

Н. Ю. Грошев, А. В. Малыгина, М. Г. Тимофеева

## **Исследование природы высокомагнезиальных ксенолитов массива Габбро-10, Мончегорский комплекс, Кольский регион**

Приведены результаты геолого-петрографического и геохимического изучения хлорит-амфиболовых пород и мелкозернистых метагаббро в массиве Габбро-10 Мончегорского комплекса. Хлорит-амфиболовые породы встречаются в массиве в виде крупных обломков неправильной формы. Они обладают порфиroidной структурой, сланцеватой текстурой и обогащены магнием и хромом (19 и 0,3 мас. % соответственно) относительно преобладающих в массиве метагаббро. Согласно классификационным и вариационным диаграммам петрогенных элементов, а также диаграммам нормированного к примитивной мантии редкоэлементного состава хлорит-амфиболовые породы представляют собой метаморфизованные ксенолиты меланократовых норитов массива Нюд-Поаз. Мелкозернистые метагаббро, с другой стороны, залегают в интрузиве в виде многочисленных угловатых обломков, сосредоточенных в нижней его части. Эти массивные породы бластагаббровой структуры менее обогащены магнием и хромом (8 и 0,02 мас. % соответственно) и отвечают по составу мезократовым габброноритам. По нормированным к примитивной мантии спектрам рассеянных элементов мелкозернистое метагаббро, обладающее выраженными отрицательными Nb-Ta, Zr-Hf и положительными Sr и Eu аномалиями, соответствует в целом породам краевых зон массивов Мончеплутона (НКТ и Нюд-Поаз). Однако наибольшее сходство устанавливается между этими породами и сланцеватыми габброидами собственной контактовой зоны массива Габбро-10. Таким образом, обломки мелкозернистого метагаббро в этом интрузиве являются его автолитами. В совокупности полученные данные свидетельствуют о позднем внедрении массива Габбро-10, последовавшем за кристаллизацией пород Нюд-Поаз, а наличие в массиве автолитов собственной краевой зоны говорит о нескольких магматических импульсах при его формировании.

**Ключевые слова:** магматическая брекчия, контактовая зона, расслоенная интрузия, Габбро-10, Мончегорский комплекс.

### **Введение**

Массив Габбро десятой аномалии (Габбро-10) располагается в районе южного экзоконтакта расслоенного массива Нюд-Поаз в субширотной ветви палеопротерозойского Мончегорского комплекса. По характеру метаморфических изменений и текстурно-структурным признакам метагаббро массива Габбро-10 считались некоторыми исследователями архейскими образованиями, подобно высоко метаморфизованным и деформированным габброидам комплекса Главного хребта и Мончетундры [1]. В связи с установлением палеопротерозойского возраста последнего [2] актуализируется дискуссия о происхождении пород массива Габбро-10. Важным вкладом в эту дискуссию является определение первичной природы высокомагнезиальных (более 15 мас. % MgO) и других метаморфизованных пород, которые встречаются в виде ксенолитов среди метагаббро массива Габбро-10.

### **Материалы и методы**

В рамках настоящего исследования изучен керн трех скважин (1808, 1809, 1810), пересекших породы массива Габбро-10, а также разрез эндоконтакта массива Нюд-Поаз по скважине 1817 (рис. 1). Проведено опробование пород в керне и в коренных выходах (табл. 1) и составлен геологический план детального участка (рис. 2). Пробы измельчены в щековых дробилках ДЛЩ 80–150 и ДЛЩ 60–100; навески по 100 граммов истерты на вибрационном измельчителе 75Т-ДРМ. Петрогенные элементы определены в пятнадцати пробах (табл. 2) с помощью мокрой химии атомно-абсорбционным (Si, Al, Fe, Mg, Ca, Mn, Zn, Cr, V), эмиссионным (K, Na), колориметрическим (Ti, P), весовым ( $H_2O^+$ ,  $H_2O^-$ , S) и объемным ( $CO_2$ , FeO) методами в Геологическом институте КНЦ РАН (аналитики М. Г. Тимофеева, Л. И. Константинова и др.). В пяти пробах определены концентрации рассеянных элементов масс-спектрометрическим методом с индуктивно-связанной плазмой (табл. 3). Измерения выполнены с помощью масс-спектрометра ELAN 9000 в ИГГ УрО РАН (г. Екатеринбург, аналитик Д. В. Киселева). Качественная оценка точности геохимических определений проведена путем сравнения с образцом метагаббро (проба М-44), который был предоставлен В. Ф. Смолькиным и проанализирован на петрогенные (ICP-AES) и рассеянные (ICP-MS) элементы в университете Нанси (Франция). Фотографии пород в обратно отраженных электронах получены на электронном микроскопе Hitachi S-3400N в РЦ "Геомодель" (г. Санкт-Петербург, аналитики Н. С. Власенко и В. В. Шиловских).

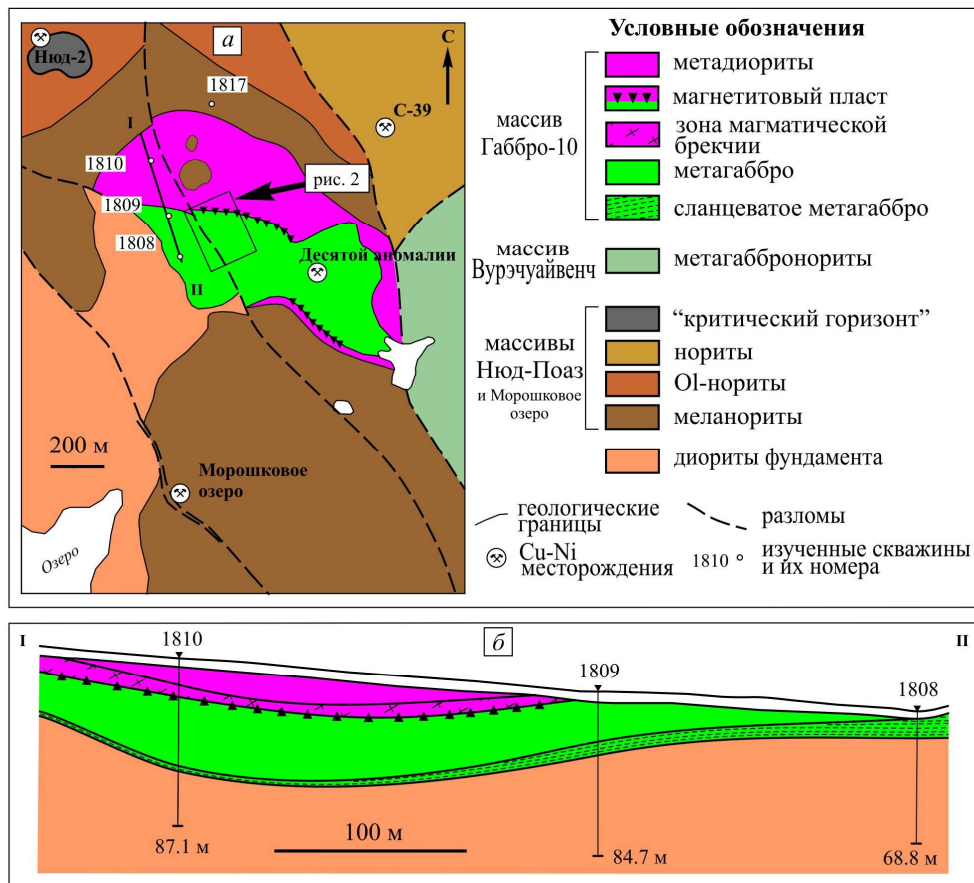


Рис. 1. Схематическая геологическая карта (а) и разрез (б) массива Габбро-10  
 Fig. 1. Schematic geological map (a) and cross-section (b) of the Gabbro-10 massif

