

УДК 622.277

И.И. Вашлаев, А.Г. Михайлов

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАССОПЕРЕНОСА
ПРИ КАПИЛЛЯРНОМ ВОСХОЖДЕНИИ ФЛЮИДА
В МАССИВЕ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ**

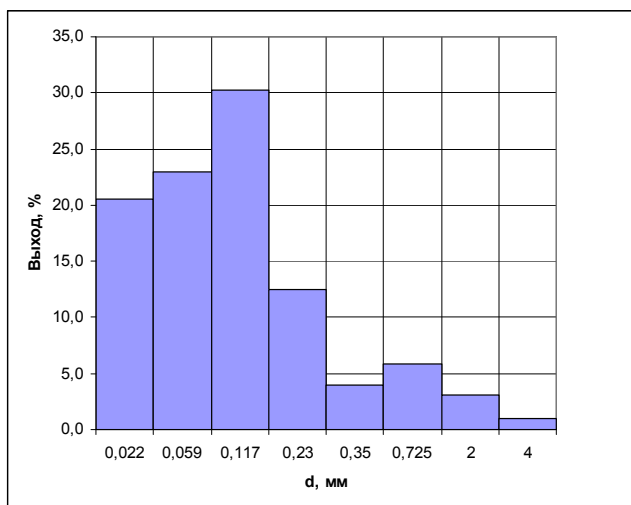
Определены основные параметры для определения флюида переноса при капиллярном восхождении растворов в массиве хвостов обогащения.

Ключевые слова: хвостохранилище, техногенное месторождение, геофлюидный процесс.

Общеизвестно, что в результате деятельности горнодобывающих предприятий образовалось огромное количество отходов в виде отвалов горных пород и хвостохранилищ. Например, в одном Норильском промышленном районе за полувековую деятельность объемы превышают сотни миллионов м³. Зачастую в них находится полезное ископаемое, которое по содержанию и запасам может быть отработано с достаточной экономической эффективностью. Наибольший интерес для вовлечения в повторную разработку представляют лежалые породы хвостохранилищ. В связи с несовершенством технологии обогащения значительные потери металлов. Так, основным источником потерь благородных металлов в технологическом цикле Норильского комбината являются отвальные хвосты от обогащения вкрапленных сульфидных медно-никелевых руд. Только потери платиновых металлов в сумме достигают 21 % (по платине 25—28 %). По прогнозу, составленному USGS, к 2010 году до 12 % платины в Норильском промрайоне будет извлекаться из техногенных продуктов, прежде всего из лежалых хвостов.

Особый интерес представляет разработка таких техногенных месторождений на базе новых физико-химических геотехнологий. В теле отвала происходят геодинамические движения флюидов, в результате которых происходят физико-химические превращения. С точки зрения активации протекания геофлюидных процессов следует рассмотреть разработку новой технологии извлечения полезных компонентов. Поэтому вопросы изучения протекания процессов в хвостах обогащения с целью их дальнейшей переработки являются актуальными.

Наука о динамике флюидов в геологических средах является довольно непростой. Развитие методов ее изучения и использования в различных геологических построениях тесно связаны с общим ходом современного развития геологической науки. Геология сегодня переживает свой переходный возраст: традиционно преобладающие описательные подходы сменяются причинно-следственным объяснением явлений, умозрительные заключения — строгими выводами, учитывающими всю полноту знаний геологии и смежных точных наук [1]. Математическая



Распределение частиц по размерам

структура связей может широко варьировать для разных явлений. Но всегда эти величины должны отражать причинную обусловленность явления.

Если подбирать отдельные геологические характеристики и их комбинации в соответствии с физическим подтекстом, то и на языке геологических характеристик можно дать описание, весьма близкое к причинно-следственному [1—4].

Не все еще представления о роли и механике воды в геологических процессах окончательно оформились, некоторые остаются неоднозначными. В научной литературе приводится множество методик и формул на одни и те же процессы. Практика применения, которых дает иногда очень большой разброс значений. Поэтому перед нами стояла и задача выбора, на наш взгляд, наиболее достоверных методик.

Чтобы определить динамику движения подземных вод в техногенной залежи, необходимо знать емкостные параметры горных пород. К ним в частности относится эффективный диа-

метр частиц [2], слагающих реальную пористую среду, и определяется по формуле

$$\frac{1}{d_s} = \sum_1^u \frac{g_i}{d_i}$$

где g_i — удельное содержание i -й фракции (в долях единицы от общего содержания); u — количество фракций; d_i — средний диаметр i -й фракции.

Распределение частиц по размерам для одного из отвалов лежалых пород приведено на рисунке.

Способность породы пропускать флюиды характеризуется проницаемостью

$$k = mR^2/8,$$

где m — пористость пород, $m=0,259-0,476$; R — гидравлический радиус пор (радиус трубок для модели идеального грунта), мкм;

$$R = \frac{md_s}{12(1-m)}.$$

Выше уровня основного зеркала воды массиве находится водонасыщенный капиллярный слой. Высоту подъема флюида для капилляра можно определить по следующему выражению

$$h = \frac{2\alpha \cos \theta}{\rho g r}$$

где α — поверхностное натяжение, Дж/м²; θ — краевой угол смачивания; ρ — плотность жидкости; r — радиус капилляра, м.

Выполненные расчеты фильтрационных параметров горных пород хвостохранилища хорошо согласуются с данными, приведенными в различных

Расчетные параметры для определения геодинамики флюида

Наименование показателя	Значения показателя
Средневзвешенный диаметр зерен, мм	0,238
Эффективный диаметр частиц, мм	0,060
Гидравлический радиус, мкм	3,1
Проницаемость, дарси	456
Высота поднятия столба воды, м	0,498

литературных источниках. В дальнейшем планируется физическое моделирование процессов флюидопереноса на материале из хвостохранилища.

Влагоперенос при неполном водонасыщении можно определить по основной гидрофизической характеристике породы, используя зависимость М. Ван Генухтена

$$\bar{\omega} = \left[1 + (\psi / h_k)^n \right]^{-\left(\frac{1}{n}-1\right)},$$

где h_k — параметр, характеризующий высоту капиллярного подъема воды в породе; n — параметр, $n = 1,1-1,9$.

В заключение отметим, что выше были рассмотрены лишь простейшие структурные модели пористых сред, модели, для которых наиболее просто вычислить фильтрационно-емкостные характеристики с помощью геометрических и гидравлических соотношений, не привлекая стохастических и иных методов. В настоящее время для моделирования пористых сред используются разнообразные статистические структурные модели с хаотично уложенными сферами, со случайными решетками и со сложной геометрией капиллярных каналов [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чепмен Р. Е. Геология и вода. Введение в механику флюидов для геологов: Пер. с англ. — Л.: Недра, 1983. — 159 с.
- Басниев Л. С., Дмитриев Н. М., Розенберг Г. Д. Нефтегазовая динамика. — М.-Ижевск, 2005. — 544 с.
- Шестаков В. М. Гидрогеодинамика. — М.: МГУ, 1995. — 368 с.
- Мейнцер О. Э. Учение о подземных водах. — Л.-М.: Главная редакция геолого-разведочной и геодезической литературы, 1935. — 242 с.
- Мироненко В. А. Динамика подземных вод: Учебник для вузов. — М.: Недра, 1983. — 357 с. **ИДБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Вашлаев Иван Иванович — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, vash@ksc.krasn.ru,
Михайлов Александр Геннадьевич — доктор технических наук, старший научный сотрудник, mag@ksc.krasn.ru,
Институт химии и химической технологии СО РАН.

