

УДК 550.41

ПЕТРОГРАФИЯ

Л. Н. КОГАРКО, Б. П. РОМАНЧЕВ

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ АГПАИТОВЫХ МАГМ

(Представлено академиком А. П. Виноградовым 25 VII 1972)

Исследования физико-химических условий формирования комплексов агпаитовых нефелиновых сиенитов представляют большой интерес для решения проблем генезиса щелочного магматизма.

Самым крупным в мире проявлением агпаитового магматизма является Ловозерский комплекс (Кольский полуостров), занимающий площадь 650 км² (¹). Агпаитовые нефелиновые сиениты других районов Земного шара (Гренландия, Африка, Канада) по своим петролого-геохимическим особенностям имеют много общего с щелочными породами Кольского полуострова.

Для оценки температурного режима кристаллизации агпаитовых щелочных пород были выбраны два независимых метода: 1) изучение фазовых равновесий в ходе их плавления; 2) термометрические исследования микровключений в пороодообразующих минералах.

Нами изучены фазовые соотношения в ходе плавления агпаитового нефелинового сиенита (меланократового фойяита) из контактовой недифференцированной зоны Ловозерского массива, химизм которой соответствует среднему составу внедрившейся агпаитовой магмы (¹).

Экспериментальную работу вели ампульным методом, в реакторах с холодным затвором, позволяющим работать в условиях до 1000° и 1 кбар. Опыты проводили в контролируемой атмосфере, создаваемой смесью кварц + фаялит + магнетит, так как, согласно нашим исследованиям (²), агпаитовые породы Ловозерского массива формировались в довольно восстановительных условиях при летучести кислорода, соответствующей этому буферу. Растертую до 100 меш породу в количестве 20 мг запаивали с расчетным количеством воды в платиновые ампулы, которые помещали в золотые капсулы с буферной смесью и водой. Капсулы выдерживали в заданных условиях в реакторах, а затем резко закачивали. Материалы плавок исследовали оптически и рентгенографически. Результаты опытов представлены на рис. 1. Экспериментальные исследования показали, что агпаитовая магма кристаллизовалась в широком температурном интервале порядка 300°, значительно превышающем интервал для гранитов и базальтов.

Установлено заметное понижение температуры кристаллизации агпаитовой магмы с ростом давления водяного пара в системе. Следовательно, температурный режим агпаитовых пород, прежде всего, определяется летучестью воды в равновесной магматической газовой фазе.

Анализ фазовых соотношений на P_{H_2O} — T -кривой плавления нефелинового сиенита позволяет предположить, что на начальных стадиях кристаллизации агпаитовой магмы давление водяного пара было невелико, порядка 100 бар, что обеспечивало более раннее выделение лейкократовых минералов (в частности, нефелина) по отношению к темноватым фазам (пироксену и энigmatиту). Такой порядок кристаллизации отмечается во всех щелочных агпаитовых породах мира (см. рис. 2). В условиях более высоких давлений воды, 500—100 бар, ликвидусной фазой агпаитовой маг-

мы становятся пироксен и энigmatит, т. е. повышение P_{H_2O} приводит к заметному расширению полей кристаллизации темноцветных минералов и к их более раннему выделению.

Таким образом, агапитовые магмы, по всей вероятности, были довольно сухими. Давление водяного пара в магматической газовой фазе на начальных стадиях кристаллизации не превышало 100 бар. Это, в свою очередь, обусловило довольно высокую температуру поступления магматических масс, 980–1000°.

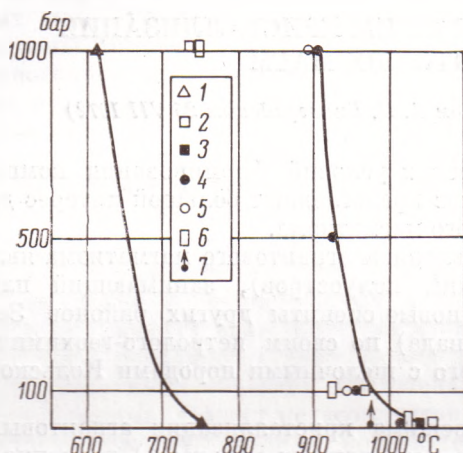


Рис. 1. P_{H_2O} — T -кривые плавления фойалита в условиях буфера кварц — фаялит — магнетит. 1 — солидус, 2 — нефелин, 3 — магнетит, 4 — пироксен, 5 — энigmatит, 6 — калиевый полевой шпат, 7 — средняя температура гомогенизации включений в нефелине

Термометрические исследования включений проводили в наиболее раннем минерале Ловозерского массива — нефелине. Образцы, содержащие первичные многофазные включения, были отобраны из различных пород (уртитов, фойалитов, луавритов) Ловозерского комплекса.

