

НАХОДКА ИЗВЕСТКОВОГО МИРМЕКИТА (КВАРЦ-ПЛАГИОКЛАЗОВЫХ СИМПЛЕКТИТОВ) В ГАББРО-НОРИТАХ ПЛАТИНОНОСНОГО ПОЯСА УРАЛА

А. А. Ефимов, Л. П. Ефимова, К. В. Флерова, В. И. Маегов

Впервые мирмекит необычного типа (червеобразные вроски кварца в кальциевом плагиоклазе) был обнаружен Н.В. Павловым и Б.Е. Карским [4] в породах Джугджурского анортозитового массива, известного по работе А.М. Ленникова [3]. Измерениями на федоровском столике было показано, что плагиоклаз во вмещающем анортозите имеет состав лабрадора An_{49} – An_{55} , а в мирмеките – битовнита An_{70} – An_{90} . Авторы сделали вывод об открытии ранее неизвестного образования, названного затем в западных публикациях “известковым мирмекитом” (*calcic myrmekite*). В последующее время появились сообщения о находках известкового мирмекита во многих канадских анортозитовых массивах – Labrieville, Harp Lake, St-Urbain, Lac Allard, River Valley и др., а также в анортозитах двух из-

вестных расслоенных комплексов – Бушвельдского и Стиллуотерского. Особенно детально, с использованием точных методов локального анализа, был изучен и описан известковый мирмекит в анортозитах массива St-Urbain [6].

Во всем подобный описанному в цитированных работах известковый мирмекит впервые обнаружен авторами в Платиноносном поясе Урала, в габбро-норитах Каменного Увала – скалистого хребта с абсолютной отметкой 490.2 м и протяженностью около 3 км, находящегося в центре крупной структурной единицы Кытлымского массива – Валенторского блока. Хребет ориентирован в северо-западном направлении, согласно с трахитоидностью, создающей внутренний структурный рисунок блока (рис. 1). Комплекс пород, слагающих Каменный

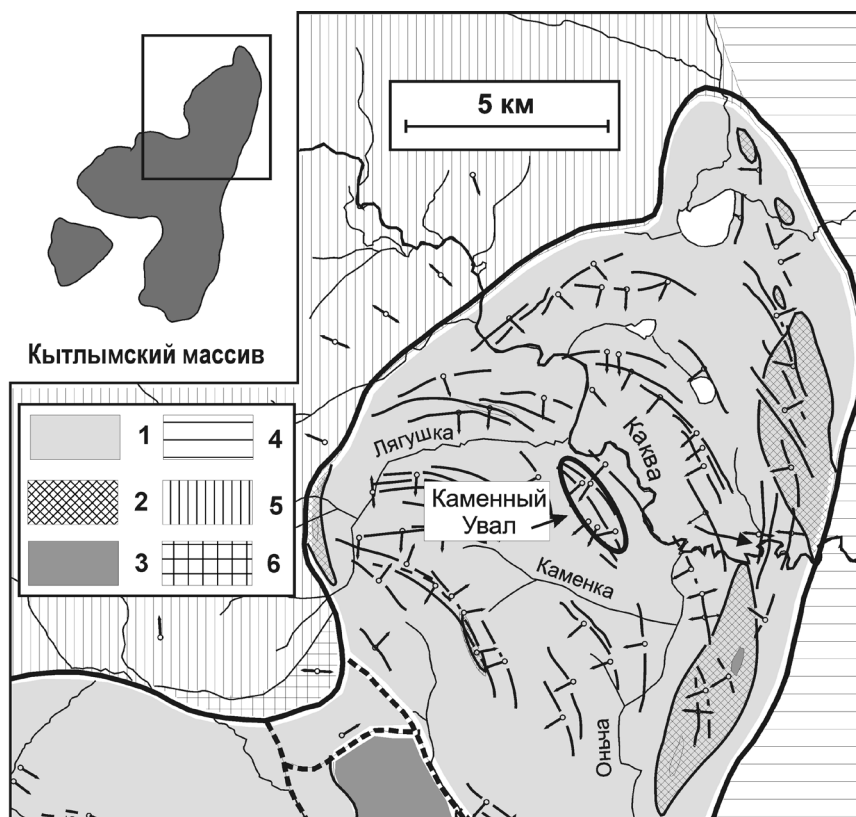


Рис. 1. Схема геологического строения северо-восточной части Кытлымского массива [1].

