

Во-вторых, экспериментально полученное поле устойчивости криолита в литий содержащей части системы отвечает составам криолит содержащих гранитов.

Литература:

1. Антипин В.С., Савина Е.Ф., Митичкин М.А. Геохимия и условия образования редкометальных гранитов с различными фторсодержащими минералами (флюорит, топаз, криолит) // Геохимия. 2006. № 10. С.1040-1052.
2. Граменицкий Е.Н., Щекина Т.И., Девятова В.Н. Фазовые отношения во фторсодержащей гранитной и нефелин-сиенитовой системах и распределение элементов между фазами. М.: ГЕОС. 2005. 186 с.
3. Солодов Н.А., Усова Т.Ю., Осокин Е.Д. и др. Нетрадиционные типы редкометального минерального сырья. М. Недра. 1991. 247 с - с 31.
4. Beiley J.C. Geology and geochemistry of the Ivigtut granite // Bul. Geol. Soc. Denmark. 1980. V.22. P. 1-45.
5. Goodenough K.M., Upton B.G.J., Ellam R.M. Geochemical evolution of the Ivigtut granite, South Greenland: a fluorine-rich "A-type" intrusion // Lithos. 2000. № 51. P. 205-221.

ГЕОТЕРМОМЕТРЫ, ОПИСЫВАЮЩИЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИЮ СИЛИКАТОВ ИЗ БАЗИТОВЫХ МАГМ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ СОСТАВОВ И ДАВЛЕНИЙ

Арьяева Надежда Сергеевна

Геологический ф-т МГУ. Москва, aryana@mail.ru

1. Расчёт равновесий расплав-твёрдые фазы в лучшем на сегодня программном комплексе КОМАГМАТ [1] осуществляется с использованием геотермометров для силикатных минералов вида

$$\ln K = (A + \beta \cdot P) / T + V \quad (1)$$

где K – константа реакции образования минерала какой-либо кристаллической фазы, P – давление в кб, T – абсолютная температура, A , β и V – константы. A и V определяются путём обработки экспериментальных данных методами регрессионного анализа. Корректная процедура моделирования процессов в вулканических или интрузивных камерах предполагает предварительную настройку системы геотермометров на тот диапазон составов расплавов, в пределах которого находятся моделируемые объекты. Это означает, что применяемая в КОМАГМАТ'е оценка константы равновесия зависит от содержаний не только участвующих в реакции, но и других компонентов.

Главным препятствием для корректного определения значений коэффициента β при давлении считается малая длительность экспериментов, не гарантирующая равновесного распределения компонентов между твёрдыми фазами и расплавом [1]. β определяется по существу на «глазок» путём подбора

значений, воспроизводящих температуры ликвидуса в сериях экспериментов с одинаковым стартовым составом в диапазоне давлений. Такой способ ограничивает возможность статистически достоверной оценки влияния давления на температуры ликвидуса и составы кристаллизующихся фаз.

2. Для устранения вышеупомянутых ограничений в программе КриМинал [2], перебрав ряд подходов к учёту состава системы при расчёте константы равновесия, мы остановились на следующем виде уравнения геотермометра

$$\ln K = \frac{A + bP}{T} + B + CT + D \lg f_{O_2} + E \ln \left(\frac{Al}{Si} \right) + FR + \sum_{i=1}^n J_i X_i \quad (2)$$

где f_{O_2} – летучесть кислорода, $R = \ln[(Na+K)Al/Si^2]$, X_i – мольная доля i -ого компонента расплава, n – количество учитываемых компонентов, C, D, E, F, J_i – коэффициенты при соответствующих переменных. Параметры Al/Si и R предложены [1] для уточнения оливиновых и плагиоклазовых геотермометров соответственно. Коэффициенты при переменных найдены путём минимизации методом Ньютона суммы квадратов разностей между экспериментальными и расчётными составами твёрдых фаз.

При выводе коэффициентов для уравнений в диапазоне давлений мы воспользовались статистическим правилом, гласящим, что одинакового результата по надёжности и точности можно достичь путем либо ограниченного числа измерений высокой точности, либо используя большое количество измерений невысокой точности. В связи с этим из базы данных ИНФОРЕКС для каждого из силикатов (оливин, плагиоклаз, авгит, ортопироксен и пижонит) были отобраны «сухие» эксперименты длительностью не менее 10 часов в интервале давлений от 1 атмосферы до 15 кб. Размеры выборок лежат в пределах от 250 для плагиоклаза до 300-400 для цветных минералов.

