

УДК 622.722

Хаи Лин Чжо

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОГО РАЗМЕРА РУДНОГО КУСКА ПРИ КУЧНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ МЕТАЛЛОВ

Семинар № 17

В теории и практике технологий подземного выщелачивания шахтными системами с предварительным магазинированием и кучного выщелачивания многие годы ведутся исследования по выявлению факторов и параметров, определяющих глубину проработки (насыщения) слабопроницаемых трещинно-поровых руд. Обосновано, что на этот параметр оказывают влияние многие природные (геотехнологические) и технологические факторы.

В процессах выщелачивания происходит также частичный массоперенос выщелачивающих растворов и в объеме тупиковых поровых каналов и трещин. Таким образом, в исследованиях мы исходили из фактора, что необходимо учитывать общую пористость и трещиноватость куска, которые, как правило, несут в себе рудную минерализацию.

Исследования проводились в лабораторных условиях на глинистых метаморфизованных плотных песчаниках. Преимущество лабораторных методов физического моделирования определяется возможностью проведения работ с рудным материалом с отличительными структурными и текстурными особенностями, а также с различной степенью пористости и трещиноватости.

Подготовленные к исследованиям рудные куски, отобраны непосред-

ственно в забое, размер фракций + 50–100 мм, распиливались пополам и после распила подвергались грубому шлифованию для получения ровной поверхности. На шлифованную поверхность наносились резцом с помощью фрезерного станка концентрические круги (борозды) глубиной и шириной 3–4 мм, расстояние между которыми составляло – 5 мм.

Таким образом, подготавливалась поверхность образцов для последующего замера глубины насыщения рудного материала. Величину рН замеры непосредственно в концентрических бороздках с помощью индикаторной бумаги. Остальная поверхность куска, за исключением ≈ 10 мм поверхности перпендикулярной пришлифованной части, покрывалась непроницаемой пленкой из полимерной смолы. Образец устанавливался в деревянную подставку, в котором закреплялся с помощью эпоксидной смолы, и помещался в емкость из полиэтиленового материала (рис. 1).

Параллельно проводились исследования на керновом материале (диаметром 88 мм), полученном при бурении скважин из горных выработок. Интервал отбора керна 10–20 м от стенки выработки.

Подготовка керна к исследованию глубины насыщения серноокислотным раствором проводилась аналогично вышеизложенной методике.

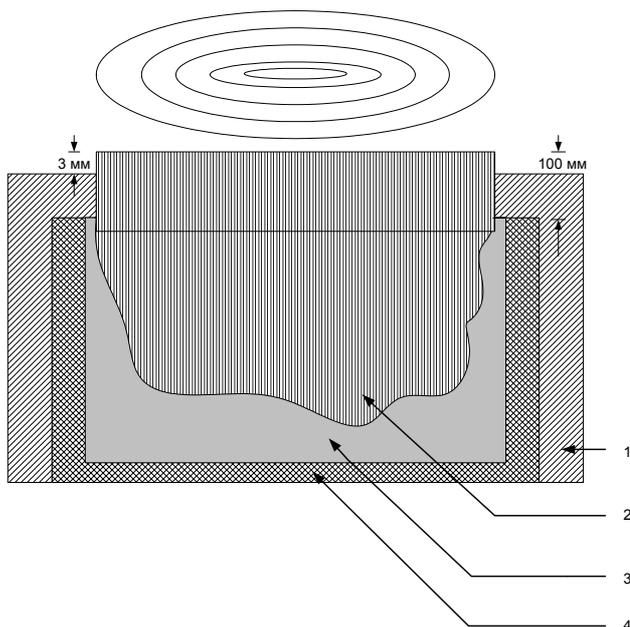


Рис. 1. Лабораторная установка для исследования глубины проникания растворов: 1 - выщелачивающий раствор; 2 - рудный кусок; 3 - эпоксидная смола; 4 - деревянная подставка; 5 - концентрические бороздки для замера pH

Скорость насыщения рассчитывалась по формуле:

$$V_{нас} = \frac{l}{t_{нас}} \quad (1)$$

где l = глубина проникновения (насыщения) раствора за время $t_{нас}$, мм.

