

А. И. Белковский, Я. А. Белковская, И. Н. Локтина

**МИНЕРАЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ АПОГАББРОВЫХ
БЛАСТОМИЛОНИТОВ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ
УФАЛЕЙСКОГО МЕТАМОРФИЧЕСКОГО БЛОКА**

A. I. Belkovskiy, Ya. A. Belkovskaya, I. N. Loktina

**MINERALOGY AND GEOCHEMISTRY OF APOGABBRO
BLASTOMYLONITES
OF THE UFALEY METAMORPHIC BLOCK**

Original data on petrography, petrochemistry, mineralogy, and geochemistry of apogabbro blastomylonites of the Ufaley metamorphic block are given. It is established that investigated blastomylonites are metamorphites of disthen-andalusite-sillimanitic series significantly enriched in rare earthes elements, so they may be placed into riftogenous formations.

Западная часть Уфалейского метаморфического блока представлена различными по составу и фациальной принадлежности [4] бластомилонитами, слагающими две крупные тектонические пластины — указарскую и егустинскую (рис. 1). Интересующая нас егустинская пластина сложена очковыми апогаббровыми амфиболитами и резко подчиненными им пироксен-амфиболовыми и амфиболовыми метагабброидами (табл. 1, ан. 1—2). Западный край пластины, в узкой (1.5—2 км) субмеридиональной полосе, растерт и превращен в тонкополосчатые мелкозернистые бластомилониты эпидот-амфибол-плагиоклазового состава (табл. 1, анализы 3—6). В бластомилонитах отмечаются многочисленные мелкие тела лейкократовых мелкозернистых плагиогнейсогранитов (табл. 2, ан. 1—6) и довольно крупные по размерам (150—250 метров по мощности) пластовые тела очковых лейкократовых ортитсодержащих Na- и Na-гнейсогранитов (табл. 2, ан. 7—9). Апогаббровые метаморфиты отделены от зеленосланцевых бластомилонитов указарской пластины Блаштинским разломом, к которому приурочено одно из наиболее крупных тел очковых гнейсогранитов. Взаимоотношения горных пород изученной части разреза показаны на рисунке 1. Изменение минерального состава бластомилонитов иллюстрируется детальным описанием линии горных выработок, вскрывших

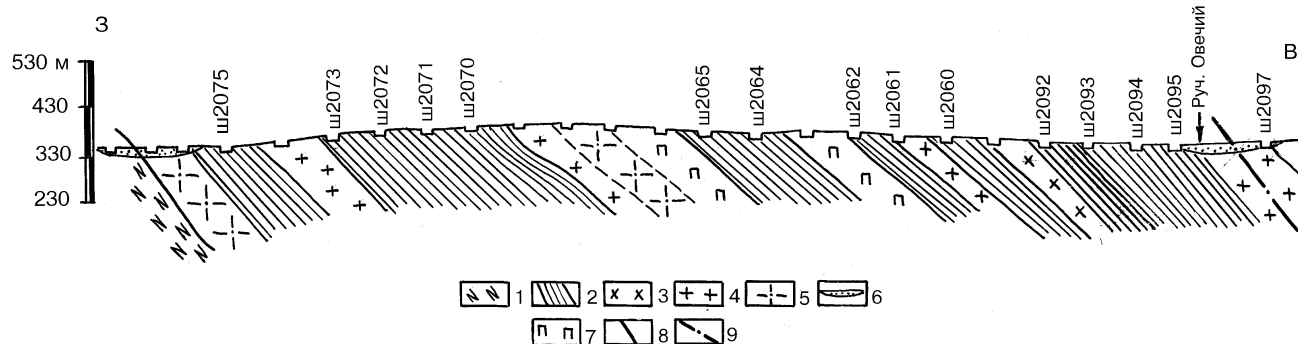


Рис. 1. Геологический разрез через западную часть Уфалейского метаморфического блока (масштаб 1 : 10 000).

