Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханов
т. XLIII, вып. 2, 1962 г.

О ВЛИЯНИИ АССИМИЛЯЦИИ ОСНОВНЫХ ЭФФУЗИВНЫХ ПОРОД НА ХОД КРИСТАЛЛИЗАЦИИ НОРДМАРКИТОВ

В. Г. Лазаренко

Явления гибридизма исследовались в плутоне «Сидоровский Урал» расположенном в северо-восточной части Минусинской котловины (рис. 1). Этот плутон является восточным окончанием цепочки существенно нордмаркитовых тел, вытянутой по северному борту Минусинской котловины на стыке ее с Восточным Саяном (рис. 2). Пространственно и генетически нордмаркитовые интрузии тесно связаны с нижнедевонскими основными субщелочными и кислыми эффузивными породами, с которыми они образуют единую магматическую ассоциацию краевой части Минусинской депрессии. По глубине залегания нордмаркитовые интрузии относятся к интрузиям малых глубин, геохимически характеризуются преобладанием натрия над калием и редкоземельной минерализацией.

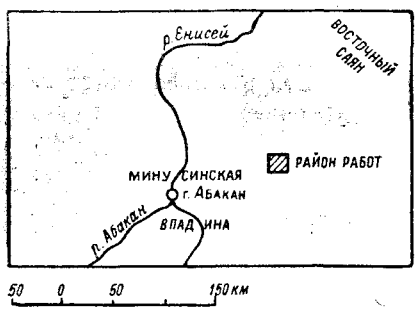


Рис. 1. Схема расположения района работ

Плутон «Сидоровский Урал» в плане — вытянутая на 10 *км* зональная интрузия, внешняя зона которой сложена нордмаркитами, а внутренняя — гранит-порфирами (рис. 3). Контакт нордмаркитов с вмещающими породами — резкий. На юго-востоке и юго-западе нордмаркиты контактируют с нижнедевонскими порфиритами, а на северо-западе и северо-востоке — со средне-некембрийскими порфиритами и хлорито-эпидотовыми сланцами. Ксенолиты более или менее равномерно распределены по всей площади выходов нордмаркитов. Сосредоточение их наблюдается в эндоконтактовой зоне, где они образуют своеобразный эндоконтактовый пояс мощностью 30—50 *м*, внутри которого в двух обнажениях встречены меланократовые нордмаркиты, содержащие около 50% роговой обманки. Такие породы были названы гибридными нордмаркитами.

1. Нордмаркиты

Текстурные особенности и состав. Нордмаркиты — желтовато-серые порфировидные, крупнозернистые породы с переменным количеством роговой обманки. Порфировидные выделения представлены кристал

лами полевого шпата размером 1,7—1,2 *мм*. Характерной особенностью нордмаркитов является широкое распространение в них ксенолитов основных эффузивных пород и небольших тонкозернистых полевошпато-роговообманковых участков, составляющих примерно 3—5% общей массы породы. Вместе с кучными скоплениями неравномерно распределенной разнозернистой роговой обманки ксенолиты и мелкозернистые участки создают неоднородную такситовую текстуру нордмаркитов и указывают на явное участие в формировании этих пород процессов

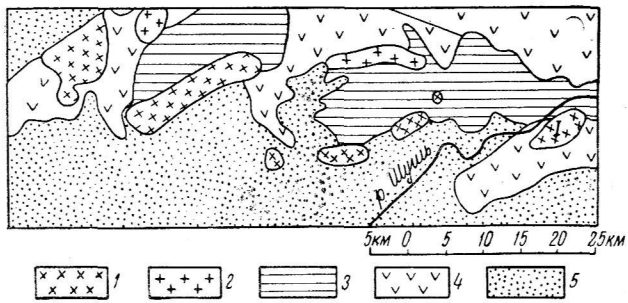


Рис. 2. Геологическая схема размещения нордмаркитовых интрузий:

1 — нордмаркиты; *2* — граниты и граносиениты; *3* —основные эффузивные породы, хлорито-эпидотовые сланцы, известняки нижнего и среднего кембрия; *4* — основные, субщелочные и кислые эффузивные породы нижнедевонского возраста; *5* — разнообразные осадочные породы среднего и верхнего девона; *I* — интрузия „Сидоровский Урал"

гибридизма. Такие породы, по предложению В. Н. Лодочникова [3], целесообразно называть гибридизированными. Этот термин, с одной стороны, указывает на участие процессов гибридизма, а с другой, — свидетельствует о том, что роль этих процессов не была особенно значительна. Модальные составы нордмаркитов приведены в табл. 1, химические — в табл. 2.

Таблица 1

Модальный состав нордмаркитов

Минерал	Минералогический состав, %									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Среднее из 9 шлифов
Полевой шпат .	81,5	84,2	88,5	90,5	87,7	84,6	84,1	91,9	84,4	86,6
Амфиболы + акцессорные . . .	2,3	3,0	1,2	1,1	4,3	8,0	9,1	2,5	10,9	4,7
Кварц	15,2	12,8	10,3	8,4	8,0	7,4	6,8	5,6	4,7	8,7

Структура. Нордмаркиты имеют призматически зернистую структуру, в основном образованную идиоморфными и гипидиоморфными таблитчатыми зернами полевого шпата (диаметром 1,7—0,8 *мм*), между которыми находятся гипидиоморфные и ксеноморфные призматические зерна роговой обманки (диаметром 1,2—2,0 *мм*), а также ксеноморфные зерна кварца (диаметром 0,3—1,5 *мм*).

Минералы

Полевые шпаты. 1. *Общая характеристика.* Полевые шпаты представлены зональными, преимущественно криптопертитовыми и микро-

Таблица 2

Химический состав нордмаркитов

Окислы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
SiO_2	48,78	59,74	55,70	47,80	58,28	59,40	57,50	58,55	58,65	64,31	65,05	64,12	62,62	63,93	71,40
TiO_2	1,39	1,24	1,86	1,43	1,17	0,42	0,81	1,00	1,80	1,14	0,77	0,77	0,61	0,71	0,28
Al_2O_3	15,85	15,48	14,01	15,47	15,94	18,43	15,23	15,34	14,05	15,76	15,28	15,46	17,68	16,14	13,24
Fe_2O_3	5,37	4,45	8,30	11,58	4,25	сл.	3,12	4,57	3,59	2,00	2,71	3,33	2,29	2,77	1,53
FeO	6,34	4,71	4,57	н. о.	5,53	6,71	6,85	4,47	5,80	2,93	1,87	1,68	2,67	2,07	1,68
MnO	0,29	н. а.	н. а.	н. а.	—	0,06	0,17	0,25	0,30	0,14	н. а.	н. а.	0,14	0,05	0,06
MgO	6,03	2,51	3,66	7,47	2,66	1,83	2,02	1,83	2,52	1,06	1,09	1,13	0,86	1,02	0,51
CaO	8,91	2,30	2,38	10,77	3,14	4,75	3,80	3,40	3,68	1,77	0,70	1,12	1,42	1,08	0,68
Na_2O	3,18	5,53	4,89	2,23	4,97	4,50	6,69	6,58	4,91	6,91	6,14	6,38	6,78	6,43	5,15
K_2O	1,63	1,75	0,25	0,66	1,04	1,12	3,46	3,38	3,32	2,98	4,22	3,96	4,60	4,29	5,16
H_2O	1,76	0,56	н. о.	н. о.	—	—	0,21	0,47	—	—	н. о.	н. о.	0,31	0,10	—
P_2O_5	0,47	н. а.	н. а.	н. а.	—	—	0,37	0,49	—	—	н. а.	н. а.	0,16	0,05	—
Σ	100,00	98,27	95,62	97,41	96,98	98,91	100,23	100,71	98,62	99,00	97,83	97,95	100,14	98,74	99,69

Примечания: I — базальты (по Р. Дэли); II — андезитовый порфирит, р. Бурлук (по Г. В. Полякову); III — диабазовый порфирит, р. Ирба (по Г. В. Полякову); IV — диабаз, г. Большой Урал (по Г. В. Полякову); V — порфирит (по Г. В. Полякову); VI * — порфирит из экзоконтакта с нордмаркитами, юго-западный склон, г. Сидоровский Урал; VII * — пироксено-полевошпатовый ксенолит из нордмаркитов, г. Сидоровский Урал; VIII * — роговообманково-полевошпатовый ксенолит из нордмаркитов, г. Сидоровский Урал; IX * — гибридный нордмаркит из ксенолитового пояса на контакте с гранит-порфирами, г. Сидоровский Урал; X* — гибридный нордмаркит из эндоконтакта с порфиритами, юго-западный склон, г. Сидоровский Урал; XI, XII — нордмаркит (по Г. В. Полякову); XIII * — нордмаркит, г. Сидоровский Урал; XIV — среднее из XI, XII, XIII; XV * — негибридный экерит интрузии, г. Большой Урал.

