

ПРИРОДООХРАННЫЕ МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ОБЪЕКТАХ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

И.В. Соколов (1)

Кафедра нефтепромысловой геологии, горного и нефтегазового дела
Российский университет дружбы народов
Ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198

Выявлены и научно обоснованы физико-химические пути снижения геоэкологической нагрузки техногенных месторождений на окружающую среду. Предложена группировка процессов, обеспечивающих их природоохранное формирование.

Сложившаяся в настоящее время геоэкологическая ситуация в России оценивается как критическая, поскольку более 20% территории уже находится в зоне экологического кризиса и эта зона продолжает расширяться. Кроме того, учитывая, что геогенные месторождения полезных ископаемых к настоящему моменту весьма истощены и полагая, что уровень добычи и переработки напрямую связан с уровнем развития технологий (рис. 1), можно предположить, что самый благоприятный прогноз на исчерпание балансовых и (частично) забалансовых руд — 40—80 ближайших лет.

Появление в последние десятилетия техногенных минеральных месторождений, т.е. создание ресурсовоспроизводящих технологий (рис. 1, выделено) — результат интенсивного развития горнодобывающей и перерабатывающей промышленности — обусловило и целый ряд проблем, связанных с их исследованием, освоением и разработкой. Прежде всего необходимо принимать во внимание возможные геоэкологические проблемы, которые могут возникнуть при формировании техногенных месторождений (ТМ), в частности необходимо решать задачи снижения потерь полезных продуктов, охраны здоровья людей и защиты окружающей среды от загрязнения токсичными компонентами.

За время своего существования горнодобывающий комплекс нанес колоссальный ущерб окружающей среде: в окружающую среду сброшены десятки миллионов тонн сточных вод, отчуждены и нарушены сотни гектаров земель и т.д. Известно, что вследствие воздействия антропогенных факторов происходит видовое обеднение флоры, трансформация естественных природных комплексов [3].

Классические схемы формирования ТМ с применением элементов выщелачивания, предложенные профессором А.Е. Воробьевым и академиком К.Н. Трубецким [1], также накладывают геоэкологическую нагрузку на окружающую среду.

Для кардинального улучшения экологического состояния с 80-х гг. XX в. ведется разработка и применение новых природоохранных технологий, позволяющих перерабатывать минеральные отходы, улучшая тем самым экологическую обстановку в зоне производства.

Полный переход на биосфероразрушающие технологии	Создание ресурсос-производящих технологий	9							
	Применение геотехнологии	8							
	Использование электрической энергии	7							
	Применение гидравлической энергии	6							
	Использование мускульной энергии	5							
	Ручной труд	4							
	Обработка металлов	3							
	Первичная обработка камней	2							
	Собирание и использование камней	1							
1 млн лет до н.э.	100 тыс. лет назад	30 тыс. лет назад	IV—VII вв. н.э.	X—XVIII вв.	XIX в. — I-я половина XX в.	1940—1950 гг.	1960—1970 гг.	2000 г.	2150 г.

Рис. 1. Развитие горного дела в различные исторические периоды

Следует различать два принципиально возможных типа складирования отходов горного производства: техногенный минеральный объект (ТМО) и техногенное месторождение (ТМ). Существенное отличие их заключается в том, что ТМО представляет собой, по существу, отвал, насыпь или иную подобную структуру, сформированную случайным образом при отработке месторождений или складировании отходов металлургии, тогда как ТМ — это специально созданная на основе фундаментальных научных изысканий технологическая структура, в которой происходит целенаправленное перемещение или создание ценных компонентов из некондиционных минеральных отходов.

Принципиально важный процесс — это образование осадков в обогащаемом слое ТМ. Полное осаждение тяжелых металлов на природных адсорбентах препятствует их проникновению в лито- и гидросферу из толщи техногенного месторождения, что существенно снижает возможный геоэкологический ущерб от формирования на данном ареале техногенного месторождения.

В этой связи было исследовано влияние рН и концентрации ионов меди (2^+) на их адсорбцию на CuO . Из рис. 2 видно, что с ростом рН и концентрации ионов меди (II) доля ионов меди, осажденных на поверхности оксида меди, увеличивается.