1 — зеленосланцевые бластомилониты дистен-андалузитовой фациальной серии, указарская пластина; 2—6 — егустинская пластина:

2 — апогаббровые бластомилониты дистен-андалузит-силлиманитовой фациальной серии, 3 — эпидозиты и кварцевые эпидозиты, 4 — лейкократовые мелкозернистые жильные плагиогнейсограниты биотит-аннитовые и биотит-фенгитовые, 5 — лейкократовые мелко-среднезернистые очковые плагио- и гнейсограниты биотит-аннитовые и фенгитовые ортитсодержащие («козловогорские» граниты по Д. С. Белянкину [8]), 6 — плагиоклазиты; 7 — четвертичные отложения; 8 — Блаштинский разлом; 9 — тектоническое нарушение, отделяющее апогаббровые бластомилониты от апогаббровых амфиболитов центральной части егустинской пластины.

Таблица 1

**Химический состав (мас. %) апогаббровых амфиболитов
и бластомилонитов по ним**

Комп.	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	50.09	47.49	50.25	47.98	45.48	49.44	49.10
TiO ₂	1.81	3.41	2.40	2.70	3.40	2.30	2.52
ZrO ₂	0.027	0.021	0.030	0.014	0.020	Н. опр.	Н. опр.
Cr ₂ O ₃	0.012	0.004	0.010	0.010	0.020	0.020	0.010
Al ₂ O ₃	14.39	12.44	14.87	14.17	15.44	13.91	14.23
Fe ₂ O ₃	3.50	4.50	7.88	6.09	6.20	2.76	4.44
FeO	8.71	11.16	6.12	7.70	8.00	9.04	9.34
MnO	0.11	0.25	0.20	0.13	0.13	0.16	0.21
MgO	6.86	6.50	4.24	6.03	6.70	6.67	6.70
CaO	9.92	8.69	6.98	9.19	8.03	8.90	8.97
Na ₂ O	2.82	3.45	3.58	3.14	3.13	3.82	2.48
K ₂ O	0.67	0.90	1.42	0.81	0.67	0.73	0.23
P ₂ O ₅	0.20	0.30	0.20	0.21	0.25	0.25	0.33
V ₂ O ₅	0.064	0.072	0.06	0.05	0.06	0.06	0.07
П. п. пр.	1.35	0.77	1.86	2.28	2.62	1.65	1.53
Сумма	100.52	99.95	100.10	100.50	100.15	99.71	100.16
F	49.2	56.8	63.5	55.1	53.2	49.3	49.0
CaO	51.0	49.0	54.2	52.3	46.3	50.0	49.0
CaO+MgO	2	2	2	1.5	1.5	2	-I
Rb	Не опр.	Не опр.	350	303	362	353	308
Sr	-	-	250	190	188	270	210
Ba	10	-	25	18	13	28	25
La	10	-	50	45	45	70	70
Ce	5	-	35	40	35	35	45
Y	1	-	2	1	2	2	3
Yt	80	-	200	160	180	220	210
Zr	10	-	40	51	45	46	36
Nb	10	8	40	33	28	40	22
La*	10	8	54	48	56	50	60
Ce	10	8	6	10	10	12	7
Sm	1.2	1.4	1.0	1.0	1.3	1.6	2.8
Eu	1	1	2	1	2	2	1
Tb							