В табл. 1 представлены усредненные значения $V_{ср}^{нас}$, полученные по ис-

Вторая половина рудного куска после распила исследовалась на определение общей пористости (коэффициента пористости, n , %). Лабораторные исследования проводились по известной методике с использованием керосина. Полученные показатели n были разделены на 5 групп, табл. 1. Необходимо отметить, что коэффициент пористости включает как поровую, так и трещинную пористость, т.е. двойную пористость. Всего было исследовано 50 образцов, размер куска (диаметр) составлял – 100 мм. Результаты исследования приведены в табл. 1.

следуемым образцам для каждого из интервалов общей пористости.

Внутри каждого из интервалов значений пористости были выявлены зависимости изменения скорости насыщения от глубины проникновения, которые позволяют, для определенных показателей n , определить скорость насыщения на любом участке рудного куска.

Это особенно необходимо при анализе и оценке коэффициентов извлечение полезных компонентов в зависимости от продолжительности процессов выщелачивания.

Таблица. 1

Средняя скорость ($V_{ср}^{нас}$) и время ($t_{нас}$) насыщения раствором образцов при различных значениях пористости (n).

Количество образцов, шт.	Интервалы значений коэффициентов общей пористости, %	$V_{ср}^{нас}$, мм/сут	$t_{нас}$, сут
8	≤25.0	0.31	162
12	25.1-27.0	0.72	70
10	27.1-31.0	1.1	46
13	31.1-35.0	1.9	26
7	>35.0	2.6	19

Таблица 2

Скорости насыщения образца кислотой интервала пористости $n < 25$ %

$V^{нас}$, мм/сут	l , мм
0.6	5
0.39	10
0.28	20
0.20	40
0.17	50
0.16	70

Таблица 3

Скорости насыщения образца кислотой интервала пористости $n = 25.1-27.0$ %

$V^{нас}$, мм/сут	l , мм
1.25	5
0.89	10
0.63	20
0.44	40
0.40	50
0.35	70

Таблица 4

Скорости насыщения образца кислотой интервала пористости $n = 27.1-31$ %

$V^{нас}$, мм/сут	l , мм
1.92	5
1.36	10
0.96	20
0.68	40
0.60	50
0.54	70

Таблица 5

Скорости насыщения образца кислотой интервала пористости $n = 31.1-35$ %

$V^{нас}$, мм/сут	l , мм
3.36	5
2.37	10
1.67	20
1.19	40
1.07	50
0.9	70

Таблица 6

Скорости насыщения образца кислотой интервала пористости $n > 35$ %

$V^{нас}$, мм/сут	l , мм
4.48	5
3.16	10
2.23	20
1.58	40
1.42	50
1.20	70

При оценке глубины проникновения раствора в глубь рудного куска необходимо учитывать изменения скорости насыщения в зависимости от длины пути массопереноса.

Нами введен коэффициент массопереноса K , характеризующий изменения скорости переноса раствора по пути насыщения рудного куска. Физический смысл и размерность коэффициента K соответствуют ускорению (замедлению), мм²/сут, тогда

$$K = V^{нас} \cdot l \quad (2)$$

Однако между показателями V и l существует зависимость, обусловленная влиянием как природных факторов геометрии порово-трещинных каналов, так и технологических-химического состава и минерализации выщелачивающих растворов. Выявить роль каждого из этих факторов на изменение величины $V^{нас}$ представляется довольно сложной задачей. Так, например, геометрия порово-трещинных каналов и минерализация растворов характеризуются большой степенью анизотропии, которые в свою очередь, зависимы от физико-механических свойств и химического состава рудных кусков.

Таким образом, коэффициент массопереноса (K) является интегральным показателем, значение которого обусловлено совокупным влиянием природной и технологической среды на скорость насыщения.