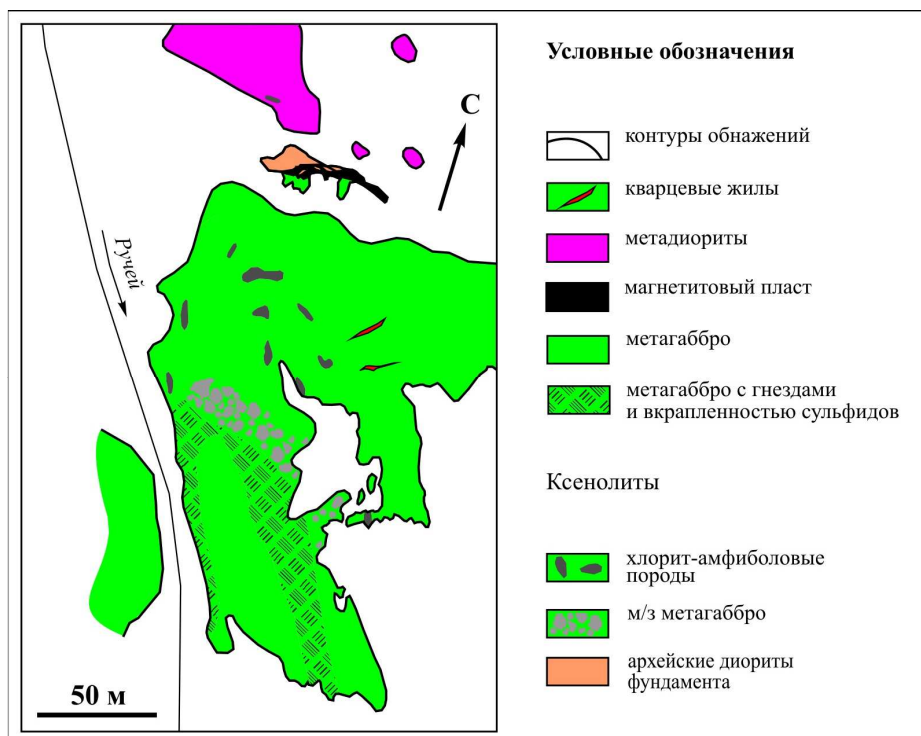


Рис. 2. Геологический план детального участка, составленный с использованием материалов А. А. Ефимова  
 Fig. 2. Geological plan of the detailed area compiled using the materials of A. A. Efimov

## Результаты и обсуждение

### Геологическая обстановка

Характеристика геологического строения Мончегорского комплекса, как и существующие представления о принадлежности массива Габбро-10, приведены в последней обобщающей монографии [2] и нескольких публикациях [1; 3; 4]. Далее приводится авторское представление о геологическом строении массива, составленное по материалам отчетов С. М. Рутштейна (1964) и В. С. Войтеховича (2002), а также собственных наблюдений.

Массив Габбро-10 – это линзовидное тело небольшой мощности (до 100 м), которое примыкает с юго-запада к норитам массива Нюд-Поаз, отделяя их от архейского фундамента. Массив сложен породами основного и среднего состава и имеет форму удлинённого в северо-западном направлении эллипса размером 1400 × 700 м (рис. 1, а). Основные породы составляют нижнюю большую часть массива и представлены неравномерно-крупнозернистым метагаббро, которое на поверхности образует своего рода ядро. Ядерная часть массива окружена и частично перекрыта породами, которые принято рассматривать как метадиориты [2]. Изотопный U-Pb возраст метадиоритов, определенный по бадделеиту, составляет  $2498 \pm 6$  млн лет и совпадает в пределах ошибки с возрастом Мончеплутона [4]. Между метадиоритами и метагаббро в зоне магматического брекчирования развит пласт магнетитовых руд мощностью до 2 м (рис. 1). Вблизи контакта крупнозернистого метагаббро с подстилающими архейскими диоритами выделяется зона сланцеватых метагабброидов мощностью 5–10 м (рис. 1, б), к которой приурочено небольшое Cu-Ni месторождение.

Геологическое картирование совместно с изучением керн скважин показывает широкое распространение в метагаббро и, в меньшей степени, в метадиоритах ксенолитов хлорит-амфиболовых пород (рис. 2 и 3), содержащих 15–20 мас. % MgO. Ксенолиты на поверхности имеют удлиненную неправильную форму с округленными контурами и достигают размеров  $7 \times 17$  м (рис. 2). В породах развита сланцеватость, ориентированная, как правило, вдоль длинной оси ксенолита. В скважине 1810 хлорит-амфиболовые породы встречены на интервалах мощностью от 40 см до 8 м (инт. 21,4–21,8, 24,8–31,3, 48,8–56,7 м). Необходимо отметить, что эти породы отличаются отчетливо проявленной порфиroidной структурой (рис. 3, в). Похожей структурой обладают меланократовые нориты из приконтактной части массива Нюд-Поаз, изученной нами в скважине 1817. Разрез скважины 1817 глубиной 87 м представлен массивными среднезернистыми меланоритами до глубины 47,5 м, порфиroidными мелко-среднезернистыми меланоритами – до 60,0 м и мелкозернистыми меланоритами с порфиroidными и рассланцованными участками – до контакта с архейскими диоритами на глубине 79,5 м.

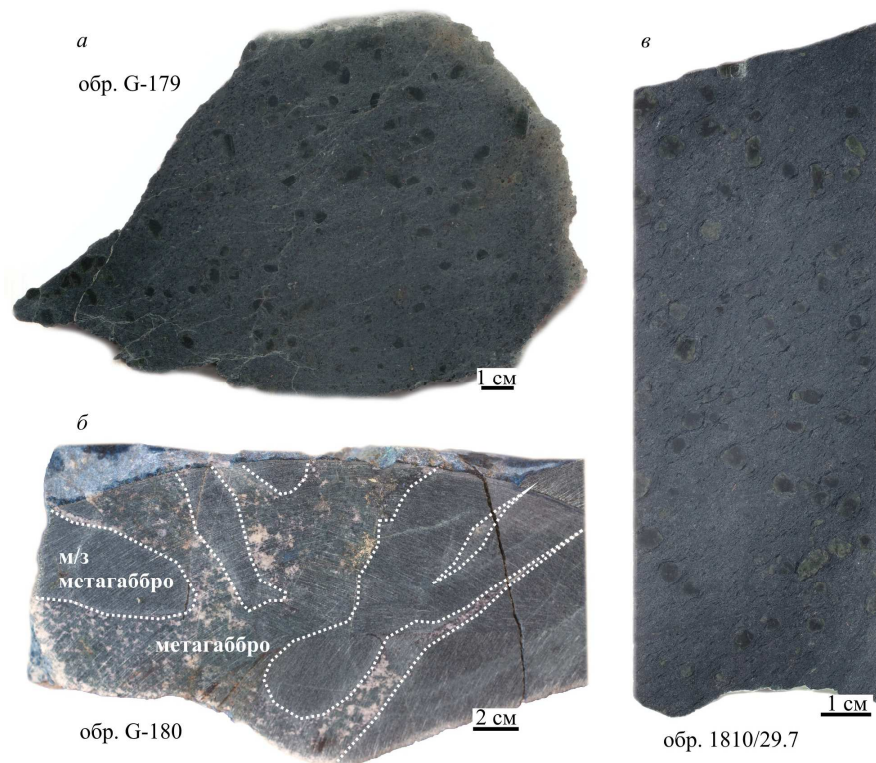


Рис. 3. Изображения полированных образцов хлорит-амфиболовых пород (а, в) и мелкозернистых метагаббро, прорванных крупнозернистым метагаббро (б)

Fig. 3. Images of polished samples of chlorite-amphibole rocks (a, v) and fine-grained metagabbros (b)

В центральной части детального участка наблюдается зона брекчии размером  $25 \times 125$  м, вытянутая в северо-западном направлении (рис. 2). Обломки брекчии представлены мелкозернистым метагаббро (рис. 4, б), содержание MgO в котором составляет 8 мас. %. Важно отметить, что объемное соотношение обломков к цементу уменьшается вдоль зоны в юго-восточном направлении. Таким образом, в северо-западной части зону можно представить как крупную пластину мелкозернистого метагаббро, прорванного многочисленными жилами крупнозернистого метагаббро (рис. 2 и 3, б).