1 – габбро-нориты, 2 – оливиновые габбро, 3 – пироксениты, 4 – слабо метаморфизованные силурийские вулканы Тагильской зоны, 5 – зеленые сланцы и амфиболиты, 6 – двупироксеновые гранулиты (“роговики”). Показан приблизительный контур орографической единицы Валенторского блока – Каменного Увала, сложенной габбро-норитами с известковым мирмекитом.

Таблица 1. Химический и нормативный состав габбро-норитов Каменного Увала

№ обр.	25632	25633	25634	25635	25636	25637
SiO ₂	49.99	50.48	49.49	49.39	49.52	48.88
TiO ₂	0.77	0.85	0.7	0.73	0.65	0.52
Al ₂ O ₃	17.7	17.26	18.02	17.2	17.95	18.13
Fe ₂ O ₃	4.01	3.74	4.44	3.79	3.36	3.37
FeO	7.87	8.6	6.58	8.07	7.86	6.95
MnO	0.22	0.22	0.2	0.22	0.19	0.18
MgO	5.93	5.83	6.45	6.24	6.18	6.87
CaO	9.99	9.89	10.57	10.86	10.69	11.15
Na ₂ O	2.57	2.5	2.18	2.37	2.50	1.92
K ₂ O	0.27	0.27	0.22	0.19	0.22	0.16
П.п.п.	0.36	0.32	0.72	0.66	0.86	0.86
Cr ₂ O ₃	0.006	0.007	0.011	0.01	0.009	0.009
P ₂ O ₅	0.14	0.16	0.05	0.05	0.06	0.05
Сумма	99.83	100.13	99.63	99.78	100.05	99.05
Rb*	Н/о	Н/о	Н/о	Н/о	Н/о	Н/о
Sr*	522	483	470	453	506	493
Fsp	59.68	57.9	59.15	57.36	60.02	59.62
Cpx	10.75	10.89	11.27	15.01	12.82	12.34
Opx	15.93	15.42	17.73	14.99	15.89	18.91
Qu	3.87	5.38	3.57	3.22	2.55	2.9
Tmt	9.54	10.16	8.19	9.33	8.61	7.14
PL _N	60.68	66.99	66.44	62.69	62.32	70.09
F	52.52	53.96	48.37	51.26	50.12	45.34

Примечание. Rb*, Sr* – значения, полученные XRF-методом. Нормативные минералы (мас. %): Fsp – полевые шпаты, Cpx – клинопироксен, Opx – ортопироксен, Qu – кварц, Tmt – магнетит + ильменит. PL_N – состав нормативного плагиоклаза (мол. % An). F – железистость породы (ат. %).

Увал, Валенторский блок в целом и составляющий около половины объема всего Платиноносного пояса, был назван в свое время *Валенторской ассоциацией* [1]. Он сложен габбро-норитами, среди которых можно выделить первичный тип и метамор-

физованные, “модифицированные” разности. Первичный тип представлен лабрадорowymi габбро-норитами офитовой структуры, обогащенными калием, обычно однородными до монотонности, лишенными полосатых текстур, рудных и пегматоидных сегрегаций. Их парагенезис включает бедный Са авгит, гиперстен, лабрадор An₅₀–An₆₅, ортоклаз, довольно часто оливин или кварц и примесь титаномагнетита. Эти породы относительно редки и в Кытлымском массиве почти не встречаются; их широкое развитие отмечено в Кумбинском и Павдинском массивах Пояса. Широкий спектр “модифицированных” габбро-норитов возникает на базе первичного ортоклазового габбро-норита при метаморфизме, в РТ-условиях **гранулитовой фации** низкого давления, под влиянием собственного остаточного тепла и внешних тектонических воздействий. Этот процесс сопровождается пластической деформацией, синектонической рекристаллизацией, выносом калия (с исчезновением ортоклаза), понижением железистости пироксенов [2], а в присутствии воды – реакцией ортоклаза и гиперстена с образованием биотита. Структуры пород при этом все более приближаются к гранобластовым и бластомилонитовым.