* Анализы производились в химической лаборатории ВСЕГЕИ Н. А. Аксельродом.

пертитовыми щелочными разновидностями, которые образуют прямоугольные таблицы, оконтуренные плоскостями (010) и (001). Нередки псевдогексагональные сечения с гранями (010) и (110), а также изометрические и удлиненные сечения с неправильными ограничениями. Обычны прямолинейные или ступенчатые простые двойники. Внутреннее строение полевошпатовых зерен примерно одинаковое. Некоторое исключение составляют порфировидные выделения, которые в отличие от других зерен имеют ядра, состоящие из калиевого олигоклаза [Ng = = 1,546 ± 0,002; Np = 1,539 ± 0,002; Ng — Np = 0,005 — 0,007; 2V около 90°, антипертитовые вростки калиевого полевого шпата ориентированы в плоскости (100) и внешне напоминают «штрих-пунктир»].

2. *Состав.* Средний примерный состав щелочных полевых шпатов, вычисленный из химических анализов с учетом модальных составов и составов соответствующих фемических минералов $Ab_{63}Or_{31}An_6$. Нормативный щелочной полевой шпат нордмаркитов $Ab_{67}Or_{30}An_3$.

3. *Пертитовое строение.* Внутреннее строение полевошпатовых зерен меняется от центра к краю. В центральных частях полевошпатовых зерен отмечается псевдогомогенное и криптопертитовое строение, которое к периферии постепенно становится сначала микропертитовым, а потом пертитовым.

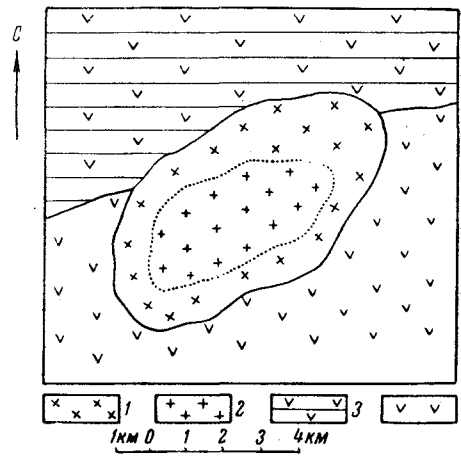


Рис. 3. Геологическое строение интрузии «Сидоровский Урал»:
1 — нордмаркиты; *2* — гранит-порфиры; *3* — порфириты и хлорито-эпидотовые сланцы (C_{m_2}); *4* — основные эффузивные породы (D_1)

Псевдогомогенные участки внешне однородны. Однако их оптические свойства, особенно двупреломление и преломление, варьируют в пределах одного зерна и для разных зерен. Так, двупреломление изменяется от 0,005 до 0,008, а показатели преломления уменьшаются от центра к периферии — от Ng = 1,546, Np = 1,539 до Ng = 1,536, Np = 1,529 (везде ±0,002).

Для определения приближенного состава щелочных полевых шпатов по показателям преломления воспользуемся диаграммой И. Маунтина [7], составленной для ряда $Ab_{65}Or_{35}$ — $Ab_{65}An_{35}$. Как видно, из диаграммы рис. 4, уменьшение Nm, например от 1,548 до 1,532, соответствует последовательному изменению состава полевого шпата почти по всему ряду примерно от $Ab_{65}An_{35}$ до $Ab_{65}Or_{35}$.

Внутри квазигомогенных участков по полоске Бекке иногда выделяются тонкие, едва заметные криптопертитовые вростки, ориентированные в плоскости (110). Их показатели преломления несколько больше, чем показатели преломления зерна. При более значительных сегрегациях вещества в пертитовых вростках образуются участки тонкосетчатых, пластинчатых микропертитов по закону (110) (толщина пластин примерно 0,001 *мм*), имеющих все промежуточные стадии перехода к тонким криптопертитам. Показатели преломления прожилков в этом случае соответствуют альбиту, а показатели преломления межпрожилковых участков снижаются и приближаются к показателям преломления калиевого полевого шпата.

Центральные псевдогомогенные и криптопертитовые участки окружены зоной, имеющей сетчатое и веретеновидно-прожилковое микропертитовое строение — микропертитовые прожилки ориентированы в плоскости (110). У краев зерен микропертитовое строение становится пертитовым — пертитовые прожилки ориентированы в плоскости (010). Содержание калиевого полевого шпата здесь такое же, как и альбита, а иногда и несколько большее. Следовательно, состав периферической зоны примерно соответствует $Ab_{50}Or_{50}$.

Таким образом, полевошпатовые зерна имеют дифференцированный состав в пределах ряда $Ab_{65}An_{35}$ — $Ab_{65}Or_{35}$.

4. *Зональность.* Четкая и ритмичная зональность характерна для псевдогомогенных, криптопертитовых, микропертитовых участков и отсутствует в пертитовых. Зональность представляет собой чередование широких светлых и более узких темных зон переменного состава. Состав светлых зон меняется от состава среднего полевого шпата $Ab_{60}Or_{40}$ до состава чистого альбита, темные зоны соответственно меняют состав от $Ab_{60}Or_{40}$ до состава почти чистого калиевого полевого шпата. Степень отклонения состава зон от среднего полевого шпа $Ab_{60}Or_{40}$ в значительной мере зависит от степени пертитовой сегрегации в данном участке. Так, в участках с псевдогомогенным и криптопертитовым строением различие в составе зон столь невелико, что почти не влияет на величину двупреломления. В микропертитовых участках разница в величине двупреломления различных зон более значительна (0,001—0,003). Следовательно, процесс пертитовой сегрегации как бы проясняет первичную кристаллизационную зональность и подчеркивает соотношение и число первичных зон. Какой-либо закономерности в изменении числа, ширины или состава зон, подобной той, которая отмечается в плагиоклазах, в щелочных полевых шпатах не наблюдается.

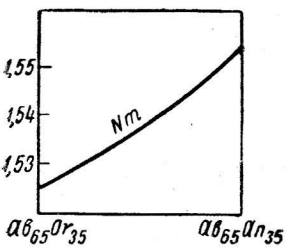


Рис. 4. Диаграмма состав — светопреломление для ряда $Ab_{65}Or_{35}$—$Ab_{65}An_{35}$ [8]

5. *Соотношение оптических и кристаллографических элементов.* Замеры оптической индикатрисы производились как в псевдогомогенных, так и в криптопертитовых участках. Замеры криптопертитовых участков по общему погасанию для пертитовых и межпертитовых прожилков соответствуют замерам псевдогомогенных участков. По-видимому, в обоих случаях оптическая индикатриса является результатом суммарного оптического эффекта псевдогомогенного полевого шпата пертитовых прожилков и межпрожилковых участков. В 47 замеренных двойниках, имеющих псевдогомогенное и криптопертитовое строение, плоскостью срастания является второй пинакоид.