Тривиальный, вообще говоря, способ учёта влияния давления и состава расплава на величину константы равновесия, используемый в уравнении (2), привёл, тем не менее, к нетривиальным результатам. Прежде всего, отметим существенные различия в величинах β для разных миналов одного и того же минерала. В качестве примера мы приводим некоторые результаты для оливина. В табл.1 приведены значения коэффициентов в уравнении (2).

Представленные гистограммы и графики (рис. 1-3) свидетельствуют о том, что разности между экспериментальными и расчётными температурами и содержаниями миналов распределены по нормальному закону при средних значениях, близких к нулю (см. табл.2).

Для других минеральных фаз картина сходная.

Табл.1. Значения коэффициентов в уравнении (2) для оливина.

	A	β	B	E	Si	Ti	Al	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Mg	Ca	Na	K
Fo	1711.22	1	1.82	0.19	2.24	5.11	2.55	1.90	3.79	0	2.77	1.49	3.63
Fa	5426.76	33	3.78	0.53	1.85	2.25	4.65	0	0	1.97	0.30	1.43	2.49

Табл.2. Данные статистических параметров.

	Фо эксп – Фо расч	Фа эксп - Фа расч	Т эксп -Т расч
Среднее значение	-0.1521	-0.0443	-0.8343
Стандартное отклонение	2.62313	1.12244	35.7124
Доверит интервал 95%	0.26168	0.11197	3.56266

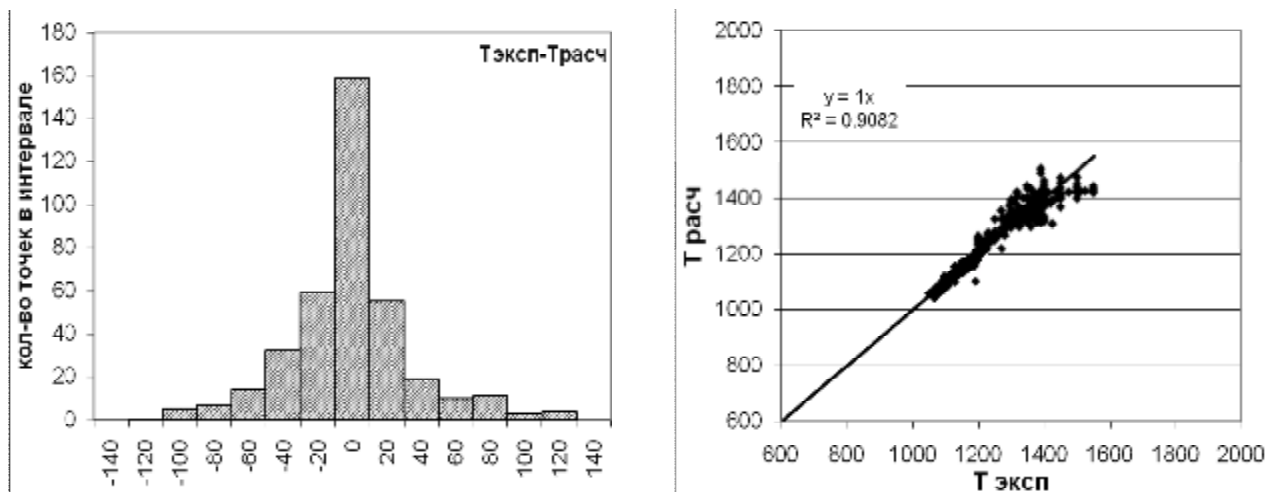


Рис 1 – Гистограмма разностей и график соответствия экспериментальных и расчётных температур равновесия оливин – расплав в выборке из расширенного банка данных (n=378).