Каменный Увал сложен “модифицированными” габбро-норитами, содержащими мало K₂O (табл. 1). Их минеральный состав очень прост: лабрадор An₆₀–An₆₅, клинопироксен ~ Hd₃₀, ортопироксен ~ Of₃₈, примесь магнетита с 0.6% TiO₂ (табл. 2). Породы не содержат оливина, кварца, ортоклаза или биотита, роговой обманки и низкотемпературных водных минералов. Нормативный кварц присутствует в количестве 3–5 мас. % как следствие того, что при пересчете химических анализов на “габбровую” норму принята заниженная железистость силикатов (25 ат. %). Кальциевый мирмекит содержится в габбро-норитах на всем протяжении хребта в переменных количествах, от следов до 3–5%.

Физиография кварц-плагиоклазовых симплектитов ничем существенно не отличается от описанной для анортозитов докембрия [4, 6]. Мирмекитовые выделения обычно расположены на стыках зерен плагиоклаза, реже внутри них. Формы выделений разнообразны – от неправильных и округлых до угловатых, иногда производящих впечатление идиоморфных кристаллов (рис. 2). Размеры варьируют большей частью от 100 до 500 мкм, изредка достигая 1 мм. Физические и химические границы между выделениями симплектита и окружающим плагиоклазом, как правило, чрезвычайно резки, без переходных зон и химических градиентов, что подтверждается наблюдениями в проходящем и отраженном свете и в обратно-рассеянных электронах (BSE). В пределах одного мирмекитового обособления плагиоклазовая матрица, как правило, представляет собой монокристалл, а червеобразные вrostки кварца, сильно вытянутые по длин-

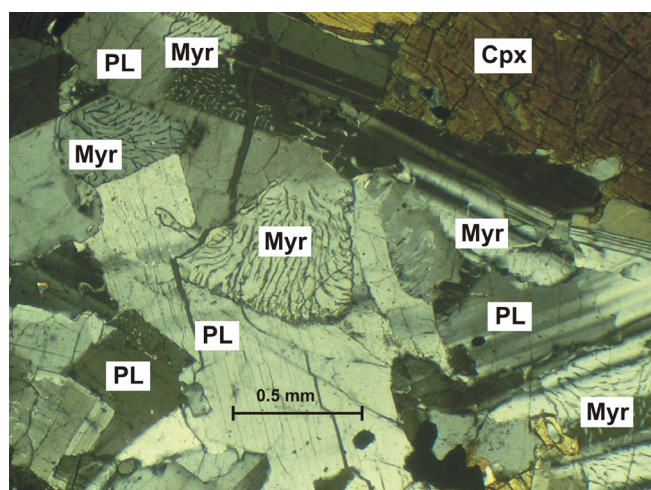


Рис. 2. Формы скоплений известкового мирмекита в агрегате лабрадора (плагиоклаза-хозяина) в габбро-норите Каменного Увала (микрофото в скрещенных николях).

Таблица 2. Микрозондовые анализы минералов габбро-норитов Каменного Увала, содержащих известковый мирмекит

