

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ РУДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДОНАСЫЩЕННОЙ МАГМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

И.Ф.Кравчук, А.Б.Слуцкий, В.Г.Сенин, Ю.А.Игнатьев

Институт геохимии и аналитической химии им.В.И.Вернадского РАН, Москва

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 00-05-64990)

Вестник ОГГГН РАН № 5 (15)'2000 т.1

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/5-2000/magm14

Установление закономерностей распределения рудных элементов между водно-флюидной фазой и магматическим расплавом является одной из основных задач общей теории генезиса рудных магматогенных гидротермальных месторождений.

Задачи исследования: Экспериментальное моделирование процесса распределения элементов между фазами в системах алюмосиликатный расплав-флюид, главным образом, при параметрах кислого магматизма. Круг объектов исследования: алюмосиликатные природные и модельные расплавы и модельные водно-хлоридные и водно-фторидные флюиды. В качестве рудных элементов были выбраны: Zn, Cu, Mo, W (наиболее типичные для рудных магматических месторождений).

Получены коэффициенты распределения ($K_i = X^f / X^m$) рудных элементов между фазами во флюидно-магматической системе. В модельной системе Ab-Ort-Qz-Im NaCl при 800 С и 2 кбар они уменьшаются в последовательности Cu-Zn-W-Mo, оставаясь во всех случаях больше единицы (в пользу флюида).

Zn. Образует комплексы с хлором, K_{Zn} уменьшается с давлением, величина коэффициента распределения сильно зависит от состава системы (мольного отношения щелочей к алюминию). Коэффициент распределения цинка возрастает с концентрацией и кислотностью флюида.

Cu. Образует комплексы с хлором, K_{Cu} незначительно уменьшается с давлением. Величина коэффициента распределения меди возрастает с увеличением летучести кислорода и кислотностью флюида.

Литературные данные по распределению W и Mo наиболее противоречивы, поэтому им было уделено особое внимание.

W. Установлено значение коэффициента распределения вольфрама между флюидом (1 m NaCl) и модельным расплавом (состава упрощенного гранита) при 800°С и 2 кбар.. Для изученной системы это значение близко к единице.

Значения коэффициентов распределения возрастают монотонно с концентрацией NaCl вплоть до состояния «сухой» расплавленной соли. Величина K_w для «сухой» системы при 1200°С и 1 бар составляет 70.

Mo. При 800°С и давлениях 1,0; 1,5 и 2,0 кбар. исследовано распределение молибдена между флюидами состава H_2O и H_2O - NaCl и алюмосиликатными расплавами составов природного эльджуртинского гранита (ЭГ), упрощенного гранита с повышенным содержанием глинозема

(GAl), альбита (Ab) и альбит - кварцевой эвтектики с переменным содержанием глинозема в интервале изменений соотношения Na_2O к Al_2O_3 от 0.62 до 1.1. Изменения концентрации NaCl в интервале от 0 до 100% («сухой» расплав NaCl) в системах с Ab (2 кбар.), ЭГ и GAl (1 кбар.) не обнаруживают определенного (в пределах погрешностей результатов) тренда в величинах K_{Mo} . Существенно меньшие (на порядок) значения K_{Mo} для «сухой» системы Ab - NaCl, по сравнению с водными аналогами, служит указанием на исключительно водные формы нахождения молибдена во флюидах во всем интервале концентраций NaCl.

Не установлено значимого влияния на величины K_{Mo} содержания в расплавах SiO_2 и Al_2O_3 . На основе совокупности полученных и имеющихся в литературе данных устанавливается обратная корреляционная зависимость между величинами коэффициента распределения Mo и содержанием в расплаве CaO.

Если говорить о приложении полученных экспериментальных данных по фракционированию рудных элементов к реальным флюидно-магматическим системам, то необходимо отметить прежде всего существенное различие между поведением молибдена и других рудных элементов: а именно, меди, цинка, свинца и даже вольфрама, для которых доказано существование хлоридных комплексов. Согласно нашим и большинству результатов, полученных другими авторами, комплексы хлора для молибдена не установлены. В этом случае, т. е. в присутствии молибдена во флюиде в виде одной или нескольких гидратированных частиц, значение коэффициента распределения молибдена является функцией активности воды: грубо говоря, ее мольной доли во флюиде. Таким образом, отношение воды к хлору в магматическом расплаве будет контролировать экстракцию молибдена или связанных с хлором элементов во флюид. Если отношение воды к хлору низкое, то хлор будет накапливаться в расплаве и, в случае насыщения расплава водой флюидная фаза будет значительно обогащена хлором. Напротив, при высоком содержании воды следует ожидать раннее отделение флюида обедненного хлором и, вероятно, эффективного для выноса молибдена (меди и другие рудные элементы при этом практически не будут экстрагироваться в водный флюид). В этом, по-видимому, заключается одна из причин разделения молибдена и меди (вольфрама) при эволюции магматической системы. Следует учесть, что образование месторождений молибдена происходит

на ранних стадиях постмагматического минералообразования, а молибденит является одним из самых высокотемпературных минералов гидротермальных месторождений. Основываясь на приведенных выше коэффициентах распределения молибдена и кларковых содержаниях молибдена, воды и серы в типичных гранитоидах можно доказать, что количество молибдена, вынесенного водным флюидом достаточно при определенных условиях для образования крупного месторождения. Другой важной причиной разделения рудных элементов уже в процессе отделения флюидной фазы от расплава может быть гетерогенизация флюида при падении давления и, как следствие этого, образование двух флюидных фаз: существенно водной и обогащенной хлором, обладающих разной экстрагирующей способностью по отношению к молибдену и к другим, связанным с хлором рудными элементами. В настоящей работе предпринята попытка использовать методику синтеза искусственных флюидных включений в кварце в сочетании с методом лазерно-спектрального анализа (ЛСА) включений для исследования межфазового распределения рудных металлов в гетерогенном флюиде. Определение концентрации Cu и Zn в существенно солевой водной фазе и газовой водной фазе позволило впервые оценить величины коэф-

фициентов распределения рудных элементов между фазами гетерогенного флюида. В условиях расслоенного флюида определены коэффициенты распределения Cu, Zn, W между двумя флюидными фазами, равные 14, 4-5 и 10-12, соответственно (800°C и 1 кбар).

Одним из условий может быть и влияние давления, так как коэффициент распределения молибдена, в отличие от других рудных элементов (по крайней мере, цинка и свинца) падает с уменьшением давления. Если представить эволюцию магматического очага, происходящую по схеме изотермического снижения давления, то можно ожидать, что молибден будет преимущественно экстрагироваться на первом этапе (при гомогенном состоянии флюида), а Pb, Zn, Cu на втором (при гетерогенизации флюида).

Анализируя данные по распределению рудных компонентов при взаимодействии расплавов с фторсодержащими флюидами, можно увидеть, что фторидные комплексы практически не установлены для целой группы элементов (Cu, Zn, Pb, Mo и W). Фтор не является основным компонентом магматической флюидной фазы в большинстве систем водной системы, особенно на конечных стадиях кристаллизации. Но даже в этих случаях транспортировка металлов ограничена ввиду высокой стабильности SiF_4 комплексов.