

Б. А. МАЛЬКОВ

О ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ В ДАЙКАХ МОНЧИКИТОВ

Представлено академиком Д. С. Коржинским 30 VI 1969)

Изменчивость минерального и химического составов лампрофиров выявлена давно, но закономерности ее почти не изучены. Полагают, что причинами изменчивости могут быть процессы гибридности (¹, ²), явления гетероморфизма (³, ⁴), несмесимости (⁵), дифференциация в выводном канале (⁶, ⁷). Неоднократно подчеркивался неравновесный состав лампрофиров (⁶, ⁸).

Ключом к познанию закономерностей дифференциации лампрофиров может служить детальное изучение и математически строгое описание сопряженных вариаций их минерального и химического состава с учетом условий залегания конкретных магматических тел. В качестве объекта исследования были выбраны дайки палеозойских мончикитов с Турьего мыса на Кольском полуострове, петрографическое описание которых было сделано еще Д. С. Белянкиным (⁹) и позднее другими авторами (¹⁰).

На южной оконечности Турьего мыса в береговых обнажениях фенизитизированные песчаники и гранодиориты рассеяны большим количеством даек мончикитов с различной мощностью (от 0,1 до 2 м) и различными углами падения (от 0 до 90°).

Вертикальные дайки имеют симметрично-зональное строение. Эндоконтактовые зоны отличаются преобладанием афанитового мезостазиса и небольшими размерами вкрапленников темноцветных минералов. Переход к центру даек постепенный с увеличением размера вкрапленников и общего объема, приходящегося на их долю. Эндоконтактовые зоны обладают плоско-параллельными текстурами. В центре такие текстуры отсутствуют.

Вкрапленники в мончикитах принадлежат оливину (14—15% Fe₂SiO₄, 1,5% Ca₂SiO₄, 0,3% Mn₂SiO₄, 0,3% Ni₂SiO₄, 82,6% Mg₂SiO₄) и титанавгиту (7,8% NaFeSi₂O₆, 74,2% CaMgSi₂O₆, 6,7% CaFeSi₂O₆, 11,3% компонентов Чермака и др.), химический состав которых (вес.%) приведен в табл. 1.

Зависимость содержания никеля в оливине от фаялитовой составляющей в мончикитах и кимберлитах (¹¹) одинакова. Это позволяет полагать, что вкрапленники оливина в тех и других возникли при глубинной эволюции расплава (¹¹). Высокое содержание хрома в пироксене из мончикитов сближает его с клиношпроксенами из перидотитовых нодулей в щелочных базальтах (¹²) и кимберлитах и подчеркивает глубинное образование его вкрапленников. Основная масса породы сложена мелкими призмочками титанавгита, реже эгирин-авгита, биотитом и титаномагнетитом, заключенными в смесь анальцита, натролита и кальцита. Миндалины, заполненные анальцитом, натролитом и кальцитом, достигают в диаметре 3—4 мм в центре даек, уменьшаясь по направлению к зальбандам до ~0,1 мм.

В наклонных дайках наблюдается асимметричное распределение вкрапленников оливина и титанавгита, как, впрочем, и всех других минеральных компонентов породы. Если в вертикальных дайках миксимальный суммарный объем вкрапленников оливина и титанавгита приходится на центральную их часть, то в наклонных эти зоны смещены к лежащему боку и тем сильнее, чем положе дайка. В вертикальных дайках эндоконтактовые зоны симметрично обогащены биотитом и эгирин-авгитом. В наклонных картина не вполне симметрична: максимум содержания эгирин-авгита смещен к висляему боку. Максимум содержания титаномагнетита, приурочен-

ный ко внутренней их части, отчетливо смещен в направлении висячего бока.

Характер изменчивости минерального состава в дайках мончикитов определяет симметричную картину химической изменчивости в случае вертикальных даек и, соответственно, асимметричную — в случае наклонных. Центральные части вертикальных даек отчетливо обогащены магнием и кальцием, а их эндоконтакты — алюминием, железом, титаном, щелочами и фосфором. В наклонных дайках магниевый и кальциевый максимумы смещены к лежащему боку. Туда же смещены минимумы содержания алюминия, железа, титана, натрия, фосфора. В противоположность натрию минимум содержания калия в наклонных дайках мончикитов смещен в направлении их висячего бока (рис. 1).