Pt	Min	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Sum	An %
35	<i>PlI</i>	53.15	0.03	28.47	0.27	0.00	0.01	12.20	4.27	0.31	98.72	61.23
37	<i>PlI</i>	53.33	0.01	28.45	0.34	0.00	0.01	12.90	4.34	0.41	99.80	62.17
38	<i>PlI</i>	53.11	0.06	28.53	0.38	0.00	0.02	13.06	4.28	0.30	99.74	62.78
12	<i>PlI</i>	52.16	0.03	28.41	0.36	0.07	0.02	13.11	4.28	0.32	98.76	62.87
36	<i>PlI</i>	53.06	0.02	28.61	0.26	0.00	0.01	13.13	4.28	0.31	99.68	62.91
11	<i>PlI</i>	52.20	0.01	28.38	0.38	0.00	0.01	13.08	4.24	0.31	98.61	63.04
18	<i>PlI</i>	51.46	0.01	28.28	0.28	0.06	0.02	13.22	4.24	0.29	97.87	63.28
19	<i>PlI</i>	50.67	0.02	28.02	0.39	0.08	0.00	13.24	4.22	0.29	96.92	63.43
20	<i>PlI</i>	51.11	0.03	28.21	0.37	0.00	0.02	13.36	4.17	0.31	97.58	63.91
42	<i>PlI</i>	49.53	0.04	31.39	0.29	0.00	0.00	16.21	2.62	0.16	100.25	66.88
41	<i>PlI</i>	49.99	0.02	30.91	0.40	0.03	0.01	15.82	2.84	0.17	100.20	67.19
40	<i>PlI</i>	49.69	0.01	30.82	0.35	0.00	0.00	16.03	2.80	0.14	99.84	67.49
39	<i>PlI</i>	47.63	0.02	31.83	0.29	0.02	0.02	17.20	2.27	0.12	99.40	67.80
15	<i>PlI2</i>	48.07	0.00	29.86	0.26	0.05	0.01	15.49	3.03	0.17	96.94	73.86
23	<i>PlI2</i>	48.37	0.01	30.11	0.32	0.03	0.01	15.64	3.05	0.16	97.68	73.92
27	<i>PlI2</i>	49.52	0.02	30.64	0.32	0.00	0.00	15.79	2.95	0.14	99.38	74.74
1	<i>PlI2</i>	48.55	0.03	30.47	0.28	0.04	0.00	15.86	2.92	0.16	98.31	75.02
26	<i>PlI2</i>	48.41	0.02	30.20	0.37	0.00	0.01	15.27	2.72	0.14	97.14	75.63
32	<i>PlI2</i>	49.47	0.01	30.83	0.23	0.02	0.00	16.12	2.83	0.13	99.65	75.90
8	<i>PlI2</i>	48.55	0.02	30.89	0.29	0.01	0.01	16.12	2.82	0.14	98.84	75.96
14	<i>PlI2</i>	47.70	0.00	30.53	0.32	0.00	0.01	16.13	2.78	0.15	97.62	76.23
31	<i>PlI2</i>	49.17	0.00	30.53	0.33	0.06	0.02	16.17	2.78	0.13	99.20	76.28
10	<i>PlI2</i>	48.51	0.02	30.70	0.35	0.00	0.02	16.06	2.72	0.15	98.53	76.55
28	<i>PlI2</i>	49.32	0.00	31.05	0.28	0.02	0.01	16.33	2.72	0.14	99.88	76.85
7	<i>PlI2</i>	47.40	0.03	30.88	0.41	0.00	0.03	16.36	2.65	0.12	97.89	77.34
34	<i>PlI2</i>	49.34	0.00	30.90	0.29	0.02	0.01	16.43	2.65	0.14	99.79	77.41
16	<i>PlI2</i>	47.42	0.00	30.70	0.29	0.00	0.01	16.40	2.64	0.16	97.62	77.45
33	<i>PlI2</i>	49.16	0.00	31.74	0.26	0.00	0.00	16.42	2.63	0.15	100.37	77.53
3	<i>PlI2</i>	47.78	0.01	31.13	0.31	0.00	0.00	16.54	2.56	0.13	98.45	78.13
17	<i>PlI2</i>	46.83	0.01	30.67	0.28	0.00	0.02	16.52	2.53	0.15	97.00	78.31
9	<i>PlI2</i>	47.93	0.00	31.36	0.30	0.01	0.01	16.73	2.53	0.12	98.99	78.52
13	<i>PlI2</i>	45.61	0.00	30.92	0.25	0.00	0.02	17.16	2.21	0.11	96.29	81.10
5	<i>Cpx</i>	50.29	0.47	2.07	10.10	0.29	13.23	22.50	0.37	0.01	99.32	29.96*
29	<i>Cpx</i>	51.60	0.50	2.14	9.92	0.22	13.02	22.33	0.35	0.01	100.10	29.92*
6	<i>Opx</i>	51.53	0.17	0.89	22.83	0.61	21.36	0.73	0.01	0.00	98.13	37.46*
30	<i>Opx</i>	53.21	0.20	0.86	23.24	0.53	21.15	0.74	0.00	0.02	99.96	38.11*
24	<i>Mt</i>	0.10	0.56	1.11	90.24	0.14	0.17	0.02	0.01	0.00	92.36	—
21	<i>Qu</i>	98.69	0.03	0.06	0.02	0.00	0.00	0.10	0.01	0.00	98.90	—

