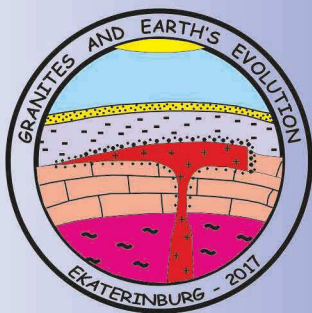


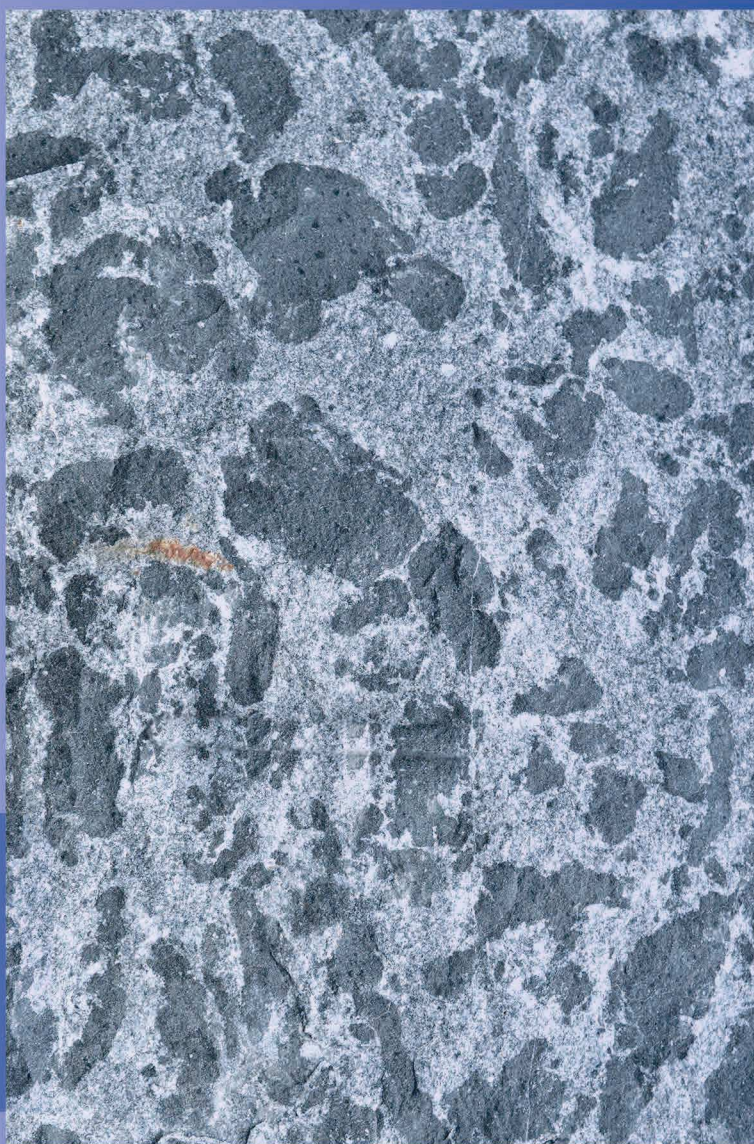


ГРАНИТЫ И ЭВОЛЮЦИЯ ЗЕМЛИ: мантия и кора в гранитообразовании

GRANITES AND THE EARTH'S EVOLUTION: the Mantle and the Crust in Granite Origin



**28–31
August
Ekaterinburg
Russia
2017**



*Материалы III международной геологической конференции
Proceedings of the 3rd International Geological Conference*

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОХИМИИ им. академика А.Н. ЗАВАРИЦКОГО
ФАНО РОССИИ
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
УРАЛЬСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ СОВЕТ МЕЖВЕДОМСТВЕННОГО
ПЕТРОГРАФИЧЕСКОГО КОМИТЕТА ОНЗ РАН

ГРАНИТЫ И ЭВОЛЮЦИЯ ЗЕМЛИ: мантия и кора в гранитообразовании

Материалы III международной геологической конференции

**28–31 августа 2017 г.
Екатеринбург, Россия**

GRANITES AND THE EARTH'S EVOLUTION: the Mantle and the Crust in Granite Origin

Proceedings of the 3rd International Geological Conference

**28-31 August 2017
Ekaterinburg, Russia**

ЕКАТЕРИНБУРГ
2017

УДК 552.31+553.521+550.31

Председатели оргкомитета конференции: Редколлегия:

к.г.-м.н. Е.В. Аникина
д.г.-м.н., проф. Г.Б. Ферштатер

д.г.-м.н., проф. Г.Б. Ферштатер (отв. редактор)
к.г.-м.н. Т.А. Осипова (зам. председателей оргкомитета)
к.г.-м.н. Г.А. Каллистов (ученый секретарь конференции)
к.г.-м.н. Г.Ю. Шардакова (ученый секретарь конференции)

Граниты и эволюция Земли: мантия и кора в гранитообразовании. Материалы III международной геологической конференции, 28–31 августа 2017 г., Екатеринбург, Россия. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2017. – 384 с.

