УДК 662.88:502.65

М.В.ПАРШИНА
Горный факультет, аспирантка кафедры экологии, аэрологии и охраны труда

МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ АЦИДИФИКАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Дана оценка техногенной нагрузки предприятия горно-перерабатывающей отрасли промышленности, вызывающего загрязнение водных ресурсов. Проведен анализ отобранных на техногенном массиве проб на сканирующем электронном микроскопе, а также лабораторный анализ по европейскому стандарту с использованием атомно-абсорбционного спектрометра, что позволило определить процессы формирования ореолов и потоков загрязнения, интенсивность техногенной нагрузки в районе складирования сульфидных отходов. Создана методика оценки экологической опасности техногенных массивов, разработан метод экономически целесообразного и безопасного складирования отходов.

The article gives an estimation of technogenic environmental impact of ore mining and processing enterprises as causes of water pollution. Laboratory analysis of technogenic massif samples was carried out with the help of a scanning electron microscope as well as with application of an atomic absorption spectrometer in conformity with European standards. This helped to determine the processes of contaminated areas pollutant fluxes formation, intensity of technogenic load in the areas of sulphide waste damping. A procedure was developed to estimate ecological hazards of technogenic massifs and safe dumping of wastes.

В связи со сложившейся ситуацией и тенденцией к росту развития горной отрасли остро встает вопрос о своевременном прогнозе степени токсичности техногенных отвалов и принятию мер по снижению их воздействия на окружающую среду.

В докладе Всемирной комиссии по окружающей среде и развитию (резолюция 42/186-187 Генеральной ассамблеи ООН) указано, что правительства, компании, предприятия и частные лица должны способствовать сокращению отрицательных воздействий на природную среду, причиняемых потенциально вредными веществами, разрабатывать и внедрять в практику критерии и процедуры для количественного определения, мониторинга и оценки ущерба, наносимого окружающей среде и здоровью человека.

Многочисленные исследования техногенных массивов горно-промышленных регионов 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 [3]. Складирование отходов предприятия ОАО «Североникель» ведет к возникновению на прилегающих территориях неблагоприятных экологических ситуаций. Происходит формирование кислых природных и дренажных вод и, соответственно, лито- и гидрогеохимических ореолов загрязнения с крайне низкими значениями показателя pH [1].

Документально установлено, что отходы предприятия «Североникель» относятся к 4-му классу опасности, т.е. являются практически инертными. Проведенные исследования доказывают необходимость повышения класса опасности отходов вследствие эрозии и гипергенных процессов, которые вызывают загрязнения вод токсичными металлами и резкое понижение уровня pH.

Для разработки схемы рационального складирования техногенных отходов необходима полная информация о химическом составе вещества, слагающего отвал, миграции токсичных компонентов в окружающую

среду при формировании и хранении отвалов. Основными промышленными отходами предприятия являются шлаки пирометаллургического передела, образующиеся в объеме 100-150 тыс.т/год. Подготовленные пробы отвала изучали в три этапа: 1) рутинным анализом, 2) специальным анализом, 3) локальным анализом.

В результате исследований, проводимых на рентгенофлюоресцентном спектрофотометре, выявлено, что отвальные шлаки в основном состоят из двуокиси кремния и окиси железа, вредные примеси представлены 5-10 % S, 0,4 % Cr, 0,1 % Ni, 0,2 % Cu, 0,05 % Co.

Для оценки миграции загрязняющих элементов из шлаков был использован специализированный анализ. Для этого были предварительно приготовлены вытяжки из проб, отобранных из отвала, согласно Nordic-тесту. Вытяжки анализировали на атомно-абсорбционном спектрометре. Эксперимент показал, что вымываемость элементов зависит от «возраста» образца отхода. Образцы отходов, образованных в начале функционирования отвала, изначально содержат меньше тяжелых металлов и соединений серы и хрома. Максимальная вымываемость была отмечена у проб отходов «среднего» возраста (15 лет) и составила примерно 10-20 мг/л Cr, 1,5-2 мг/л Ni, 5-8 мг/л Cu, 0,5-1,5 мг/л Co, 7-11 г/л S. Интенсивность миграции для рассматриваемых отходов увеличивается с возрастанием трещиноватости отвала. Последняя достаточно быстро увеличивается даже для отходов с высокой плотностью (3 т/м^3) в тяжелых условиях севера: большие перепады температуры, сильные ветры и большое количество кислых осадков.

Для понимания физико-химической обстановки в твердом веществе и процессов, происходящих в твердых отходах, требуется определить формы нахождения компонентов. С этой целью из образцов шлаков были изготовлены полированные аншлифы для изучения в растровом электронном микроскопе. Проведенный анализ показал, что вынос тяжелых металлов из отвала происходит не только под внешним воздействием кислых осадков. Пробы в общей массе состоят из силикатной основы с вкраплениями тяжелых металлов в различных формах (рис.1). Образцы имеют два типа текстуры: массивную плотную и пористую пемзовидную. Текстура образцов, отобранных с по-

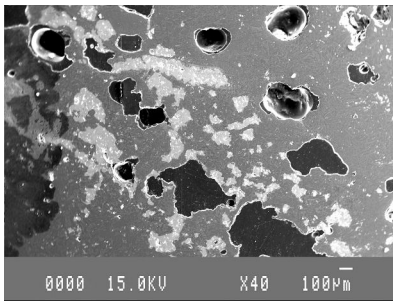


Рис.1. Проба поверхностная (29 лет)

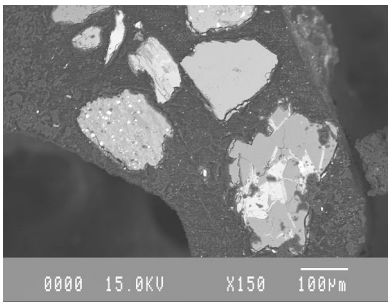


Рис.2. Проба поверхностная (2 года)

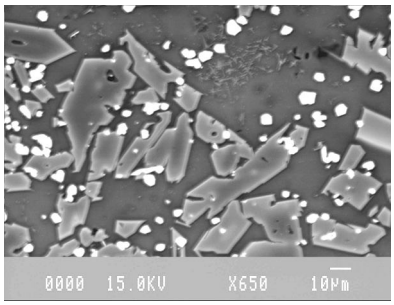


Рис.3. Проба на горизонте 20 см (2 года)

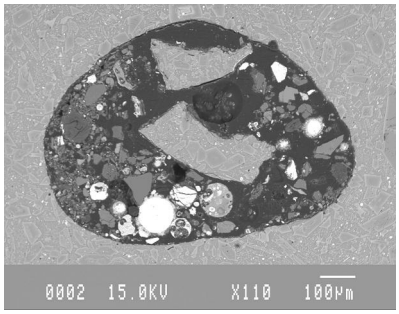


Рис.4. Проба поверхностная (14 лет)

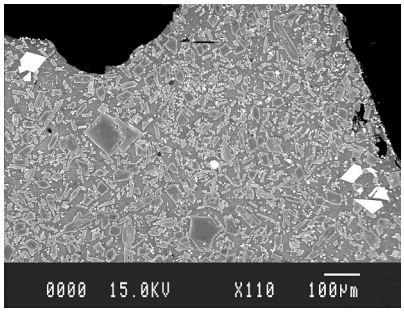


Рис.5. Проба на горизонте 20 см (2 года)

верхности, более гетерогенна (рис.2). По всей плотной силикатной массе рассредоточена часть рудного вещества (рис.3), представленная в виде самостоятельных кристаллов сульфидов железа, меди, никеля и их сростков.

В пемзовидных участках сосредоточена наибольшая часть рудного вещества, генетически связанная с газовыми пузырями. Образование отвала происходит путем перелива из вагонеток на откос отвала горячего шлака, таким образом, в отвале образуются газовые пузырьки. При сливе шлака из электропечей выносится незначительное количество растворенных сульфидов цветных металлов – корольки. Анализ рудного вещества внутри пузырей и корольков показал, что металлы, направляемые в отвал в окисленной форме, взаимодействуя с газовыми включениями, восстанавливаются до сульфидов и даже до шарообразных вкраплений самородных металлов – Ni, Cu, Cr. Шарообразные выделения цветных металлов выявляют микрогетерогенность. Наиболее яркие центральные области сложены преимущественно самородными металлами, более серые участки и оторочка «шариков» представлена сульфидами этих же металлов. Такие самородно-сульфидные выделения цветных металлов, попадая в зону гипергенеза, служат причиной формирования кислых вод. Особенно интенсивно процесс восстановления металлов идет в порах (рис.4), однако отдельные «микрошарики» наблюдаются и в силикатной матрице (рис.5).

Из проведенных исследований становится очевидным, что в образцах, отобранных с поверхности, содержится большее количество рудных фаз, что генетически связано с бльшим содержанием газовых пузырьков. Таким образом, хранение отходов может привести к 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 выход тяжелым металлам из сульфидной формы. Вследствие этого происходит не только загрязнение воды тяжелыми металлами, но понижается показатель pH. Если учесть, что объем отвала составляет 39 млн т, и соответственно, в нем содержится: 39 тыс.т Ni, 78 тыс.т Cu, 19,5 тыс.т Co, 156 тыс.т Cr, 3 млн т S, – загрязнения окружающей среды могут быть значительными.

Для определения экологической опасности техногенного массива необходимо определить коэффициент риска [2] негативного воздействия техногенного массива на компоненты природной среды:

$$K_{ij}^{R} = P_{ij}^{B} C_{i}^{Y},$$

где P_{ij}^{B} – вероятность возникновения j-х последствий при воздействии на i-й компонент природной среды; C_{i}^{Y} – степень уязвимости рецептора, которая определяется защищенностью компонентов природной среды (природной и технической).

Коэффициент риска предлагается определять в зависимости от вероятности образования кислых вод с pH меньше 4 (фонового значения кислотности) и степени уязвимости (защищенности) компонентов природной среды, на которые происходит воздействие.

Анализируя вымываемость серы из твердых отходов за 30 лет функционирования комбината, можно сделать следующие выводы (рис.6): 1) вероятность образования кислых вод возрастает со временем функционирования отвала за счет окисления серы в зоне гипергенеза; 2) через 15 лет с начала функционирования отвала вероятность образования кислых вод достигает максимума, но далее практически остается на одном уровне за счет повышения трещиноватости вновь поступивших отходов.

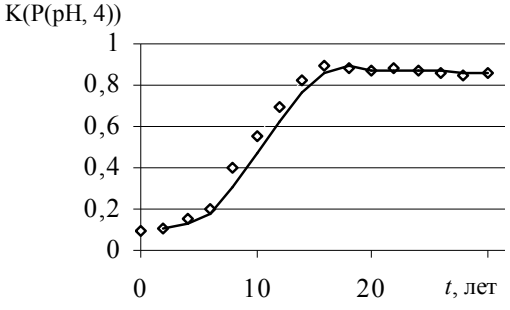


Рис.6. Диаграмма вероятности образования кислых вод

Степень опасности техногенных массивов позволяет определить объем ассигнований, необходимых на предотвращение негативного воздействия, в соответствии с которым разрабатываются конкретные инженерные и мониторинговые мероприятия.

В снижении формирования кислотных дренажных вод действующих отвалов можно выделить два основных направления:

1) создание геохимического барьера из кальцийсодержащих пород (мел, известь и др.); внесение в тело отвала слоя кальцийсодержащих пород (известкование $Ca(OH)_2$) или покрытие им; при неглубоком залегании водоупоров (25-30 м) создание вертикальных фильтрующих сорбционных стенок;

2) 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. Такой реагент приведет к образованию в шлаке нерастворимых соединений серы и свяжет тяжелые металлы. В то же время необходимо нейтрализовать стоки с уже сложенного массива техногенных сульфидсодержащих отходов. Для этого предлагается создание геохимического известьсодержащего барьера, на котором не только понизится значение pH загрязненных вод, но и тяжелые металлы перейдут в нерастворимую форму.

Работы проводились при поддержке Американского фонда гражданских исследований и развития в Научно-образовательном центре СПГГИ (ТУ) в рамках гранта ST-01502.

ЛИТЕРАТУРА

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

2. *Пашкевич М.А.* Оценка риска воздействия техногенных массивов на природные воды // Научно-педагогическое наследие профессора Медведева / Санкт-Петербургский горный ин-т. СПб, 1999.

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

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