

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА КРИСТАЛЛИЗУЮЩИХСЯ ФАЗ НА СТЕПЕНЬ ФЛЮИДНОЙ ЭКСТРАКЦИИ ЦИНКА В ПРОЦЕССЕ ДЕГАЗАЦИИ ГРАНИТНЫХ МАГМ

Луканин О.А., Дернов-Пегарев В.Ф.
(ГЕОХИ РАН)

Ключевые слова: магматический флюид, гранит, дегазация магм, цинк, вода, хлор

Введение

Данная работа является продолжением исследования поведения летучих и рудных элементов при формировании флюидных фаз гранитных магм на основании данных компьютерного моделирования дегазации гранитоидных расплавов, содержащих воду и хлор [1-4]. Межфазовое распределение расплав-кристаллы-флюид рудных компонентов в процессе кристаллизационной дегазации магм зависит от множества факторов: исходных концентраций летучих компонентов в расплаве, РТ условий дегазации, состава расплава, динамики удаления флюида из магматической системы [2-4]. Одним из факторов, оказывающих влияние на концентрацию рудного элемента во флюиде и расплаве и, соответственно, на степень извлечения металла из магмы флюидной фазой, является валовой коэффициент распределения этого элемента между кристаллами и расплавом ($D(\text{Me})_{s/m}$), который определяется составом и соотношением кристаллизующихся фаз. Цель настоящего сообщения - количественно оценить влияние соотношения кристаллизующихся минеральных фаз гранитных магм на степень флюидной экстракции такого рудного элемента как цинк. Рассматривается случай глубинной дегазации при давлениях $> 1-1,5$ кбар, при которых образующиеся водно-хлоридные флюиды являются гомогенными.

Вариации $D(\text{Zn})_{s/m}$ при кристаллизации гранитов

Согласно имеющимся данным по коэффициентам распределения цинка между кристаллическими фазами и расплавами магм гранитоидного состава (Ewart, Griffin, 1994; Bacon, Drit, 1988; Burke et al., 1982; Brenan et al., 1998; Bea et al, 1994; Leman, 1979; и др.), наибольшее влияние на величину $D(\text{Zn})_{s/m}$ оказывает доля кристаллизующихся темноцветных минералов магнетита, биотита и амфибола. На рис. 1 представлены расчетные данные по изменению $D(\text{Zn})_{s/m}$ в зависимости от количества темноцветных минералов биотита (Bi) и магнетита (Mt) в минеральной ассоциации, кристаллизующейся из гранитного расплава. Для лейкократовых аляскитовых и аплитовых гранитов, в которых доля темноцветных минералов очень мала ($\text{Bi} < 1\%$, $\text{Mt} < 0.2\%$), $D(\text{Zn})_{s/m}$ существенно меньше 1 ($\sim 0.3-0.4$), в то время как для биотитовых гранитов с повышенным содержанием Bi ($> 8\%$) и Mt ($> 1.5\%$) величина $D(\text{Zn})_{s/m}$ больше 1 и может достигать 2-2.5. Для наиболее распространенных метаглиноземистых гранитных магм, в которых доля биотита и магнетита (+ильменит) среди кристаллизующихся фаз составляет в среднем 2-3 и 0.5-1 %, соответственно, величина $D(\text{Zn})_{s/m}$ варьирует в пределах 0.8 ± 0.2 .

