

УДК 549.08:622.001:622.014.3:351.823.3

## ЗАДАЧИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ МИНЕРАЛОГИИ ПРИ ОСВОЕНИИ НЕДР ЗЕМЛИ

**В. А. Чантурия, Е. Г. Ожогина, И. В. Шадрюнова**

*Институт проблем комплексного освоения недр РАН, E-mail: shadrunova\_@mail.ru,  
Крюковский тупик, 4, 111020, г. Москва, Россия*

Рассмотрены основные понятия составной части геоэкологии — экологической минералогии. Показаны основные направления экологической минералогии, задачи, объекты исследования. Отмечено отсутствие документов, регламентирующих проведение минералогических анализов при экологической оценке объектов.

*Геоэкология, экологическая минералогия, форма нахождения элемента, техногенное сырье*

Представление о естественно-научном содержании горных наук как системе знаний о способах и закономерностях управляемого техногенного преобразования недр Земли формирует принципиально новые позиции в понимании предмета, идеологии и методологии горных наук, основанные на выявлении и изучении закономерностей развития геосистем в связи с последствиями освоения недр для природы и общества [1]. Предметом исследований горных наук являются недра Земли, преобразуемые в результате техногенных процессов. Это определяет необходимость рассматривать данную сферу научных знаний в общей системе наук о Земле. Взаимосвязь горных наук со смежными научными дисциплинами многогранна, наиболее тесно взаимодействуют они с геологией и геоэкологией. Взаимодействие горных наук с геоэкологией — междисциплинарным научным направлением, объединяющим всесторонние исследования процессов физических и геохимических полей геосфер Земли как среды обитания человека и других организмов, выражается в экологической оценке различных аспектов горного производства на окружающую природную среду, учете многообразных георесурсов, масштабов и технологических особенностей их освоения, а также возможностей сохранения недр.

Основная задача геоэкологии — изучение изменений жизнеобеспечивающих ресурсов геосфер под воздействием природных и антропогенных факторов, их охрана, рациональное использование и контроль за сохранением продуктивной природной среды. Современная классификация горных наук выделяет горную экологию в самостоятельную отрасль знаний, содержание которой раскрывается в последовательном воплощении следующей идеи: решение экологических проблем освоения недр может быть достигнуто лишь в процессе экологического управления собственно производством на всех стадиях (создания, функционирования, прекращения деятельности и устранения его последствий) [2]. Комплексное освоение недр как фактор экологической опасности требует глубокого изучения и осмысления включающих не только систематизацию явлений, выражающих различного рода изменения окружающей среды под техногенным воздействием, но и выявления и исследования процессов взаимодействия элемен-

тов и подсистем производства и среды, экологических закономерностей преобразования недр, а также прогнозирование экологических последствий структурных и технологических изменений, происходящих при освоении недр, в том числе анализ локальных, региональных и отраслевых факторов экологической оценки состояния экосистем.

Геоэкология — это наука, занимающаяся выявлением и изучением механизмов и закономерностей воздействия природных и техногенных процессов на биоту. Роль геологических наук в решении экологических задач приобретает ведущее значение прежде всего в плане определения химического и фазового (минерального) состава объектов литосферы, т. е. экологической геохимии и экологической минералогии.

История развития экологической минералогии тесно связана с технологической минералогией, в рамках которой она существовала с середины прошлого века. Минералогическими методами проводилось изучение особенностей локализации токсичных минеральных фаз в рудах и породах, их поведения под воздействием природных и техногенных факторов. Более широкий круг задач обозначился в связи с комплексным использованием минерального сырья, требующим создания безотходных технологий его переработки, предусматривающих ликвидацию отходов добычи и переработки.

Становление экологической минералогии в качестве самостоятельного направления прикладной минералогии произошло в конце прошлого века. Именно в это время резко возросла роль минералогических исследований при решении экологических проблем. Было установлено, что реальная экологическая опасность природных и техногенных сред определяется не валовым содержанием элементов-токсикантов, а формой их нахождения. Задачи экологической минералогии весьма разнообразны: от широкомасштабной оценки последствий промышленного освоения месторождений полезных ископаемых до установления источника загрязнения конкретных объектов, выявления минералогических критериев техногенного воздействия на среду обитания до изучения механизма взаимодействия биологических и минеральных видов. В рамках экологической минералогии интенсивно развивается и оформляется в самостоятельную дисциплину минералогия техногенеза, изучающая минеральные объекты, образовавшиеся в результате производственной деятельности человека.

