Электронный научно-информационный журнал «Вестник Отделения наук о Земле РАН» №1(24) 2006
ISSN 1819 – 6586
URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2006/informbul-1_2006/term-38.pdf

ВОЗМОЖНЫЕ МАСШТАБЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦИНКА И СВИНЦА ВОДНО-ХЛОРИДНЫМИ ФЛЮИДАМИ ИЗ ГРАНИТНЫХ МАГМ ПРИ ИХ ДЕГАЗАЦИИ

Луканин О.А., Дернов-Пегарев В.Ф. (ГЕОХИ РАН)
lukanin@geokhi.ru; Факс: (495) 938-20-54; Тел.: (495) 137-44-72

Ключевые слова: дегазация магм, гранитная магма, флюид, хлор, вода, цинк, свинец

Введение. Водно-хлоридные флюиды, образующиеся в процессе дегазации гранитных магм при их подъеме к поверхности и кристаллизации, могут играть важную роль в формировании генетически связанных с гранитами месторождений ряда рудных элементов, включая цинк и свинец [1, 2 и др.]. Разработанная нами на основании обобщения имеющихся экспериментальных данных компьютерная модель дегазации гранитных магм, учитывает наиболее важные свойства флюидно-магматических систем, содержащих воду и хлор: (а) зависимость коэффициентов распределения Cl, Zn и Pb между флюидом и расплавом от давления и концентрации Cl в системе, а также (б) возможность при определенных РТХ условиях расслоения флюида с образованием существенно водной флюидной фазы и хлоридной солевой жидкости [3-5]. Данная модель позволяет количественно оценить возможные масштабы выноса Zn и Pb магматическими флюидами при дегазации магм в зависимости от различных факторов: (1) содержания летучих компонентов в исходных расплавах, (2) давления, при котором достигается флюидное насыщение расплавов, (3) степени кристаллизации магм, (4) динамики удаления флюидной фазы из магматической системы.

Количества Zn и Pb, извлекаемые флюидной фазой при декомпрессионной и кристаллизационной дегазации магм. Содержание и соотношение Cl/H_2O в магматических расплавах во многом определяет количества Zn и Pb, которые могут быть экстрагированы флюидами в процессе дегазации магм. На рис. 1 показано влияние содержания Cl в расплаве на концентрацию Zn во флюиде, образующемся при декомпрессионной дегазации гранитного расплава, флюидное насыщение которого достигается при 3 кбар (содержание H_2O в расплаве ≈ 7.5 мас.%). Чем выше исходное содержание Cl в расплаве, тем больше концентрация Zn во флюидной фазе и соответственно больше степень извлечения рудного компонента.

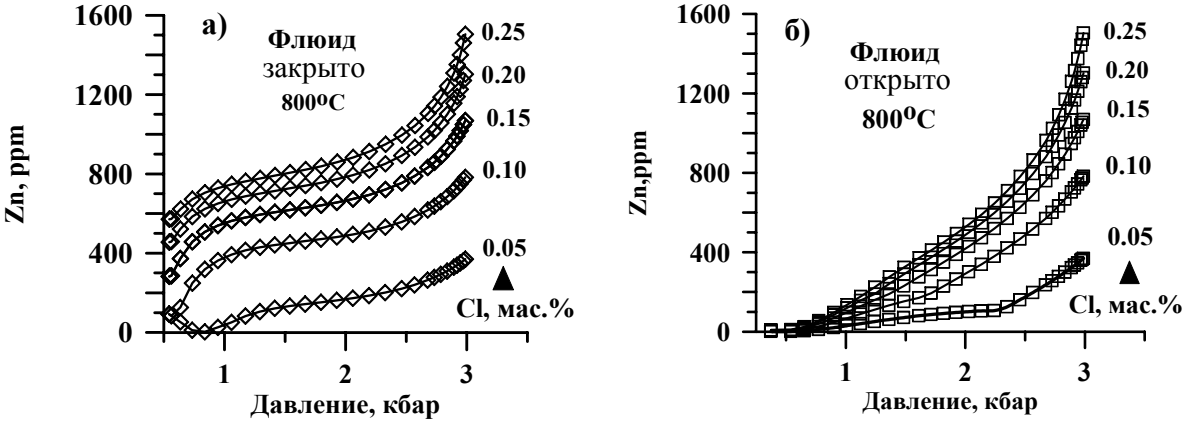

Рис.1. Изменение концентрации Zn во флюиде в зависимости от содержания Cl в исходном расплаве при его декомпрессионной дегазации в закрытых (а) и открытых (б) условиях.