Микровключения в нефелинах сложны по составу, содержат газовую и несколько твердых фаз. Все включения такого типа гомогенизируются в расплав в интервале температур 930–1010°, причем из гомогенизированных 160 включений максимальное число гомогенизаций попадает на температурный интервал 960–980° (табл. 1), что соответствует невысо-

Таблица 1

Распределение включений в нефелине по температурам гомогенизации

Объект исследования	930°	940°	950°	960°	970°	980°	990°	1000°	1010°	Σn
Скв. № 306		1	2	14	7	10	4	2	1	41
г. Паргуайв		6	8	16	28	10	1			69
г. Аллуайв	1	2	3	9	19	14	2			50
Ловозерский массив в целом	1	9	13	39	54	34	7	2	1	160

кому давлению водяного пара, порядка 100 бар, во время кристаллизации нефелина. Обращает на себя внимание совпадение последовательности плавления кристаллических фаз в нефелиновом сиените в условиях невысокого давления водяного пара с порядком исчезновения минералов-узников в микровключениях нефелина при нагревании: от 700 до 750° — виллимит, полевой шпат; 750–800° — пироксен; около 900° — содалит; в интервале 960–980° — газовая фаза; наконец, выше 980° — оплавление нефелина (см. рис. 3). Определение фаз проводили оптическим методом и рентгеновским микроанализом.

Таким образом, результаты термометрии включений полностью подтверждают выводы, сделанные на основании экспериментальных данных.

Приведенные материалы доказывают, что агпайтовые магмы характеризуются высокими температурами внедрения (980—1000°). В момент зарождения этих магм температуры, несомненно, были еще выше. Согласно геотермическим исследованиям, такие высокие температуры вряд ли реальны для земной коры. По всей вероятности, генезис агпайтовых магм



Рис. 2. Пойкилитическое выделение равного идиоморфного нефелина в пироксенах. Фойяит. Ловозерский массив. Шлиф

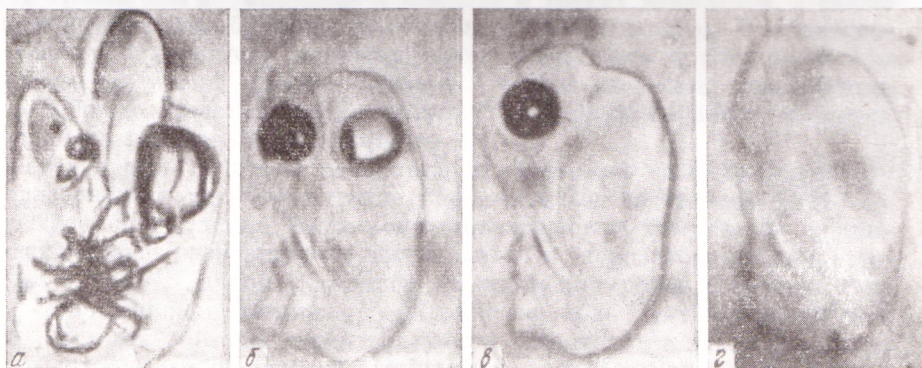


Рис. 3. Кинограмма гомогенизации включения в нефелине фойяита. а — 20°, пироксен + полевой шпат + содалит + газ; б — 800°, расплав + содалит + газ; в — 900°, расплав + газ; г — 960°, расплав

связан с процессами, протекающими на больших глубинах в условиях верхней мантии. Это предположение подтверждается также низкими значениями летучести кислорода в магматической газовой фазе агпайтовых нефелиновых спенитов. Согласно данным ряда исследователей, подобные восстановительные условия характерны для магм глубинного происхождения — базальтов, щелочных базальтоидов, нефелинитов, фонолитов (3, 4).

Относительная сухость агпаитовых расплавов, вероятно, также является следствием их большой глубинности. Интересно сопоставить полученные нами оценки P_{H_2O} для агпаитовых магм с экспериментальными данными, освещающими условия плавления субстрата верхней мантии. Изучение фазовых равновесий в системе $CaMgSi_2O_6-Mg_2SiO_4-SiO_2-H_2O$ (⁵), к составам которых приближаются породы мантии, показывает, что при давлениях свыше 10 кбар при повышенном потенциале воды происходит выплавление кварц-нормативных жидкостей; при низких же значениях P_{H_2O} селективное плавление приводит к появлению недосыщенных SiO_2 магм, к числу которых относятся и агпаитовые нефелиновые снениты. Таким образом, можно предположить, что установленная нами относительная сухость агпаитовых магм находится в закономерной связи с физико-химическими условиями плавления вещества верхней мантии.

Институт геохимии и аналитической химии
им. В. И. Вернадского
Академии наук СССР
Москва

Поступило
19 VI 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ В. И. Герасимовский и др., Геохимия Ловозерского щелочного массива, «Наука», 1966. ² Л. Н. Когарко, Д. Гамильтон, Фазовые равновесия в ходе плавления агпаитовых щелочных пород. Тр. Геохим. международн. конгресса, М., 1972. ³ M. Sato, T. I. Wright, Science, 153, 1103 (1966). ⁴ W. P. Nash, J. S. E. Carmichael, R. W. Johnson, J. Petrology, 10, 3, 409 (1969). ⁵ J. Kushiro, Am. J. Sci., 267-A, 269 (1969).