

энергии, реализованным И. К. Карповым [1, 2], в приложении к многокомпонентным гетерогенным системам, содержащим в качестве одной из фаз водный раствор электродитов, а также газовую фазу, на БЭСМ-6 был рассчитан ионный состав двух реальных сернокислых растворов при 25 °С и давлении 1 атм. Концентрация К, Na, Ca, Mg, Mn, Al, Fe в растворах — $n \cdot 10^{-2}$ — $n \cdot 10^{-3}$ моль/л, валовая концентрация сульфатной серы — $2,09 \cdot 10^{-1}$ и $7,85 \cdot 10^{-2}$ моль/л, pH — 1,30 и 2,25 соответственно. С учетом ионной силы растворов были найдены равновесные концентрации 25 простых и комплексных ионов и определена возможность выпадения в осадок гидроокисей и основных сульфатов железа и алюминия, а также гипса.

Полученные данные свидетельствуют о большой роли комплексообразования в сернокислых растворах, в которых около половины Ca и Mg, 80% Al и более 95% Fe связано в сульфатные комплексы. Содержание свободных ионов SO_4^{2-} составляет 35—40%. Таким образом, при оценке возможности выпадения из растворов гипса и других твердых фаз пренебрежение комплексообразованием может приводить к грубым ошибкам. Показано также, что соотношение Fe (II)/Fe (III) в растворах, находящихся на поверхности, обычно не отве-

чает равновесию с атмосферой, которому должно соответствовать практически полное отсутствие двухвалентного железа.

В статье приводятся данные, свидетельствующие о том, что в приближенных расчетах равновесий в водных растворах сложного состава для определения коэффициентов активности ионов можно использовать уравнение Дебая — Гюккеля при ионных силах раствора до 0,5. Описан способ расчета ионного состава сернокислых растворов, содержащих двух- и трехвалентные металлы, без применения ЭВМ.

(№ 945/9207. Поступила в Редакцию 6/IV 1977 г. Полный текст 0,6 а. л., рис. 1, табл. 3, список литературы 25 наименований).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карпов И. К., Казьмин Л. А. «Геохимия», 1972, № 4, с. 402.
2. Карпов И. К., Киселев А. И., Летников Ф. А. Моделирование природного минералообразования на ЭВМ. М., «Недра», 1976.

УДК 622.277:541.123/550.4

Химия процесса подземного выщелачивания металлов

II. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ С КАРБОНАТАМИ

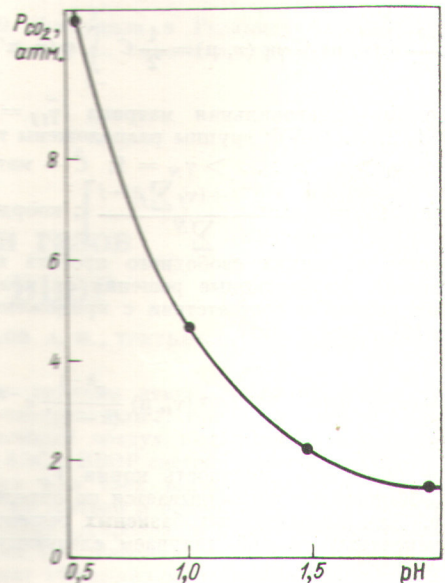
РАФАЛЬСКИЙ Р. П.

Взаимодействие сернокислых растворов с карбонатными минералами рудоносных пород во многом определяет расход кислоты в начальной стадии процесса подземного выщелачивания (стадии «закисления») и может существенно влиять на извлечение из недр полезного компонента в последующем. Методом И. К. Карпова [1, 2] на БЭСМ-6 рассчитана эволюция состава минерализованных (оборотных) сернокислых растворов при взаимодействии с кальцитом и доломитом (25 °С, 1 атм). Исходные растворы содержали К, Na, Ca, Mg, Al, Fe (III) и характеризовались следующими значениями pH: 0,54; 0,98; 1,45; 1,93.

Расчетным путем определяли концентрацию в растворе 48 ионов и нейтральных частиц, а также мольные количества твердых фаз, образующихся в результате реакции раствора с карбонатом. Происходящая при этом нейтрализация раствора сопровождается последовательным выпадением в осадок $KFe_3(SO_4)_2(OH)_6$ (ярозит), $Fe(OH)_3$ и $Al(OH)_3$, что обуславливает формирование зональности в рудоносных породах. Кальций, содержащийся в карбонатах, преимущественно остается на месте в виде гипса, количество которого при взаимодействии растворов с кальцитом примерно вдвое больше, чем при реакции с доломитом. Незначительная часть кальция выносится в откачную скважину и далее на поверхность, где он может вновь осесть в виде карбонатов вследствие удаления из раствора углекислого газа. Гипсовая колматация рудоносных пород может быть существенно уменьшена путем использования на стадии закисления сернокислых растворов с низким содержанием кальция.

