных вод, а именно пробы в соответствии с утвержденными методиками анализировались на содержание фосфора, сернистого ангидрида и тяжелых металлов, а также определялся водородный показатель.

Показано, что атмосферные осадки, собранные под кронами деревьев имеют значение водородного показателя около 3,7, что характеризует среду как кислую. В тоже время метеорные осадки, собранные на открытых пространствах, имеют слабокислую реакцию ($pH = 4,5$). Данный факт обусловлен тем, что крона деревьев является своеобразным накопителем, в том числе, редкоземельных элементов, которые при выпадении осадков смываются с поверхности хвои. Отмечено, что в зимний период данный процесс выражен, но не так явно, как в теплое время года, что связано с характером атмосферных осадков.

При пространственном анализе влияния горно-обогатительного комбината показано, что степень кислотности атмосферных осадков снижается по мере удаления от источника негативного воздействия. Также установлено, что относительно высокое содержание редкоземельных металлов в атмосферных осадках под кроной в «теневой» зоне комбината обусловлено разрушением кутикулы хвои и вымыванием указанных элементов из растительных тканей. На ключевых площадках характеризующих заказник «Кайта» и район расположения поселка Ёна Ковдорского муниципального района Мурманской области данное явление не установлено.

Временной анализ показал, что общая тенденция сокращения выбросов загрязняющих веществ сохраняется при изучении результатов определения химического состава атмосферных осадков.

Таким образом, для решения геоэкологических проблем необходимо разрабатывать современную экологическую политику региона с учетом новейших мировых экологических стандартов. Усовершенствовать систему экологического мониторинга и структуру природопользования.

*Статья посвящается памяти «просто геолога» Сергея Леонидовича Кузнецова
(14. 06. 1965 – 22. 01. 2020)*

Список литературы

- 1 Геоэкологическая рекультивация и санация территорий карьеров по добыче строительных материалов / Г. А. Бортникова [и др.] // Проблемы региональной экологии. – 2018. – №. 6. – С. 40–45.
- 2 Геоэкологические исследования снега и поверхностных вод в зимний период в центральной части Кольского полуострова / Е. Л. Воробьевская [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2020. – №. 1. – С. 64–70. – DOI: 10. 25750/1995-4301-2020-1-064-070.
- 3 Экогеосистемы горнодобывающего класса Северо-Запада Восточно-Европейской платформы (Мурманская область) / А. Н. Кизеев [и др.] // Экологическая геология крупных горнодобывающих районов Северной Евразии (теория и практика): монография / Под ред. проф. И. И. Косиновой. – Воронеж : ОАО «Воронежская областная типография». – 2015. – С. 282–326.
- 4 Кульнев, В. В. Геоэкологические модели депонирующих сред территории горнодобывающих предприятий : автореф. дисс. ...канд. геогр. наук; 250036 / В. В. Кульнев. – Воронеж, 2011. – 20 с.
- 5 Кульнев, В. В. Комплексная и эвристическая методика геоэкологической оценки техногенно нагруженных депонирующих сред / В. В. Кульнев // Материалы научной сессии Воронежского государственного университета. Секция экологической геологии / под редакцией проф. И. И. Косиновой. – Воронеж : Воронежский государственный университет. – 2011. – С. 51–53.
- 6 Кульнев, В. В. Динамика и пространственное загрязнение территории деятельности ОАО «Ковдорский ГОК» / В. В. Кульнев // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2010. – №. 2. – С. 302–313.
- 7 Кульнев, В. В. Изучение загрязнения природных вод территории деятельности ОАО «Ковдорский ГОК» при помощи пространственно-временного анализа / В. В. Кульнев // Материалы XXI молодежной научной конференции «Актуальные проблемы геологии докембрия, геофизики и геоэкологии», посвященной памяти К. О. Кратца. – Санкт-Петербург : Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, 2010. – С. 30–33.
- 8 Кульнев, В. В. Комплексная методика геоэкологической оценки территории горнодобывающих предприятий / В. В. Кульнев, О. В. Базарский // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. – 2011. – №. 2. – С. 142–147.
- 9 Кульнев, В. В. Эколого-гидрохимическая оценка природных вод территории деятельности ОАО «Ковдорский ГОК» / В. В. Кульнев, О. В. Базарский // Материалы годичной сессии научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии «Сергеевские чтения. Международный год планеты Земля: задачи геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии» / отв. ред. В. И. Осипов. – М. : Издательство «ГЕОС». – 2008. – С. 323–326.
- 10 Материалы Всероссийского совещания «Экологические проблемы севера Европейской территории России» / под. ред. Т. И. Моисеенко, В. А. Даувальтера // Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. Апатиты. – 1996. – 179 с.
- 11 Кульнев, В. В. Анализ геоэкологической ситуации в зоне влияния комбината «Печенганикель» ОАО «Кольская ГМК» / В. В. Кульнев, А. Н. Кизеев // Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Территориальная организация общества и управление в регионах», Воронеж. – 2021. – С. 82–86.