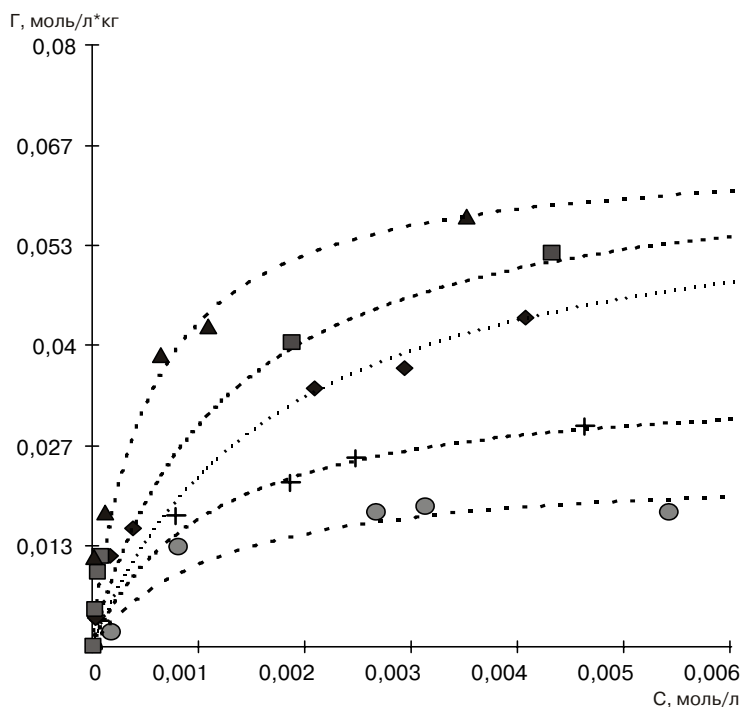


Рис. 2. Зависимость величины адсорбции ионов меди (2^+) от концентрации нитрата меди при различных значениях рН:
 ● — 4,95; + — 5,82; ◆ — 7,02; ■ — 8,04; ▲ — 8,92
 Точки — экспериментальные данные, линии — изотермы Лэнгмюра

Расчет распределения ионов меди в растворе при различном значении рН, показывает, что в растворе в интервале рН 5—9 преимущественно существуют CuOH^+ -ионы [4]. На основании приведенных выкладок можно предложить простую модель осаждения гидроксидов меди в обогащаемом слое. Поскольку необходимым условием выпадения осадка является достижения величины рН соответствующего гидроксида, ясно, что процесс осаждения носит периодический характер. Описание периодического осаждения возможно в рамках дифференциальной модели Вольтерры—Лоттки. Установлено, что наиболее полно осаждение, как и адсорбция, происходит в диапазоне 5—9 ед. рН.

Для изучения возможностей интенсификации процессов, протекающих в выщелачиваемом слое ТМ, нами с принципиально новых положений гетерогенной кинетики были проведены кинетические исследования и моделирование процессов растворения оксидов меди в кислых и щелочных средах (в том числе с добавками комплексонов).

Для описания кинетики растворения оксидов предложено около 20 уравнений гетерогенной кинетики. Выбор оптимальной модели часто не является однозначным и зависит во многом от научной позиций автора. Воспользуемся наиболее принятой моделью сжимающейся сферы с равномерным изменением

радиуса частицы по трем осям $\alpha = 1 - \left(1 - \frac{W \cdot t}{R_0}\right)^d$, где d — число осей раство-

рения. При $d = 3$ — сжимающийся объем, при $d = 2$ — сжимающаяся площадь, при $d = 1$ — игольчатое травление вглубь частицы. Предполагается, что зародыши распространяются с гораздо большей скоростью в каком-либо одном направлении из всех возможных, в результате чего зародыши проникают внутрь твердого вещества, вдоль дислокации, примерно так же, как корни в трещины скалы (рис. 3).

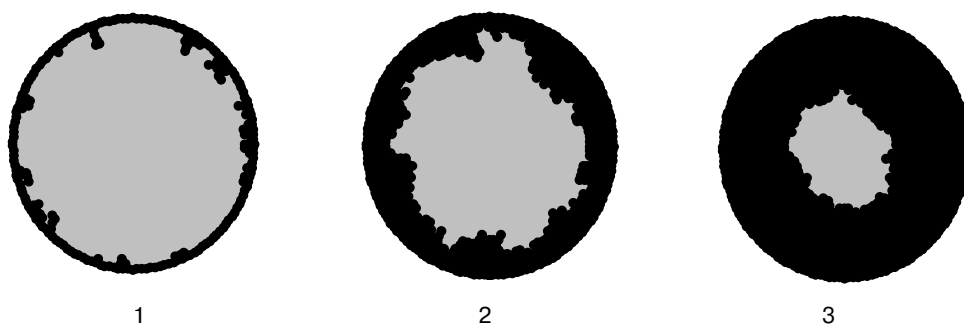


Рис. 3. Последовательные стадии травления оксида

Установлено, что размерность поверхности растворяющегося оксида $d \approx 2,7$, из чего следует важность учета фрактальности оксидных частиц [5]. На основании этого использовано модифицированное уравнение сжимающейся сферы, написана программа анализа кинетических данных и предложена математическая модель процессов растворения оксидов и изменения их поверхности.