Полученные расчетные данные позволяют определить условия проявления газовой колматации. Если

давление, под которым находится раствор в напорном горизонте, превышает расчетное давление CO_2 , показанное на рисунке, вся углекислота должна оставаться



Зависимость давления, при котором происходит образование газовой фазы в результате взаимодействия раствора с кальцитом, от pH исходного раствора

ся в растворе; при меньшем давлении она будет выделяться в газовую фазу. В общем случае опасность газовой коагуляции резко возрастает с понижением рН закачного раствора.

Под действием свежих порций растворов после исчезновения в рудоносных породах карбонатов должно происходить растворение ярозита и гидроокисей металлов, вследствие чего на поверхность последовательно поступают растворы, обогащенные алюминием (рН = 4,4 ÷ 4,6) и трехвалентным железом (рН = 1,9 ÷ 2,2). Из всех ранее образовавшихся твердых фаз гипс способен к наиболее длительному существованию, поскольку его растворение обратными растворами, как правило,

близкими к насыщению относительно этого минерала, почти не происходит.

(№ 946/9208. Статья поступила в Редакцию 6/IV 1977 г. Полный текст 1,1 а. л., табл. 4, рис. 1, список литературы 19 наименований).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карпов И. К., Казьмин Л. А., Кашик С. А. «Геохимия», 1973, № 4, с. 603.
2. Карпов И. К., Киселев А. И., Летников Ф. А. Моделирование природного минералообразования на ЭВМ. М., «Недра», 1976.

УДК 539.125.52.:621.039.51.12

Решение многогруппового уравнения переноса нейтронов с учетом дискретных корней в области непрерывного спектра и кратных корней

БОЯРИНОВ В. Ф.

Рассмотрена задача о получении элементарных (в смысле Кейса) решений многогруппового уравнения переноса нейтронов в плоской геометрии. Методы построения таких решений и получения соотношений ортогональности и доказательство полноты системы элементарных решений в значительной степени повторяют соответствующие методы работы [1]. Новизна заключается в учете дискретных корней в области непрерывного спектра, а также кратных корней в области дискретного и непрерывного спектров.

Показано многогрупповое уравнение переноса нейтронов для изотропно рассеивающей среды:

$$\mu \frac{\partial}{\partial x} \Phi(x, \mu) + \hat{\gamma} \Phi(x, \mu) = \frac{1}{2} \hat{C} \int_{-1}^1 \Phi(x, \mu') d\mu', \quad (1)$$

где $\hat{\gamma}$ — диагональная матрица [$\hat{\gamma}_{ij} = \Sigma_i / \Sigma_N$ ($i, j = 1, 2, \dots, N$)]; группы расположены таким образом, что $\gamma_1 > \gamma_2 > \dots > \gamma_N = 1$; \hat{C} — матрица переходов [$\hat{C}_{ij} = \left[\frac{\sum_s^{i \leftarrow j} + (\nu_i \sum_f^{i \leftarrow j})}{\sum_N^N} \right]$]; координата x изме-

ряется в длинах свободного пробега нейтронов N -й группы. Элементарные решения от кратных дискретных корней в соответствии с приложением F к работе [2] ищем в виде

$$\Phi^m(x, \nu_s, \mu) = \sum_{h=1}^{N-m} S^{hm}(\nu_s, \mu) \frac{x^{h-1}}{(h-1)!} e^{-x/\nu_s}, \quad (2)$$

где $(N - m)$ — кратность корня ν_s .

Каждое Φ^m раскладывается по определенному базису. Для элементарных базисных решений от кратных дискретных корней получаем следующую формулу:

$$\Phi^{km}(x, \nu_s, \mu) = \sum_{l=1}^h \frac{x^{h-l}}{(h-l)!} \nu_s^l (-\mu \hat{\gamma}^{-1})^{l-1} \frac{\partial^{l-1}}{\partial \nu^l} \times$$

$$\times \frac{1}{\nu} \hat{F}(\nu, \mu) |_{\nu=\nu_s} b^{km}(\nu_s), \quad (3)$$

$m=0, 1, \dots, N-1; \quad k=1, 2, \dots, N-m.$

Заметим, что один кратный корень появлялся и в одногрупповом рассмотрении при отсутствии поглощения [2]. В многогрупповом рассмотрении часто возникают ситуации, особенно при большом числе групп, когда две или несколько групп обладают тождественными физическими свойствами. При этом появляются кратные корни.

Дискретные корни в области непрерывного спектра могут возникать, например, при рассмотрении замедления нейтронов, когда длины свободных пробегов в различных группах значительно отличаются друг от друга. Элементарные решения от дискретных корней произвольной кратности в области непрерывного спектра также ищутся по формуле (2). Для соответствующих базисных элементарных решений справедлива формула (3). Отличие заключается лишь в местонахождении корней.

В настоящей работе указан метод нахождения дискретных корней в области непрерывного спектра и метод определения кратности корней, получены соотношения биортогональности и доказана теорема полноты.

(№ 947/9219. Статья поступила в Редакцию 8/IV 1977 г., аннотация — 19/IX 1977 г. Полный текст 0,6 а. л., список литературы 4 наименования).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yoshimura T., Katsuragi S. «Nucl. Sci. and Engng», 1968, v. 33, p. 297.
2. Кейс К., Цвайфель П. Линейная теория переноса. Пер. с англ. М., «Мир», 1972.