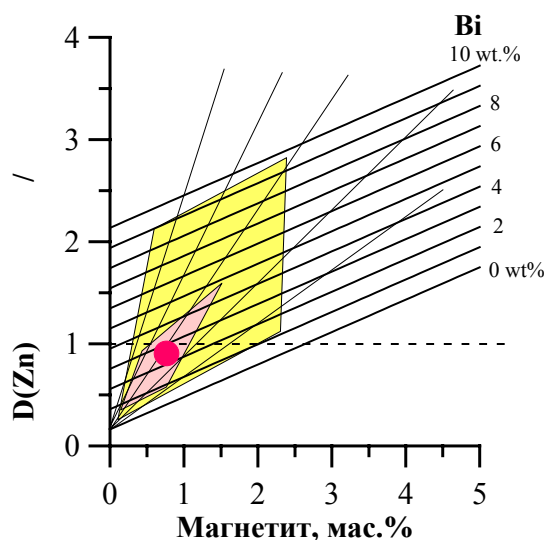


Рис. 1. Изменение валового коэффициента распределения цинка $D(\text{Zn})_{s/m}$ кристаллы/расплав в зависимости от количества кристаллизующихся темноцветных минералов биотита (Bi) и магнетита (Mt). (Предполагается, что соотношение кристаллизующихся фаз $\text{Pl}:\text{Kfs}:\text{Q} = 1:1:1$). Закрашенные области — поле возможных вариаций $D(\text{Zn})_{s/m}$ в магмах гранитного состава. Красный кружок — средние значения $D(\text{Zn})_{s/m}$ для наиболее распространенных метаглиноземистых гранитных магм. Рассчитано на основании данных по коэффициентам распределения Zn кристалл/расплав для Bi, Mt, Pl, Kfs, Q

Влияние $D(\text{Zn})_{s/m}$ на степень флюидной экс-

тракции цинка

Компьютерное моделирование процессов дегазации при кристаллизации магм, насыщенных водно-хлоридным флюидом, проводилось в изобарических условиях при постоянной температуре, т.е. рассматривался случай эвтектоидной кристаллизации, когда соотношения кристаллизующихся минеральных фаз и соответственно $D(\text{Zn})/s/m$ оставались постоянными во всем интервале кристаллизации. В качестве примера на рис.2 приведены расчетные данные, демонстрирующие влияние $D(\text{Zn})/s/m$ на концентрацию Zn в расплавах и водно-хлоридных флюидах, образующихся в процессе кристаллизационной дегазации гранитных магм при 2 кбар как в закрытых, так и открытых условиях. Показан случай, когда в исходном расплаве, насыщенном флюидной фазой, содержится 5,8 мас.% H_2O , 0,2 мас.% Cl, а концентрация Zn составляет 100 ppm. С увеличением степени кристаллизации концентрация Zn во флюиде уменьшается. Особенно заметно это проявляется в открытых условиях, когда флюидная фаза по мере своего образования удаляется из магматической системы. При данной степени кристаллизации исходного расплава эффект понижения концентрации Zn во флюиде тем значительней, чем выше

