

Литература:

1. Афанасьев В.А. Поточная организация строительства. – Ленинград: Стройиздат, 1990. – 160 с.
2. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. - М.: Наука, 1965. - 460 с.
3. Болотин С.А., Мещанинов И.Ю. Основы постановки частной задачи комбинаторной оптимизации строительства комплекса объектов. //Изв. Вузов. Строительство. – Новосибирск, - 2009. - №2 (602). – С.38-42.
4. Болотин С.А., Дадар А.Х., Мещанинов И.Ю., Оолакай З.Х. Элиминация последовательности энергоресурсосберегающей реконструкции объектов при учете разнородных ограничений для нахождения оптимума. Вестник СПбГАСУ, № 3 (28), 2011, С. 60-65.
5. Болотин С.А., Дадар А.Х. Оптимизация последовательности реконструкции энергоресурсосберегающих объектов в условиях роста неопределенности. // Недвижимость: экономика, управление, 2011.

6. Болотин С.А. Комбинаторная оптимизация расписаний СМР на основе статистического выявления доминантных фрагментов. // Деп. ВНИИС Госстроя СССР, №10588, 1990. - 55 с. Горбанева Е.П., Мищенко В.Я. Роль реконструкции и модернизации в системе обеспечения сохранности и воспроизводства объектов недвижимости// Научный вестник ВГАСУ. Серия: Дорожно-транспортное строительство. – Воронеж, 2004. – №3. – С.72-76.

7. Джонсон С.М. Оптимальные двух- и трехоперационные календарные планы производства с учетом подготовительно-заключительного времени //Календарное планирование. - М.: Прогресс, 1966. - С.33-41.

8. Кофман Э.Г. Теория расписаний и вычислительные машины. - М.: Наука, 1984. - 335 с.

9. J. H. Holland. Adaptation in natural and artificial systems. University of Michigan Press, Ann Arbor, 1975.

ИЗУЧЕНИЕ РЕЖИМОВ И КИНЕТИКИ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ШЛАМОВ КОМБИНАТА «ТУВАКОБАЛЬТ»

Очур-оол А.П.*, Молдурушку М.О.**

**Тувинский государственный университет.*

***Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН*

STUDYING OF MODES AND SLIME ALKALIZATION KINETICS OF TUVACOBALT' PLANT

Ochur-ool A.P., Moldurushku M.O.

В статье описывается кинетика выщелачивания, состоящая в определении зависимости скорости процесса от основных технологических параметров – температуры и концентрации реагентов и установлении лимитирующей стадии, что необходимо для отыскания оптимальных условий выщелачивания.

Ключевые слова: кинетика, выщелачивание, шлам, механоактивация.

This paper describes the kinetics of leaching, which consists in determining the speed of the process from the main process parameters, temperature and concentration of reactants and the establishment of the rate-limiting step, it is necessary to find the optimum leaching conditions.

Key words: kinetics, alkalization, slime, mechanics activation.

Общим для всех способов выщелачивания руд, отходов производства является его базовый принцип – перевод металлов из руды или отходов в растворимое состояние. Именно этапом раскрытия руды или отходов определяется экономическая целесообразность и выгода всего процесса,

т.к. здесь определяется степень извлечения металлов.

В данной работе изучено влияние условий выщелачивания на извлечение никеля из шламов комбината «Тувакобальт» в аммиачно-карбонатный раствор. Исследована кинетика выщелачивания шламов (рис. 1).