При измерении полевошпатовых зерен, имеющих псевдогомогенное и криптопертитовое строение, были получены следующие результаты:

а) в 47 замеренных двойниках плоскостью срастания является (010); ось Ng при этом совпадает с нормалью к двойниковому шву или отклоняется от нее на 1,5—4,0° (рис. 5, *а*); б) при совпадении ⊥ (010) с Ng координаты двойниковой оси на диаграмме В. В. Никитина располагаются вблизи номера 20 кривой альбит-эстерельского закона плагиоклаза или несколько отклоняются от него в сторону (001) ортоклаза (рис. 5, *б*); в) точки ⊥ (001) располагаются вблизи кривой ⊥ (001) плагиоклаза (рис. 5, *в*).

Наиболее важным является значительное отклонение ⊥ (001) от положения моноклинного ортоклаза к положению триклинного альбита

(рис. 5, *в*). Нормаль ко второму пинакоиду также несколько отклоняется от Ng в сторону альбита. Оба эти отклонения являются причинами псевдомоноклинной и триклинной ориентировки щелочного поле-

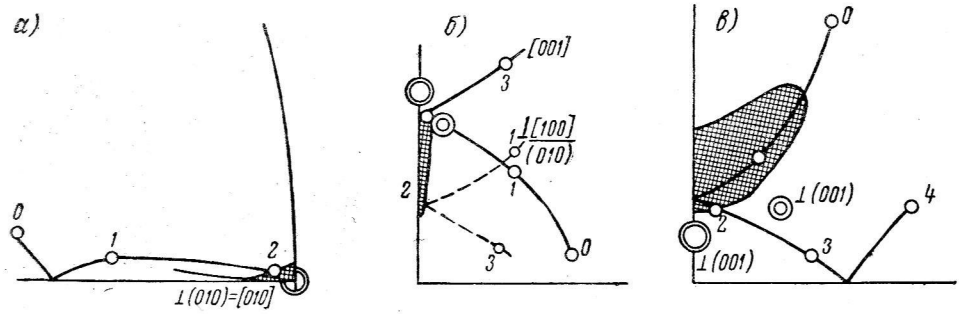


Рис. 5. Октантная диаграмма В. В. Никитина. Заштрихованные части — области расположения:

а — полюсов (010); *б* — двойниковых осей $\frac{[100]}{(010)}$; *в* — полюсов (001) в щелочных полевых шпатах; *1—4* — номера плагиоклазов

вого шпата. Примерно аналогичные результаты получены Д. С. Белянкиным [2] и Х. Офтедалем [5] на примере щелочных полевых шпатов района Осло.

6. *Ход кристаллизации щелочных полевых шпатов.* Наличие комагматичных эффузивных эквивалентов нордмаркитов — рибекитовых трахитовых порфиров, сходство внутреннего строения порфировидных выделений нордмаркитов с порфировыми фенокристаллами рибекитовых трахитовых порфиров, наличие эруптивных контактов — все эти признаки дают основания предполагать, что нордмаркиты образуются из расплава путем нормальной кристаллизации.

Наиболее полное представление о ходе кристаллизации полевых шпатов дают порфировидные выделения нордмаркитов. Кроме олигоклазового ядра, они состоят из двух щелочно-полевошпатовых зон. Первая зона псевдогомогенного и криптопертитового полевого шпата, которая в других зернах занимает центральное положение, здесь обрастает ядро и постепенно переходит во вторую — периферическую микропертит-пертитовую зону. Рассмотрим изменение состава и строения широких зон порфировидных выделений на примере рис. 6. Параллельно сравним изменение состава полевого шпата с изменением состава кристаллизующейся твердой фазы в системе альбит—анортит—ортоклаз (рис. 7).

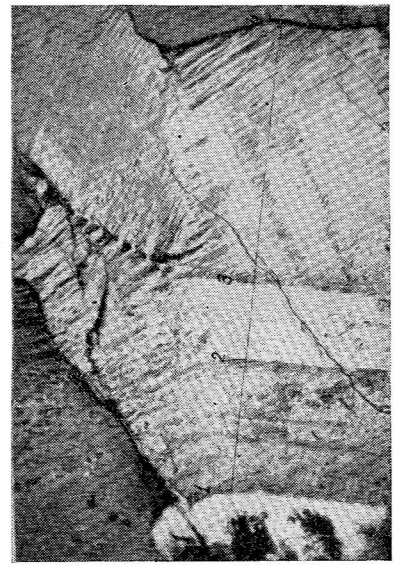


Рис. 6. Зональное порфировидное выделение полевого шпата:

1—1 — олигоклазовое ядро; *1—2* — внутренняя подзона псевдогомогенно-криптопертитовой зоны; *2—3* — внешняя подзона псевдогомогенно-криптопертитовой зоны; *3—4* — микропертит-пертитовая периферическая зона

Первой кристаллизующейся твердой фазой является олигоклаз ядра (рис. 7, точка *1*), вслед за которым кристаллизуется псевдогомогенно-

криптопертитовая зона (рис. 6, отрезок *1—3*). В пределах этой зоны выделяются две подзоны — внутренняя, примыкающая к ядру, и внешняя — к микропертит-пертитовой периферической зоне.

Внутренняя подзона либо вообще незональна, либо ее зональность вызвана появлением тонких олигоклазовых зон. Показатели преломления здесь изменяются от центра к периферии — от Ng=1,546, Np= =1,539 до Ng=1,536, Np=1,529 (везде ±0,002), что по диаграмме И. Маунтина примерно соответствует изменению состава полевого шпата в пределах ряда $Ab_{65}An_{35}$ — $Ab_{65}Or_{35}$ [7]. Таким образом, снижение показателей преломления от центра к периферии свидетельствует о последовательном уменьшении кальций-натриевого и увеличении калиевого компонента. Подобный ход кристаллизации природного расплава соответствует кристаллизации расплава в системе $KAlSi_3O_8$ — $NaAlSi_3O_8$, состав которого располагается между точкой минимума и точкой чистого альбитового компонента.

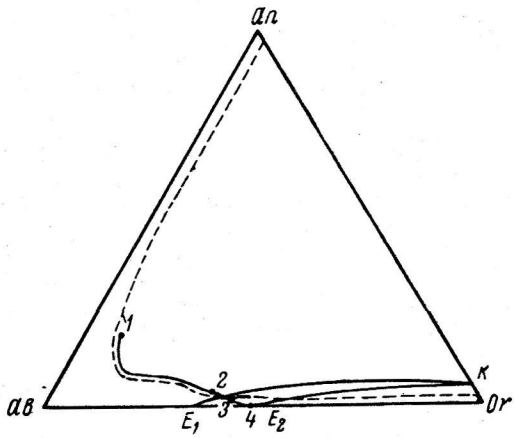


Рис. 7. Изменение состава твердой фазы при кристаллизации порфировидных выделений нордмаркитов в системе альбит—анортит—ортоклаз:

1 — состав калиево-олигоклазового ядра; *1—2* — изменение состава твердой фазы внутренней части псевдогомогенно-криптопертитовой зоны; *2—3* — изменение состава твердой фазы внешней части псевдогомогенно-криптопертитовой зоны; *3—4*— возможный ход кристаллизации периферической зоны. Котектические кривые: E_1k — по В. С. Соболеву [7]; E_2k — по Т. Барту [1]

Внешняя подзона кристаллизуется следующей. Она имеет ритмично-зональное строение и состав $Ab_{60}Or_{40}$. Такое строение примечательно двумя особенностями. Во-первых, некоторое отклонение состава тонких зон от состава среднего полевого шпата в участках с псевдогомогенным строением, является отражением того небольшого различия в составе этих зон, которое возникает в процессе кристаллизации. Во-вторых, сам факт последовательного чередования то несколько более альбитовых, то несколько более калиево-полевошпатовых зон показывает, что в процессе кристаллизации состав расплава как будто колеблется около одной точки. Эти две особенности — сближенный состав полевошпатовых фаз и их совместное присутствие в пределах зерен одной генерации, — по-видимому, указывают на кристаллизацию вблизи точки минимума (рис. 6, отрезок *2—3*). Тогда в соответствии с составом псевдогомогенных участков состав их точки минимума следует принять как $Ab_{60}Or_{40}$. Отмеченное при описании зональности отсутствие закономерности в составе, ширине и распределении зон, возможно, является косвенным признаком кристаллизации вблизи точки минимума, ибо при кристаллизации в удалении от нее следовало бы ожидать накопления в позднее кристаллизующихся зонах калиевого или натриевого компонентов. Таким образом, положение точки минимума при кристаллизации зональных участков порфировидных выделений близко тому, которое предлагается В. С. Соболевым [7].