Примечание. Pt – точка анализа; Min – минералы: *PlI* – плагиоклаз-хозяин, *PlI2* – плагиоклаз мирмекита, *Cpx* – клинопироксен; *Opx* – ортопироксен, *Mt* – магнетит, *Qu* – кварц; An % – мол. % An (для плагиоклаза); для пироксенов – железистость (со звездочкой).

ной оси, обычно изогнуты и всегда угасают одновременно, то есть представляют собой один скелетный монокристалл. Их размер варьирует по длине от 10 до 400 мкм, в поперечнике от 1 до 10 мкм. Поперечные сечения вrostков обычно изометричны и имеют очертания от квадратных и ромбовидных до округлых и неправильных. Иногда двойниковая структура плагиоклаза-хозяина прослеживается в мирмеките, при этом двойники становятся менее отчетливыми, а границы двойниковых швов – менее резкими.

Плагиоклаз мирмекита Каменного Увала всегда более известковый, чем во вмещающем габбро-норите. По данным микрозондовых анализов, в изученных случаях состав лабрадора в габбро-норите

варьирует от An₆₁ до An₆₈ (среднее An₆₄), состав биотита в мирмеките – от An₇₄ до An₈₁ (среднее An₇₇) (см. табл. 2). В докембрийских анортозитах этот разрыв больше, например, в андезиновых анортозитах St-Urbain [6] состав плагиоклаза в породе – от An₃₆ до An₄₂ (среднее около An₄₀), в мирмеките – от An₆₂ до An₉₁ (среднее около An₈₅). В лабрадорных анортозитах Джугджура [4], разрыв несколько меньше: от An₄₉ до An₅₅ в породах и от An₇₀ до An₉₀ в мирмеките. Таким образом, разрыв в составе плагиоклаза в трех изученных местонахождениях разный; какой-либо закономерности не усматривается (рис. 3). Для анортозитов St-Urbain отмечалось [6], что плагиоклаз мирмекита обеднен калием (0.03–0.07 против 0.2–0.4 мас. % K₂O в плагиоклазе анор-