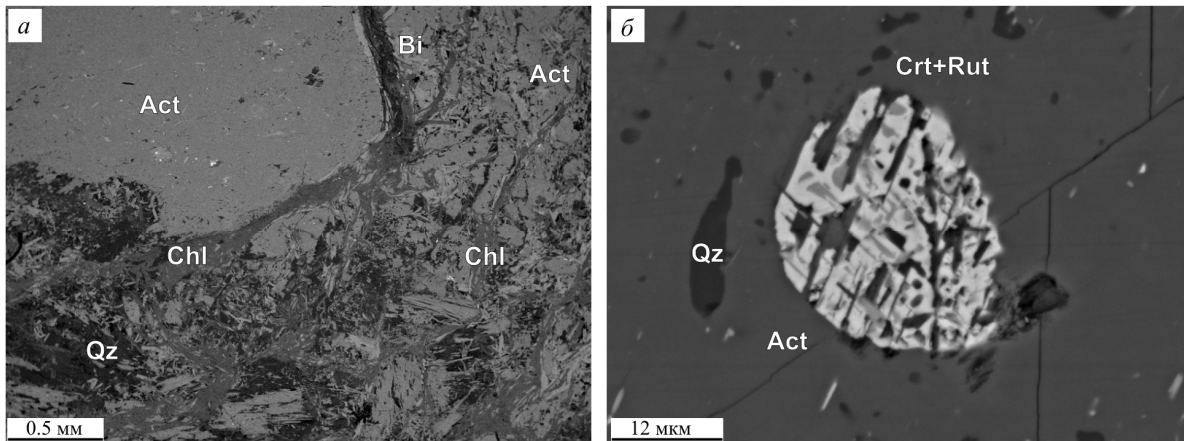


Рис. 4. Изображения хлорит-амфиболовых пород в обратно рассеянных электронах: *а* – реликтовая порфириформная структура, *б* – оксидная минерализация. Сокращения минералов:

Act – актинолит, Bi – биотит, Chl – хлорит, Crt – хромит, Qz – кварц, Rut – рутил

Fig. 4. BSE-images of chlorite-amphibole rocks. Mineral abbreviations: Act – actinolite, Bi – biotite, Chl – chlorite, Crt – chromite, Qz – quartz, Rut – rutile

#### Петрография ксенолитов

Хлорит-амфиболовые породы представляют собой минеральный агрегат темно-зеленого (на поверхности) или коричневатно-зеленого (в керне) цвета с мелко-среднезернистой порфириформной структурой и сланцеватой текстурой, обусловленной лепидо-нематобластовым сложением основной массы (рис. 3, *а* и *в*). Главными минералами являются актинолит, хлорит, биотит и кварц (рис. 4, *а*), второстепенными – апатит, антофиллит, рутил, хромит, циркон, эпидот. Крупные зерна вкрапленников, как и преобладающая часть основной массы, сложены актинолитом. Актинилит, хлорит и биотит содержат до 0,6 мас. % хрома (EDS-данные), который образует также и самостоятельные хромитовые фазы, часто в сростании с рутилом (рис. 4, *б*).

Таблица 1. Список проб  
Table 1. List of samples

№ п/п	Номер образца	Массив (привязка)	Порода
1	1810 / 28,3	ксенолит в метагаббро	хлорит-амфиболовая порода
2	1810 / 29,0	ксенолит в метагаббро	хлорит-амфиболовая порода
3	1810 / 30,4	ксенолит в метагаббро	хлорит-амфиболовая порода
4	1810 / 49,4	ксенолит в метагаббро	хлорит-амфиболовая порода
5	G-179	ксенолит в метагаббро	хлорит-амфиболовая порода
6	G-180a	ксенолит в метагаббро	м/з метагаббро
7	1817 / 44,0	Нюд-Поаз	меланорит
8	1817 / 19,4	Нюд-Поаз	меланорит
9	1817 / 66,1	Нюд-Поаз	м/з меланорит
10	1817 / 69,8	Нюд-Поаз	м/з меланорит
11	1817 / 79,0	Нюд-Поаз	м/з меланорит
12	1810 / 54,2	Габбро-10	метагаббро
13	M-44*	Габбро-10	метагаббро
14	1809 / 31,7	Габбро-10	сланцеватый метагабброид
15	1810 / 57,6	Габбро-10	сланцеватый метагабброид
16	G-184	Габбро-10	сланцеватый метагабброид

Примечание. \* – данные по пробе M-44 предоставлены В. Ф. Смолькиным.

Таблица 2. Химический состав (мас. %) хлорит-амфиболовых пород и мелкозернистого метагаббро в сравнении с породами массивов Габбро-10 и Нюд-Поаз  
Table 2. Chemical composition (wt. %) of chlorite-amphibole rocks and fine-grained metagabbro in comparison with the rocks of the Gabbro-10 and Nude-Poaz massifs

	1	2	3	4	5	6	7	8
	1810 / 28,3	1810 / 29,0	1810 / 30,4	1810 / 49,4	G-179	G-180a	1817 / 44,0	1817 / 19,4
SiO <sub>2</sub>	51,82	51,67	51,76	51,51	51,12	50,51	53,52	53,15
TiO <sub>2</sub>	0,35	0,42	0,33	0,36	0,21	0,45	0,26	0,15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,84	6,72	6,68	7,02	7,34	14,66	7,56	6,93
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,91	1,71	1,86	1,30	2,20	3,92	1,07	0,88
FeO	6,63	6,82	7,18	7,08	6,93	5,48	7,72	7,73
MnO	0,19	0,19	0,20	0,19	0,18	0,11	0,17	0,18
MgO	18,84	19,75	19,48	19,43	15,42	7,53	18,57	20,07
CaO	6,02	5,86	5,91	6,26	9,57	12,47	6,58	6,38
Na <sub>2</sub> O	0,73	0,66	0,40	0,24	0,25	2,18	1,34	1,01
K <sub>2</sub> O	0,35	0,35	0,61	0,73	0,07	0,28	0,34	0,19
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,35	0,30	0,38	0,30	0,23	0,13	0,24	0,27
п.п.п.	5,09	5,09	5,09	5,27	5,58	2,13	2,09	2,08
S	0,05	0,02	0,02	0,08	0,03	0,06	0,03	0,05
CO <sub>2</sub>	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0,16	0,14	0,20
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,319	0,314	0,313	0,319	0,290	0,021	0,330	0,360
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,019	0,018	0,014	0,010	н.п.о.	0,055	н.п.о.	н.п.о.
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	–	–	–	–	0,020	0,120	0,040	0,020
Сумма	99,51	99,89	100,23	100,10	99,44	100,27	100,00	99,65
	9	10	11	12	13	14	15	16
	1817 / 66,1	1817 / 69,8	1817 / 79,0	1810 / 54,2	M-44	1809 / 31,7	1810 / 57,6	G-184
SiO <sub>2</sub>	49,55	50,56	47,21	51,97	51,33	50,88	46,49	50,15
TiO <sub>2</sub>	0,14	0,19	0,12	0,72	1,09	0,74	0,53	0,28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,27	7,64	10,46	17,12	12,44	15,09	14,20	12,74
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,10	1,88	2,74	2,74	15,32*	3,04	2,95	3,18
FeO	7,30	6,81	4,94	5,71	–	6,05	5,59	7,78
MnO	0,15	0,17	0,09	0,16	0,17	0,17	0,16	0,18
MgO	16,80	16,89	18,71	3,45	5,90	6,95	6,17	9,75
CaO	6,92	7,83	6,78	9,29	9,54	10,71	11,78	9,05
Na <sub>2</sub> O	1,40	0,93	0,81	3,43	2,35	1,82	2,30	2,27
K <sub>2</sub> O	0,13	0,08	0,38	1,15	0,47	0,49	0,12	0,33
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,30	0,32	0,22	0,23	–	0,21	0,35	0,19
п.п.п.	5,00	5,44	5,58	2,56	1,18	2,44	4,57	3,45
S	0,69	0,27	0,80	0,16	–	0,13	0,16	0,07
CO <sub>2</sub>	0,34	0,25	0,60	1,13	–	0,51	4,61	н.п.о.
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,290	0,280	0,200	0,006	0,004	0,018	0,028	0,079
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	н.п.о.	н.п.о.	0,040	н.п.о.	–	0,044	0,025	0,029
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,020	0,020	0,070	н.п.о.	0,090	–	–	0,030
Сумма	99,40	99,56	99,75	99,83	99,88	99,29	100,03	99,56

