

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ВЫЩЕЛАЧИВАЮЩЕГО РАСТВОРА ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ОТРАБОТКЕ

С.В. Смолич, К.С. Смолич

Кафедра гидрогеологии и инженерной геологии, Забайкальский государственный университет

Кафедра прикладной информатики,

Забайкальский институт предпринимательства Сибирского университета потребительской кооперации

Чита, Российская Федерация

E-mail: chita-ssv@yandex.ru, adrenalin@sovsem.net

*В статье предлагается математическая модель движения выщелачивающих растворов в пределах рудного блока. Модель позволяет разделить рудный блок на зоны, определить интенсивность их орошения и углы растекания раствора.*

В настоящее время все чаще применяются технологические схемы переработки руд способом подземного выщелачивания блоков с замагазинированной рудой рис. 1.

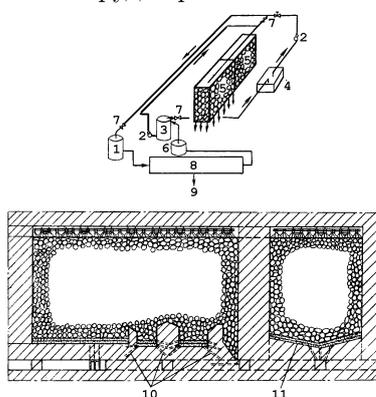


Рис. 1 – Технологическая схема выщелачивания рудного блока с замагазинированной рудой

- 1- емкость для продуктивных растворов;
- 2- насос;
- 3- емкость с выщелачивающим раствором;
- 4- растворосборник;
- 5- рудные блоки;
- 6- отстойник;
- 7- распределительные краны;
- 8- линия по переработке продуктивных растворов;
- 9- готовый продукт;
- 10- скважины для цементации;
- 11- гидроизоляция дна рудного блока.

Обычно рудные блоки, даже при шпуровой отбойке полезного ископаемого, представлены рудой имеющей сложный гранулометрический состав. Рудный массив эксплуатационного блока содержит достаточно разнородную и в том числе крупнообломочную фракцию крупностью до 1,5 м (рис. 2).

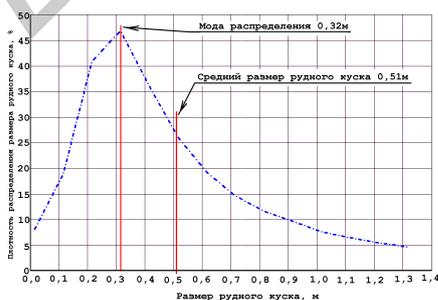


Рис. 2 – Гранулометрический состав рудного блока

Поэтому, становится актуальной задача определения законов фильтрации выщелачивающего раствора через крупнообломочный массив. На практике ее решают путем определения скорости просачивания воды через засыпанную в вертикальные колонки рудную массу. Однако, если размеры рудных кусков очень разнородны и больших геометрических размеров, эта задача становится практически невыполнима.

Крупнообломочный массив, находящийся в свободном состоянии, может содержать до 50% пустот, т.к. его коэффициент разрыхления достигает 1,5, поэтому выщелачивающий раствор будет просто стекать по поверхности рудного куска в безнапорном режиме, либо свободно сливаться с его кромки до встречи ее со следующим рудным куском (рис. 3).

Предположим, что движение раствора может быть как ламинарным при малых гидравлических градиентах уклона, так и турбулентным, вследствие значительной шероховатости поверхности рудных кусков и при больших гидравлических градиентах уклона. Первоначально, найдем скорость движения раствора, когда он свободно падает вдоль рудного куска, не соприкасаясь с его поверхностью. Максимальная скорость, которую может развить частица раствора под действием силы тяжести, равна сумме начальной скорости его движения плюс произведение ускорения свободного падения на время его полета. С другой стороны, средняя скорость движения частицы раствора равна частному от деления пути, пройденного его частицей на время ее полета.

Для определения скорости движения частиц по поверхности рудного куска используем формулу скорости движения водного потока Шеши [3], а для вычисления коэффициента Шеши воспользуемся универсальной формулой предложенной Альтшуль А.Д.[1]. Данная формула справедлива как для ламинарного, так и турбулентного движения жидкостей и не требует ввода дополнительных переменных (рис.3).