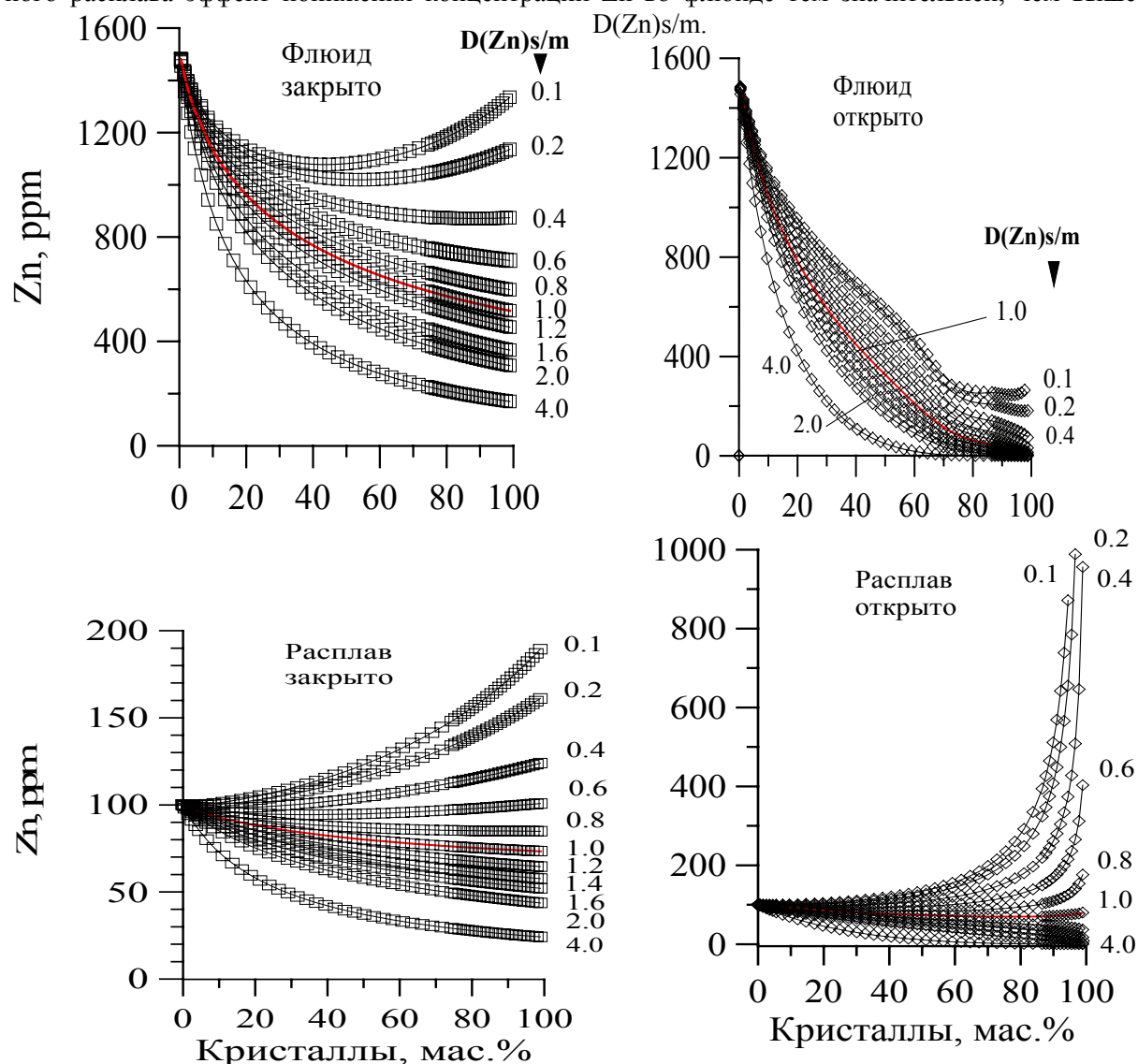


Рис. 2. Влияние $D(\text{Zn})$ кристаллы/расплав на поведение Zn в процессе кристаллизационной дегазации при 2 кбар в условиях закрытой и открытой системы. Исходный расплав содержит 5,8 мас.% H_2O , 0,2 мас.% Cl и 100 ppm Zn.

Результаты балансовых расчетов, представленные на рис. 3, показывают, как изменяется степень извлечения цинка из магмы флюидной фазой в зависимости от $D(\text{Zn})/s/m$.

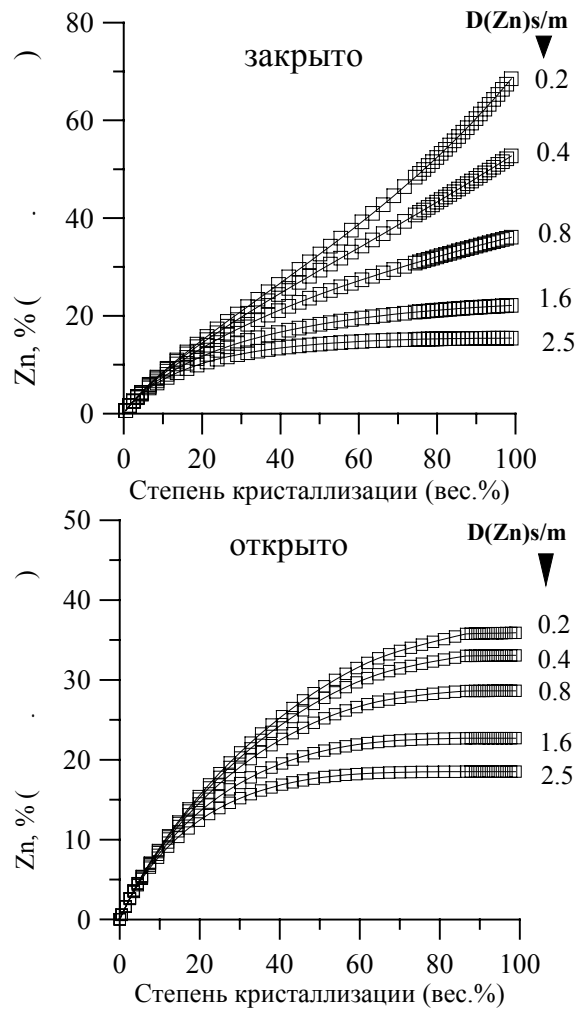


Рис. 3. Влияние валового коэффициента распределения цинка кристаллы/расплав $D(\text{Zn})_{\text{s/m}}$ на степень извлечения цинка флюидной фазой из гранитной магмы в процессе ее кристаллизационной дегазации при 2 кбар в закрытых и открытых условиях.