Кроме того, обнаружено что с ростом температуры (293—323 К) доля растворенного оксида увеличивается и наивысшая скорость растворения наблюдается при 313 К, что является оптимальной температурой. Поддержание большей температуры сопряжено со значительными трудностями, но даже при 303 К (30 °С) доля растворенного оксида близка к 1.

Проведенные исследования по влиянию различных окислителей и восстановителей на кинетику растворения оксидов меди в кислых средах показали, что они сильно изменяют скорость растворения. Из полученных данных следует, что с ростом концентрации перманганата калия скорость растворения возрастает и значительно превышает скорость растворения оксида меди (II) в чистом растворе серной кислоты. Было установлено, что в процессе растворения оксида концентрация KMnO_4 уменьшается незначительно.

Для техногенных месторождений медных руд можно предложить две методики улучшения качества минерального сырья и снижения их геоэкологической нагрузки:

- 1) управление миграцией и диффузией ионов меди в массиве техногенного месторождения;
- 2) применение сложных выщелачивающих композиций.

Возможность контроля диффузии ионов позволит предотвращать образование локальных зон обогащения и обеднения в сорбционном барьере и способствовать более полному осаждению металла, снижая его выход в окружающую среду.

Проанализируем одномерную диффузию в направлении вектора силы тяжести g , которая описывается уравнением Фика $\partial m = -D \cdot S \cdot \text{grad}(c)_g \cdot \partial t$. Интегрируя [7], имеем распределение концентраций в вертикальной плоскости отвала в различные моменты времени (рис. 4).

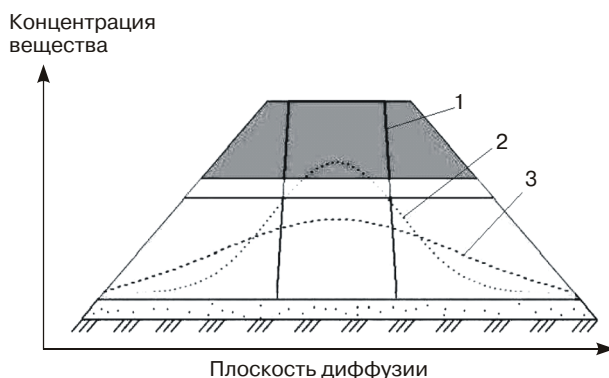


Рис. 4. Диффузия в толще техногенного месторождения:
 1 — начальная фаза; 2 — активное распределение вещества;
 3 — конечная фаза (равномерное распределение)

Анализ рис. 4 показывает, что существует момент времени, после которого распределение концентраций ионов меди не меняется, причем толщина установившегося слоя практически одинаковая. Это свидетельствует о том, что, применяя агенты, меняющие подвижность ионов, можно существенно улучшить их адсорбцию, сделав ее более равномерной. В качестве веществ, меняющих подвиж-

ность ионов, можно использовать комплексоны типа ЭДТА или ОЭДФ. Как свидетельствуют проведенные эксперименты, подвижность ионов тяжелых металлов существенно увеличивается за счет большей растворимости соответствующих комплексонов [8].

В соответствии с этим можно рекомендовать добавлять к раствору серной кислоты помимо окислителя порядка 10^{-2} моль комплексонов на литр раствора. Введение малых концентраций комплексонов позволяет более полно улавливать выщелоченные ионы меди, снижая их выход в окружающую ТМ среду, что уменьшает негативное геоэкологическое воздействие ТМ, в связи с чем необходимо оценивать их влияние.

Таким образом, оптимальной по стоимости и глубине протекания процесса выщелачивания будет смесь серной кислоты и окислителя, в которой $pH \approx 1$, концентрация окислителя не превышает 0,1 М, а концентрация комплексона порядка 10^{-2} моль на литр раствора.

Нами была разработана группировка процессов и технологий, которые целесообразно использовать при формировании экологически щадящих техногенных месторождений медных руд на предприятиях цветной металлургии (рис. 5).