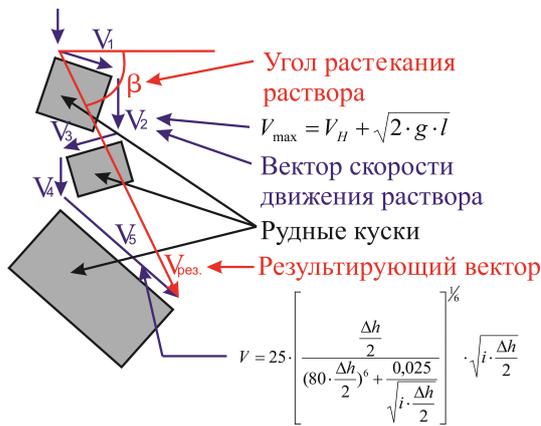


Рис. 3 – Схема движения выщелачивающего раствора через крупнообломочный массив

Методом Монте-Карло можно смоделировать движение раствора через крупнообломочный рудный массив любого гранулометрического состава. Пример такого моделирования, для рудного массива с гранулометрическим составом представленном на рис. 4, выполненного при помощи математического процессора MathCad фирмы Mathsoft Engineering & Education, представлен в [2].

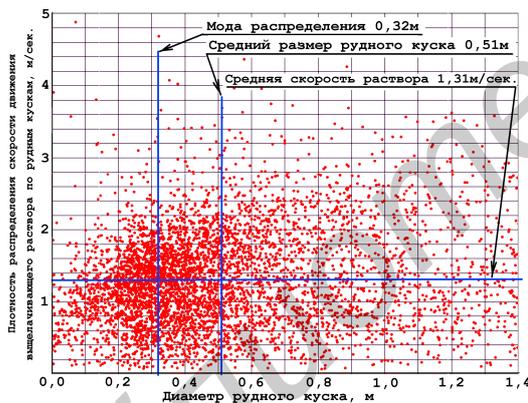


Рис. 4 – Распределение скоростей движения выщелачивающего раствора в зависимости от размера рудного куска

Данный метод позволяет в исходных параметрах задать характеристики крупнообломочного массива в виде его гранулометрического состава, т.е. задать размеры и наклон отдельного куска массива, моделируя всевозможные их положения в пространстве и рассчитывая характер движения растворов по их поверхности. Проводя такой последовательный расчет в пределах всей высоты рудного блока, можно получить результирующий вектор растекания раствора. А выполнив множество таких расчетов (1000-5000) получить среднестатистическое значение угла растекания раствора (рис.5).

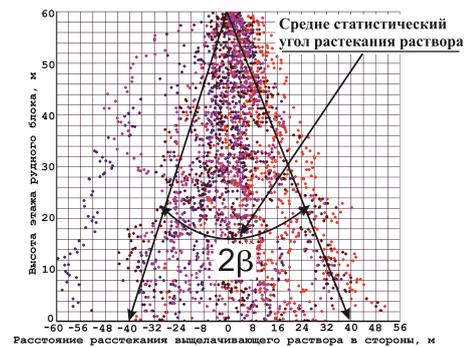


Рис. 5 – Моделирование растекания выщелачивающего раствора через крупнообломочный массив (средний размер куска 0.3 м, максимальный 1.5 м)

На рис.5 хорошо видно, что в пределах рудного блока существуют области, куда раствор не попадает совсем. Результаты математического моделирования также были подтверждены при моделировании растекания растворов на реальных масштабных моделях (рис.6).

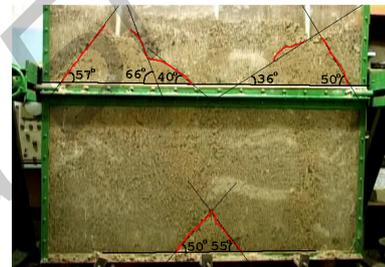


Рис. 6 – Моделирование растекания выщелачивающего раствора через рудный массив (масштаб модели 1:20)

Предлагаемая модель в сочетании с методом статистических испытаний Монте-Карло позволяет всесторонне исследовать движение выщелачивающего раствора через крупнообломочный рудный массив любого гранулометрического состава и получить объемлющие характеристики его движения:

- углы растекания раствора;
- скорости движения раствора по рудному куску в разных слоях массива и по различным направлениям;
- интенсивность смачивания (орошения) рудного куска в зависимости от его местоположения в массиве (координат);
- выделить области избыточного и недостаточного смачивания рудного куска выщелачивающим раствором;
- определить эффективность взаимодействия выщелачивающего раствора с рудным куском.

1. Альтшуль А.Д. Гидравлика и аэродинамика /А. Д. Альтшуль, П. Г. Киселев (Основы механики жидкости). – М.: Стройиздат, 1975. – 328 с.
2. Смолич С.В. Решение горно-геологических задач методом «Монте-Карло» / С. В. Смолич, К. С. Смолич: учеб. пособие. – Чита: ЧитГУ, 2004. – 103 с.
3. Справочник гидрогеолога / Под ред. М. Е. Альтовского. – М.: Госгеолтехиздат, 1962. – 616 с.