На первых этапах кристаллизации (до $\sim 15-20\%$) величина $D(\text{Zn})_{\text{s/m}}$ практически не влияет на количество извлекаемого металла, независимо от того является ли система открытой или нет. Влияние $D(\text{Zn})_{\text{s/m}}$ начинает проявляться только при дальнейшей кристаллизации исходного расплава. Чем выше $D(\text{Zn})_{\text{s/m}}$, тем больше цинка перераспределяется в кристаллические фазы и, соответственно, тем меньше выделяется из магмы вместе с флюидной фазой. С увеличением степени кристаллизации эта тенденция становится все более четко выраженной, особенно в условиях закрытой системы. Для значений $D(\text{Zn})_{\text{s/m}}$, характерных для "обычных" гранитных магм (~ 0.8), при достижении 75-80 % кристаллизации извлекается около 1/3 исходного количества цинка. При этом степень извлечения Zn практически остается неизменной при дегазации как в условиях закрытой (30-32%), так и открытой системы (27-28%). Для значений $D(\text{Zn})_{\text{s/m}}$, характерных для лейкократовых гранитов (~ 0.4), при кристаллизации исходного расплава на 75-80% количество экстрагируемого цинка в случае закрытой системы составляет 40-42 %, а в случае открытой системы 32-33%. Для значений $D(\text{Zn})_{\text{s/m}}$, характерных для меланократовых гранитов (~ 2.5), основная масса цинка извлекается флюидной фазой при кристаллизации менее половины исходного расплава. При кристаллизации на 75-80 % степень флюидной экстракции Zn в этом случае составляет 15-16% в закрытых и 18 % в открытых условиях. Эти значения примерно в 2 раза меньше, чем для лейкократовых гранитов при той же степени кристаллизации.

Выводы

На примере цинка показано, что количество рудных компонентов, извлекаемых флюидной фазой при кристаллизационной дегазации гранитных магм, может существенным образом зависеть от состава кристаллизующихся минеральных фаз, особенно, на заключительных этапах кристаллизации магм. В процессе глубинной дегазации при одних и тех же исходных РТХ условиях флюидная экстракция Zn из лейкократовых гранитных магм должна быть более значительной по сравнению с более железистыми гранитами, при кристаллизации которых образуются минеральные ассоциации, содержащие повышенное количество темноцветных минералов.

Работа выполнена при поддержке Отделения наук о Земле РАН (проект 10.5, 2004)

Литература

1. *Lukanin O.A.* Degassing of Cl- and H₂O-bearing acid magmas at their ascent to the surface and crystallization // *Experiment in Geosciences*, 1999. V. 8. N 2. PP. 38-40.
2. *Луканин О.А., Дернов-Пегарев В.Ф.* Дегазация водосодержащих гранитных магм: поведение хлора и некоторых рудных элементов (Zn, Pb) при формировании магматогенных флюидных фаз. В кн.: Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть и газ // *Материалы Международной конференции памяти академика П.Н. Кропоткина*, Москва, 20-24 мая 2002. М: ГЕОС, 2002. СС. 186-188.
3. *Луканин О.А., Дернов-Пегарев В.Ф.* Численное моделирование межфазового распределения Zn и Pb в процессе кристаллизации гранитных магм, сопровождающейся образованием гетерогенного водно-хлоридного флюида // *Электронный научно-информационный журнал «Вестник Отделения наук о Земле РАН»*, № 1(20) '2002.
URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2002/informbul-1/magm-9.pdf
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.
URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2003/informbul-1/magm-33.pdf

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(22) 2004

Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2004 года (ЕСЭМПИГ-2004)

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2004/informbul-1/term-38.pdf

Опубликовано 1 июля 2004 г

© *Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2004*

При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на "Вестник Отделения наук о Земле РАН" обязательна