Примечание: Анализы: 1 — апогаббровые амфиболиты (среднее из 10 анализов). 2 — те же амфиболиты рудные (ильменитовые); 3—4 — бластомилониты по апогаббровым амфиболитам (обр. 3—4), линия № 3. шурфы № 2071 и 2059: 5 — те же бластомилониты по рудным апогаббровым амфиболитам, шурф № 2094: 6—7 — бластомилониты по апогаббровым амфиболитам, обнажение № 967, в 10 км на юг от поселка Нижний Уфалей по внутриведомственной дороге на город Кыштым, в 480 м на юг от пересечения дорогой речки Долгобродки, восточная стенка дорожной выемки. Анализы выполнены в Центральной химической лаборатории ПО «Уралгеология», аналитик Н. Ф. Колосова: La, Ce, Y, Zr, Nb (г/т) — количественным спектральным анализом в Институте геологии и геохимии УрО РАН: Rb, Sr, Ba (г/т) — рентгенофлюоресцентным анализом на FRA-2 (там же): La, Ce, Sm, Eu, Tb (г/т) — нейтронно-активационным анализом в ПО «Уралгеология». $F = \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 / \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO} \%$.

западную часть разреза (документация проведена с запада на восток, расстояние между горными выработками — 100 метров, общее падение горных пород СВ 40—55 градусов, угол падения 40—55 градусов, см. рис. 1):

Шурф № 2075. Глубина 1.5 м. Тонкополосчатые мелкозернистые эпидот-плагиоклаз-амфиболовые бластомилониты ($\text{Эп}20 + \text{Пл}40 + \text{Амф}_{\text{с/зел}}49-50 + \text{Би}_{\text{кор}} + \text{Рут}_{\text{черн}}$) с реликтами очковых апогаббровых бластомилонитов:

Шурф № 2074. Глубина 1.0 м. Очковые лейкократовые мелко-среднезернистые плагиогнейсограниты фенгитсодержащие с жилами (до 10 см) микрозернистого «клеевидного» кварца.

Шурф № 2073. Глубина 1.1 м. Тонкополосчатые мелкозернистые эпидот-амфибол-альбит-кварцевые бластомилониты сфенсодержащие ($\text{Пл} + \text{Эп}65 + \text{Амф}_{\text{с/зел}}25-30 + \text{Сф}1-2 + [\text{Би}_{\text{кор}}1-2] + \text{Хл}_{\text{с/зел}}1-2 + \text{Кв}1-2$).

Шурф № 2072. Глубина 0.9 м. Эпидот-плагиоклаз-амфиболовые бластомилониты сфенсодержащие ($\text{Эп}30 + \text{Пл}30 + [\text{Амф}_{\text{с/зел}}40] + \text{Сф}1$) с послойными инъекциями лейкократовых мелкозернистых плагиогнейсогранитов.

Шурф № 2071. Глубина 1.5 м. Те же бластомилониты биотитизированные ($\text{Амф}_{\text{с/зел}}50 + \text{Пл}30 + \text{Эп}10 + \text{Би}_{\text{кор}}10$) с послойными инъекциями лейкократовых мелкозернистых плагиогнейсогранитов.

Шурф № 2070. Глубина 3.2 м. Те же бластомилониты сфенсодержащие ($\text{Эп}10 + \text{Амф}_{\text{с/зел}}50 + \text{Пл}30 + \text{Би}_{\text{кор}}10-15$) с послойными инъекциями (10—20 см) лейкократовых мелкозернистых плагиогнейсогранитов фенгитсодержащих.

Шурф № 2069. Глубина 1.0 м. Очковые мелкозернистые плагиогнейсограниты фенгитсодержащие (акцессорные — бу-