Микропертит-пертитовая периферическая зона кристаллизуется последней. Эта зона отличается более калиевым составом (примерно $(Ab_{50}Or_{50})$, чем примерные составы среднего полевого шпата нордмаркитов ($Ab_{75}Or_{25}$ — $Ab_{60}Or_{40}$) и точки минимума ($Ab_{60}Or_{40}$).

Таблица 3

Оптические свойства фемических минералов

Минерал	Схема абсорбции	Удлинение	Ng (±0,002)	Np (±0,002)	Ng — Np	2V	cNg	cNp	Дисперсия
Синевато-зелено-бурая подщелочная роговая обманка	Ng > Nm > Np	—	1,664	1,652	0,012	—52°(:)	—	20°	r > ρ
Арфведсонит густо-синий с фиолетовыми оттенками	Ng < Nm < Np	—	1,684	1,680	0,004	—55°(:)	—	3—5°	—
Рибекит черный, густо-синий	Ng < Nm < Np	—	1,698	1,694	0,004	—	—	—	—
Зелено-бурая роговая обманка	Ng > Nm > Np	+	1,664	1,652	0,012	(—76)—(—86)°(:)	22°	—	—
Бурая роговая обманка	Ng > Nm > Np	+	1,667	1,655	0,012	(—68)—(—76)°(:)	22°	—	—
Актинолит бледно-зеленый, изумрудно-зеленый	Ng > Nm > Np	+	1,649	1,633	0,016	—85°(:)	22,5°	—	—
Бледно-зеленый пироксен, по-видимому, диопсид-геденбергит . .	—	—	1,698	1,678	0,022	+69°(:)	44,5°	—	—

Примечание. (:) — 2V определялось по двум выходам оптических осей.

Следовательно, изменение состава порфировидных выделений от центра к периферии состоит в последовательном уменьшении содержания кальций-натриевого компонента и увеличении калиевого. Подобная закономерность соответствует изменению состава твердой фазы в ходе кристаллизации системы альбит—анортит—ортоклаз.

Таким образом, изучаемые щелочные полевые шпаты, по-видимому, являются продуктом нормальной кристаллизации из расплава в системе $KAlSi_3O_8 — NaAlSi_3O_8$, состав которого расположен между точкой минимума и точкой состава чистого альбитового компонента.

Фемические минералы представлены полущелочной роговой обманкой, арфведсонитом, рибекитом, актинолитом и магнетитом. Оптические свойства этих минералов приведены в табл. 3.

Полущелочная роговая обманка встречается в самостоятельных идиоморфных кристаллах. Арфведсонит, рибекит и актинолит иногда также образуют самостоятельные призматические зерна, но чаще эти минералы вместе с магнетитом и апатитом присутствуют в частичных и полных псевдоморфозах по полущелочной роговой обманке. Магнетит находится в самостоятельных зернах, а также в виде скелетных и пластинчатых вростков в теле рибекита.

2. Непосредственный контакт нордмаркитов с основными эффузивными породами

Непосредственные контакты нордмаркитов с основными эффузивными породами наблюдаются в западной части интрузии.

Экзоконтактовое воздействие нордмаркитов на порфириты проявляется в узкой зоне (10—15 *м*) в виде слабого окварцевания и превращения порфиритов в тонкозернистый эпидотовый, реже гранат-эпидотовый скарн. Реликтовые интерсертальные и пилотакситовые структуры наблюдаются повсеместно. Генетически представляет интерес шлиф из непосредственного контакта порфиритов и нордмаркитов. В шлифе прослеживается непосредственный переход от нордмаркитов через узкую зону роговика 12 *мм* к измененному диабазовому порфириту. Роговик имеет плагиоклазово-пироксеновый состав. Его мозаичная структура состоит из равновеликих мелких зерен (0,03 *мм*), среди которых находятся крупные изометрические зерна и лейсты (0,2—0,5 *мм*) олигоклаза. Местами такие крупные лейсты образуют своеобразную бластоофитовую структуру, а местами (особенно близ контакта с нордмаркитами) более характерны крупные изометрические зерна (0,3—0,5 *мм*), образующие гранобластовую мозаичную структуру. Промежутки новообразованных структур занимают мелкие изометрические зерна пироксена (0,01—0,03 *мм*), общее содержание которых резко уменьшается. Таким образом, контакт показывает, что параллельно с роговиковой изохимической перекристаллизацией первоначальной эффузивной породы, дающей однородный агрегат мелких изометрических зерен, в ней растут крупные идиоморфные лейсты и изометрические зерна плагиоклаза. Последние резко изменяют процентное соотношение минералов в сторону плагиоклаза и дают начало новой, укрупненной бластоофитовой или мозаичной гранобластовой структуре. Возникающие в процессе перекристаллизации и обмена подобные бластоофитовые и мозаичные гранобластовые структуры являются переходными между изохимически перекристаллизованными мозаичными структурами роговиков и укрупненными (метасоматическими) гранобластовыми структурами ксенолитов.

Химический состав порфиритов в 2 *м* от непосредственного контакта с нордмаркитами приведен в табл. 2.

Эндоконтактовые изменения нордмаркитов проявляются в зоне шириной около 10 *м*. Нордмаркиты уменьшают размер зерна, становятся порфировидными, меланократовыми и содержат значительный процент тонкозернистых полевошпато-роговообманковых мелких включений и нормальных ксенолитов. Неравномерно распределенная мелкозернистая и игольчатая роговая обманка образует кучные скопления и гнездовидные образования. Содержание роговой обманки непосредственно зависит от содержания ксенолитов. Ее узко локальная связь с ксенолитами и тонкозернистыми полевошпато-роговообманковыми мелкими включениями создает впечатление о почти полном ее ассимиляционном происхождении. Таким образом, в контакте с порфиритами нордмаркиты представлены гибридными фациями. Описание гибридных нордмаркитов приводится далее. Химический состав нордмаркитов из непосредственного контакта с порфиритами приведен в табл. 2.

Изучение приконтактовых явлений в нордмаркитах показывает, что их тепловое и метасоматическое воздействие на вмещающие порфириты проявляется крайне незначительно. По-видимому, это является признаком кратковременного взаимодействия и расплавления магмой стенок камеры. Гораздо больший эффект в засорении и наполнении нордмаркитов обломками боковых пород скорее принадлежит механическому фактору. За счет обломков и их дальнейших продуктов переработки — ксенолитов и тонкозернистых полевошпато-роговообманковых мелких включений — создается повышенное содержание роговой обманки.

3. Ксенолиты

Общая характеристика и особенности строения. Ксенолиты встречаются почти во всех обнажениях нордмаркитов. Особенно богаты ими эндоконтактовые фации нордмаркитов. По форме ксенолиты округлые. Их размеры колеблются от долей до нескольких десятков сантиметров, иногда отмечаются «останцы» основных эффузивных пород диаметром 3—15 *м*. Ксенолиты имеют темноцветный облик, тонкозернистое и мелкозернистое строение и содержат порфиробласты полевого шпата размером 0,2—1,2 *см*; последних особенно много в эндоконтактах крупных ксенолитов. В экзоконтактах крупные ксенолиты окружены меланократовыми оторочками гибридных нордмаркитов. Под микроскопом установлено, что тонкозернистые ксенолиты являются пироксено-полевошпатовыми с мозаичной гранобластовой структурой, а мелкозернистые — роговообманково-полевошпатовыми с зубчатой гранобластовой структурой.