Примечание. Н.п.о. – ниже предела обнаружения; прочерк – элемент не определялся; \* – определено только общее содержание железа.

Мелкозернистое метагаббро сложено темно-серым бластогаббровым агрегатом плагиоклаза и амфибола, полностью заместившего пироксены. В породе отмечаются также апатит, биотит, роговая обманка, сульфиды и эпидот. Частично сосюритизированный плагиоклаз имеет состав An<sub>60</sub> (оценка по нормативному минеральному составу породы). Бесцветный или слегка зеленоватый амфибол соответствует по оптическим свойствам минералам тремолит-актинолитового ряда.

Таблица 3. Редкоэлементный состав (ppm) хлорит-амфиболовых пород и мелкозернистого метагаббро в сравнении с породами массивов Габбро-10 и Нюд-Поаз

Table 3. Trace element composition (ppm) of chlorite-amphibole rocks and fine-grained metagabbro in comparison with the rocks of the Gabbro-10 and Nude-Poaz massifs

	1	2	3	4	5	6
	1810 / 28,3	G-180a	1817 / 79,0	1810 / 54,2	M-44*	1809 / 31,7
Li	6,73	4,97	8,82	5,71	–	4,39
Be	0,091	0,181	0,039	0,241	н.п.о.	0,179
Sc	24,6	27,2	16,0	23,5	–	21,5
Ti	599,2	2207,9	463,6	3298,9	–	2561,6
V	106,9	155,8	60,8	152,2	–	159,5
Cr	1885,6	147,8	1181,2	36,2	–	112,8
Mn	1192,4	1083,9	875,8	1020,9	–	933,1
Co	58,8	50,1	72,0	32,4	69,1	37,7
Ni	386,4	309,2	1631,9	49,2	109,0	157,9
Cu	53,5	93,8	1933,1	109,7	178,0	117,6
Zn	54,1	45,5	134,9	40,6	97,7	41,9
Ga	6,78	14,19	6,76	17,78	18,00	13,12
Ge	1,31	1,18	1,11	1,10	1,62	1,04
As	0,693	1,083	1,259	1,575	н.п.о.	0,817
Rb	11,5	7,4	9,8	34,4	15,7	20,1
Sr	38,2	236,6	112,8	360,7	212,0	237,8
Y	4,58	6,40	1,85	14,31	12,20	7,68
Zr	13,7	12,2	5,9	49,0	61,5	18,9
Nb	0,073	0,883	0,210	2,724	1,940	1,512
Mo	1,04	0,87	–	1,58	0,61	1,20
Ag	0,031	0,094	1,910	0,151	–	0,151
Cd	0,034	0,072	0,721	0,015	н.п.о.	0,070
Sn	0,234	0,445	0,244	0,936	1,360	0,442
Sb	0,028	0,031	0,014	0,031	0,130	0,029
Te	0,012	–	0,363	0,014	–	0,018
Cs	1,08	0,34	0,39	0,48	0,70	0,18
Ba	55,5	69,2	154,4	423,5	185,0	166,2
La	2,85	3,42	1,29	9,94	9,29	5,14
Ce	6,43	7,54	2,74	21,75	19,90	11,43
Pr	0,800	0,974	0,339	2,699	2,440	1,411
Nd	3,32	4,10	1,37	10,90	10,00	5,96
Sm	0,684	0,966	0,292	2,255	2,280	1,341
Eu	0,240	0,402	0,143	0,691	0,639	0,464
Gd	0,729	1,000	0,281	2,296	2,300	1,363
Tb	0,119	0,172	0,045	0,371	0,362	0,224
Dy	0,762	1,085	0,291	2,298	2,370	1,393
Ho	0,167	0,235	0,062	0,482	0,462	0,295
Er	0,512	0,694	0,194	1,463	1,350	0,870
Tm	0,075	0,101	0,028	0,206	0,201	0,125
Yb	0,490	0,676	0,197	1,303	1,240	0,814
Lu	0,075	0,098	0,029	0,181	0,208	0,118
Hf	0,373	0,371	0,155	1,169	1,730	0,540
Ta	0,020	0,062	0,022	0,179	0,160	0,092
W	–	2,256	–	–	0,22	–
Tl	0,050	0,025	0,182	0,083	–	0,058
Pb	0,932	3,966	28,014	4,601	6,030	4,082
Bi	0,019	0,061	0,310	0,123	н.п.о.	0,012
Th	0,337	0,358	0,173	1,339	2,360	0,682
U	0,065	0,091	0,054	0,303	0,420	0,185

Примечание. \* – данные по пробе М-44 предоставлены В. Ф. Смолькиным, н.п.о. – ниже предела обнаружения; прочерк – элемент не определялся.



Геохимия главных элементов

Петрогенные элементы проанализированы в пяти пробах хлорит-амфиболовых ксенолитов и одной пробе мелкозернистого метагаббро (табл. 1, 2). Их состав сравнивается с изученными таким же образом меланократовыми норитами массива Нюд-Поаз (5 проб) и метагабброидами массива Габбро-10 (5 проб).

Все ксенолиты *хлорит-амфиболовых пород* обогащены кремнеземом (51–52 мас. %; табл. 2) и являются кварц-нормативными (3–8 мол. % кварца). Хлорит-амфиболовые породы содержат 19 мас. % MgO, за исключением одной пробы с более низкой его концентрацией (15 мас. %). На классификационной диаграмме кварц-нормативных габброидов эти породы попадают в поля меланократовых норитов и габброноритов (рис. 5). В эти же поля ложатся фигуративные точки меланоритов массива Нюд-Поаз, располагаясь в непосредственной близости относительно основного поля ксенолитов. Необходимо отметить, что точки мелкозернистых меланоритов из скважины 1817, представляющие эндоконтакт массива Нюд-Поаз, рассеяны на диаграмме более широкой областью (рис. 5). Это связано с обогащенностью зоны эндоконтакта плагиоклазом и клинопироксеном относительно вышележащих энстатитовых кумулатов. Из диаграммы рис. 5 видно, что проба относительно низкомагнезиальных хлорит-амфиболовых пород располагается на продолжении линии составов эндоконтакта массива Нюд-Поаз. Таким образом, устанавливается ряд сходных черт между составами высокомагнезиальных ксенолитов и пород Мончеллутона, которые иллюстрируются также и на вариационных диаграммах петрогенных элементов (рис. 6).