Таблица 2

**Химические анализы (мас. %) жильных плагиогнейсогранитов
и очковых субщелочных гнейсогранитов**

Комп.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	74.96	74.68	76.88	74.40	74.79	75.14	76.15	75.60	73.94
TiO ₂	0.20	0.26	0.13	0.40	0.33	0.26	0.18	0.17	0.16
Al ₂ O ₃	12.16	14.43	12.68	12.47	13.05	12.96	12.16	12.60	12.06
Cr ₂ O ₃	0.0021	0.0011	0.0019	0.0018	0.0020	0.0010	Сл.	0.0018	0.0021
Fe ₂ O ₃	0.20	0.68	1.00	1.14	0.47	0.70	0.79	1.00	0.87
FeO	3.94	0.83	1.36	1.36	1.69	1.64	1.00	1.06	2.96
MnO	0.04	0.03	0.02	0.04	0.02	0.03	0.01	0.04	0.04
MgO	0.40	0.24	Сл.	0.83	0.85	0.46	0.20	0.26	0.25
CaO	1.10	1.95	0.92	2.64	0.92	1.51	0.11	0.50	0.56
Na ₂ O	5.80	5.89	5.68	5.35	5.75	5.69	3.65	3.97	4.46
K ₂ O	0.62	0.21	1.03	0.18	1.13	0.63	4.08	4.26	4.14
P ₂ O ₅	0.06	0.06	0.09	0.11	0.03	0.07	Сл.	Сл.	Сл.
V ₂ O ₅	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	0.02	Сл.
Nb ₂ O	0.010	0.010	0.009	0.006	0.009	0.007	0.018	0.015	0.011
Ta ₂ O ₅	0.0006	0.0002	0.0007	0.0002	0.0009	0.0005	0.0017	0.0012	0.0016
П.п.п.	0.22	0.63	0.37	0,63	0.59	0.69	0.97	0.20	0.20
Сумма	99.70	99.89	100.16	99.95	99.59	99.78	99.30	99.68	99.58
F	85.3	77.2	100.0	61.7	41.8	73.5	82.6	80.9	89.4

Примечания: Анализы: 1—5 — лейкократовые мелкозернистые жильные плагиогнейсограниты биотитовые и биотит-фенгитовые; точечные пробы горных пород отобраны: анализы 1—3 — шурфы №/№ 2018, 2011, 2024-1 соответственно, поисковая линия № 1; анализы 4—5 — шурфы №/№ 2036 и 2027, поисковая линия № 2; 6 — среднее анализов 1—5; 7—9 — лейкократовые мелко-среднезернистые очковые гнейсо-граниты биотитовые, биотит-фенгитовые, фенгитовые ортитсодержащие («козловогорские» граниты по [8]), точечные пробы отобраны: анализы 7—9 — шурфы №/№ 2054, 2021 и 2045, поисковые линии 3 и 2 (см. рис. 1).

рый анизотропный ортит, эпидот, циркон, магнетит и пирит) окварцованные и альбитизированные) с прожилками (2—3 см) мелкозернистого «клеевидного» кварца.

Шурф № 2068. Глубина 0.8 м. Очковые мелко-среднезернистые гнейсограниты ортитсодержащие (акцессорные — бурый биотит, светло-зеленый фенгит, бурый анизотропный ортит, светло-фиолетовый и бесцветный флюорит, эпидот, магнетит) альби-

тизированные, флюоритизированные и окварцованные с секущими прожилками микрозернистого серого и светло-серого кварца:

Шурф № 2067. Глубина 0.8 м. Очковые лейкократовые средне-мелкозернистые ортитсодержащие гнейсограниты альбитизированные (Мкр50–60+Кв25–30+Пл10+Фен+Би_{черн}+Ор_{бур}+Эп+Мт+Цир).

Шурф № 2066. Глубина 1.1 м. Лейкократовые мелкозернистые плагиоклазиты. Акцессорные — Ан_{черн}+Ор_{бур}+Эп+Сф+Кв+Пир+Хпир;

Шурф № 2065. Глубина 1.3 м. Тонкополосчатые мелкозернистые эпидот-плагиоклаз-амфиболовые бластомилониты сфенсодержащие биотитизированные (Эп10+Пл30+Амф_{с/зел}40+[Би_{кор}5–10]+Сф0.3—0.4) с жилами (10—15 см) светло-серого мелкозернистого кварца.

Шурф № 2064. Глубина 2.0 м. Те же бластомилониты биотитизированные (содержание каштанового и коричневого гидробиотита 10—15 об. %) с тонкими инъекциями лейкократовых мелкозернистых плагиогнейсогранитов фенгитсодержащих.