Распределение содержаний всех компонентов и объемного содержания породообразующих минералов на диаграммах состав — мощность даек, составленных для вертикальных даек, симметрично и может быть описано уравнением второго порядка вида

$$y_i = a_i x^2 + b_i x + c_i, \quad (1)$$

где y_i — содержание компонента в весовых или объемных процентах, x — расстояние пробы от контакта. Коэффициенты a_i , b_i , c_i для каждого i -го компонента различны и вычислены на ЭВМ методом наименьших квадратов из данных химического анализа и полевого наблюдения.

Сравнение и анализ кривых второго порядка для каждого i -го компонента, соответствующих вертикальным дайкам различной мощности, показывает, что в первом приближении между коэффициентами a_i , b_i , c_i и мощностью даек r существует линейная зависимость, т. е. уравнение (1) для одного и того же i -го компонента для вертикальных даек различной мощности r можно представить в виде:

$$y_i = (a_i + a_i^{(1)} r) x^2 + (b_i + b_i^{(1)} r) x + (c_i + c_i^{(1)} r). \quad (2)$$

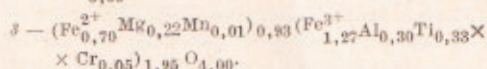
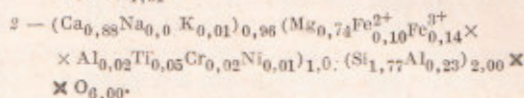
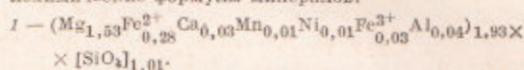
Исходя из уравнения (2), можно получить теоретически ожидаемое содержание компонента (или уравнение второго порядка вида (1)) для вертикальной дайки с мощностью, которая соответствует мощности наклонной дайки. Сравнение двух уравнений для вертикальной и наклонной даек одной и той же мощности позволяет получить линейную зависимость коэффициента кривых второго порядка от $\cos \alpha$, где α — угол наклона дайки. Окончательное уравнение для содержания i -го компонента в дайке любой мощности и любого наклона имеет вид:

$$y_i = (a_i + a_i^{(1)} r) x^2 + (b_i + b_i^{(1)} r) x + (c_i + c_i^{(1)} r) + \cos \alpha [(a_i^{(2)} + a_i^{(3)} r) x^2 + (b_i^{(2)} + b_i^{(3)} r) x + (c_i^{(2)} + c_i^{(3)} r)], \quad (3)$$

Таблица 1

Компонент	1	2	3
SiO ₂	39,58	46,96	0,27
TiO ₂	Не обн.	1,80	12,74
Al ₂ O ₃	1,36	5,23	7,50
Fe ₂ O ₃	1,70	4,90	48,46
V ₂ O ₅	Не опр.	Не опр.	0,18
Cr ₂ O ₃	Следы	0,63	1,89
FeO	13,22	3,09	23,86
MnO	0,32	0,09	0,25
NiO	0,30	0,14	0,13
MgO	40,16	13,20	4,32
CaO	1,01	21,75	Следы
Na ₂ O	0,25	0,93	0,10
K ₂ O	0,17	0,21	0,12
CoO	Не опр.	Не опр.	0,035
ZnO	*	*	0,061
H ₂ O _{общ}	* 0,89	* 0,99	—
Σ	98,96	99,93	99,91

Примечания. 1, 2, 3 — соответственно оливин, титанавгит и титаномagnetит из мончикитов Турьего мыса. Анализ Н. А. Мальнова. Кристаллохимические формулы минералов:



где коэффициенты $a_i, a_i^{(1)} \dots b_i, b_i^{(1)} \dots c_i, c_i^{(1)} \dots$ для i -го компонента даются в табл. 2. На рис. 1 приведены экспериментальные значения y и вычисленные теоретически по уравнению (3) с коэффициентами, взятыми из табл. 2 для даек различной мощности и наклона.