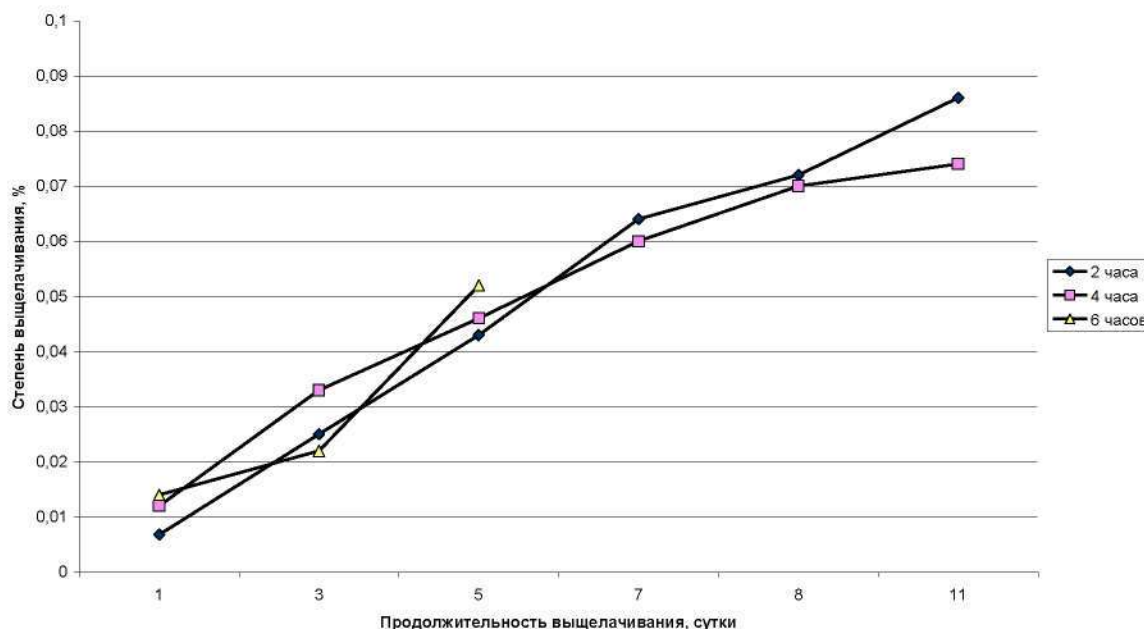


Рис. 1. Зависимость степени выщелачивания от его продолжительности

Для изучения влияния механоактивации на структуру вещества пробы с глубины 3 м были обработаны на планетарной мельнице АИР-0,015 в течение 6

мин (табл. 1). Изменение содержания элементов в механоактивированных пробах указывает на разрушение структуры вещества.

Таблица 1

Содержание элементов в исходных и механоактивированных шламах

Название пробы	Cu %	Co %	Ni %	Zn %	Pb %	Ag г/т	Au г/т
Исходные шламы	0,0997	0,407	0,358	0,0352	<0,02	11,0	<0,02
Механоактивированные шламы	0,0959	0,492	0,389	0,0457	<0,02	20,0	<0,02

В исходных шламах с глубины 3 м до начала выщелачивания и в осадках после аммиачно-карбонатного выщелачивания были определены содержания никеля, кобальта, меди на атомно-абсорбционном спектрометре ААС 5FL (табл. 2). Из таблицы видно, что в осадках после аммиачно-карбонатного выщелачивания наблюдается уменьшение содержания никеля, кобальта,

меди. Из трех элементов степень извлечения выше у никеля. Степень извлечения (ϵ) элементов рассчитана по следующей формуле

$$\epsilon = m_1/m_2 \cdot 100$$

где m_1 – количество извлеченного элемента в концентрате,

m_2 – количество извлеченного элемента в руде или отходе.

Таблица 2

Содержание никеля, кобальта, меди в исходных шламах и продуктах выщелачивания

Название элемента	Содержание элементов в %		Степень извлечения, %
	Исходные шламы	Осадки после выщелачивания	
Кобальт	0,407	0,248	39
Никель	0,358	0,142	60,4
Медь	0,0997	0,0675	32,3

Выщелачивание шламов аммиачно-карбонатным раствором (Т:Ж=1:10) проводили в стеклянных колбах с перемешивающим устройством ES-8300D. Скорость перемешивания (число оборотов) мешалки была задана 284-289 об/мин. Были отобраны исходные пробы с навеской 25 г. и объем аммиачно-карбонатного раствора 250 мл. В аммиачно-карбонатных растворах в процессе выщелачивания было определено содержание никеля фотоколориметрическим методом.

Изучение влияния времени выщелачивания при постоянном перемешивании с

мешалкой в течение 2, 4, 6 часов на извлечение никеля проведено при комнатной температуре, скорости перемешивания мешалки 284-289 об/мин. Результаты выщелачивания приведены в таблице 3. Из таблицы видно, что в течение 1-5 суток наибольшее количество никеля отмечено после 6 часов выщелачивания при постоянном перемешивании с мешалкой. Через 7-11 суток максимальная концентрация никеля наблюдается в растворах, где выщелачивание проводилось при постоянном перемешивании в течение 2 часов.

