

Численное моделирование формирования медного месторождения с учетом диспропорционирования диоксида серы

Научный руководитель – Мельник Олег Эдуардович

Уткин Иван Сергеевич

Аспирант

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра гидромеханики, Москва, Россия
E-mail: ivan.utkin94@gmail.com

Рудные месторождения часто возникают в процессе подъема к поверхности Земли магматических флюидов—летучих компонент, отделившихся от магматического очага, залегающего на глубине порядка нескольких километров. Эти летучие компоненты—в основном пары воды, углекислого и сернистого газов, переносят с собой соли и примеси других веществ, например, медь, железо и кварц. По мере того, как магматический газ поднимается к поверхности, давление и температура снижаются. Если термодинамические условия допускают осаждение металлов, таких как медь, на скелет вмещающих пород, то формируются рудные месторождения.

Наиболее часто встречающийся в месторождениях медесодержащий минерал халькопирит (CuFeS_2) образуется в результате реакции растворенных в воде ионов хлорида меди(II) (CuCl_2^-), хлорида железа(II) (FeCl_2^-), сероводорода (H_2S) и диоксида серы (SO_2). В то время как диоксид серы содержится в поступающем из магмы флюиде в концентрациях порядка 1–2%, сероводород может возникнуть в процессе диспропорционирования—разложения диоксида серы на сероводород, сульфат ион (HSO_4^-) и ион водорода (H^+) в растворе соли при низких температуре и давлении. Формирование халькопирита может существенно ограничиваться недостатком серы в растворе—ионы хлорида меди будут оставаться в жидкости.

В работе [1] построена и исследована численная модель дегазации магматического очага. Подъем летучих компонент моделировался в рамках неизотермической многофазной фильтрации смеси $\text{NaCl-H}_2\text{O}$, концентрация других веществ полагалась равной нулю. Показано, что при подъеме к поверхности раствор соли, который изначально находился в очаге при сверхкритических давлениях и температурах, расслаивается на жидкую и паровую фазы. В результате жидкая фаза обогащается солью, и на небольших глубинах (1–2 км) раствор перенасыщается, соль при этом выпадает в виде твердого осадка. Под возникшей в результате непроницаемой соляной коркой образуется область высококонцентрированного раствора соли, которая в работе [1] интерпретировалась как область формирования месторождения. Для численного моделирования фильтрации использовался пакет программ MUFITS [2].

В настоящей работе рассматривается влияние диспропорционирования сернистого газа на процесс формирования медного месторождения. Зависимость растворимости меди от давления, температуры и концентрации соли в растворе аппроксимирована по экспериментальным данным. Диспропорционирование сернистого газа рассчитывается на основе константы реакции, полученной из базы термодинамических данных [3]. Концентрация меди, растворенной в поступающем из магматического очага флюиде, не превышает 0.5

Показано, что от начальных параметров дегазации, таких как концентрация меди и диоксида серы в поступающем растворе соли, существенно зависят размер и форма месторождения. Концентрация халькопирита в породах, полученная в результате численного моделирования, ниже характерной для исследуемых месторождений, что можно объяснить наличием других химических реакций, приводящих к образованию халькопирита.

Источники и литература

- 1) Афанасьев А. А., Мельник О. Э. Численное моделирование формирования линзы концентрированного рассола при дегазации магматического очага // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа. 2017. 3. 88–95.
- 2) A. Afanasyev. Reservoir simulation with MUFITS code: Extension for double porosity reservoirs and flows in horizontal wells // Energy Procedia. 2017. 125. 596–603.
- 3) Y. Shvarov. HCh: New potentialities for the thermodynamic simulation of geochemical systems offered by Windows // Geochemistry International. 2008. 46. №. 8. 834–839.