ISBN 978-5-7691-2482-2

В сборнике представлены материалы исследований ведущих российских и зарубежных специалистов по гранитной петрологии. Рассмотрен широкий круг актуальных вопросов эволюции гранитоидного магматизма в геологической истории Земли, физико-химических и геотектонических условий формирования кислых расплавов, механизмов мантийно-корового взаимодействия, вещественных особенностей гранитных пород, связанных с разными источниками, их рудоносности.

Для широкого круга специалистов, аспирантов, студентов.

Утверждено к печати Ученым советом Института геологии и геохимии
им. академика А.Н. Заварицкого УрО РАН

Материалы публикуются в авторской редакции

Chairmens:

Dr. Elena V. Anikina
Dr., Prof. German B. Fershtater

Editorial Board:

Dr., Prof. German B. Fershtater (editor)
Dr. Tatyana A. Osipova (vice-chairman)
Dr. Gennadiy A. Kallistov (scientific secretary)
Dr. Galina Yu. Shardakova (scientific secretary)

Granites and the Earth's Evolution: the Mantle and the Crust in Granite Origin. Proceedings of the 3rd International Geological Conference, 28–31 August 2017, Ekaterinburg, Russia. – Ekaterinburg: IGG UB RAS, 2017. – 384 p.

Abstract volume includes the leading Russian and abroad scientists presentations focusing on different aspects of granite petrology: granitoid magmatism evolution in the Earth history, physico-chemical and tectonic conditions of granitic melt generation, mantle-crust interaction mechanisms, chemical features of granites generated from different sources, metallogeny of granitic rocks.

The materials of the volume are of a broad interest for geologists, earth scientists and students.

Approved for publishing by the Academic Board, A.N. Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry
of Ural Branch Russian Academy Sciences

Submitted materials are published in author's edition

ISBN 978-5-7691-2482-2

© ИГГ УрО РАН, 2017
© Коллектив авторов, 2017

ВЛИЯНИЕ ФЛЮИДНОГО РЕЖИМА НА ПЛАВЛЕНИЕ ПОРОД ОКЕАНИЧЕСКОЙ КОРЫ (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ) ПРИ 900–1000 °С, 5–10 КБАР

Ходоревская Л.И.

Институт экспериментальной минералогии РАН, Черноголовка, Московской обл., Россия,
khodorevskaya@mail.ru

Процессы образования расплавов в породах океанической коры (базальты и их метаморфизованные аналоги) происходят либо в отсутствие флюидной фазы (закрытая система) либо в присутствии флюида (открытая система). К моделям выплавления гранитоидов в отсутствие флюидной фазы (или незначительном влиянии флюида) можно отнести фракционную кристаллизацию плавящихся пород основного состава, смешение основных и кислых магм, контаминацию базальтовых магм коровым силикатическим материалом и, наиболее популярную в последние десятилетия, модель дегидратационного плавления. В основе этой модели лежит то положение, что вода, связанная в водосодержащих минералах океанической коры, в основном в амфиболах, освобождается при реакциях дегидратации и, понижая температуры плавления пород, стимулирует образование расплава с дальнейшим его отделением от тугоплавкого остатка и подъемом в верхние этажи коры, либо существованием в виде лейкосомы мигматитов. При температурах менее 900 °С, давлении 5–10 кбар метабазиты плавятся слабо, количество расплава составляет следовые величины. Значимое увеличение плавления амфиболита начинается при температуре около 900 °С, и уже при 1000 °С составляет 30–40 %. Образующиеся расплавы в основном кислые варьируют от дацитов до риолитов. На рис. 1 соотношение $\text{SiO}_2-(\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O})$ в подобных расплавах представлено 1.

Другой тип моделей описывает плавление метабазитов в условиях открытой системы. В подобных случаях объемы возникающих расплавов будут определяться не только количеством водосодержащих минералов в породе, температурой и давлением, но и соотношением флюид/порода. Многообразие выплавляющихся расплавов от щелочных до кислых будет в значительной степени определяться составом флюидов, фильтрующихся через метабазиты.