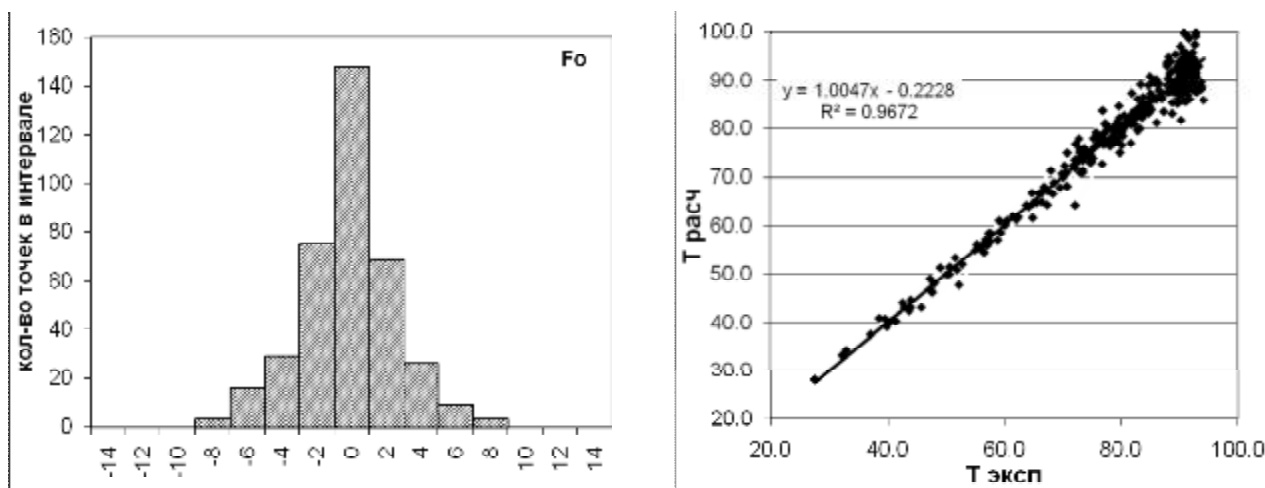


Рис 2 – Гистограмма разностей и график соответствия экспериментальных и расчётных содержаний форстеритового минала в равновесном с расплавом оливине (n=378).

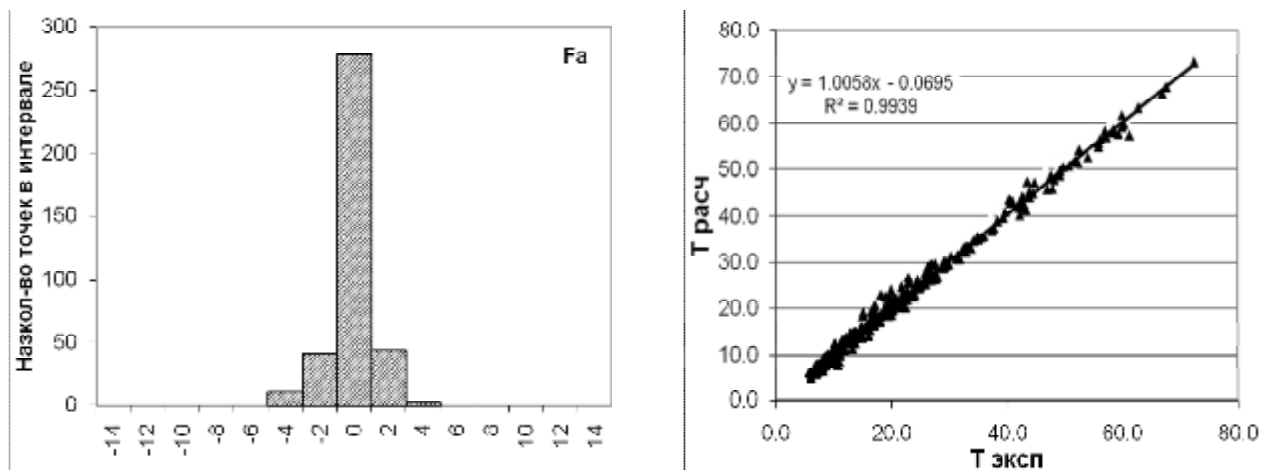


Рис 3 – Гистограмма разностей и график соответствия экспериментальных и расчётных содержаний фаялитового минала в равновесном с расплавом оливине (n=378).

Таким образом, несмотря на невысокое качество высокотемпературных опытов, применение методов многомерной статистики для больших по объёму выборок экспериментов позволило получить систему геотермометров, воспроизводящих с высокой точностью расплавно-твёрдофазовые равновесия в широком диапазоне составов и интервале давлений от 1 атмосферы до 15 кб. Погрешность полученных нами геотермометров не превышает экспериментальную погрешность определения температуры и составов минералов. Следовательно, достичь дальнейшего существенного роста точности без многократного расширения базы данных по экспериментам, либо без постановки прецизионных экспериментов невозможно.

Работа выполнена под научным руководством Е.В. Коптева-Дворникова, которому автор выражает глубокую благодарность за постоянное внимание и помощь в работе.

Литература:

1. Арискин А.А. Бармина Г.С. Моделирование фазовых равновесий при кристаллизации базальтовых магм. М.: Наука. 2000. 363 с.
2. Бычков Д.А., Коптев-Дворников Е.В. Программа КриМинал для моделирования равновесия расплав-твёрдые фазы при заданном валовом составе системы // Ультрамафит-мафитовые комплексы складчатых областей докембрия. Матер. межд. конф. Улан-Удэ, 2005. С.122-123.