

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ШЛАКОВЫХ ОТВАЛОВ В ЗОНЕ АЦИДИФИКАЦИИ

Проведенные исследования доказывают необходимость повышения класса опасности отходов пирометаллургического передела предприятия «Североникель» вследствие эрозии и гипергенных процессов, которые вызывают загрязнения вод токсичными металлами и резкое понижение уровня pH. Формирование кислых вод приводит к трансформации состава покровных отложений, поверхностных и подземных вод, а также повышению миграционной способности загрязняющих элементов. Установлены критериальные зависимости трансформации минерального и химического состава отходов горно-металлургического производства.

Предложены пути снижения техногенной нагрузки на почвенно-растительный покров и природные воды в зонах ацидификации: сооружение геохимического барьера для старых, уже заскладированных, отходов и изменение технологии предприятия на стадии формирования и транспортирования шлаков.

The research carried out proved the necessity to increase the class of hazard for solid wastes of the smelting process at the «Severonikel» plant, owing to the erosion and hypergenic processes. These processes are caused by water pollution with toxic metals and a sharp decrease of the pH level. Formation of acid waters leads to transformation of surface sediment structures, superficial and underground water composition and an increase in the migration ability of polluting elements. Criteria of transformation dependences are established for mineral and chemical compounds of mining-metallurgical waste products.

Ways are offered to decrease technogenic load on the terricolous and vegetation cover as well as natural waters in zones of negative acid water influence e.g. construction of a geochemical barrier for aged, already stored waste and change of the processing technology at the stage of waste formation and transportation.

Актуальность исследований, проводимых в зоне воздействия предприятий по добыче и переработке сульфидных руд, обусловлена необходимостью снижения ацидификации атмосферных, поверхностных и подземных вод. Складирование сульфидсодержащих отходов ведет к возникновению на прилегающих территориях неблагоприятных экологических ситуаций, проявляющихся в формировании кислых вод и, соответственно, лито- и гидрогеохимических ореолов загрязнения с крайне низкими значениями pH, что приводит к полному уничтожению растительности, трансформации состава покровных отложений, поверхностных и подземных вод, а

также повышению миграционной способности загрязняющих элементов*.

Основными источниками формирования кислых вод на комбинате «Североникель», структурном подразделении Кольской ГМК, являются промышленные стоки, стоки шлакоотвалов и газовые выбросы.

Одним из источников формирования кислых вод в районе комбината «Североникель» являются газовые выбросы предприятия: сернистый газ и оксиды азота. В настоящее время в атмосферу ближайшего го-

* Лукашов А.А. Экологические проблемы добычи и переработки сульфидных руд на Российском Севере // Горный журнал. 1997. № 2.

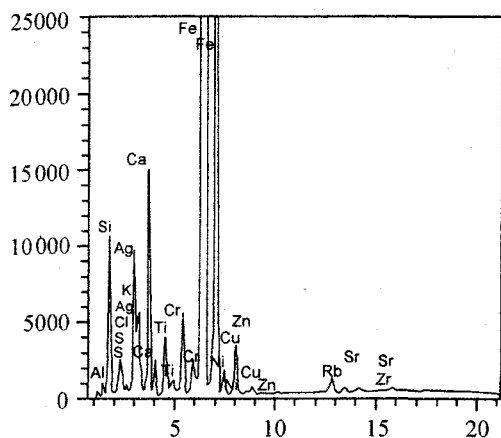


Рис.1. Спектры проб, полученных на рентгенофлуорисцентном спектрофотометре

рода (Мончегорска) поступает свыше 180 тыс.т/год SO_2 , что приводит к образованию 14 тыс.м³/год H_2SO_4 . При неблагоприятных атмосферных условиях pH дождевых вод может достигать 3.

Немаловажным источником acidификации также являются шлаки пирометаллургического передела, образующиеся в объеме 100-150 тыс.т/год. Документально подтверждено, что отходы относятся к четвертому классу опасности, т.е. являются практически инертными. Проведенные исследования доказывают необходимость повышения класса опасности отходов вследствие эрозионных и гипергенных процессов. Многочисленные исследования техногенных массивов показали, что под влиянием природных и техногенных факторов минеральные отходы подвергаются выветриванию и трансформации в новые кристаллохимические фазы, что способствует диспергации токсичных элементов и их миграции с грунтовыми водами*.

Исследования включали отбор проб на шлакоотвале различного срока хранения. Анализ шлаковых образцов проводился в три этапа: 1) рутинным (рентгеноспектральный флуоресцентный анализ (РСФА) анализом; 2) специальным (атом-

но-адсорбционная спектрометрия (ААС) анализом; 3) локальным (растровая электронная микроскопия (РЭМ); рентгеновским микроанализом (РМА).