Следует отметить, что основная масса рудного компонента извлекается флюидной фазой на первых наиболее глубинных этапах декомпрессионной дегазации. В качестве примера на рис. 2 представлены данные о количествах Zn и Pb, извлекаемых флюидной фазой в процессе декомпрессионной дегазации в открытых условиях при подъеме расплава массой $2{,}3 \times 10^6$ тонн с исходными концентрациями: 0,2 мас.% Cl, 7,5 мас.% H_2O, 100 ppm Zn (Pb). (Залитые столбики на рис. 2 и последующих рисунках - количество металла, выделившегося вместе с флюидом в данном интервале давлений. Пустые столбики - суммарное количество металла, выделившегося на данном этапе подъема расплава).

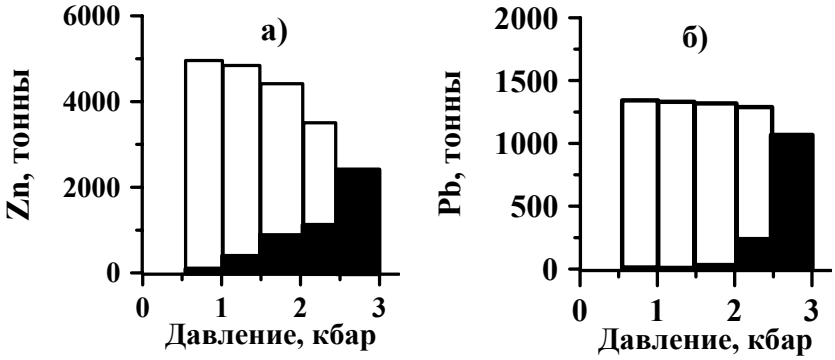

Рис.2. Количества Zn (а) и Pb (б), извлекаемые водно-хлоридными флюидами при декомпрессионной дегазации в открытых условиях (дополнительные объяснения см. в тексте)

При дегазации гранитных магм в процессе их кристаллизации характер извлечения рудных компонентов флюидной фазой в существенной мере зависит от глубины, на которой происходит затвердевание магм. На относительно больших глубинах (P > 1-1.5 кбар) отделение основной массы рудных компонентов также как и в случае декомпрессионной дегазации происходит на первых этапах дегазации магм. Иллюстрацией может служить рис. 3, на котором показаны количества Zn (а) и Pb (б), извлекаемые флюидной фазой при кристаллизационной дегазации гранитного расплава в открытых условиях при постоянном давлении 2 кбар. Расчеты выполнены для массы расплава 2,3 x10^6 тонн с исходными концентрациями: 0,2 мас.% Cl, 5.8 мас.% H_2O и 100 ppm Zn (Pb). (Коэффициенты распределения Zn и Pb крист./расплав: D(Zn)s/m = 0,6 и D(Pb)s/m = 0,7. Остальные обозначения те же, что и на рис.2).

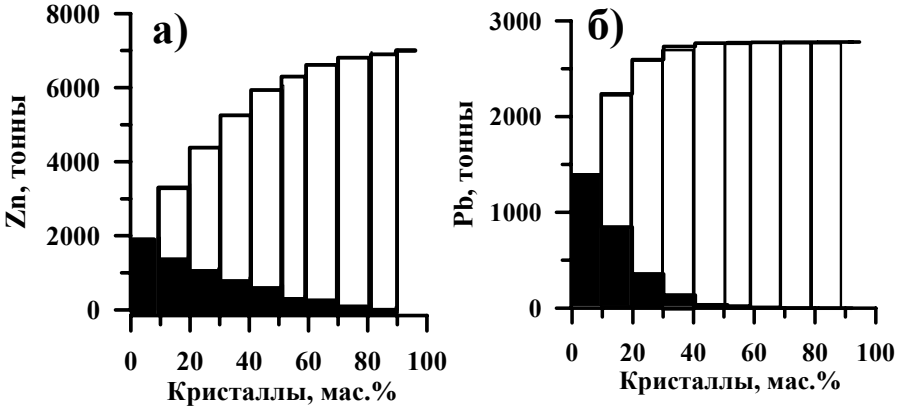

Рис.3. Количества Zn (а) и Pb (б), извлекаемые водно-хлоридными флюидами при кристаллизационной дегазации в открытых условиях при 2 кбар (дополнительные объяснения см. в тексте).

Кристаллизационная дегазация насыщенных флюидом расплавов на относительно малых глубинах (P< 1кбар) сопровождается увеличением концентрации Cl и рудных элементов во флюиде как в закрытых, так и открытых условиях. Повышение концентрации Cl во флюидной фазе приводит к появлению на определенной стадии дегазации гетерогенного флюида, состоящего из существенно водной фазы (aq) и высоко-хлоридной солевой жидкости (lq). Коэффициенты распределения Zn и Pb между хлоридной жидкостью (lq) и кислым силикатным расплавом в несколько раз (> 5-7 раз) выше, чем коэффициенты распределения этих элементов между водным флюидом aq, равновесным с lq, и силикатным расплавом того же состава. Таким образом, появление гетерогенной флюидной фазы (aq+lq) в процессе дегазации значительно усиливает степень экстракции этих элементов из расплава. На рис. 4 показано изменение концентрация Zn во флюидной фазе в процессе кристаллизации расплава при 0,6 кбар (рис. 4а), а также количество Zn, извлекаемого флюидной фазой при кристаллизации 2,3 x10^6 тонн расплава в открытых условиях (рис. 4б). Исходные содержания в расплаве: 2,9 мас.% H_2O, 0,15 мас.% Cl, 100 ppm Zn. При расчетах принято, что коэффициенты распределения Zn между кристаллической фазой и расплавом D(Zn)s/m = 0,6, а между lq и aq D(Zn)lq/aq = 10. (Остальные обозначения те же, что и на рис.2).