Обогащенность эндоконтактных зон алюминием, железом, титаном, щелочами и фосфором характерна не только для мончикитов, но и для массивов щелочно-ультраосновных пород⁽¹⁰⁾. В последних, согласно⁽¹⁰⁾, происходит ионная диффузия и миграция к периферической части интрузивов

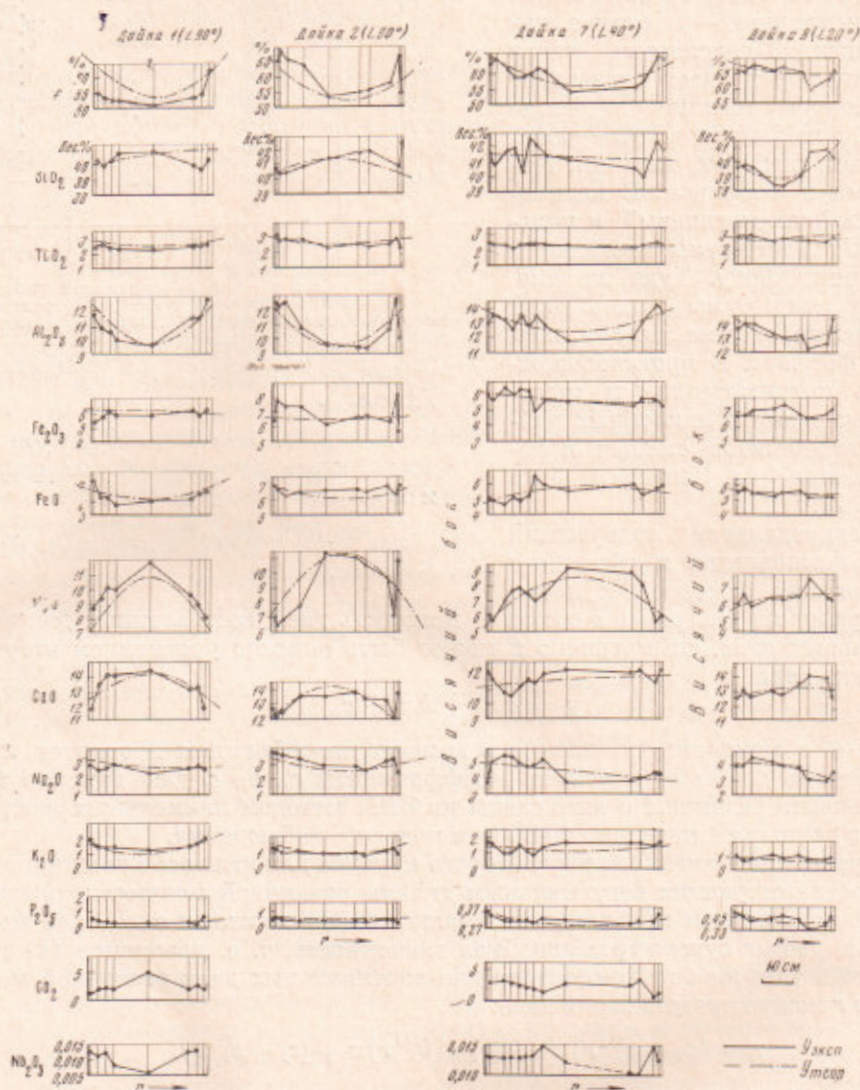


Рис. 1

щелочей, фосфатных и титано-фтористых комплексов, наиболее подвижных и долго удерживающихся в расплаве. Для мончикитов из даек может быть предложен иной хорошо согласующийся с их геологическими и петрографическими особенностями механизм гидродинамической дифференциации, при котором обогащенность магнием и кальцием центральных частей даек (вертикальных) объясняется аккумуляцией интрателлурических вкрапленников оливина и титанавгита в струях потока, обладающих наи-

Таблица 2

Компо- нент	a_i	$a_i^{(1)}$	$a_i^{(2)}$	$a_i^{(3)}$	b_i	$b_i^{(1)}$	$b_i^{(2)}$	$b_i^{(3)}$	c_i	$c_i^{(1)}$	$c_i^{(2)}$	$c_i^{(3)}$
	%	10 ⁻¹ %	10 ⁻¹ %	10 ⁻² %	10 ⁻² %	10 ⁻⁴ %	10 ⁻² %	10 ⁻⁴ %	10 ⁻⁴ %	10 ⁻² %	10 ⁻⁴ %	10 ⁻⁴ %
SiO ₂	32,5	95	65	-78	-29	40	16	-33	68	-87	-45	76
TiO ₂	1,20	20	30	-39	0,91	1	-0,6	2,1	4,6	-3,3	2,1	-1,4
Al ₂ O ₃	15,0	-31	6	-31	7,6	8	6,8	-19	32	-18	16	-6,5
Fe ₂ O ₃	1,89	56	68	-84	13	-16	-11	14	-30	37	31	-40
FeO	5,96	11	-18	4,3	7,4	-4,4	0,4	5,6	25	-25	-25	24
MgO	4,44	32	24	-50	33	-18	39	-32	100	-100	120	-130
CaO	18,7	-79	-51	63	-27	45	45	-66	36	-99	-57	85
Na ₂ O	4,29	-12	-20	39	16	-24	-160	240	-25	33	-24	34
K ₂ O	4,18	-32	-46	50	12	-11	15	-14	31	-33	-38	42
P ₂ O ₅	0,648	-2,8	-0,45	0,42	-0,7	1,9	-1,5	2,7	-0,44	1,6	-1,3	2,6
*	63,9	0,16	0,86	-0,73	1,1	-0,96	1,3	-1,1	3,4	-3,4	-4	4,3