Таблица 3

Влияние времени выщелачивания на содержание никеля в аммиачно-карбонатном растворе

Время выщелачивания без перемешивания, сутки	Содержание никеля в мг/л		
	Время выщелачивания при постоянном перемешивании, ч		
	2 часа	4 часа	6 часов
1 суток	2,45	4,4	4,9
3 суток	8,9	11,75	7,8
5 суток	15,5	16,5	18,5
7 суток	23	21,5	-
8 суток	25,75	25	-
11 суток	30,75	26,5	-

Влияние температуры на выщелачивание шламов изучено на установке, состоящей из стеклянной трехгорлой колбы на 1л, мешалки ES-8300D с фторопластовым переходником, обратного холодильника и термостата U 10. Были заданы следующие условия: время выщелачивания при постоянном перемешивании с мешалкой 2 часа, скорость перемешивания также 284-289 об/мин., Т:Ж=1:10, температура 50, 60⁰С. Как видно из таблицы 4, при 60⁰С наблюдается некоторое увеличение концентрации никеля в

растворе. При сравнении с комнатной температурой содержание никеля значительно ниже, что видимо, связано с отгонкой аммиака при нагревании.

Цель экспериментального изучения кинетики выщелачивания состоит в определении зависимости скорости процесса от основных технологических параметров – температуры и концентрации реагентов и установлении лимитирующей стадии, что необходимо для отыскания оптимальных условий выщелачивания.

Таблица 4

Влияние температуры на содержание никеля в аммиачно-карбонатном растворе

Время выщелачивания без перемешивания, сутки	Концентрация никеля в мг/л	
	Температура 50 ⁰ С	Температура 60 ⁰ С
1 суток	1,25	1,8
2 суток	1,8	2,4

Таким образом, при выщелачивании отходов кобальтового производства аммиачно-карбонатным раствором с

соотношением Т:Ж=1:10 наибольшее количество никеля наблюдается при постоянном перемешивании с мешалкой в

течение 6 часов и при комнатной температуре.

До начала эксперимента лимитирующая стадия процесса неизвестна. Поэтому в данной работе проводилось только предварительное определение константы скорости реакции, порядка реакции с использованием формально-кинетического уравнения первого, нулевого порядка, а также теоретическое определение значения энергии активации. Для изучения кинетики выщелачивания использовался метод отбора проб, т.е. содержания никеля, меди в аммиачно-карбонатных растворах определялись через определенные промежутки времени.

Выщелачивание шламов аммиачно-карбонатным раствором проводилось с соотношением твердой и жидкой фаз 1:5 при комнатной температуре в течение нескольких суток: первые 2 часа при постоянном перемешивании (вручную и на встряхивателе), а далее – без перемешивания. Содержание никеля, меди в аммиачно-карбонатном растворе выщелачивания определялось фотокolorиметрическим методом на приборе КФК-2МП.

Так как выщелачивание шламов аммиачно-карбонатным раствором является гетерогенной реакцией, скорость реакции можно выразить как изменение степени выщелачивания в единицу времени.

Степень выщелачивания (извлечения) рассчитана по следующей формуле:

$$\alpha = V_1 \cdot C_2 / m \cdot C_1 \cdot 100\%$$

где α – степень извлечения;

V_1 – объем фильтрата, л;

C_2 – концентрация продукта в фильтрате, г/л;

m – навеска пробы, г;

C_1 – концентрация выщелачиваемого материала в исходной пробе.

Интегральная форма кинетического уравнения 1 порядка

$$k = 2,3/t \lg \alpha$$

Подставляя значения концентраций никеля (табл. 5) в кинетическое уравнение 1 порядка, получаем следующие значения:

$$k = -2,41; k = -0,79; k = -0,57; k = 0,065$$

Значение константы реакции не постоянно, следовательно, данная реакция не относится к реакции первого порядка.

Концентрация никеля в аммиачно-карбонатном растворе

Таблица 5

Время, сутки	2	5	6	30
C мг/л	4,75	11	18	78
α %	0,008	0,019	0,032	0,139

Теоретическое определение энергии активации по формуле $E = 2,3 \cdot R \cdot \text{tg} \alpha$

Таблица 6

T	298	318	338
1/T	3,35	3,144	2,95
k	0,00435	0,0087	0,0174
lgk	-2,36	-2,06	-1,75

Подставляем значения концентрации никеля в кинетическое уравнение нулевого порядка.

$$k = \alpha/t$$

$$k = 0,004; k = 0,0038; k = 0,005; k = 0,0046.$$

Так как константа реакции имеет постоянное значение, следовательно, данную реакцию можно отнести к реакции нулевого порядка. Отсюда можно заключить, что процесс выщелачивания протекает в кинетической области, так как для

кинетической области характерна реакция нулевого порядка.

Исходя из графической зависимости $\lg k = f(1/T)$ получено следующее значение энергии активации процесса выщелачивания никеля – $E = 29,161$ кДж/моль. Из теоретически полученного значения энергии активации можно заключить, что процесс выщелачивания протекает в диффузионной области.