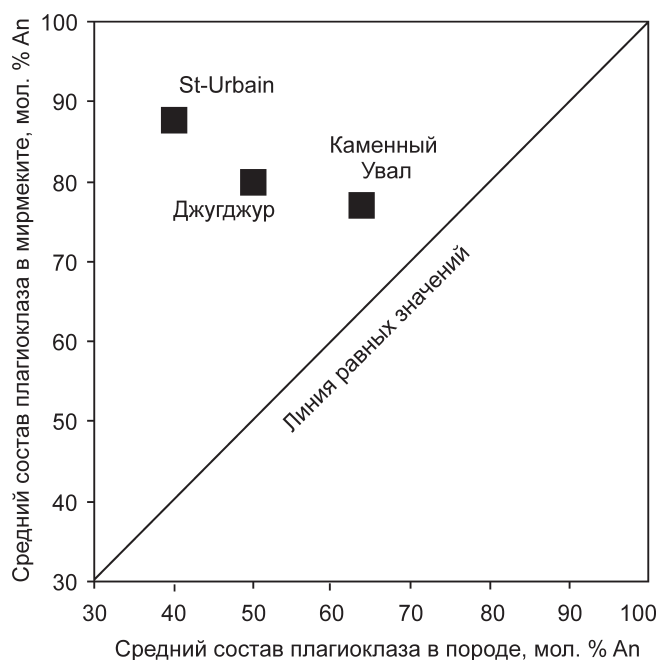


Рис. 3. Разница в среднем составе плагиоклаза-хозяина и плагиоклаза известкового мирмекита трех изученных местонахождений: в габбро-норитах Каменного Увала, в анортозитах Джугджура [4] и в анортозитах St-Urbain, Квебек [6].

тозита). В нашем случае наблюдается то же самое: лабрадор габбро-норита содержит 0.3–0.4, битовнит мирмекита – 0.10–0.15 мас. % K_2O (рис. 4). Содержание кварца в мирмеките Каменного Увала можно оценить в 7–10%, что примерно соответствует тому

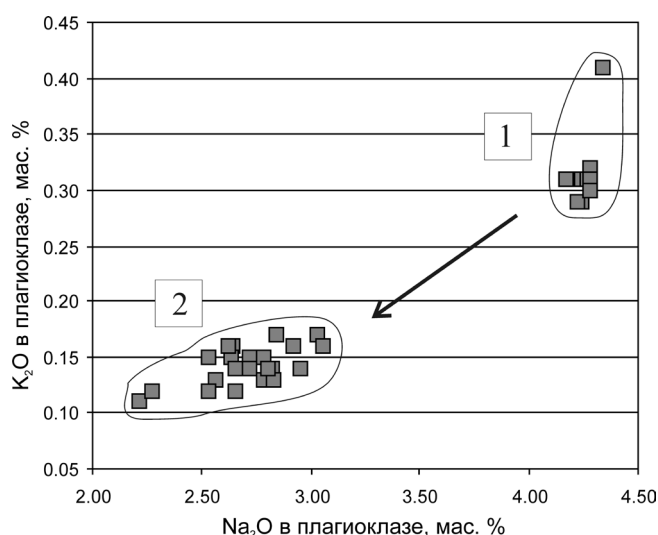


Рис. 4. Диаграмма, иллюстрирующая дискретность составов плагиоклаза-хозяина и плагиоклаза известкового мирмекита в габбро-норитах Каменного Увала.

1 – плагиоклаз-хозяин (лабрадор), 2 – плагиоклаз известкового мирмекита (битовнит).

количеству SiO_2 , которое могло быть сброшено при преобразовании лабрадора An_{50} в битовнит An_{80} .

Н.В. Павлов и Б.Е. Карский [4] указывали, что существующие представления об образовании обычного мирмекита (в двуполевошпатовых гранитах и гнейсах) не могут быть применены для случая мирмекита в анортозитах. Все наблюдатели едины во мнении, что образование известкового мирмекита в результате котектической кристаллизации, распада полевошпатового твердого раствора или распада некой фазы-предшественника исключается. Гораздо более правдоподобно предположение, что мирмекитовый плагиоклаз метасоматически замещает более кислый плагиоклаз породы с привносом Са и Al и выносом Na, а возникающий при этом избыток SiO_2 выделяется в симплектите в виде кварцевых вростков. Процесс замещения обычно связывают с последними этапами затвердевания анортозитовой магмы. Так, для мирмекита в андезитовом анортозите St-Urbain предложена следующая схема образования: 1) образование андезитового кумюлята из содержащей воду анортозитовой магмы; 2) уплотнение и подъем кумюлятивной массы в виде каши кристаллов; 3) адкумулятивный рост плагиоклаза, оттесняющий водный флюид на границы зерен; 4) замещение плагиоклаза этим флюидом, приводящее к образованию известкового мирмекита [6]. Таким образом, известковый мирмекит интерпретируется как продукт реакции между кумюлятивными кристаллами плагиоклаза и выделившимся из магмы высокотемпературным водным флюидом. В обзоре В.С. Попова и В.И. Богатова [5] приводится примерно то же объяснение. По мнению авторов обзора, сходство морфологии обычного и известкового мирмекита позволяет предполагать общий механизм образования мирмекита в гранитах, гнейсах и анортозитах. Они считают, что образование мирмекита в анортозитах происходит на заключительной стадии затвердевания магмы в случае, если первичный андезин-лабрадор остается метастабильным до температуры “влажного” солидуса базитового расплава, при которой взаимодействует с сохранившимся в виде тонких межзерновых пленок водным флюидом.