* / (%) — общая железистость $(Fe_2O_3 + FeO)/(Fe_2O_3 + FeO + MgO)$.

большими скоростями. Эндоконтактовые зоны оказываются обогащенными теми компонентами, которые дольше остаются в расплаве.

Параболическое изменение содержания всех компонентов в вертикальных дайках возникает вследствие того, что кривая скоростей ламинарного потока имеет вид параболы (¹³). Взвешенные в расплаве вкрапленники оливина и титанавгита мигрируют при градиенте гидродинамического давления из эндоконтактовых зон, обуславливая образование полифировых фаций мончикитов в центре даек и олигофировых в эндоконтактах.

Асимметричный характер распределения минеральных и химических компонентов в наклонных дайках определяется совокупным действием кинетического фактора и силы тяжести на кристаллы, взвешенные в расплаве. Найденная выше зависимость показывает, что содержание компонентов в дайках мончикитов является функцией расстояния от контакта, мощности даек и углов их падения.

Реальность механизма гидродинамической дифференциации в применении к базальтовым расплавам экспериментально обоснована (¹⁴, ¹⁵). Неравновесность состава мончикитов определяется тем, что они представляют собой продукт кристаллизации гетерогенной, как предполагал еще Н. Л. Боуэн (⁸), системы. А изменчивость их состава является следствием гидродинамической дифференциации этой системы в процессе внедрения мончикитовой магмы. Быстрое остывание последней и ее возрастающая вязкость препятствовали конвекционному и диффузионному выравниванию состава в дайках.

Институт геологии Коми филиала
Академии наук СССР
г. Сыктывкар

Поступило
25 VI 1969

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Б. М. Куплетский, Изв. АН СССР, сер. геол., № 5 (1944). ² Ф. К. Шин и др., Сборн. Критерии связи оруденения с магматизмом применительно к изучению рудных районов, 1965. ³ А. Н. Заварицкий, Тр. Петрограф. инст. АН СССР, в. 5 (1935). ⁴ N. D. Chatterjee, Die Lamprophyre des Spessart u. das Lamprophyreproblem, Göttingen, 1959. ⁵ A. R. Philpotts, C. I. Hodgson, Intern. Geol. Congr. Rep. XXIII Sess. Czechosl., 1968, Proc. Sec. 2, Prague, 1968. ⁶ Г. М. Гапеева, Докл. сов. геологов. Международн. геол. конгр., XXI сессия, пробл. 13, 1960. ⁷ Б. А. Мальков, ДАН, 177, № 5 (1967). ⁸ Н. Л. Боуэн, Эволюция изверженных пород, М.—Л.—Новосибирск, 1934. ⁹ Д. С. Белянкин, В. И. Влодавец, Тр. Петрограф. инст. АН СССР, в. 2 (1932). ¹⁰ А. А. Кухаренко, М. П. Орлова и др., Каледонский комплекс ультраосновных щелочных пород и карбонатитов Кольского полуострова и Северной Карелии, М., 1965. ¹¹ А. В. Уханов, Геохимия, № 12 (1968). ¹² C. S. Ross, M. D. Foster, A. T. Mayers, Am. Mineral., 39 (1954). ¹³ Н. А. Елисеев, Основы структурной петрологии, «Наука», 1967. ¹⁴ S. Bhattacharji, C. Smith, Science, 145, № 3628 (1964). ¹⁵ S. Bhattacharji, Trans. Am. Geophys. Union, 47, 1 (1966).