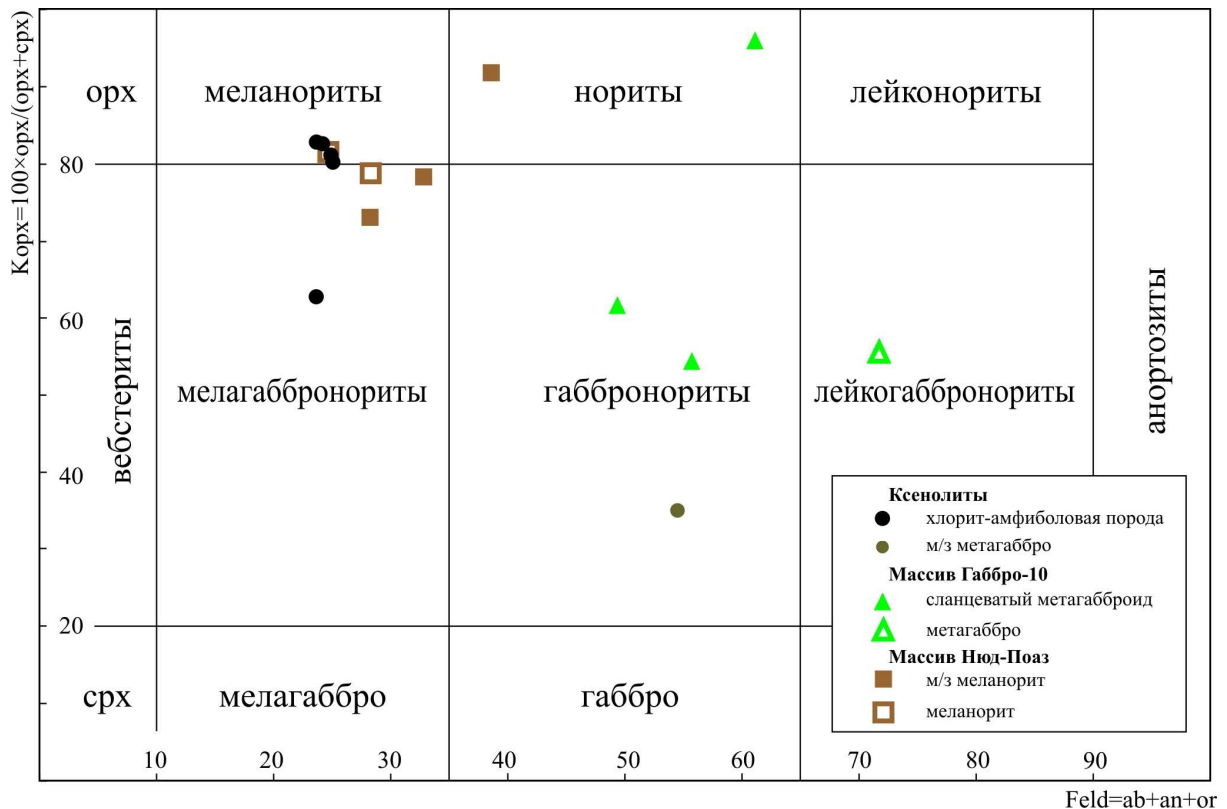


Рис. 5. Диаграмма соотношения пироксенового отношения ( $K_{орх}$ , мол. %) и количества полевых шпатов Feld, мол. %) для пород массива Габбро-10 и ксенолитов в них в сравнении с меланократовыми норитами массива Нюд-Поаз.

Расчет нормативного минерального состава выполнен по алгоритму [5]

Fig. 5. Diagram of the pyroxene ratio ( $K_{орх}$ , mol %) vs feldspars (Feld, mol %) for the rocks of the Gabbro-10 massif and xenoliths in them in comparison with the melanocratic norites of the Nyud-Poaz massif [5]

*Мелкозернистое метагаббро*, подобно хлорит-амфиболовым породам, отличается по составу от прорывающих их крупнозернистых метагаббро повышенным содержанием магния и хрома, а также кальция, и более низким содержанием щелочей и титана (табл. 2, рис. 6). На вариационных диаграммах петрогенных элементов фигуративная точка мелкозернистого метагаббро располагается внутри или рядом с полем сланцеватых метагабброидов, залегающих в основании массива Габбро-10.

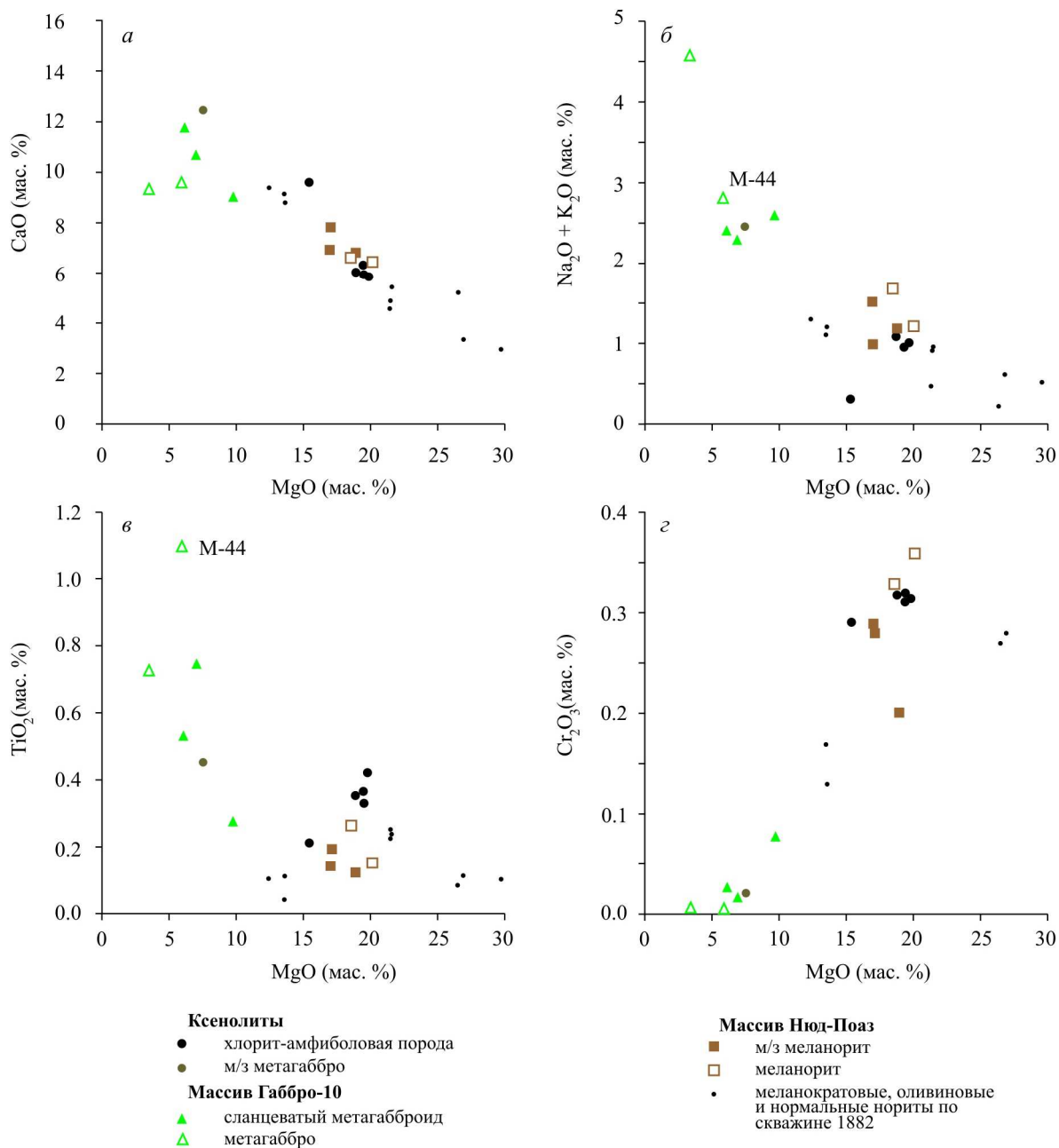


Рис. 6. Вариации петрогенных элементов для хлорит-амфиболовых пород и мелкозернистого метагаббро в сравнении с породами массивов Габбро-10 и Нюд-Поаз  
 Fig. 6. Lithophile elements variation of chlorite-amphibole rocks and fine-grained metagabbro in comparison with the rocks of the Gabbro-10 and Nude-Poaz massifs