Шурф № 2063. Глубина 1.7 м. Мелкозернистые плагиоклазиты биотитсодержащие (Аб95+Би_{черн}3–5+Эп+Хл+Пир).

Шурф № 2062. Глубина 2.1 м. Тонкополосчатые мелкозернистые гранат-эпидот-плагиоклаз-амфиболовые бластомилониты (Эп5+Пл50+Амф_{с/зел}40+Би_{кор}5–6+Мт+Пир) с реликтовыми участками апоамфиболитовых мигматитов (Гр5+Амф_{сип/зел}55+Пл40+Кв) с инъекциями лейкократовых мелкозернистых плагиогнейсогранитов биотитсодержащих:

Шурф №2061. Глубина 1.5 м. Лейкократовые мелкозернистые плагиогнейсограниты биотитсодержащие (Пл+Кв+Би_{т/кор}+Фен).

Шурф №2060. Глубина 2.0 м. Тонкополосчатые мелкозернистые биотит-эпидот-плагиоклаз-кварцевые бластомилониты (бурый высокожелезистый гидробиотит Fe₂O₃ 17.00; MnO 0.32; MgO 4.75; CaO 0.50; F=66. 6) с многочисленными жилами эпидозитов и кварцевых эпидозитов.

Шурф №2059. Глубина 1.5 м. Лейкократовые мелкозернистые плагиогнейсограниты аннитсодержащие (Пл+Кв+Mg-Ан_{черн}. 3—5: Fe₂O₃ 16.22; FeO 9.12; MnO 0.29; MgO 5.17; CaO 0.32; F = 72.0 мол. %; f = 0.62 %; n_g = n_m = 1.696) с секущими жилами (до 10 см) кварцевых эпидозитов и светло-серого микрозернистого кварца.

Шурф № 2092. Глубина 1.4 м. Тонкополосчатые мелкозернистые плагиоклаз-амфиболовые бластомилониты рутилсодер-

жащие (Пл40 + Амф_{с/зел}59–60 + Рут_{черн} + Рут_{кор}1.5–2.5 + Эп + Би_{бур}) с реликтами очковых апогаббровых амфиболитов.

Шурф № 2093. Глубина 1.0 м. Те же бластомилониты (Пл+Амф_{с/зел}+Рут_{черн}1.5+Гр+Ап+Эп+Кв+Би_{кор}+Сф) с согласными инъекциями лейкократовых мелкозернистых плагиогнейсогранитов биотитсодержащих.

Шурф № 2094. Глубина 2.2 м. Те же бластомилониты (Пл+Амф_{с/зел}+Рут_{черн}+Рут_{кор}1.5–2.0+Би_{кор}) с реликтами очковых апогаббровых амфиболитов.

Сокращения: Амф_{син/зел} — роговая обманка сине-зеленая, Би_{кор} — биотит коричневый, Mg-Ан_{черн} — магнезиальный аннит черный, Пл — плагиоклаз. Аб — альбит, альбит-олигоклаз, Ан — анортит, Кв — кварц, Ап — апатит, Ор_{бур} — ортит бурый, Цир — циркон, Мг — магнетит, Рут_{черн/кор} — рутил черный и коричневый, Фен — фенгит, Сф — сфен, Хл — хлорит, Пир — пирит, Хпир — халькопирит, Эп10 — содержание эпидота в породе 10 об. % и т. д.

Из приведенного описания очевидно, что двухкилометровая контактная зона егустинской пластины представлена черными и темно-зелеными тонкополосчатыми мелкозернистыми породами основного состава, характеризующимися устойчивым минеральным парагенезисом (об. %): сине-зеленая роговая обманка 25—60, плагиоклаз 25—50 и эпидот 10—25. В единичных образцах установлен гранат 1—5 %. Из вторичных минералов следует отметить биотит, аннит, хлорит и кварц. Акцессорные минералы представлены рутилом, магнетитом, апатитом, пиритом, халькопиритом. Структура пород — нематогранобластовая, лепидонематогранобластовая. Текстура — полосчатая, обусловленная чередованием тонких (0.1—0.3 мм) полос, сложенных роговой обманкой, роговой обманкой и эпидотом, плагиоклазом и кварцем.