Иногда отмечаются зональные ксенолиты, в которых центральные части имеют пироксено-полевошпатовый состав и мозаичную гранобластовую структуру, а периферические — роговообманково-полевошпатовый состав и зубчатую гранобластовую структуру. Переход от центральных частей к периферическим постепенный. Содержание фемических минералов в ксенолитах изменяется в пределах 15—25%. Химические анализы пироксено-полевошпатового и роговообманково-полевошпатового ксенолитов приведены в табл. 2.

Структура. Мозаичная гранобластовая структура (рис. 8) пироксено-полевошпатовых ксенолитов состоит из неправильных и таблитчатых зерен полевого шпата (диаметром 0,2—0,3 *мм*), между которыми расположены мелкие изометрические зерна пироксена (диаметром 0,1—0,15 *мм*).

Зубчатая гранобластовая структура (рис. 9) роговообманково-полевошпатовых ксенолитов состоит из неправильных зерен полевого шпата (диаметром 0,3—0,5 *мм*), между которыми располо-

жены ксеноморфные и гипидиоморфные призматические зерна роговой обманки (диаметром 0,1—0,3 *мм*).

Порфиробласты полевого шпата представлены неправильно ограниченными крупными зернами (диаметром 1—6 *мм*) с характерной ситовидной структурой. Во включениях находятся зерна пироксена и роговой обманки тех же размеров и в том же расположении, как и в основной массе, а также соответствующие им псевдоморфозы альбита, соссюритоподобного продукта и магнетита, являющиеся как бы «переваренными» внутри порфирокласта включениями фемических минералов. Порфиробласты полевого шпата содержат разнообразные прожилковые и антипертитовые *вростки калиевого* полевого шпата и отдельные реликтовые участки зерен антипертита и пертита.

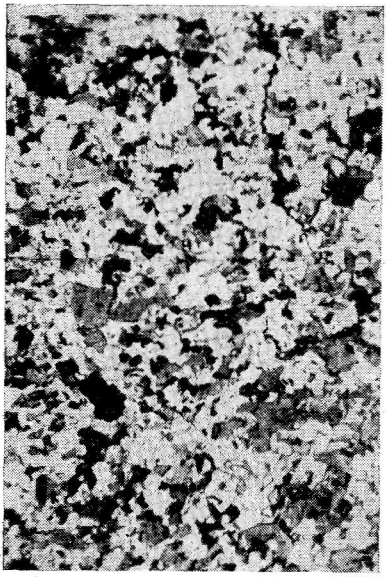


Рис. 8. Мозаичная гранобластовая структура пироксено-полевошпатового ксенолита

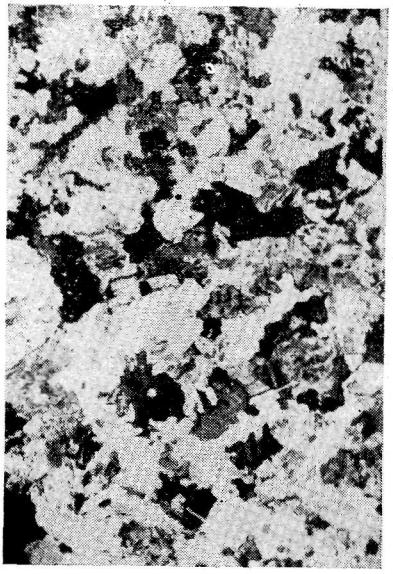


Рис. 9. Зубчатая гранобластовая структура роговообманково-полевошпатового ксенолита

Порфиробласты пироксена представлены идиоморфными и гипидиоморфными кристаллами размером 0,6—0,9 *мм*. Иногда наблюдаются скопления мелких сросшихся зерен пироксена, дающих как бы переход к настоящему порфирокласту. Порфиробласты пироксена чаще, чем зерна пироксена основной массы, замещаются роговой обманкой и биотитом, что типично для многих ксенолитов. В то время как пироксен порфирокластов почти целиком замещается роговой обманкой, а впоследствии биотитом, эпидотом и магнетитом, мелкие зерна пироксена основной массы окружены едва заметной каймой зеленовато-бурой роговой обманки, т. е. пироксен основной массы является как бы «законсервированным» в ней, подобно тому как он иногда «консервируется» внутри порфирокластов плагиоклаза.

Минералы

Полевой шпат. 1. Внутреннее строение и состав. Как и полевошпатовые зерна в нордмаркитах, полевошпатовые зерна ксенолитов имеют псевдогомогенное и криптопертитовое по закону (110) строе-

ние в центре и пертитовое строение по периферии. Двупреломление и преломление квазигомогенных участков варьирует в пределах одного зерна и для разных зерен. Так, показатели преломления порфиробластов уменьшаются от центра к периферии — от Ng=1,550, Np=1,544 до Ng=1,542, Np=1,536 (везде ±0,002). По диаграмме И. Маунтина это соответствует изменению состава полевого шпата почти по всему ряду от $Ab_{65}An_{35}$ до $Ab_{65}Or_{35}$. Нормативный полевой шпат ксенолитов имеет примерный состав $Ab_{73}Or_{25}An_3$.

2. Двойникование. Как и порфировидные выделения в нордмаркитах, порфиробласты в ксенолитах сдвойникованы в простые двойники по альбит-эстерельскому и эстерельскому законам. Наблюдается большое разнообразие срастаний зерен основной массы. Наиболее распространены срастания по манебахскому закону двойникования, встречаются срастания по альбит-эстерельскому и эстерельскому законам, срастания по (010) для одного зерна и по (001) для другого, а также срастания с двойниковыми осями $\perp(021)$; $\perp(110)$; $\perp(101)$.

3. Иногда в зернах полевого шпата имеются прямоугольные серицитизированные реликтовые лейсты полисинтетически сдвойникованного плагиоклаза (размером 0,6—0,15 *мм*).

Фемические минералы представлены пироксеном, по-видимому, диопсид-геденбергитом, зелено-бурой роговой обманкой, бурой роговой обманкой и актинолитом. Оптические свойства фемических минералов приведены в табл. 3. Фемические минералы образуют каемчатые и зональные зерна.

1. Зелено-бурая роговая обманка встречается как в самостоятельных ксеноморфных зернах, так и в каемчатых в виде гомоосевых псевдоморфоз по пироксену.

2. Актинолит находится в зональных зернах вместе с бурой роговой обманкой. Актинолит, занимающий центр зерна (2V=—86°), к краю с нерезким контактом переходит в бурую роговую обманку (2V=—74°).

Сиенитизация обломков основных эффузивных пород. Постепенные переходы от измененных основных эффузивных пород к ксенолитам в зонах эруптивных контактов и преобладание среди вмещающих пород основных эффузивных пород показывает, что последние являются родоначальными породами ксенолитов.

По минералогическому и химическому составу ксенолиты соответствуют щелочным сиенитам, что свидетельствует о почти полной их переработке нордмаркитовой магмой. Однако реликтовые признаки в структуре ксенолитов сохранились: реликтовые лейсты плагиоклаза внутри полевошпатовых зерен и повышенное содержание фемических минералов (25%).

Механизм превращения основной эффузивной породы в породу, аналогичную пироксено-полевошпатовому ксенолиту, прослежен на примере непосредственного контакта нордмаркитов с основными эффузивными породами. В узкой зоне контакта в результате существенного изменения состава основной эффузивной породы в процессе перекристаллизации и обмена с привносом натрия, калия, кальция, алюминия и выносом магния, железа и титана возникают пироксено-полевошпатовые породы, похожие на пироксено-полевошпатовые породы ксенолитов. Гранобластовые мозаичные структуры этих пород аналогичны гранобластовым структурам пироксено-полевошпатовых ксенолитов. Таким образом, гранобластовые структуры ксенолитов оригинальны и по своему метасоматическому генезису отличаются от похожих на них по внешнему виду гранобластовых структур роговиков.