#### Геохимия редких элементов

Ксенолиты хлорит-амфиболовых пород (1810/28,3) и мелкозернистого габбро (G-180a), а также метагаббро (1810/54,2) и сланцеватые метагабброиды (1809/31,7) массива Габбро-10 вместе с эндоконтактовыми меланоритами Ньюда (1817/79,0) были проанализированы на 49 рассеянных элементах (табл. 3). Полученные результаты сравниваются с опубликованными данными по породам Мончеплутона и Мончетундры [3], при этом также используются ICP-MS данные по контактовым образованиям Мончегорского комплекса, полученные Б. Кариковски (2018).

На рис. 7 показаны нормированные к примитивной мантии спектры редких элементов. Важно прояснить сначала геохимические особенности пород массивов Нюд-Поаз, Габбро-10 и Мончетундровского. Спектры распределения редких элементов норитов Ньюда имеют фракционированный характер с малой степенью обогащения относительно примитивной мантии, выраженную Nb-Ta отрицательную аномалию и положительную Sr аномалию, причем последняя в отдельных пробах может изменять свой знак (рис. 7, а).



Характерно, что спектры метагаббро массива Габбро-10, показывая на порядок большее обогащение редкими элементами, в целом повторяют узор спектров норитов. Это указывает на единство магматической системы этих интрузивов и на то, что метагаббро, вероятно, является одним из поздних дериватов массива Нью-Поаз. Здесь же можно видеть, что габброиды Мончетундры резко отличаются как от метагаббро, так и от норитов, обладая отрицательной Zr-Hf и положительной Eu аномалиями, поэтому их генетическая связь с массивом Габбро-10 маловероятна. Ксенолиты хлорит-амфиболовых пород, соответствующие, как сказано выше, меланократовым норитам по петрогенным элементам, на мультиэлементной диаграмме также попадают в поле норитов Ньюа (рис. 7, а), указывая тем самым на свой вероятный протолит.

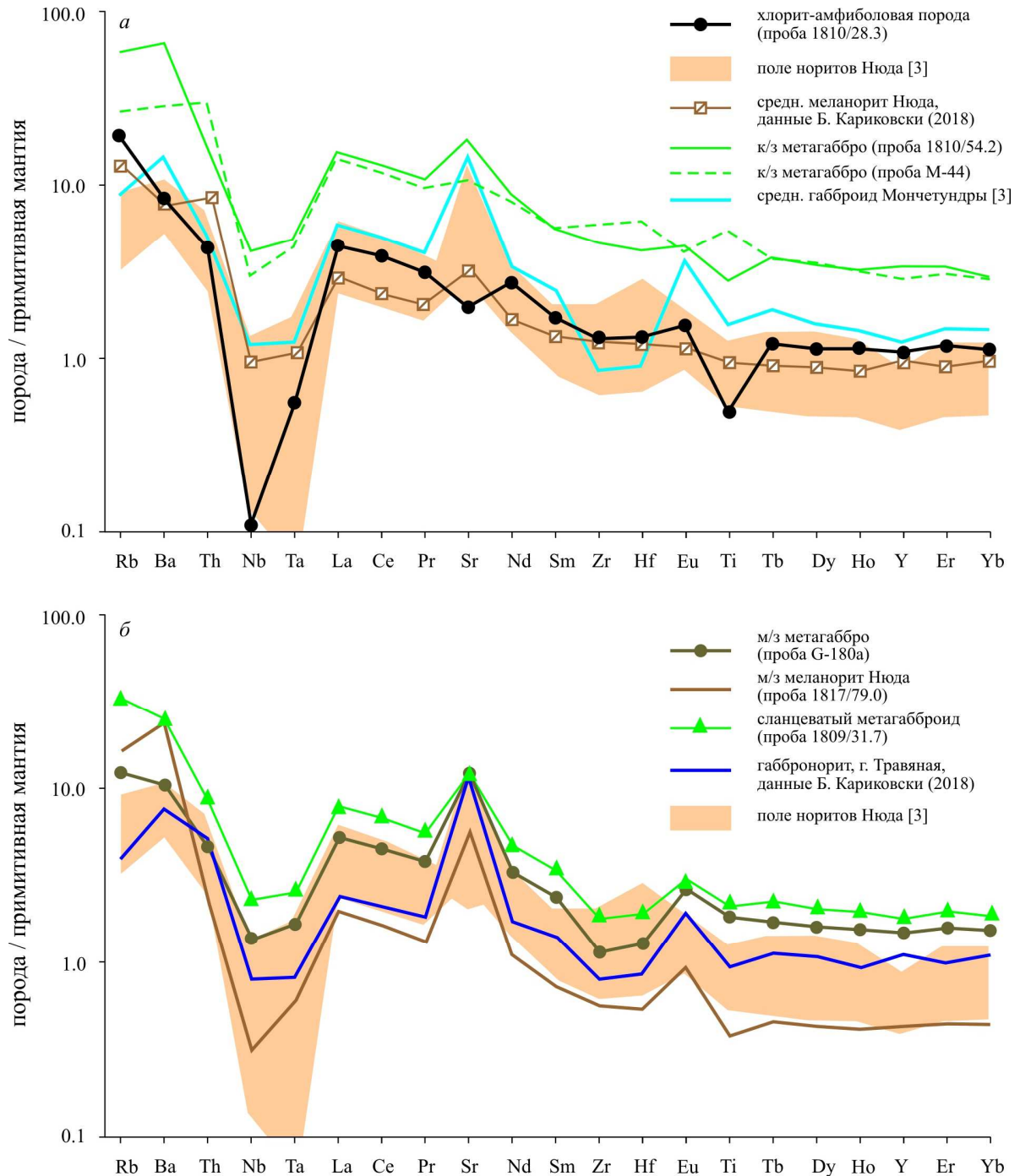


Рис. 7. Нормированная к примитивной мантии вариационная диаграмма для хлорит-амфиболовых пород (а) и мелкозернистого метагаббро (б) в сравнении с породами Мончеплутона. Факторы нормализации взяты из [6]  
 Fig. 7. Primitive mantle-normalized multi-element variation diagram of chlorite-amphibole rocks and fine-grained metagabbro in comparison with the Monchegorsk lithologies. Normalization values are taken from [6]

Рассматривая вопрос о протолите ксенолитов мелкозернистого метагаббро, интересно сравнить их редкоземельный состав с различными краевыми образованиями Мончеплутона. На рис. 7, б видно практически полное сходство нормированных спектров пород, развитых на контакте массивов НКТ (габбронориты, г. Травяная) и Нюд-Поаз. Сравнивая нориты Нюда с мелкозернистыми меланоритами эндоконтакта, следует отметить появление в краевых образованиях заметной положительной аномалии Eu, которая связана со сравнительно ранней кристаллизацией плагиоклаза при формировании краевой зоны. Такая же картина выявляется при сравнении крупнозернистого метагаббро и сланцеватых метагабброидов, представляющих собой эндоконтакт массива Габбро-10 (рис. 7). Мелкозернистое метагаббро обнаруживает наибольшее сходство именно с этими метагабброидами. Поэтому собственная внутренняя контактовая зона массива Габбро-10, выделяемая как зона сланцеватых метагабброидов, является наиболее подходящим протолитом для мелкозернистого метагаббро.