Объектами минералогического изучения при экологических исследованиях обычно являются депонирующие среды природного и техногенного происхождения, к числу которых относятся горные породы, почвы, донные осадки, отходы добычи и переработки твердых полезных ископаемых, пыль, воздух, вода, снег, растения, животные, человек, продукты сельскохозяйственного производства и пр. Форма нахождения экологически опасных веществ в окружающей среде может быть различной: самостоятельные минеральные фазы, изоморфные примеси в структуре минералов, сорбционная. Получить достоверную информацию о формах нахождения конкретных элементов, которая может быть использована в дальнейшем для принятия стратегических и тактических решений при экологической оценке экосистем, можно только комплексом минералого-аналитических методов. Следует отметить, что пока не существует общепринятых подходов и методических документов, регламентирующих проведение минералогических работ при экологической оценке месторождений полезных ископаемых, урбанизированных территорий, а также природных экосистем, в которых могут находиться очаги загрязнения. Поэтому любая работа по экологической минералогии природных и техногенных объектов является исследовательской и практически всегда в ней содержится элемент новизны, который, к сожалению, не оформляется должным образом.

В настоящее время в рамках экологической минералогии решаются различные по значимости вопросы, наиболее крупные — исследования техногенного сырья (отходов добычи и переработки полезных ископаемых), позволяющие решить вопрос об использовании его в качестве источников металлов, сырья для стройиндустрии, агрохимического комплекса, повторного использования в качестве закладки в горном производстве и т. д. или определить наиболее оптимальные

возможности ликвидации этих отходов [3, 4]. Приоритетные направления в этой области освещены в [5]. Возможности минералого-аналитических исследований при прогнозной оценке качества техногенного сырья, минералогическом сопровождении технологий его переработки, определении качества товарной продукции, технологических (потребительских) свойств продуктов приведены в [6–8]. Такие исследования носят междисциплинарный характер, обусловленный разумным сочетанием методов исследования, заимствованных из различных областей знаний и адаптированных к решению минералого-технологических и минералого-экологических задач.

При проведении подобных работ, уделяя значительное внимание непосредственно техногенным отходам, нередко забывают о потенциальных источниках экологического воздействия на окружающую среду при промышленном освоении месторождений: геологоразведочном комплексе, горной добыче, кучном и шахтном выщелачивании, подземном скважинном выщелачивании, скважинной гидродобыче, гидромеханизированной добыче и обогатительном комплексе. Эти источники определяют основные виды воздействия: газоаэрозольное и пылевое, гидродинамическое, гидрохимическое, механическое, радиационное, химическое, шумовое и сейсмическое, тепловое, отчуждение и изъятие земель, изъятие ресурсов недр, нарушение природного ландшафта [9]. В большинстве случаев при изучении этих воздействий на экосистемы минералого-аналитические методы становятся ведущими, так как позволяют установить минеральные формы твердофазных образований, тип их локализации в депонирующей среде, а при необходимости — особенности реального состава и строения независимо от размера индивидов или агрегатов. Рассматривая две стороны одной проблемы в едином ключе, используя оптимальный комплекс методов минералогического анализа, можно получить весьма ценную, а иногда и уникальную по значимости информацию, способствующую решению экологических проблем.

Учитывая то, что антропогенное воздействие на окружающую среду настолько велико и его последствия нередко бывают весьма негативными, следует постоянно решать конкретные экологические вопросы, связанные с определением форм нахождения элементов, в первую очередь вредных и опасных, их содержания и характера распределения. Подобная информация позволяет осуществлять прогнозирующую минералого-экологическую оценку различных объектов и рекомендовать мероприятия, способствующие стабилизации экологической обстановки. Перечень основных задач приведен в [10]. Это:

- объективная оценка степени экологической опасности очагов загрязнения как природного, так и техногенного происхождения;
- выявление, инвентаризация и нормирование твердых отходов различных производств;
- выяснение состава, определение форм нахождения токсичных элементов в печах для сжигания осадков сточных вод и твердых бытовых отходов;
- определение степени загрязнения почв и грунтов, идентификация вредных минеральных фаз;
- выявление морфологии, размеров, фазового состава твердых токсичных частиц при ветровом разносе от места складирования производственных отходов;
- контроль реакций ионного обмена при концентрировании токсичных элементов на фильтрах, сорбентах и т. д.;
- оптимальный выбор вмещающих пород для хранения радиоактивных отходов;
- сертификация осадков сточных вод городских агломераций;
- контроль за осаждением токсичных веществ в твердой фазе на фильтрах и сорбентах из водных и воздушных (газоконденсатных) потоков;
- оценка земель (состояние почв), ранее находившихся под промышленными и военными объектами;
- литомониторинг экосистем в речных долинах и морском шельфе;
- изучение современного минералообразования в зонах выпадения кислотных дождей;
- изучение техногенного минералообразования в зонах стихийных бедствий;

— выявление минералогических критериев-индикаторов техногенной деятельности;  
— установление источника загрязнения (идентификация виновника) в местах скопленного размещения промышленных предприятий.

Необходимо отметить еще одну задачу экологической минералогии — это выявление и изучение особенностей и последствий взаимодействия человеческого организма с минеральным миром. В настоящее время она решается в рамках медицинской минералогии или биоминералогии — молодых направлений прикладной минералогии, находящихся в стадии становления.

Прикладные исследования в экологической минералогии имеют свою специфику. Если будущее прикладной минералогии в целом определяется развитием количественных методов анализа, которые уверенно используются при изучении, например, техногенного сырья, определении минерального состава и строения пород, вмещающих экологически опасные минералы, то идентификация форм нахождения вредных элементов в депонирующих средах носит качественный характер и нередко осуществляется только прецизионными методами минералогического анализа — электронной, туннельной, силовой микроскопии. Это объясняется тем, что вредные и экологически опасные минералы часто имеют ничтожно малые размеры и присутствуют в изучаемых объектах в весьма незначительном количестве. Так, в пыли подмосковных городов, оседающей на листьях деревьев и кустарников, траве, тротуаре обнаружены сульфиды железа, меди, свинца и цинка в виде индивидуализированных зерен размером менее 0.5 мкм [11].

Таким образом, используя арсенал современных методов и методик минералогического анализа, можно решать прикладные задачи экологической минералогии любой сложности, что позволит в значительной степени расширить сферу задач как геоэкологии в целом, так и горной экологии в частности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трубецкой К. Н., Каплунов Д. Р., Чаплыгин Н. Н. Современные горные науки: содержание и новые задачи // Горн. журн. — 1994. — № 6. — С. 3–7.
2. Горные науки. Освоение и сохранение недр / под ред. К. Н. Трубецкого. — М.: Изд-во АГН, 1997. — 478 с.
3. Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П. Геоэкология освоения недр и экогеотехнологии разработки месторождений. — М.: Научтехлитиздат, 2015. — 360 с.
4. Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В., Радченко Д. Н., Корнеев Ю. В. Передвижные закладочные комплексы в системах разработки рудных месторождений с закладкой выработанных пространств // Горн. журн. — 2013. — № 2. — С. 101–104.
5. Чантурия В. А., Козлов А. П., Шадрунова И. В., Ожогина Е. Г. Приоритетные направления развития поисковых и прикладных научных исследований в области использования в промышленных масштабах отходов добычи и переработки полезных ископаемых // Горн. пром-сть. — 2014. — № 1 (113). — С. 54.
6. Шадрунова И. В., Ожогина Е. Г., Колодежная Е. В., Горлова О. Е. Оценка селективности дезинтеграции металлургических шлаков // ФТПРПИ. — 2013. — № 5. — С. 180–190.
7. Горбатова Е. А., Ожогина Е. Г. Технологическая минералогия текущих хвостов Южного Урала. — Магнитогорск: Изд-во МГТУ, 2015. — 152 с.
8. Ожогина Е. Г. Прогнозная оценка качества минерального сырья // Разведка и охрана недр. — 2013. — № 4. — С. 68–70.
9. Россман Г. И., Петрова Н. В., Самсонов Б. Г. Экологическая оценка рудных месторождений (методические рекомендации) // Минерал. сырье. — 2000. — № 9. — 150 с.
10. Минералого-геохимические исследования форм нахождения токсичных веществ в природных и техногенных аномалиях для оценки степени их экологической опасности // Метод. рекомендации № 117 НСОММИ. — М.: ВИМС, 1997. — 41 с.
11. Ожогина Е. Г., Булкин А. А. Минералогия пыли // Минералог. журн. — 1992. — № 3. — С. 86–90.

Поступила в редакцию 11/V 2016