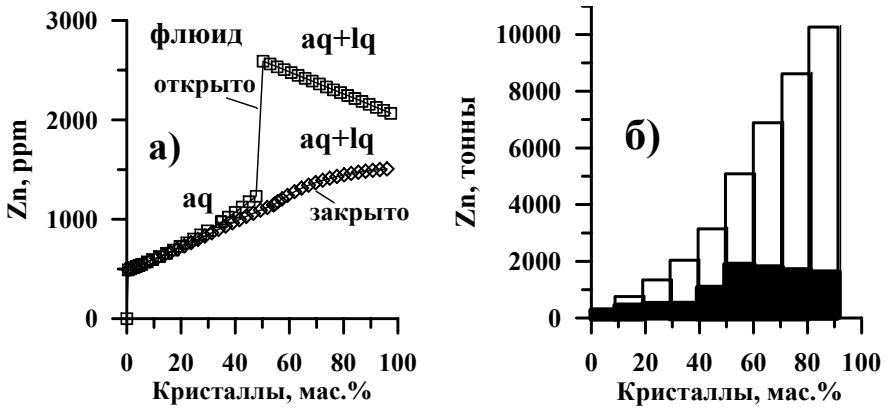

Рис.4. Количества Zn (а) и Pb (б), извлекаемые водно-хлоридными флюидами при кристаллизационной дегазации в открытых условиях при 2 кбар (дополнительные объяснения см. в тексте).

Заключение. Можно выделить две наиболее благоприятные обстановки для формирования магматических флюидов с высокими концентрациями Zn и Pb, которые способны экстрагировать значительные количества металлов из расплава: 1) ранние стадии дегазации расплавов, вызванные их подъемом к поверхности и кристаллизации при P>1,5-2 кбар и 2) дегазация при кристаллизации на малых глубинах(<1 кбар), которая может сопровождаться образованием обогащенных металлами хлоридных жидкостей.

Модельные расчеты подтверждают представление о том, что массы металлов, выносимые флюидной фазой при формировании гранитных интрузий, имеющих кларковые концентрации Zn и Pb, могут быть вполне достаточными для образования в последующем крупных месторождений. «Геохимическая специализация» магм, проявляющаяся в способности магматических флюидов экстрагировать большие количества рудных элементов и таким образом быть их источником при формировании месторождений, определяется не столько исходной концентрацией рудных элементов в магмах, сколько исходным содержанием в них летучих компонентов, а также динамикой выделения флюидной фазы из магм в ходе их дегазации при подъеме к поверхности и кристаллизации.

Работа выполнена при поддержке ОНЗ РАН (проект 7.1.9, 2006 г.)

Литература

1. *Рябчиков И.Д.* Термодинамика флюидной фазы гранитоидных магм // М.: Наука 1975. 232 с.
2. *Hedenquist J.W., Lowenstern J.B.* The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits // Nature. 1994. V. 370. PP. 519-527.
3. *Луканин О.А., Дернов-Пегарев В.Ф.* Дегазация водосодержащих гранитных магм: поведение хлора и некоторых рудных элементов (Zn, Pb) при формировании магматогенных флюидных фаз // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть и газ. Материалы Межд. конф. памяти ак. П.Н. Кропоткина. М.: ГЕОС. 2002. СС. 186-188.
4. *Луканин О.А., Дернов-Пегарев В.Ф.* Баланс хлора и некоторых рудных элементов (Zn, Pb) между флюидной фазой и расплавом при дегазации гранитных магм // Электронный научно-информационный журнал «Вестник Отделения наук о Земле РАН». №1(21)′2003.
http:// *www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2003/informbull-1_2003/magm-33.pdf*
5. *Луканин О.А., Дернов-Пегарев В.Ф.* Влияние минерального состава кристаллизующихся фаз на степень флюидной экстракции цинка в процессе дегазации гранитных магм // Электронный научно-информационный журнал «Вестник Отделения наук о Земле РАН». №1(22)′2004.
http:// *www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2004/informbul-1_2004/term-38.pdf*

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(24)′2006
Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2004 года (ЕСЭМПГ-2006)
URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2006/informbul-1_2006/term-38.pdf
Опубликовано 1 июля 2006 г

© Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2006
При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на «Вестник Отделения наук о Земле РАН» обязательна