Присутствие в нордмаркитах зональных ксенолитов, центральные части которых имеют пироксено-полевошпатовый состав и мозаичную гранобластовую структуру, а периферические — роговообманково-полевошпатовый состав и зубчатую гранобластовую структуру, указывает на возможность образования роговообманково-полевошпатовых ксенолитов из пироксено-полевошпатовых. Процесс укрупнения мозаичной структуры до размеров зубчатой идет параллельно с процессом превращения пироксена в роговую обманку и сопровождается выносом кальция, магния, двухвалентного железа и привносом кремния, титана, марганца, трехвалентного железа, фосфора и воды. Привнос указанных компонентов, по-видимому, вызван их участием в постройке решетки роговой обманки. Укрупнение зерна мозаичной структуры до размеров зерна зубчатой структуры соответствует общей тенденции укрупнения зерна ксенолитов и их приближения к размерам зерен нордмаркитов. Существенных изменений химизма ксенолитов при этом не происходит.

Появление порфиробластов представляет собой дальнейшее проявление все той же тенденции укрупнения зерен ксенолитов. Порфиробласты полевого шпата, по-видимому, образуются в процессе разрастания отдельных полевошпатовых зерен с захватом соседних полевошпатовых зерен и зерен фемических минералов. На такой способ образования указывает «лапчатый» характер порфиробластов, частые реликты пертитовых зерен и ситовидные структуры. Порфиробласты пироксена чаще, чем зерна основной массы, подвергаются замещению роговой обманкой и биотитом. По-видимому, помимо межзерновых пространств в породе ксенолита имеются какие-то устойчивые каналы (трещины), к которым приурочена циркулирующая деятельность компонентов, вначале способствующая росту порфиробластов пироксена (наверное, и плагиоклаза), а затем — его преимущественному замещению роговой обманкой и далее биотитом и более низкотемпературными минералами, тогда как более неустойчивые к растворению из-за небольших размеров зерна пироксена основной массы все-таки оставались сохранными.

4. Гибридные нордмаркиты

Условия залегания. Гибридные нордмаркиты образуют локальные эндоконтактовые фации мощностью 5—10 *м* на контакте нордмаркитов с гранит-порфирами и основными эффузивными породами. Гибридные нордмаркиты наблюдаются также в виде меланократовых оторочек вокруг ксенолитов. Сосредоточение гибридных нордмаркитов внутри ксенолитового пояса у контакта с гранит-порфирами составляет примечательную особенность их расположения.

Текстура и состав. Гибридные нордмаркиты — порфировидные, меланократовые породы, содержание роговой обманки в которых варьирует от 20 до 50%. Порфировидные выделения представлены зернами полевого шпата размером 1,5—0,7 *мм*. Пространство между порфировидными выделениями выполнено мелкозернистым полевошпато-роговообманковым базисом, а также мелкими ксенолитами.

Внутри ксенолитового пояса у контакта с гранит-порфирами гибридные нордмаркиты представлены полосчатыми разновидностями. В полосчатых гибридных нордмаркитах светлые лейкократовые полосы шириной 7—10 *см* чередуются с темными меланократовыми шириной 1—2 *см*. Внутри меланократовых полос нередко отмечаются тонкозернистые ленточные ксенолиты. Гибридные нордмаркиты лейкократовых

полос отличаются от гибридных нордмаркитов меланократовых полос меньшим цветовым индексом и соответственно бо́льшим содержанием полевошпатовых порфировидных выделений.

Структура. Гибридные нордмаркиты имеют призматически-зернистую и криптовую структуру. Их призматически-зернистая структура аналогична структуре нормальных нордмаркитов. Криптовая структура образована полевошпатовыми порфировидными выделениями, между которыми находятся мелкие призматические зерна роговой обманки размером 0,3—0,5 *мм* и полевошпато-роговообманковые микроксенолиты размером 0,5—0,6 *мм*. Структурные взаимоотношения минералов гибридной породы показаны на рис. 10. Роговая обманка проявляет хороший идиоморфизм относительно кварца и полевого шпата.

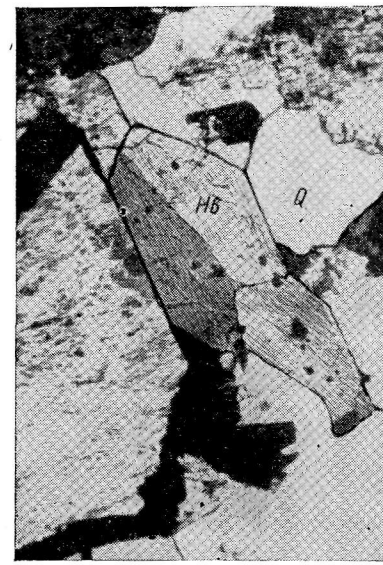


Рис. 10. Структурные взаимоотношения роговой обманки, полевого шпата и кварца в гибридном нордмарките

Минералы

Полевые шпаты представлены псевдогомогенными и криптопертитовыми в центре и пертитовыми по периферии зернами, сдвойникованными в простые двойники по альбит-эстерельскому и эстерельскому законам. По внутреннему строению полевошпатовые зерна делятся на три группы: 1) нормально зональные зерна, по-видимому, чисто магматические образования; 2) порфировидные выделения, состоящие из крупных с ситовидными структурами ядер и обрастающих их ритмично-зональных кайм, по-видимому, гибридного происхождения; 3) зерна с ситовидными структурами — обычные порфиробласты.

Фемические минералы представлены зелено-бурой роговой обманкой, бурой роговой обманкой и актинолитом. Оптические свойства роговых обманок приведены в табл. 3. Амфиболы образуют идиоморфные и ксеноморфные зональные зерна, в которых центральные части сложены зелено-бурой роговой обманкой или актинолитом, а периферические — бурой роговой обманкой. Переход от одной разновидности роговой обманки к другой — быстрый и постепенный.

Особенности строения гибридных нордмаркитов. В отличие от нормальных нордмаркитов в гибридных нордмаркитах: 1) увеличивается содержание роговой обманки; 2) химические составы соответственно обнаруживают повышенные содержания кальция, магния и железа; 3) повышенное содержание титана и марганца даже по сравнению с вмещающими основными эффузивными породами; 4) полевошпатовые зерна представлены не только нормально-зональными порфировидными выделениями, но и порфиробластами с ситовидной структурой; 5) роговые обманки аналогичны роговым обманкам ксенолитов и представлены бурыми и зелено-бурыми разностями.

Полущелочная и щелочные роговые обманки в гибридных нордмаркитах не встречаются. Структурные взаимоотношения различных разновидностей роговых обманок в гибридных и нормальных нордмарки-

тах показывают, что фемические минералы этих пород образуют реакционный ряд: пироксен ксенолитово-бурая и зелено-бурая роговые обманки ксенолитов и гибридных нордмаркитов — полущелочная и щелочные роговые обманки нормальных нордмаркитов.