Породообразующая роговая обманка наблюдается в виде мелких (0.7 × 0.1 мм) длиннопризматических кристаллов, вытянутых согласно с кристаллизационной сланцеватостью пород. Плеохроирует от ярко сине-зеленого по Ng до желто-зеленого по Np. Показатели преломления и соответственно величина общей железистости колеблются в узких пределах: ng — от 1.666 до 1.682 и F — от 40 до 47 мол. % (табл. 3—5). По химическому составу относится к низкокальциевой железо-магнезиальной роговой обманке (табл. 4—5). По многим характеристикам она оказалась близкой к голубовато-зеленым амфиболам из метагаббродиабазов указарской пластины, которые по P-T-условиям характеризуются как низкобарические бластомилониты дистен-андалу-

Таблица 3

**Оптические свойства и рентгеновские константы (Å) роговых
обманок из апогаббровых blastsмилонитов**

Константы	1	2	3	4	5	6	7
n_g	1.669	1.671	1.675	1.682	1.675	1.666	1.674
n_p	1.651	1.654	1.656	1.662	1.656	1.647	1.654
$n_g - n_p$	0.018	0.017	0.019	0.020	0.019	0.019	0.019
$c : N_g$	20	18	20	18	16	18	18
a_0	9.841	9.840	9.844	9.835	9.837	9.827	9.837
b_0	18.057	18.056	18.056	18.058	18.060	18.058	18.057
c_0	5.315	5.316	5.318	5.317	5.319	5.316	5.317
β , град.	104°59'	105°01'	104°59'	104°56'	104°59'	104°59'	104°59'
V , Å ³	912.6	912.3	913.1	912.4	912.8	911.2	912.4

Примечание: 1—7 — соответствуют номерам в таблицах 4—5.
Окраска по Ng сине-зеленая.

Таблица 4

**Химические анализы (мас. %), коэффициенты F – f (мол. %)
роговых обманок из апогаббровых blastsмилонитов**

Комп.	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	43.85	45.14	44.88	44.14	43.00	44.80	44.30
TiO ₂	0.75	0.80	0.50	0.64	0.70	0.80	0.70
Al ₂ O ₃	11.70	11.50	11.15	11.18	12.36	10.92	11.47
Fe ₂ O ₃	3.57	7.00	7.00	6.88	7.76	6.58	7.04
FeO	13.35	9.40	10.98	10.46	10.18	9.25	10.05
MnO	0.30	0.25	0.24	0.27	0.27	0.16	0.25
MgO	10.95	11.14	10.86	10.93	11.24	12.71	11.30
CaO	11.25	11.04	11.01	10.92	10.71	10.59	10.92
Na ₂ O	1.48	1.48	1.62	1.52	1.76	1.76	1.60
K ₂ O	0.58	0.29	0.52	0.44	0.36	0.28	0.41
H ₂ O ⁺	2.27	2.20	1.50	2.30	2.00	1.82	2.01
H ₂ O ⁻	0.27	Н. обн.	Н. обн.	0.20	Н. обн.	0.16	-
F	0.04	0.08	0.11	0.09	0.15	0.31	0.13
Сумма	100.36	100.32	100.37	99.97	100.49	100.14	100.18
F ₂ = O	0.02	0.04	0.06	0.05	0.08	0.15	0.07
Сумма	100.32	100.28	100.31	99.92	100.41	99.99	100.11
F	45.9	44.1	47.1	45.6	46.1	40.1	44.8
f	0.19	0.40	0.36	0.38	0.41	0.39	0.37

Примечания: Анализы 1—6 — сине-зеленые роговые обманки из тонкополосчатых тонкозернистых апогаббровых blastsмилонитов: поисковая линия № 3. разведочные шурфы №/№ 2072, 2073, 2070, 2064, 2093, 2093-2 соответственно (см. рис. 1); 7 — среднее анализов 1—6. Анализы выполнены в Центральной химической лаборатории ПО «Уралгеология», аналитик Н. Ф. Колосова. $f = Fe_2O_3 / (Fe_2O_3 + FeO)$, мол. %.

