В.В.Гавриленко, Ю.Б.Марин, В.В.Смоленский, Е.М.Старичков
Санкт-Петербургский горный институт

УДК 549.0:550.42

ТЕХНОГЕННЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ В ГОРНО-РУДНЫХ РАЙОНАХ

Обсуждаются основные факторы, влияющие на оценку и прогноз экологической ситуации при поисках и отработке месторождений полезных ископаемых. Приведены материалы по результатам исследования почв, воды и донных отложений крупных горно-рудных районов (Норильского, Комсомольского и др.). Показано, что изучение изменчивости минерального и химического состава руд и околорудных пород в геологическом пространстве существенно необходимо для решения проблем рационального использования рудных месторождений и прогнозирования экологических последствий их освоения.

The paper discusses the principal factors influencing estimation and forecast of ecological situation while the exploration and mining of ore deposits. It displays data on composition of soils, water and bottom sediments over some large mining districts (Norilsk, Komsomol'sky, etc.). It is shown that variability of mineral and chemical composition of the ores and host rocks, within subsurface space, is the one among the most important factors as to resolve the problem of rational use of mineral deposits, so to forecast the ecological consequences of their mining.

Огромные массы минералов, поднимаемые при освоении месторождений полезных ископаемых на земную поверхность, вовлекаются затем в процессы гипергенных преобразований и, с точки зрения экологии, рассматриваются, в первую очередь, как носители токсичных компонентов. Последние входят в минералы как главные образующие их элементы либо в виде изоморфной примеси, либо в составе включений, либо в сорбированной форме. Кроме того, являясь природными химическими соединениями, минералы и сами могут представлять собой токсичные вещества, поступление которых в живые организмы влечет за собой негативные последствия.

Сформировавшиеся естественным путем месторождения являются звеньями природных экосистем. За длительные периоды геологического времени устанавливаются и развиваются в соответствии с ходом природно-исторических процессов определенные пути миграции химических компонентов, создаются естественным образом регулируемые системы взаимоотношений живой и неживой природы. Вовлечение в разведку и эксплуатацию огромных масс горных пород и руд приводит к резкому смещению равновесия во всех звеньях геохимических циклов. Попав на поверхность, химические вещества в составе минералов и горных пород попадают в несвойственные им физико-химические условия и дают начало новым геохимическим потокам, непривычным для природных экосистем. В зависимости от масштабов разработки, а также от ландшафтно-геохимических условий длительность существования этих потоков может быть различной, однако в большинстве случаев смещение обычного хода природных процессов является необратимым, а для формирования новых экосистем, находя-

щихся в равновесии с новой геохимической ситуацией, требуется длительный период времени. В связи с этим разведываемые и эксплуатируемые месторождения, а точнее горно-рудные комплексы, сформированные на их базе, являются мощными очагами токсического воздействия на биосферу.

При оценке воздействия на окружающую среду месторождений, вовлекаемых в разведку и эксплуатацию, должны приниматься во внимание, с одной стороны, закономерности распределения токсичных элементов и минералов в объемах рудных тел, полей и узлов, а с другой стороны, ландшафтно-геохимические условия, определяющие факторы миграции и накопления этих вредных для окружающей среды компонентов после их извлечения на земную поверхность. В реальных условиях экологическое прогнозирование осложняется резким дефицитом материалов, систематизирующих минералого-геохимические данные не столько по ведущим рудным компонентам, сколько по ассоциациям примесных элементов, не играющих значительной роли в установлении промышленной важности месторождения, но зачастую определяющих экологическую опасность его разработки.

Техногенному воздействию в рудных районах подвержены практически все элементы ландшафта, в частности почвы. Анализ работ двух последних десятилетий [1-4] позволяет выделить наиболее важные типы геохимических аномалий горно-рудных районов:

- природные возле рудоносных зон;
- природные и техногенные на участках проведения геолого-разведочных и добычных работ;
- техногенные в местах хранения отходов обогатительных фабрик;
- техногенные вдоль путей транспортировки рудной массы и отходов производства;
- техногенные, возникающие возле комбинатов при переработке руд.

Изучение характера распределения олова и свинца в разрезе рыхлых отложений на участке, прилегающем к хвостохранилищу в Комсомольском оловорудном районе, показало, что эти металлы в результате эолового разноса минеральной пыли накапливаются в верхних почвенных горизонтах. Повышенные количества олова отмечены и в почвах полосы леса шириной около 10-15 м, прилегающей к автодороге, ведущей от карьера к фабрике. Сопоставление закономерностей распределения олова в разрезах рыхлых отложений на участках техногенных аномалий и над рудными телами (природные аномалии) показывает их различный характер [2]. На участках развития рудоносных коренных пород наблюдается повышение содержаний олова сверху вниз по разрезу, в то время как в техногенных аномалиях накопление олова происходит только в верхних почвенных горизонтах.

Минералого-геохимическими исследованиями установлено, что в ходе освоения оловорудных месторождений в связи с недостаточно полным извлечением из руд полезных компонентов возникают техногенные геохимические аномалии олова, свинца, вольфрама и других элементов, по масштабам значительно превышающие природные аномалии и отличающиеся от последних характером распределения металлов в почвенных разрезах и формами нахождения этих металлов. Установлено, что металлы, поступающие в почвы в виде минеральной пыли в результате эолового разноса, в верхнем почвенном горизонте переходят в целый ряд новых соединений, в том числе органических (фульво-гуминовые и гуминовые кислоты). Так, олово и свинец, находящиеся в отходах производства преимущественно в сульфидной форме, попадая в почвы в виде минеральной пыли, переходят затем в органические и другие подвижные соединения, формируя резко выраженные биогеохимические аномалии. В почвенных горизонтах над рудными телами аналогичные соединения олова и свинца почти не проявляются и, следовательно, интенсивность поступления этих металлов в биосферный круговорот на участках природных аномалий значительно слабее, чем при техногенном загрязнении почв минеральным веществом.

Биогеохимические исследования показали, что содержание олова, свинца, мышьяка, серебра в золе хвои и ветвей ели на участке, прилегающем к хвостохранилищу, во

много раз выше фоновых. Так, в золе ветвей ели аянской содержание свинца достигает 0,7 % (в среднем 0,29 %), тогда как те же органы растений на незагрязненных участках содержат около 0,02 % свинца, т.е. на порядок меньше. Исследование с помощью рентгеновского микроанализатора показало, что свинец и другие металлы присутствуют в органах растений не в составе минеральной пыли на их поверхности, а проникают в растения в результате обменных процессов, вовлекаясь таким образом в биологический круговорот.

Техногенному воздействию подвергаются и воды горно-рудных районов. Установлено, например, что воды ручьев, вытекающих из-под отвалов эксплуатационных штолен, пройденных по сульфидно-касситеритовому оруденению (рудничные воды), а также воды, вытекающие из хвостохранилищ, содержат значительные количества сульфат-иона, различных металлов и мышьяка. Так, только одним исследованным ручьем в Комсомольском оловорудном районе (при расходе воды 0,05 $м^3/с$) в виде истинного раствора выносилось из хвостохранилища около 1 кг меди, 1,2 кг цинка, 0,5 кг свинца, 0,6 кг олова, 1,3 кг мышьяка, 0,003 кг кадмия в сутки, а кроме этого в виде тонкой взвеси более 40 кг меди, 18,1 кг цинка, 7,2 кг олова, 3,6 кг свинца, 25,3 кг мышьяка и значительное количество других элементов. Изменение состава вод в процессе разработки месторождений привело к полному исчезновению рыбы в бассейне довольно крупной таежной реки Силинки, протекающей через рудный район и впадающей в Амур.

Наиболее мощную техногенную нагрузку испытывают водные системы в крупных горно-рудных районах, в которых осуществляется металлургический передел руд. Так, проведенное в 2001 г. исследование водной системы Норильского района позволило выявить аномалии целого ряда металлов. С целью выявления участков устойчивого накопления металлов в водной системе было проведено опробование донных отложений озера Пясино, реки Пясина и приустьевых участков Карского моря. Установлены аномалии целого ряда металлов.

В донных отложениях озера Пясино выявлены высокие концентрации никеля, меди, мышьяка, хрома, молибдена, стронция, во многих случаях значительно превышающие ПДК, установленные для почв. Анализ карт распределения токсичных элементов в донных осадках системы озеро – река море, показал, что высокие их концентрации характерны преимущественно для юго-западной части озера, прилегающей к Норильскому промышленному району. В ряде случаев аномальные концентрации устанавливаются и в донных осадках северной части озера Пясино, а также в реке, вытекающей из него. Для большинства металлов выявлено значительное повышение содержания в донных осадках континентальных вод по сравнению с донными осадками Карского моря. В приустьевой зоне реки Пясины выделен участок накопления некоторых токсичных компонентов. Особенно это характерно для молибдена, мышьяка, тория, хотя их содержание остается более низким, чем в системе озеро – река. В целом, исследование водной системы зафиксировало накопление в донных осадках водоемов, наиболее приближенных к Норильскому району, целого ряда металлов, которые являются как главными, так и второстепенными компонентами оруденения и вмещающих пород.

Таким образом, проблема изменчивости минерального и химического состава эндогенного оруденения в геологическом пространстве является одной из важнейших при решении проблем рационального использования рудных месторождений и экологических последствий их освоения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Воин М.И.* Геохимическая составляющая экологии горно-рудных районов // Геоэкологические исследования и охрана недр: Обзорная информация. 1992. № 2.

2. *Гавриленко В.В.* Экологическая минералогия и экологическая геохимия как направления в исследовании биосферы Земли // Экологическая геология и рациональное недропользование / Санкт-Петербургский горный ин-т. СПб, 1999.

3. *Гавриленко В.В.* Некоторые закономерности формирования техногенных геохимических аномалий в районе оловорудного горно-обогатительного комбината / В.В.Гавриленко, Д.Л.Конопелько // Вопросы экологии и охраны природы. 1987 № 2.