Тогда из формулы (2) зависимость $V^{нас} = f(l)$, представленная в графическом виде, рис. 2-6, будет:

$$\begin{aligned} n, \% \\ \leq 25 & - V^{нас} = \frac{1.24}{\sqrt{l}} \end{aligned} \quad (3)$$

$$25.1-27.0 - V^{нас} = \frac{2.8}{\sqrt{l}} \quad (4)$$

$$27.1-31.0 - V^{нас} = \frac{4.3}{\sqrt{l}} \quad (5)$$

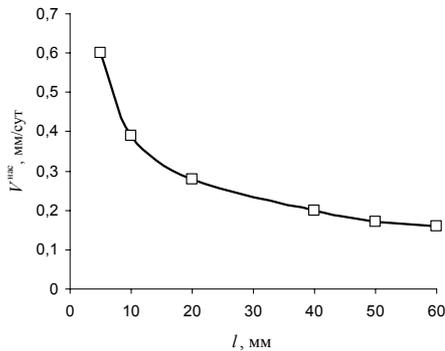


Рис. 2. Зависимость скорости насыщения ($V^{нас}$) от глубины насыщения (l) для $n \leq 25\%$.

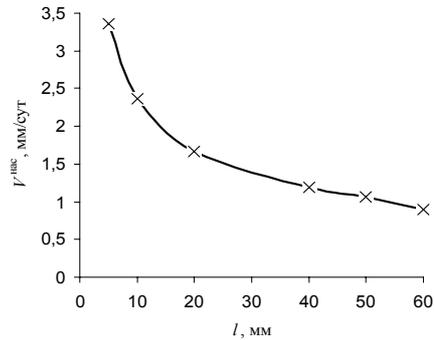


Рис. 5. Зависимость скорости насыщения ($V^{нас}$) от глубины насыщения (l) для $n = 31.1-35\%$.

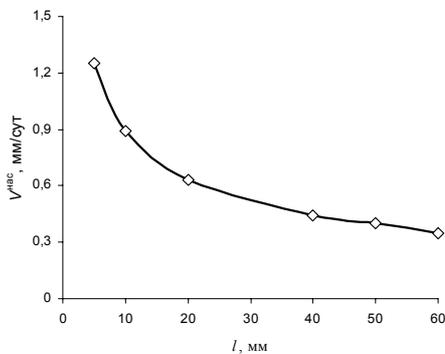


Рис. 3. Зависимость скорости насыщения ($V^{нас}$) от глубины насыщения (l) для $n = 25.1-27.0\%$.

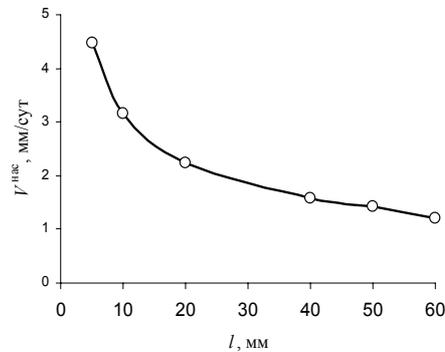


Рис. 6. Зависимость скорости насыщения ($V^{нас}$) от глубины насыщения (l) для $n > 35\%$.

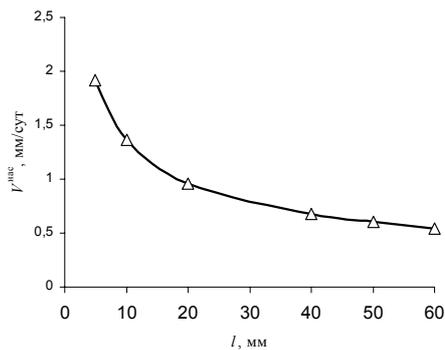


Рис. 4. Зависимость скорости насыщения ($V^{нас}$) от глубины насыщения (l) для интервала пористости $n = 27.1-31\%$.

$$31.1-35.0 - V^{нас} = \frac{7.5}{\sqrt{l}} \quad (6)$$

$$> 35.5 - V^{нас} = \frac{10}{\sqrt{l}} \quad (7)$$

Значения скоростей насыщения для каждого из интервалов пористости представлены в табл. 2–6.

На рис. 2–6 представлены зависимости $V^{нас} = f(l)$ для различных значений показателя n .