12 Применение фрактального анализа для оценки экологического состояния внутриконтинентальных орогенов (на примере Хибинского горного массива) / В. В. Кульнев [и др.] // Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов: Тезисы докладов VIII Международного симпозиума, Бишкек. ФГБУН Научная станция Российской академии наук в г. Бишкеке. – 2021. – С. 304–308.

13 Насонов, А. Н. Применение фрактального анализа при лишеноиндикации техногенного воздействия от линейного источника загрязнения атмосферы / А. Н. Насонов, В. В. Кульнев, И. В. Цветков // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. – 2019. – Т. 19. – №. 4. – С. 233–240.

14 Насонов, А. Н. Моделирование динамики и прогноза экологических состояний воздушной среде селитебных территорий / А. Н. Насонов, В. В. Кульнев, М. В. Графкина // Экология и развитие общества. – 2019. – №. 2 (29). – С. 56–63.

15 Применение фрактального анализа в лишеноиндикации загрязнения атмосферного воздуха техногенно нагруженных территорий / А. Н. Насонов [и др.] // Экология и промышленность России. – 2019. – Т. 23. – № 3. – С. 34–38. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2019-3-34-38>.

16 Петрова, В. А. Состояние водных объектов в зоне влияния горно-перерабатывающих предприятий на примере ОАО «Ковдорский ГОК» / В. А. Петрова, М. А. Пашкевич // Научный вестник Московского государственного горного университета. 2011. – №. 9. – С. 67–71.

17 Геология рудных районов Мурманской области / В. И. Пожиленко [и др.]. – Апатиты: Изд. Кольского НЦ РАН. – 2002. – 359 с.

18 Fanxin Meng, Jinling Guo, Zhanqiang Guo, Jason C. K. Lee, Gengyuan Liu, Ning Wang Urban ecological transition: The practice of ecological civilization construction in China, Science of The Total Environment, Volume 755, Part 2, 2021, 142633 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142633>.

19 Santiago Bonilla-Bedoya, Anabel Estrella, Fabián Santos, Miguel Ángel Herrera Forests and urban green areas as tools to address the challenges of sustainability in Latin American urban socio-ecological systems, Applied Geography, Volume 125, 2020, 102343, <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102343>.

V. V. Kulnev¹, A. N. Kizeev²

WEATHER INDICATION OF THE ENVIRONMENTAL STATE KOVODOR ORE DISTRICT

¹Central Chernozem Interregional Department
of the Federal Service for Supervision of Natural Resources,
Voronezh, Russia,
kulnev@rpn36.ru

²Federal Budgetary Institution of Science "North-Western Scientific Center for Hygiene and Public Health" of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare,
St. Petersburg, Russia,
aleksei.kizeev@mail.ru

Abstract. An interpretation of spatio-temporal data on the chemical composition of meteor precipitation in the zone of influence of the Kovdor mining and processing plant is given. It is shown that as the distance from the industrial site increases, the pH value and chemical composition of precipitation change. The role of the acidic reaction of the medium in the change in the concentration of pollutants, determined during snow-chemical survey, is noted.

Key words: atmospheric precipitation, source of atmospheric pollution, key site, meteorological indication, pollutants, tailings.