*Формирование массива Габбро-10 по данным о ксенолитах*

Полученные геолого-петрографические и геохимические данные соответствуют, на наш взгляд, следующему сценарию формирования массива Габбро-10 (рис. 8). После образования эндоконтакта и кристаллизации меланоритов Нюд-Поаз в результате активизации меридионального (?) разлома произошли тектонические подвижки в приконтактовой части интрузива. В тектонически ослабленную зону начала поступать фракционированная магма из промежуточной для Мончеплутона магматической камеры (рис. 8, а). Пульсационное заполнение ослабленной зоны в различной степени эволюционированным расплавом (рис. 8, б) привело в конечном счете к наблюдаемому строению разреза массива, имеющего зону эндоконтакта (сланцеватые метагабброиды) и главную зону метагаббро-диоритового состава (рис. 8, в).

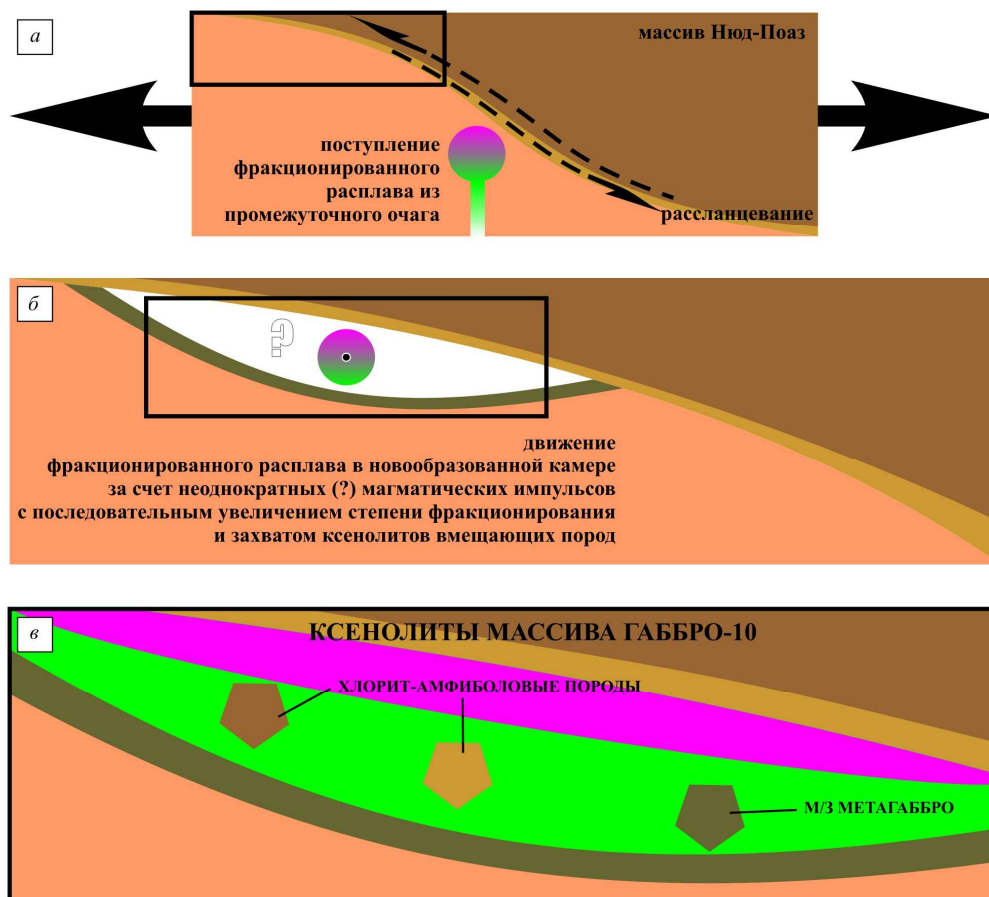


Рис. 8. Модель образования высокомагнезиальных ксенолитов в массиве Габбро-10

Fig. 8. The model of the xenolith formation in the Gabbro-10 massif

Хлорит-амфиболовые породы, содержащиеся в виде ксенолитов в метагаббро, в большинстве своем соответствуют по составу меланократовым норитам Нюд-Поаз, а также породам его эндоконтакта. Наличие таких ксенолитов является, по-видимому, следствием дополнительного внедрения, разрушившего краевую часть массива Нюд-Поаз. Важно отметить, что дополнительное внедрение, очевидно, произошло уже после рассланцевания меланоритов. Наиболее вероятно, что мелкозернистые метагаббро, сильно напоминающие

по геохимическим характеристикам сланцеватые габброиды, являются автолитами массива Габбро-10 и представляют собой фрагмент его же контактовой зоны, возникшей при первом заполнении ослабленной зоны расплавом и частично разрушенной в результате многоимпульсного внедрения.

*Практическое значение.* Прямым следствием полученных результатов является вывод о многократном пополнении расплавом небольшой магматической камеры, которая представляет собой поздний приконтактный сателлит или позднюю интрузивную фазу массива Нюд-Поаз. Аналогичная геологическая обстановка отмечается для первой и второй интрузивных фаз массива Федоровой тундры [7], вмещающего крупное месторождение ЭПГ, которое связано с поздней фазой внедрения. С учетом истории открытия месторождений Федоровой тундры может быть дана рекомендация на доизучение массива Габбро-10 на элементы платиновой группы как потенциального промышленного объекта контактового типа ("contact style PGE mineralization").

### **Заключение**

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. Массив Габбро-10 представляет собой позднее по отношению к Мончеплутону интрузивное тело и содержит многочисленные ксенолиты, представленные хлорит-амфиболовыми породами и мелкозернистыми метагаббро.

2. По своим структурно-текстурным особенностям и химическому составу хлорит-амфиболовые породы соответствуют меланократовым норитам массива Нюд-Поаз.

3. Мелкозернистые метагаббро отвечают по составу сланцеватым метагабброидам, слагающим эндоконтактную зону массива Габбро-10, и являются автолитами. Наличие автолитов этих пород свидетельствует о многоимпульсном заполнении магматической камеры расплавом.

### **Благодарности**

Авторы благодарят О. В. Казанова за доступ к керну скважин, А. В. Мокрушина, П. В. Припачкина и В. В. Чащина за критические замечания к рукописи. За проведенные измерения авторы признательны участвовавшим в работе аналитикам: Н. С. Власенко, Д. В. Киселевой, Л. И. Константиновой и В. В. Шиловских.

Исследования проводились при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ (проекты 16-05-00367, 15-35-20501). Транспортные расходы, связанные с исследованиями в РЦ "Геомодель", финансировались за счет студенческого гранта Канадского фонда Общества экономических геологов (SEGCF), присужденного А.В.М.

### **Библиографический список**

1. Ефимов А. А., Субботин В. В., Вурсий Г. Л. Геологическое строение и характеристика сульфидной ЭПГ-содержащей минерализации массива Габбро-10 (Мончегорский интрузив, Кольский полуостров) // Геология и геоэкология Европейской России и сопредельных территорий : материалы XV молодежной науч. конф., посвященной памяти К. О. Кратца, г. Санкт-Петербург, 13–16 октября 2004 г. СПб. : СПбГУ, 2004. С. 74–76.

2. Расслоенные интрузии Мончегорского рудного района: петрология, оруденение, изотопия, глубинное строение : в 2 ч. Ч. I / под ред. Ф. П. Митрофанова, В. Ф. Смолькина. Апатиты : КНЦ РАН, 2004. 177 с.

3. Pripachkin P. V., Rundkvist T. V., Miroshnikova Y. A., Chernyavsky A. V., Borisenko E. S. Geological structure and ore mineralization of the South Sopchinsky and Gabbro-10 massifs and the Moroshkovoe Lake target, Monchegorsk area, the Kola Peninsula, Russia // Mineralium Deposita. 2016. V. 51, Iss. 8. P. 973–992.