Наиболее простая и наиболее изученная из этих моделей – взаимодействие метабазитов с H_2O флюидом. Многочисленные исследования [Helz, 1976; Beard, Lofgren, 1991; и др.] показали, что составы подобных образующихся расплавов не сильно отличаются от составов расплавов, возникающих при дегидратационном плавлении и тех же P-T параметрах (рис. 1, 2). При избытке H_2O в системе расплавы относятся к кислым (до средних при высоких степенях плавления, в основном при $T > 1000$ °С), имеют несколько более высокое содержание Al_2O_3 и низкое FeO , MgO , TiO_2 и K_2O .

Взаимодействие пород с водно-карбонатными флюидами приводит к образованию расплавов с меньшим содержанием SiO_2 , чем в примерах, рассмотренных выше. Так, при плавлении щелочного базальта в присутствии $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ флюида образуются расплавы, состав которых меняется от риолитов [Safonov et al.,

2014] от трахидацитов и трахитов при $T > 1000$ °С [Kasza, Wendlandt, 2000]. Соотношение $\text{SiO}_2-(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ в подобных расплавах обозначено 3 на рис. 1.

В условиях нижней коры флюидная фаза наряду с H_2O , $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ часто содержит хлориды щелочей переменных концентраций, вплоть до высоких (brines). Это неоднократно доказы-

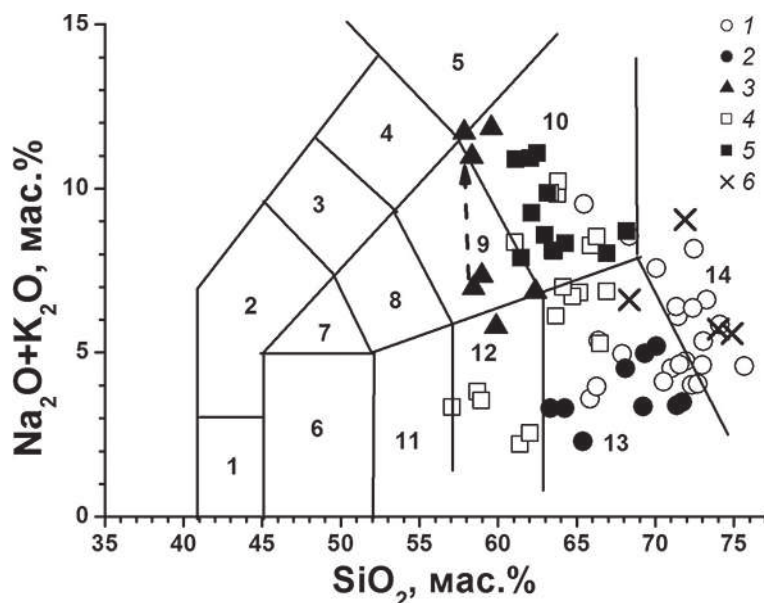


Рис. 1. Классификационная диаграмма TAS (Le Bas et al., 1986).

Цифрами на рисунке обозначены поля составов: 1 – пикробазальт, 2 – базанит и тефрит, 3 – фоновтефрит, 4 – тефрифонолит, 5 – фонолит, 6 – базальт, 7 – трахибазальт, 8 – базальтовый трахиандезит, 9 – трахиандезит, 10 – трахидацит и трахит, 11 – базальтовый андезит, 12 – андезит, 13 – дацит, 14 – риолит. Остальные обозначения см. в тексте.

валось наличием водно-солевых флюидных включений [Touret, 2009; и др.], находками кристаллических хлоридов в межзерновом пространстве [Markl, Bucher, 1998]. Поэтому для описания взаимодействия метабазитов с флюидами водно-соль-карбонатного состава, по-видимому, следует выделить два принципиально разных типа моделей, которые реализуются в природных условиях.

Первый из них – выплавление расплавов умеренно-щелочного и щелочного состава.

Изучение взаимодействия амфиболита, по геохимическим характеристикам близкого к E-MORB, с флюидами $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$, проведенное нами при 6.5 кбар, 900 °C, показало, что с ростом NaCl во флюиде составы расплавов меняются от андезитов до трахидацитов и трахитов (4 на рис. 1) в отличие от дацитов и риолитов, выплавляемых при дегидратационном плавлении амфиболита. Вариации Na/K во флюиде влияют на составы выплавляющихся расплавов [Safonov et al., 2014; Ходоревская, Варламов, 2016].