Используя данные графиков, можно рассчитать время для достижения

Таблица 7

Продолжительность насыщения растворами рудного куска в интервале глубин для различных n .

n , %	Глубина проработки растворами до 20 мм, сут	Интервал проработки растворами 20-70 мм, сут
<25	48	278
25.1-27.0	22	125
27.1-31.0	14	82
31.1-35.0	8	48
>35.0	6	36

Таблица 8

Средние скорости насыщения растворами различных интервалов рудных кусков

n , %	$V_{cp}^{нас}$, мм/сут, для глубины < 20 мм.	$V_{cp}^{нас}$, мм/сут, глубина насыщения 20-70 мм.
≤25	0.42	0.18
25.1-27.0	0.92	0.40
27.1-31.0	1.41	0.61
31.1-35.0	2.47	1.05
>35.0	3.29	1.4

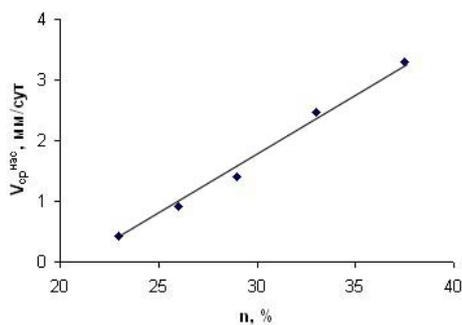


Рис. 7. Зависимость средних скорости насыщения куска ($V_{cp}^{нас}$) от общей пористости (n) и глубины проработки < 20 мм

выщелачивающими растворами определенной глубины проработки рудного куска, $t = \frac{V_{нас}}{l}$.

Значения времени достижения растворами различных глубин проработки рудных кусков, в зависимости от пористости n , представлены в

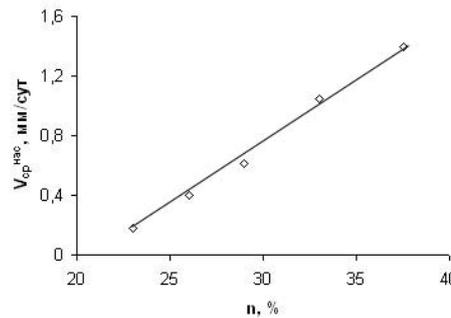


Рис. 8. Зависимость средних скорости насыщения куска ($V_{cp}^{нас}$) от общей пористости (n) и глубины проработки 20-70 мм

табл. 7. Значения средних скоростей насыщения растворами различных интервалов рудных кусков представлены в табл. 8.

Зависимости $V_{cp}^{нас} = f(n)$ для заданных глубин насыщения растворами представлены на графиках, рис. 7, 8.

Из вышеизложенного следует, что реагентная проработка литологических разностей рудоносных пород со средней величиной показателя пористости -30 %, (продолжительность насыщения) и размером рудного куска – 100 мм, составит – 50 суток. Это необходимо учитывать при расчете времени отработки, величины Ж:Т и коэффициента извлечения, которые пропорциональны глубине реагентной проработки.

Представленные графические зависимости $V^{нас} = f(l)$ и $V_{cp}^{нас} = f(n)$ необходимо использовать при расчете эффективного размера рудного куска при составлении проектов на опытные и опытно-промышленные работы по технологии КВ.

Выводы

1. Коэффициент общей пористости является основным природным и технологическим параметром, определяющим глубину и скорость массопереноса выщелачивающих растворов.

2. Скорость насыщения куска выщелачивающим раствором обратно пропорциональна корню квадратному из величины глубины проработки.

3. Литологические плохо проницаемые глинистые разности пород, характеризующиеся коэффициентом общей пористости на уровне 30%, должны дробиться для технологии кучного выщелачивания до размера фракций - 100 мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аренс В.Ж. Физико-химическая геотехнология, М., МГТУ, 2001 г.

2. Водолазов Л.И., Дробаденко В.П., Лобанов Д.П., Малухин Н.Г. Геотехнология: кучное выщелачивание бедного минерального сырья, М., МГГРА, 2000.

3. Строительство и эксплуатация рудников подземного выщелачивания // Мосинец В.Н., Лобанов Д.П., Тедеев М.Н. и др. - М : Недра, 1978. **ИДБ**

Коротко об авторе

Хай Лин Чжо – аспирант, Российский государственный геологоразведочный университет.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 17 симпозиума «Неделя горняка-2008». Рецензент д-р техн. наук, проф. В.Ж. Аренс.