4. Малыгина А. В., Грошев Н. Ю., Кариковски Б. Т., Родионов Н. В., Беляцкий Б. В. О генезисе "магнетитового пласта" в массиве Габбро десятой аномалии Мончегорского плутона по данным U-Pb SHRIMP-II-датирования циркона и бадделеита из метадiorитов / Новое в познании процессов рудообразования: Седьмая Российская молодежная науч.-практ. школа : сб. материалов. Москва, 13–17 ноября 2017 г. М. : ИГЕМ РАН, 2017. С. 187–190.

5. Дубровский М. И. Комплексная классификация магматических горных пород. Апатиты : КНЦ РАН, 2002. 234 с.

6. McDonough W. F., Sun S.-S. The composition of the Earth // Chemical Geology. 1995. V. 120, Iss. 3–4. P. 223–253.

7. Дубровский М. И., Рундквист Т. В. Раннепротерозойский платиноносный массив Федоровых тундр (Кольский полуостров): геология и петрология // Записки Российского минералогического общества. 2008. № 4. С. 20–33.

### **References**

1. Efimov A. A., Subbotin V. V., Vursiy G. L. Geologicheskoe stroenie i harakteristika sulfidnoy EPG-soderzhaschey mineralizatsii massiva Gabbro-10 (Monchegorskiy intruziv, Kolskiy poluostrov) [Geological structure and characteristics of the sulfide PGE-containing mineralization of the Gabbro-10 massif (Monchegorsk intrusion, the Kola Peninsula)] // Geologiya i geoekologiya Evropeyskoy Rossii i sopredelnyh territoriy : materialy XV

molodezhnoy nauch. konf., posvyaschennoy pamyati K. O. Krattsa, g. Sankt-Peterburg, 13–16 oktyabrya 2004 g. SPb. : SPbGU, 2004. P. 74–76.

2. Rassloennye intruzii Monchegorskogo rudnogo rayona: petrologiya, orudnenie, izotopiya, glubinnoe stroenie [Layered intrusions of Monchegorsk ore region: petrology, mineralization, isotopy, deep structure] : v 2 ch. Ch. 1 / pod red. F. P. Mitrofanova, V. F. Smolkina. Apatity : KNTs RAN, 2004. 177 p.

3. Pripachkin P. V., Rundkvist T. V., Miroshnikova Y. A., Chernyavsky A. V., Borisenko E. S. Geological structure and ore mineralization of the South Sopchinsky and Gabbro-10 massifs and the Moroshkovoe Lake target, Monchegorsk area, the Kola Peninsula, Russia // Mineralium Deposita. 2016. V. 51, Iss. 8. P. 973–992.

4. Malygina A. V., Groshev N. Yu., Karikovskiy B. T., Rodionov N. V., Belyatskiy B. V. O genezise "magnetitovogo plasta" v massive Gabbro desyatoy anomalii Monchegorskogo plutona po dannym U-Pb SHRIMP-II-datirovaniya tsirkona i baddeleyita iz metadioritov [Petrogenesis of the "magnetite layer" in the Gabbro-10 massif, Monchegorsk Complex, Russia: U-Pb SHRIMP-II data after zircon and baddeleyite from metadiorite] / Novoe v poznanii protsessov rudoobrazovaniya: Sedmaya Rossiyskaya molodezhnaya nauch.-prakt. shkola : sb. materialov. Moskva, 13–17 noyabrya 2017 g. M. : IGEM RAN, 2017. P. 187–190.

5. Dubrovsky M. I. Kompleksnaya klassifikatsiya magmaticheskikh gornyh porod [Complex classification of magmatic rocks]. Apatity : KNTs RAN, 2002. 234 p.

6. McDonough W. F., Sun S.-S. The composition of the Earth // Chemical Geology. 1995. V. 120, Iss. 3–4. P. 223–253.

7. Dubrovsky M. I., Rundkvist T. V. Ranneproterozoyskiy platinonosnyi massiv Fedorovyh tundr (Kolskiy poluostrov): geologiya i petrologiya [Petrology of the early proterozoic platinum-bearing Fedorova Tundras Massif (the Kola Peninsula)] // Zapiski Rossiyskogo mineralogicheskogo obshchestva. 2008. N 4. P. 20–33.

#### **Сведения об авторах**

**Грошев Николай Юрьевич** – ул. Ферсмана, 14, г. Апатиты, Мурманская обл., Россия, 184209;

Геологический институт КНЦ РАН, канд. геол.-минерал. наук, науч. сотрудник;

e-mail: nikolaygroshev@gmail.com, groshev@geoksc.apatity.ru

**Groshev N. Yu.** – 14, Fersmana Str., Apatity, Murmansk region, Russia, 184209; Geological Institute KSC

RAS, Cand. of Geol.-Miner. Sci., Researcher; e-mail: nikolaygroshev@gmail.com, groshev@geoksc.apatity.ru

**Малыгина Александра Владимировна** – ул. Ферсмана, 14, г. Апатиты, Мурманская обл., Россия,

184209; Геологический институт КНЦ РАН, аспирант; e-mail: alexaeule@yandex.ru

**Malygina A. V.** – 14, Fersmana Str., Apatity, Murmansk region, Russia, 184209; Geological Institute KSC

RAS, Ph.D. Student; e-mail: alexaeule@yandex.ru

**Тимофеева Марина Геннадьевна** – ул. Ферсмана, 14, г. Апатиты, Мурманская обл., Россия, 184209;

Геологический институт КНЦ РАН, канд. биол. наук, науч. сотрудник; e-mail: marhim2003@mail.ru

**Timofeeva M. G.** – 14, Fersmana Str., Apatity, Murmansk region, Russia, 184209; Geological Institute KSC

RAS, Cand. of Biol. Sci., Researcher; e-mail: marhim2003@mail.ru

N. Yu. Groshev, A. V. Malygina, M. G. Timofeeva

## **Study of the nature of high-magnesian xenoliths of the Gabbro-10 massif, Monchegorsk Complex, the Kola Region**

The results of studying geology, petrography and geochemistry of chlorite-amphibole rocks and fine-grained metagabbro in the Gabbro-10 massif have been presented. Chlorite-amphibole rocks are found as large fragments of irregular shape. They have a porphyraceous texture, a schistose structure and are enriched in magnesium and chromium (19 and 0.3 wt % respectively) concerning the metagabbro prevailing in the massif. According to the classification and variation diagrams of main elements, as well as to the diagrams of the trace-element composition normalized to primitive mantle, the chlorite-amphibole rocks are metamorphosed xenoliths of melanocratic norites of the Nyud-Poaz massif. Fine-grained metagabbros, on the other hand, occur in the form of numerous angular fragments concentrated near the lower contact of the intrusion. These massive rocks of the blastogabbroic texture are less enriched in magnesium and chromium (8 and 0.02 wt % respectively) and correspond to the composition of mesocratic gabbro-norites. According to the spectra of trace elements normalized to the primitive mantle, fine-grained metagabbro, with pronounced negative Nb-Ta & Zr-Hf anomalies and positive Sr & Eu anomalies, corresponds to the rocks of the marginal zones of the NKT and Nude-Poaz massifs. However, the greatest similarity is established between these rocks and the schistose gabbroids of the marginal zone of the Gabbro-10 massif. Thus, the fragments of fine-grained metagabbro are possibly autoliths of the intrusion. Collectively, the obtained data have indicated the late intrusion of the Gabbro-10 massif following the crystallization of the Nude-Poaz rocks, and the presence of autoliths of its own marginal zone in the massif points at several magmatic impulses during its formation.

**Key words:** magmatic breccia, contact zone, layered intrusion, Gabbro-10, Monchegorsk Complex.