В изученном нами случае говорить о магматических явлениях нет оснований. Известковый мирмекит появляется в твердых породах – “модифицированных” габбро-норитах, ранее претерпевших пластическое течение и рекристаллизацию, не содержащих следов остаточного водного расплава или флюида. По-видимому, метасоматическое замещение лабрадора битовнитом происходит при воздействии высокотемпературного, связанного с внешним источником водного флюида, не оставившего при этом следов в виде водных фаз. Если исходить из того, что этот процесс происходит при постоянном объеме, в контуре резко ограниченного выделения симплектита, то простой расчет, игнорирующий объемные эффекты (удельные веса кварца, лабрадора и

битовнита очень близки) может объяснить некоторые особенности процесса.

Избыток SiO_2 в лабрадоре An_{50} против битовнита An_{80} равен 7.52 мас. %. Если предположить, что весь избыточный SiO_2 образует вросстки кварца в симплектите, остается 92.48% массы лабрадора.

Если приравнять остаточные 92.48 к 100% и сравнить с составом битовнита, заместившего этот остаточный объем лабрадора (за вычетом объема, занятого кварцевыми вростками), можно получить представление о балансе вещества.

В результате такого сравнения получается: избыток SiO_2 (3.91%) и Na_2O (3.95%), дефицит Al_2O_3 (2.76%) и CaO (5.09%).

Ясно, что без привноса Al и Ca и выноса Na битовнит по лабрадору не может образоваться. Что касается SiO_2 (3.91%), то он может присоединиться к тому количеству SiO_2 (7.52%), которое было сброшено раньше. Таким образом, количество вросткок кварца в симплектите может увеличиться до 11.43%. Ясно также, что привнос Al и Ca происходит из внешнего источника, каковым в данном случае может быть вмещающий габбро-норит. Таким образом, процесс образования известкового мирмекита не ограничен объемом выделения симплекти-та – он захватывает всю массу породы. Однако выравнивания состава общей фазы породы и симплекти-та – плагиоклаза – при этом не происходит. Напротив, имеет место резкий контраст состава – 30 и бо-

лее мол. % анортита – на границе плагиоклаза породы и симплекти-та. Такая картина может быть объяснена только тем, что резкий химический градиент на границе между матрицей и новообразованием поддерживался столь же резким градиентом химического потенциала в гипотетическом флюиде, заместившем лабрадор битовнитом в процессе инфильтрационного метасоматоза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ефимов А.А., Ефимова Л.П.* Кытлымский платиноносный массив. М.: Недра, 1967. 336 с.
2. *Ефимов А.А., Потапова Т.А., Берлибле Д.Г.* Химическая эволюция пироксенов уральских габбро: роль барического, термического, кислородного и химического факторов // *Геохимия*. 1999. № 5. С. 466–485.
3. *Ленников А.М.* Петрология Джугджурского анортитового массива. М: Наука, 1968. 159 с.
4. *Павлов Н.В., Карский Б. Е.* О мирмекитах в некоторых основных породах // *Изв. АН СССР, сер. геол.* 1949. № 5. С. 128–133.
5. *Попов В.С., Богатов В.И.* Происхождение мирмекита в свете фазовых соотношений в кварц-полевошпатовой системе // *Записки ВМО*. 1998. Ч. 127, № 5. С. 1–14.
6. *Dymek R.F., Schiffries C. M.* Calcic myrmekite: Possible evidence for the involvement of water during the evolution of andesine anorthosite from St-Urbain, Quebec // *Canad. Mineral.* 1987. V. 25. P. 291–319.