Генезис гибридных нордмаркитов. Для выяснения их генезиса рассмотрим генезис гибридных нордмаркитов из меланократовых оторочек вокруг ксенолитов. Этот вопрос непосредственно связан с вопросом о первичной природе ксенолитов и о процессах их преобразования в магме. Как уже отмечалось, породы, представляющие последовательные стадии изменения основных эффузивных пород в нордмаркитовой магме, образуют ряд: порфирит вмещающих пород → пироксено-полевошпатовая метасоматическая порода экзоконтакта → пироксено-полевошпатовый ксенолит → роговообманково-полевошпатовый ксенолит. Таким образом, изменение химизма пород этого ряда следует по пути выравнивания состава с приближением к составу нордмаркита. Очевидно, процесс происходит путем привноса кальция, железа, магния и выноса натрия и калия (сиенитизация). Поэтому естественно предположить, что источником дополнительных количеств кальция, железа, магния в меланократовых оторочках будут компоненты, вынесенные из ксенолита в процессе его преобразования. Нормальная гипидиоморфнозернистая структура гибридных нордмаркитов и ритмичная зональность полевых шпатов указывают на магматический способ кристаллизации минералов этих пород. Следовательно, вынос компонентов из ксенолитов — процесс дебазификации и привнос компонентов — процесс сиенитизации, по-видимому, происходят в магматическую стадию во время взаимодействия ксенолита и магмы. Иначе сиенитизацию ксенолита в магме можно сравнить с поведением плавящегося и кристаллизующегося в тигле кристалла основного плагиоклаза в более кислом, например альбитовом расплаве. Как известно [2], более основной плагиоклаз не может расплавиться до тех пор, пока диффузия в твердом состоянии (магматическая альбитизация) не приравняет его состав к составу расплава. Такая магматическая альбитизация, в рассматриваемом случае сиенитизация, по-видимому, играет главную роль в преобразовании обломков основных эффузивных пород в нордмаркитовой магме.

Вытесненные из ксенолита ионы кальция, магния, железа фиксируются в жидкой, окружающей ксенолит оболочке (если диффузия и течение магмы не разносят их по всему объему) и кристаллизуются в виде гибридного нордмаркита. Более основной химический состав, наличие индуцирующих поверхностей стенок ксенолитов и готовых зародышей в виде выплавленных ксенокристаллов служат причиной более ранней кристаллизации меланократовых оторочек.

В литературе имеется другая точка зрения об источнике компонентов меланократовых оторочек вокруг ксенолитов, в том числе вокруг ксенолитов диабазов. Аналогично процессу скарнообразования [5] предполагают, что меланократовые оторочки возникают на основании стяжения необходимых компонентов из окружающих участков породы в постмагматическую стадию. Однако рассмотрение гибридных нордмаркитов из меланократовых оторочек вокруг ксенолитов основных эффузивов пород показывает, что с этим мнением согласиться нельзя ни в вопросе об источнике компонентов, ни в том, что процесс изменения состава ксенолитов происходит в постмагматическую стадию развития породы. При этом высокие содержания в гибридных нордмаркитах титана и марганца, превышающие содержания этих компонентов в основных эффузивных породах, действительно можно объяснить только ми-

грацией их к ксенолиту из магмы. Однако причиной миграции дополнительных количеств титана и марганца, по-видимому, является их необходимое участие в постройке решетки роговой обманки, основные компоненты которой были вынесены из ксенолита.

5. Определение ориентировочного процента ассимилированного материала

Для определения ориентировочного процента основных эффузивных пород, ассимилированных нордмаркитами, воспользуемся следующим условным приемом. Вычтем из состава среднего нордмаркита не 3—5% действительного содержания материала основных пород, а, например, 10% порфиритов. В результате получим состав условной неконтаминированной нордмаркитовой породы, в отношении которой нормальные нордмаркиты будут породами, условно контаминированными 10% порфиритов. Далее состав «условно неконтаминированного нордмаркита» пересчитаем на нормативный состав и сравним его с нормативным составом нормального «условно контаминированного» нордмаркита. Разницу нормативных составов покажет результат ассимиляции 10% порфиритов. Очевидно, аналогичная операция может быть проделана с 10% диабазов (табл. 4).

Таблица 4

Нормативные составы „условно неконтаминированных“ и „условно контаминированных“ нордмаркитов

Порода	Полевой шпат			Кварц	Фемический минерал					
	ab	*an*	*or*	*q*	*wo*	*En*	*fs*	*mt*	*il*	*ap*
Нордмаркит или „условно контаминированный“ нордмаркит	57,0	2,75	25,5	6,40	1,1	2,8	0,3	2,85	1,0	0,3
	59,75				4,2			4,15		
	85,25			6,4	8,35					
Нордмаркит минус 10% порфиритов или „условно неконтаминированный“ нордмаркит	58,5	1,0	27,5	6,0	1,2	2,2	1,1	2,4	1,0	0,2
	59,5				3,4			3,6		
	87,0			6,0	7,0					
Нордмаркит минус 10% диабазов или „условно неконтаминированный“ нордмаркит	61,0	—	27,0	6,7	0,2	1,2	0,2	2,7	0,8	0,2
	61,0				1,6			3,7		
	88,0			6,7	5,3					

В табл. 5 нормативные составы подсчитываются с некоторым отступлением от правил. Принимая во внимание, что первым кристаллизующимся минералом является плагиоклаз и что фемические минералы представлены щелочными роговыми обманками, при расчете нормативного состава вслед за ортоклазом рассчитывается не альбит, а анортит. Результатом явится появление большого процента анортита, исчезновение волластонита и появление акмита. Вычисление нормативного состава по второму способу производится с целью приближения нормативного расчета компонентов к их распределению в реальном ходе кристаллизации.

Таблица 5

Нормативные составы „условно неконтаминированных“ и „условно контаминированных“ нордмаркитов, высчитанные с некоторым отступлением от правил

Порода	Полевой шпат			Кварц	Фемический минерал					
	ab	*an*	*or*	*q*	*En*	*fs*	*as*	*mt*	*il*	*ap*
Нордмаркит или „условно контаминированный“ нордмаркит	52,5	5,0	25,5	6,7	2,8	1,2	3,6	1,5	1,0	0,2
	57,5				4,0		3,6		2,7	
	83,0			6,7	10,3					
Нордмаркит минус 10% порфиритов или „условно неконтаминированный“ нордмаркит	53,5	3,5	27,5	5,9	2,2	1,0	4,0	1,2	1,0	0,2
	57,0				3,2		4,0		2,4	
	84,5			5,9	9,6					
Нордмаркит минус 10% диабазов или „условно неконтаминированный“ нордмаркит	60,0	0,5	27,0	6,7	1,2	0,4	0,8	2,4	0,8	0,2
	60,5				1,6		0,8		3,4	
	87,5			6,7	5,8					

Из табл. 4 и 5 можно сделать следующие выводы:

1. Количество полевых шпатов в нордмаркитах при ассимиляции порфиритов убывает на 1,75—1,5%, а при ассимиляции диабазов — на 4,5—2,75%. Это происходит главным образом из-за снижения содержания щелочных полевых шпатов. Уменьшение количества щелочных полевых шпатов происходит за счет уменьшения концентрации щелочных металлов в расширившемся при ассимиляции объеме или за счет их выноса в ксенолиты и боковые породы. Увеличение количества анортита на 4,5—1,5% отражает обратную тенденцию: увеличение роли кальция в имеющемся объеме за счет выноса его из ксенолитов и стенок магматической камеры. Суммарное содержание альбита и анортита снижается. Номер плагиоклаза возрастает.

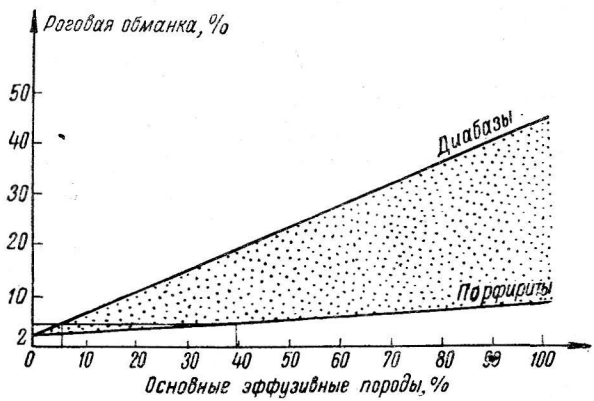


Рис. 11. Определение ориентировочного процента ассимилированных основных пород в нордмаркитах

2. Количество фемического минерала — условной роговой обманки — при ассимиляции порфиритов возрастает на 1,35—0,7%, главным образом, за счет энстатита и в меньшей мере за счет ферросилита. Количество акмита уменьшается. При ассимиляции диабазов количество условной роговой обманки возрастает на 4,5—3,05%. Количество нормативного магнетита и ильменита при ассимиляции увеличивается.