Таблица 5

**Кристаллохимические формулы (ф. е.), коэффициенты a_{Si} - a_{VI} - a_{Ca}
(ф. е.) роговых обманок из апогаббровых бластомилонитов**

Элементы	1	2	3	4	5	6	7
Si	6.48	6.59	6.74	6.52	6.35	6.60	6.50
Al _{IV}	1.52	1.41	1.26	1.48	1.65	1.40	1.50
Al _{VI}	0.51	0.57	0.71	0.46	0.50	0.48	0.48
Ti	0.08	0.09	0.06	0.07	0.08	0.09	0.09
Fe ³⁺	0.39	0.77	0.79	0.76	0.86	0.73	0.77
Fe ²⁺	1.65	1.14	1.37	1.29	1.25	1.14	1.23
Mn	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03
Mg	2.41	2.42	2.43	2.40	2.47	2.82	2.47
Сумма	5.08	5.02	5.39	5.01	5.19	5.28	5.08
Ca	1.78	1.72	1.73	1.73	1.69	1.67	1.72
Na	0.40	0.42	0.48	0.43	0.50	0.50	0.45
K	0.11	0.05	0.10	0.08	0.07	0.05	0.07
Сумма	2.29	2.19	2.31	2.24	2.26	2.22	2.24
ОН	2.24	2.14	1.50	2.26	1.97	1.79	1.98
F	0.02	0.04	0.05	0.04	0.07	0.14	0.06
Сумма	2.26	2.18	1.55	2.30	2.04	1.93	2.04
a_{Si}	19.0	17.6	15.7	18.5	20.6	17.5	18.7
a_{VI}	19.3	28.5	28.9	25.7	27.7	24.6	26.4
a_{Ca}	22.3	21.5	25.1	22.8	25.2	24.7	23.2

Примечание: $a_{Si} = Al_{IV} / (Al_{IV} + Si)$, $a_{VI} = (Al_{VI} + Ti + Fe^{3+}) / (Al_{VI} + Ti + Fe^{3+} + Fe^{2+} + Mn)$; $a_{Ca} = Na + K / (Na + K + Ca)$. ф. е.

зитовой фациальной серии [4]. Объем элементарной ячейки изученных образцов соответствует метрике амфиболов из метаморфитов дистен-андалузит-силлиманитовой фациальной серии [12]. На диаграмме Дж. Барда [19] все изученные образцы находятся в поле составов амфиболов из пород промежуточной по давлению дистен-андалузит-силлиманитовой фациальной серии (рис. 2). На диаграммах $(Al^{VI}-Al^{IV})-F$ (ф. е.) и $a_{Si}-a_{VI}$ (ф. е.), составленных различными авторами [12, 14] составы сине-зеленых роговых обманок (табл. 4—6) отвечают составам амфиболов, типоморфных для пород эпидот-амфиболитовой фации метаморфизма

**Содержания скандия (мас. %) в роговых обманках
из апогаббровых blastsмилонитов**

№/№ пор.	№/№ авт.	Sc (мас. %)
1	ш-2075	0.0013
2	ш-2973	0.0055
3	ш-2072	0.0020
4	ш-2071	0.0063
5	ш-2070	0.0052
6	ш-2065	0.0081
7	ш-2064	0.0098
8	ш-2062	0.0058
9	ш-2060	0.0022
10	ш-2059	0.0035
11	ш-2092	0.0017
12	ш-2093	0.0068
13	ш-2094	0.0083

Примечание: Среднее по анализам 1—13: 0.0053. Содержания скандия определены количественным спектральным анализом [17] в Полевской лаборатории ПО «Уралгеология», аналитик А. С. Болков.