В результате исследований, проводимых методом РСФА, получены отвалы шлаки металлургического производства, состоящие в основном из двуокиси кремния и оксида железа. Вредные примеси представлены металлами в сульфидной форме (рис.1).

Поскольку технологическая задача сформулирована как оценка перехода загрязняющих элементов из шлаков в окружающую среду, использовался специализированный анализ по европейскому стандарту методом ААС. Эксперимент показал, что вымываемость элементов значительно зависит от «возраста» образца отхода. Максимальная вымываемость была отмечена у проб отходов «среднего» возраста (15 лет).

Для понимания физико-химической обстановки в твердом веществе недостаточно определения валовых содержаний, поэтому требуется определение форм нахождения компонентов. С этой целью из образцов шлаков были изготовлены полированные аншлифы для дальнейшего изучения. Исследование микрофаз, содержащих рудные металлы, проводилось методами растровой электронной микроскопии и рентгеновского микроанализа с коррективкой их общего содержания рентгенофлуоресцентным методом.

Доказано, что при формировании шлаков концентрирование рудных металлов связано с миграцией летучих компонентов. Об этом свидетельствует отложение рудных компонентов на границах трещин, на стенках пор и в газовых пузырях.

Наиболее важным фактом при исследовании рудных микрофаз является нахождение их в восстановленных формах вплоть до самородных металлов (медь, никель и т.д.). Характерная морфология выделений металлов в виде шариков указывает на генетическую связь с газовой фазой. Явно выраженный восстановительный потенциал в газовой фазе сменяется при процессах охлаждения на окислительный, о чем свидетельст-

* Пашкевич М.А. Техногенные массивы и их воздействие на окружающую среду. Санкт-Петербургский горный институт. СПб, 2000.



100 μm

Electron Image 1

Спектр	Mg	Al	Si	S	Ti	Cr	Fe	Ni	Cu	Всего
s 1	2,91	8,71			0,80	30,87	56,71			100,00
s 2	2,83	8,09			0,51	33,56	55,01			100,00
s 3	14,45		26,93				58,63			100,00
s 4				36,33			40,39	3,71	19,56	100,00
s 5		0,43	1,34				98,23			100,00



20 μm

Electron Image 1

Спектр	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Fe	O	Всего
s 1	0,49		2,67	1,53				1,59	68,69	25,03	100,00
s 2			0,38	1,39	20,35		0,24		35,09	42,54	100,00
s 3				0,17	21,40				35,91	42,52	100,00
s 4	1,12		6,26	23,83	0,94	1,14	8,09		16,05	42,57	100,00
s 5	1,12	0,31	2,08	17,23	0,82	0,54	0,78		41,51	35,61	100,00

Рис.2. Морфология и химический состав выделений фаз

вуют оторочки в виде сульфидов и оксидов, а также отложение более окисленных форм на стенках трещин. Динамика изменения рудных микрофаз контрастирует с абсолютно однородной силикатной матрицей, содержащей микрокристаллы пироксена. Характер силикатной матрицы подчеркивает высокие скорости охлаждения, несколько отличающиеся в закаленных корках и внут-

ренних частях шлака, что отражается в размерах кристаллов пироксена (рис.2).

Обнаруженные самородно-сульфидные выделения цветных металлов, попадая в зону гипергенеза, служат причиной формирования серной кислоты. Особенно интенсивно процесс восстановления металлов идет в наблюдаемых порах, однако отдельные «микрошарики» наблюдаются и в силикатной

матрице. Таким образом, хранение отходов может привести к значительному попаданию тяжелых металлов в окружающую среду. Также необходимо отметить, что шлак в целом изначально имеет высокую плотность, но в материале, находящемся в отвале более 15 лет, наблюдается значительная трещиноватость, что облегчает окисление тяжелых металлов. Вследствие этого происходит не только загрязнение воды тяжелыми металлами, но понижение показателя рН. Может создаться впечатление, что воздействие мало, но если учесть, что объем отвала составляет 39 млн т, и соответственно, содержится только S 3 млн т, загрязнения окружающей среды могут быть значительными.

Среди применяемых современных способов снижения формирования кислотных дренажных вод действующих отвалов можно выделить два основных направления:

- создание геохимического барьера из карбонатных пород;
- совершенствование технологии на стадии образования отвальных шлаков.

Для отвалов ОАО «Североникель» наиболее перспективным является способ совершенствования технологии путем внесения кальцийсодержащих пород в отходы на стадии перелива шлака в вагонетки.

Работы выполнены при поддержке российско-американской программы «Фундаментальные исследования и высшее образование» (BRHE).

Научный руководитель д.т.н. проф. *М.А.Пашкевич*