Таким образом, добавка 10% порфиритов увеличивает содержание роговой обманки в нордмаркитах на 1,4—0,7%, а добавка 10% диабазов — на 3,05—4,5%. Очевидно, каждая следующая добавка к уже

контаминированным нордмаркитам еще 10% диабазов или 10% порфиритов будет увеличивать содержание роговой обманки примерно на ту же величину, т. е. зависимость между процентом ассимилированных пород и соответствующим приращением роговой обманки имеет примерно линейный характер. Для вычисления процента ассимилированных порфиритов и диабазов по роговой обманке построим график, на котором по оси абсцисс отложим процент ассимилированных основных эффузивных пород — порфиритов и диабазов, а по оси ординат — приращение процента роговой обманки при ассимиляции этих пород. За начальную ординату примем содержание роговой обманки 2% (рис. 11). Если предположить, что примерно половина из 4,7% роговой обманки имеет гибридное происхождение, то для образования потребуется максимально 40% порфиритов, минимально 5% диабазов. По-видимому, в пределах 5—40% заключены цифры реально ассимилированных основных пород.

6. О влиянии ассимиляции основных эффузивных пород на ход кристаллизации нордмаркитов

Некоторые сиенитовые магмы богаты железом и при благоприятных условиях образуют его свободные концентрации в виде месторождений. Явления ассимиляции могут оказывать влияние на этот процесс.

Как отмечалось, нордмаркиты образуются в результате нормальной кристаллизации из расплава. Рассмотрим их ход кристаллизации в системе альбит—анортит—ортоклаз—диопсид, где вместо роговой обманки присутствует диопсид. Как видно из рис. 12, точка N, соответствующая составу нордмаркита, расположена ниже условной плоскости $\varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3$. Следовательно, первым кристаллизующимся минералом будет полевой шпат. Как показано выше (см. рис. 7), первым кристаллизующимся полевым шпатом является олигоклаз, вторым — щелочной полевой шпат. На последних стадиях кристаллизации к щелочному полевому шпату присоединяются кварц и полущелочная роговая обманка. Последующее замещение полущелочной роговой обманки вторичными щелочными роговыми обманками и магнетитом указывает на неравновесный ее состав с последними порциями кристаллизующейся магмы или с постмагматическими растворами, которые, по-видимому, были богаты натрием и железом. Вероятно, таким был ход кристаллизации нордмаркитов.

При ассимиляции основных пород нордмаркиты обогащаются кальцием, магнием и железом. Обогащение этими компонентами происходит, во-первых, за счет их привноса из ксенолитов и, во-вторых, за счет увеличения их концентрации в результате выноса других компонентов в ксенолиты. Влияние ассимилированных кальция, магния, железа на кристаллизацию нордмаркитов проявляется по-разному. Ассимиляция кальция ведет к увеличению плагиоклаза, и если содержание плагиоклаза превысит пределы его растворимости в щелочном полевом шпате, первым будет кристаллизоваться плагиоклаз. Возможно, олигоклазовые ядра порфировидных выделений имеют именно такое происхождение. В нордмаркитах соседней интрузии «Большой Урал», в которой явления ассимиляции проявлены слабо, подобные олигоклазовые ядра в порфировидных выделениях отсутствуют. Увеличение количества плагиоклаза ведет к увеличению связанного в его решетке алюминия, и если магма не была пересыщена глиноземом, прямым следствием этого процесса будет накопление в остаточном расплаве и в газовой фазе щелочей и кремнезема.

Добавка к нордмаркитам магния и железа ведет к образованию дополнительного количества роговой обманки, которая, как видно из рис. 12, начинает выкристаллизовываться тем раньше, чем выше процент ассимилированных основных эффузивных пород. Если этот процент весьма высок и точка из объема AbAnOr $\varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3$ перемещается в объем $Di\varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3$, первым кристаллизующимся в системе минералом будет не плагиоклаз, а роговая обманка. Очевидно, так же протекает и кристаллизация гибридных нордмаркитов. С началом кристаллизации часть кальция войдет в состав роговой обманки и, следовательно, количество кристаллизующегося плагиоклаза сократится, а его тенденция создания избытка щелочей и кремнезема снизится. Поэтому разрыв в моментах начала кристаллизации плагиоклаза и роговой обманки способствует преимущественной кристаллизации кальция в плагиоклазе.

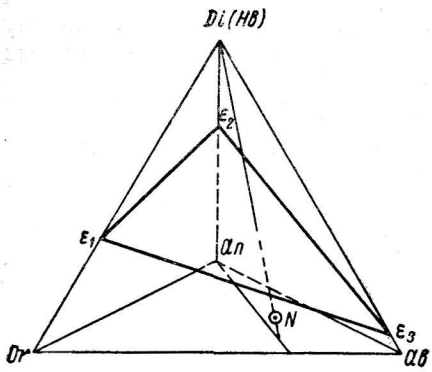


Рис. 12. Схематическая система анортит—диопсид—ортоклаз—альбит:
$\varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3$ — условная плоскость, проходящая через эвтектические точки двойных систем; N — средний состав нордмаркитов

Конечные результаты влияния ассимиляции основных эффузивных пород на кристаллизацию нордмаркитов можно иллюстрировать сравнением нормативных составов «условно контаминированных» и «условно неконтаминированных» нордмаркитов, рассчитанных с учетом распределения компонентов в предполагаемом процессе кристаллизации. Как видно из табл. 5, ассимиляция диабазов ведет к увеличению содержания акмита и уменьшению содержания магнетита, а ассимиляция порфиритов — к уменьшению содержания акмита и некоторому увеличению содержания магнетита. Иначе ассимиляция диабазов влечет за собой увеличение щелочного и железистого характера остаточного расплава, а ассимиляция порфиритов снижает щелочной и железистый характер остаточной магмы. Возможно, изменение содержания щелочных и железистых соединений в остаточной магме, в свою очередь, оказывает влияние на щелочность и железистость постмагматических растворов.

Заключение

1. Полевые шпаты нордмаркитов — сложные криптопертитовые, зональные, с большим углом оптических осей щелочные полевые шпаты ряда $Ab_{60}Or_{40}$ — $Ab_{100}Or_0$. Они, по-видимому, кристаллизуются в системе альбит—ортоклаз между точкой минимума и точкой альбита.

2. Амфиболы нордмаркитов представлены несколькими разновидностями, образующими реакционный ряд: зелено-бурая роговая обманка → бурая роговая обманка → полущелочная роговая обманка → → щелочные амфиболы.

3. Ассимиляция диабазов повышает, а ассимиляция порфиритов снижает щелочной и железистый характер остаточного расплава.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барт Т. Теоретическая петрология. ИЛ, 1956.
2. Белянкин Д. С. Избранные труды, т. II. Изд-во АН СССР, 1958.
3. Боуэн Н. Л. Эволюция изверженных пород. ОНТИ, 1934.
4. Лодочников В. Н. К петрологии Воронежской кристаллической глыбы Русской платформы. Материалы по общ. и прикл. геол., 1927, вып. 69.
5. Офтедаль Х. Полевые шпаты изверженного комплекса района Осло. Сб. «Полевые шпаты», ИЛ, 1952, стр. 313—387.
6. Рейнольдс Д. Последовательность геохимических изменений. Сб. «Проблемы образования гранитов», № 2, ИЛ, 1950, стр. 108—187.
7. Соболев В. С. Дополнения к диаграммам плавности систем нефелин—калиофилит—кремнезем и ортоклаз—альбит—анортит. Минерал. сб. Львовского геол. об-ва, 1956, № 10.
8. Mountain E. D. Min. Mag., 1925, N 20, p. 331—345.