(рис. 2—4), что хорошо согласуется с имеющимся фактическим материалом.

Плагиоклаз в апогаббровых blastsмилонитах присутствует в виде ксеноморфных (0.1×0.2 мм) несдвойникованных зерен. Состав его, по оптическим константам (минлаборатория ПО «Уралгеология»), колеблется от альбита An_{1-5} до альбит-олигоклаза An_{12-16} . В отдельных случаях в blastsмилонитах сохраняются реликты «исходных» очковых апогаббровых амфиболитов — крупные субизометричные (2 × 3 мм) ксенобласты полисинтетически сдвойникованного олигоклаз-андезина An_{30-35} и андезина, переполненного мелкими (0.1 × 0.3 мм) кристаллами желто-зеленого эпидота. Олигоклаз-андезин замещается кварцем и светло-зеленым фенгитом $2M_1$ (n_g 1.610—1.614). Эпидот сингенетичен с роговой обманкой. Мелкие (0.2×0.1 мм) кристаллики и двойниковые сростки желто-зеленого эпидота ($n_g = 1.750$; $n_m = 1.738$; $n_p = 1.721$; $c: Np = 5$ град., $-2V = 80$ град.) по химическому составу (мас. %: SiO_2 37.72; Al_2O_3 24.50 Fe_2O_3 11.56; FeO 0.30;

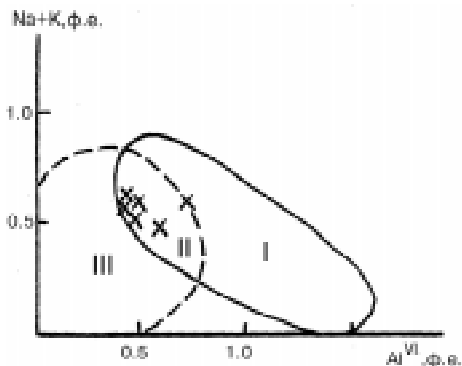


Рис. 2. Составы синие-зеленых роговых обманок на диаграмме Дж. Барда [19].

I—III — поля составов амфиболов: I — дистен-андалузитовой; II — дистен-андалузит - силлиманитовой; III — дистен-силлиманитовой фациальной серии. X — составы анализированных роговых обманок

MgO 0.80; CaO 24.00, H₂O⁺ 1.80, сумма 100.68) относится к пистациту с величиной F = 21.2 мол. %. Аналогичный по составу и свойствам пистацит авторами установлен в кварц-замещающем комплексе пегматитов Слюдяногорского месторождения (пегматитовая зона № 3 по Д. П. Грознецкому [11]): SiO₂ 37.98; TiO₂ 0.25; Al₂O₃ 25.36; Fe₂O₃ 12.38; FeO 0.46; MnO 0.20; MgO 0.20; CaO 22.76; сумма 99.59 мас. %; химлаборатория Свердловского горного института им. В. В. Вахрушева, аналитик Е. М. Лихачева). Пистацит замещается светло-зеленым фенгитом 2M₁ (определение полиптипии фенгита выполнено В. А. Котляровым, Ин-тут минералогии УрО РАН).

Гранат наблюдается только в лейкосоме апогаббровых мигматитов, сохранившейся в бластомилонитах в виде реликтовых участков (см. описание горных выработок, шурф № 2062, а так же рис. 2). Мелкие (0.1×0.1 и до 0.3×0.3 мм) ромбододекаэдрические кристаллы светло-розового высокожелезистого гроссуляр-альмандина (мас. %: SiO₂ 40.32; TiO₂ 0.09; Al₂O₃ 19.65; