

ТЕХНОГЕНЕЗ, НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОХИМИЯ: ПОСЛЕДСТВИЯ, ПРОБЛЕМЫ, ПРИОРИТЕТЫ

© 2018 г. Е. П. Янин

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, г. Москва

Техногенез, по А.Е. Ферсману, есть совокупность геохимических и минералогических процессов, вызываемых технической (инженерной, горнотехнической, химической, сельскохозяйственной) деятельностью человека [4]. Понятие «недропользование» объединяет все формы эксплуатации природно-ресурсного потенциала недр и мер по его сохранению. Экологическая геохимия — как научная дисциплина — входит в цикл геохимических наук и изучает историю химических элементов в окружающей среде (биосфере), распределение и поведение которых (поступление, миграция, концентрирование, трансформация, биопоглощение) определяются биогеохимической функцией человечества [6]. Если следовать В.И. Вернадскому, то можно сказать, что экологическая геохимия изучает биогенную миграцию атомов 3-го рода, «...идущую под влиянием деятельности человека, его воли, разума...», и ее проявления в биосфере [7].

Все виды недропользования сопровождаются разнообразными по характеру и степени проявления техногенными (геохимическими и минералогическими) процессами. Важнейшим видом недропользования является добыча полезных ископаемых, масштабы воздействия которой на окружающую среду горных районов настолько велики, что всецело определяют их геохимические особенности. Особое значение имеет эксплуатация рудных месторождений, поскольку, как отмечал В.И. Вернадский, «...рудная деятельность человечества является одним из больших биогеохимических процессов современной эпохи и вносит новое в геохимию всех химических элементов...» [1, с. 229] и сопровождается формированием в окружающей среде техногенных геохимических аномалий, обладающих полиэлементным составом и значительными размерами.

Техногенные преобразования в условиях активного недропользования захватывают территории, многократно превышающие площади горных отводов, и проявляются в трансформации химического состава практически всех компонентов биосферы [2, 5]. Размеры зон влияния эксплуатируемых месторождений на прилегающие территории достигают десятки, часто сотни, иногда тысячи квадратных километров; радиус образующихся при осушении месторождений депрессионных воронок составляет десятки километров. В большинстве случаев степень извлечения полезных компонентов из руд невелика; часто извлекается только 1–3 компонента при содержании в рудах в несколько раз большего числа полезных элементов. Ежегодно в отвалы поступают огромные массы отходов добычи и обогащения руд; отводятся значительные объемы сточных и дренажных вод; в атмосферу выбрасываются существенные количества пыли, газов, химических элементов и соединений.

Характер и интенсивность проявления последствий техногенеза в горнорудных районах зависят от типа месторождения и состава руд, характера вмещающих пород (возраста и типа коры выветривания), гидрогеологических и ландшафтно-геохимических условий (важно различать гумидные и аридные ландшафты), а также от принятой системы добычи, транспортировки, обогащения и передела минерального сырья [2]. Особое значение имеют такие факторы, как количество сульфидов в разрабатываемой горной массе, степень проработки сульфидсодержащих пород процессами окисления, продолжительность существования источников воздействия, объемы и состав отходов (техногенных отложений) и способы их хранения, объемы, состав, степень очистки и способы отведения сточных и дренажных вод, интенсивность поставки в водотоки твердого материала поверхностным стоком. С эколого-геохимической точки зрения особенно опасными являются промышленно-генетические типы месторождений, разработка которых приводит к увеличению мощности зоны гипергенеза и сопровождается резкими изменениями геохимических условий миграции тех или иных групп поллютантов, что, например, типично, с одной стороны, для сульфидных месторождений (активная миграция Co, Ni, Cu, Zn, Ag, Pb и др.), с другой стороны, для месторождений, связанных со щелочными породами (активная миграция Sr, TR, F, As и др.).

Особенно интенсивные, протяженные и устойчивые техногенные аномалии формируются в донных отложениях рек (см. таблицу) [2, 5, 6, 7]. В существенной мере это определяет поступлением в водотоки осадочного материала, обладающего специфическим химическим составом и обогащенного многими химическими элементами.

Таблица

Геохимические аномалии в донных отложениях рек горнорудных районов (обобщенные данные по полиметаллическим месторождениям Северной Осетии)

Источник (период) воздействия	Интервалы значений коэффициентов концентрации элементов относительно местного фона в аллювии					Протяженность, км
	>100	100–30	30–10	10–3	3–1.5	
Природные потоки	–	–	–	–	Pb-Zn-Bi-Sn-Y	0.1–0.6
Разведочные выработки	–	–	–	Pb	Zn-Cu-Ag-Bi	1–3
Горнорудное предприятие (20 лет)	–	–	Zn-Ag	Pb	Cu-Nb-Ga-Y-As	5*
То же (35 лет)	–	–	Zn	Pb-Ag	Ba-Nb-Cu-Y-Sr-Bi-As	6**
То же (150 лет)	–	Pb	Zn	Ag-Cu	Ga-Ni-Co-Sn-Bi-Nb-As	>6
Горно-обогатительное предприятие (15 лет)	–	–	Zn	Pb-As	Y-Cu-Sc-Ag-Co-Ba-Sb-Bi	>40
То же (90 лет)	–	Zn-Ag-Pb	Cu	Ba-Bi-Cd-As	Mn-Mo-Sn-Co-Zr-Nb-Hg-Sb	>60
Металлургический завод	Ag-Cd-Zn-W-Pb-Hg	Mo-Sn-Bi-In	As-Co	Nb-Sb	Ga-Ni-Mn-Sr	>80***
Материал из хвостохранилища	Ag	Pb-Cd	Ba-Zn-Cu-As	Bi-Mo-Sb	Sn-Co-Nb	–
Полиметаллические руды	Cd-Zn-Ag-Pb	Cu-Bi	Mo	Sn-Co	Y-Ga-Sr	–
Шламы металлургического завода	Ag-Cd-Zn-Pb	Cu-Mo	Co-Sn-Ni	Mn-Bi	W	–

Примечания: * прослеживается в водотоках первого порядка до устья; ** переходит в водоток следующего порядка; *** переходит в водотоки следующих порядков.

Техногенное воздействие приводит к изменению природного (характерного для данного района) соотношения основных форм миграции металлов в реках — взвешенной и растворенной, прежде всего, за счет увеличения доли взвешенных форм. При удалении от источников воздействия наряду с общим снижением концентрации металлов подобные нарушения сглаживаются, главным образом, за счет более интенсивного выведения из потока взвешенного материала. В зонах влияния геологоразведочных работ и добывающих предприятий, где качественный состав техногенных источников в принципе адекватен рудогенным, соотношение между химическими элементами в рядах концентрации в донных отложениях меняется, а общий уровень их накопления в техногенных потоках значительно выше, нежели в рудогенных. В горнорудных и горнопромышленных районах в донных отложениях водотоков фиксируются интенсивные, комплексные по составу, устойчивые и протяженные по руслу техногенные геохимические аномалии (техногенные потоки рассеяния). Степень концентрирования химических элементов значительно превышает таковую в природных (рудогенных) аномалиях. Количественные соотношения между химическими элементами в техногенных геохимических ассоциациях совершенно иные, чем в природных (рудогенных). Очень часто степень концентрирования сопутствующих химических элементов (элементов-примесей) в донных отложениях техногенно загрязненных рек выше, нежели главных компонентов добываемых и перерабатываемых руд. В формировании техногенных геохимических аномалий существенную роль играют пылевые выбросы в атмосферу, отвалы горных пород и хвостохранилища,

определяющие состав поверхностного (талого и дождевого) стока с территории горнорудных районов. Уровни содержания многих химических элементов в шламах, взвеси сточных вод, донных отложениях рек интенсивно освоенных горнорудных районов не уступают их концентрациям в рудах. Если в фоновом русловом аллювии доминируют устойчивые, прочносвязанные формы химических элементов, то в условиях загрязнения в донных отложениях рек заметно возрастает доля их более подвижных, геохимически активных форм.

В общем случае принципиальными являются следующие факты, определяющие основные направления исследования эколого-геохимических особенностей горнорудных районов: 1) в освоенных районах в различных компонентах среды обитания формируются техногенные геохимические аномалии, отличающиеся от природных аномалий совершенно иными качественными и количественными характеристиками; 2) интенсивность концентрирования (уровень техногенного загрязнения) элементов-примесей обычно заметно выше, нежели главных компонентов добываемых руд; 3) масштабы загрязнения многократно увеличиваются в ряду воздействия «геологоразведочные работы – добыча руд – их обогащение – переработка руд»; 4) формирующиеся зоны загрязнения отличаются высокой устойчивостью; их негативное воздействие сказывается многие десятки лет даже после отработки месторождения; 5) горнорудная деятельность сопровождается образованием специфических новейших отложений и активизацией современного (техногенного) минералообразования.

Одной из задач современных горных наук, получивших в последние годы новое методологическое оформление [3], является получение знаний, необходимых для обоснования и разработки принципов и методов оптимизации недропользования. В ее решении особая роль, по мнению автора этих строк, принадлежит экологической геохимии.

Литература:

1. Вернадский В.И. Геохимия марганца в связи с учением о полезных ископаемых // Тр. Конференции по генезису руд железа, марганца и алюминия. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1937. С. 229–246.
2. Саит Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
3. Трубецкой К.Н., Каплунов Д.Р., Чаплыгин Н.Н. Современные горные науки: предмет, содержание и новые задачи // Горный журнал. – 1994. – № 6. – С. 3–7.
4. Ферсман А.Е. Геохимия. – Л.: ОНТИ-Химтеорет, 1934. – Т. 2. – 354 с.
5. Янин Е.П. Экологическая геохимия горнопромышленных территорий. – М.: Геоинформмарк, 1993. – 50 с.
6. Янин Е.П. Введение в экологическую геохимию. – М.: ИМГРЭ, 1999. – 68 с.
7. Янин Е.П. Экологическая геохимия и проблемы биогенной миграции химических элементов 3-го рода // Техногенез и биогеохимическая эволюция таксонов биосферы. – М.: Наука, 2003. – С. 37–75. – (Тр. Биогеохим. лаб.; Т. 24).