Наличие CO_2 в составе водно-солевых флюидов ($X_{\text{CO}_2} > 0.1$) определяет его двухфазное состояние [Shmulovich, Graham, 2004]. В области двухфазного флюида происходит сепарация карбонатно-силикатных и хлоридно-карбонатных расплавов. Из карбонатно-силикатного расплава кристаллизуется твердая фаза силикатного состава, в наших опытах это трахидациты и трахиты (5 на рис. 1). Из хлоридно-карбонатного расплава отлагаются твердые фазы карбонатного состава $(\text{Ca}_{0.25}\text{Fe}_{0.75})\text{CO}_3$. Таким образом подтверждается генетическая связь карбонатитов, в частности сидеритовых карбонатитов и щелочно-базитовых магматических пород, которые описаны в природных комплексах [Прокопьев, 2014; и др.].

Следующий тип моделей связан с образованием расплавов не щелочного, а кислого состава при взаимодействии метабазитов с водно-солевым (Na, K)Cl флюидом. Это процессы гранитизации и чарнокитизации, впервые описанные Д.С. Коржинским [Korzhinskii, 1952] для амфиболитовой и гранулитовой фаций. Для образования подобных расплавов необходимо, чтобы фильтрующийся в метабазиты $\text{H}_2\text{O}-(\text{Na}, \text{K})\text{Cl} \pm \text{CO}_2$ флюид был насыщен SiO_2 . Экспериментальное моделирование подобных процессов, произведенное при 750–800 °C [Ходоревская, 2008], показало, что составы расплавов, образующихся в амфиболите при фильтрации через него флюида $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{SiO}_2$, отвечают дацитам и риолитам (6 на рис. 1), (интрузивные аналоги – трондьемиты и граниты). Увеличение X_{NaCl} в данном флюиде вплоть до значений $X_{\text{NaCl}} = 0.3$ не приводит к образованию известково-щелочных расплавов. В последней модели подтверждается генетическая связь гранитизации и чарнокитизации метабазитов с глубинными плутонами кислого состава.

ЛИТЕРАТУРА

- Beard J.S., Lofgren G.E. Dehydration melting and water-saturated melting of basaltic and andesitic greenstones and amphibolites at 1, 3 and 6.9 kb // J. Petrol. 1991. V. 32. N 2. P. 365-402.
- Helz R.T. Phase relations of basalts in their melting ranges at P = 5 kb. Part II. Melt compositions // J. Petrol. 1976. V. 17. P. 139-193.
- Kaszuba J.P., Wendlandt R.F. Effect of Carbon Dioxide on Dehydration Melting Reactions and Melt Compositions in the Lower Crust and the Origin of Alkaline Rocks // J. Petrol. 2000. V. 41. № 3. P. 363-386.
- Korzhinskii D. S. Granitization as Magmatic Replacement // Izv. Akad. Nauk SSSR, Ser. Geol., 1952. № 2. P. 332-452.
- Touret J.L.R. Mantle to lower-crust fluid/melt transfer through granulite metamorphism // Geology and Geophysics. 2009. V. 50. № 12. P. 1357-1370.
- Markl G., Bucher K. Composition of fluids in the lower crust inferred from metamorphic salt in lower crustal rocks // Nature. 1998. T. 391. C. 781-783.
- Safonov O.G., Kosova S.A. and Van Reenen D.D. Interaction of Biotite-Amphibole Gneiss with $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-(\text{K}, \text{Na})\text{Cl}$ Fluids at 550 MPa and 750 and 800 °C: Experimental Study and Applications to Dehydration and Partial Melting in the Middle Crust // J. Petrology. 2014. V. 55. № 12. P. 2419-2456.
- Shmulovich K.I., Graham K.M. An experimental study of phase equilibria in the systems $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{CaCl}_2$ and $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}$ at high pressures and temperatures (500–800 °C, 0.5–0.9 GPa): geological and geophysical applications // Contrib Mineral Petrol. 2004. V. 146: P. 450-462.
- Прокопьев И.П. Геологические и физико-химические условия образования Fe-F-REE карбонатитов центральной Тувы // Реф. ... канд. геол.-мин. наук. Новосибирск, 2014.
- Ходоревская Л.И. Экспериментальное исследование преобразования основных пород при взаимодействии с кремнещелочным флюидом (гранитизация) // В сб. «Экспериментальные исследования эндогенных процессов». ИЭМ РАН, Черноголовка. 2008. С. 30-39.
- Ходоревская Л.И., Варламов Д.А. Флюиды NaCl-KCl в высокотемпературном метасоматозе основных пород (экспериментальные данные) // В сб. «Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения-2016)». Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2016. С. 205-206.