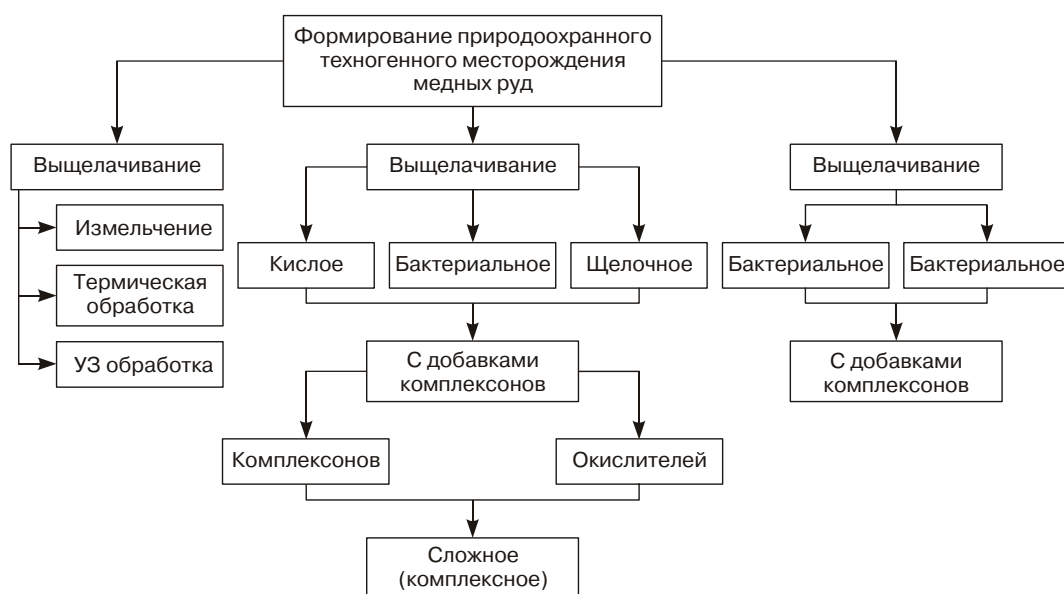


Рис. 5. Группировка процессов для формирования природоохранного техногенного месторождения медных руд

Изложенный подход к переработке вторичного минерального сырья, предусматривающий создание на его основе техногенных месторождений, позволяет утилизировать значительные объемы отходов и обеспечивает природоохранную деятельность человека в горной и металлургической промышленности.

ПРИМЕЧАНИЕ

(1) Статья написана при участии Ж.Ю. Абдулатипова (РУДН).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Воробьев А.Е. Научные основы ресурсовоспроизводящих технологий недропользования // Вестник РУДН. — 2007. — № 2. — С. 7.
- [2] Воробьев А.Е. Ресурсовоспроизводящие технологии горных отраслей. — М.: МГГУ, 2001.
- [3] Соколов И.В. Некоторые итоги изучения синантропной флоры филиала Ботанического сада МГУ «Аптекарский огород» // Сб. матер. по итогам научно-исследовательской деятельности молодых ученых в области гуманитарных, естественных и технических наук в 2004 году. — М.: Прометей, 2005.
- [4] Дремлина Ю.А., Горичев И.Г., Соколов И.В., Батраков В.В. Адсорбция ионов меди (Cu^{2+}) на оксиде меди (II) // Естественные и технические науки. — 2007. — № 2. — С. 86.
- [5] Соколов И.В., Горичев И.Г. Опыт анализа кинетических закономерностей растворения CuO в кислоте с позиций синергетики // Труды XLIII Всероссийской конференции по проблемам математики, информатики, физики, химии. Секции химии. Сб. докл. — М.: Изд. РУДН, 2007. — С. 13.
- [6] Соколов И.В., Горичев И.Г., Изотов А.Д. Обобщение моделей гетерогенной кинетики на основе вероятностного подхода // ХТ: Сб. тез. докл. Международной конференции по химической технологии. Т. 2. — М., 2007. — С. 122.
- [7] Соколов И.В. и др. Использование Mathcad для моделирования и расчета кислотно-основных равновесий. — М.: Прометей, 2007.
- [8] Изотов А.Д., Горичев И.Г., Плахотная О.Н., Соколов И.В. Влияние комплексонов на кинетику растворения оксида меди (II) в сернокислых растворах // ХТ: Сб. тез. докл. Международной конференции по химической технологии. Т. 1. — М., 2007. С. 178.

NATURE PROTECTIVE TECHNOLOGIES OF FORMATION OF TECHNOGENIC DEPOSITS AT THE ENTERPRISES OF NONFERROUS METALLURGY

I.V. Sokolov

Peoples' friendship university of Russia
Miklukho-Maklaya str., 6, Russia, Moscow, 117198

Physical and chemical ways of decreasing a geoeological load of technogenic deposits have been scientifically proved. The grouping of the processes providing nature protective formation of technogenic deposits has also been offered.

Соколов И.В., ассистент кафедры нефтепромысловой геологии, горного и нефтегазового дела РУДН



Абдулатипов Ж.Ю., студент IV курса бакалавриата кафедры Нефтепромысловой геологии, горного и нефтегазового дела РУДН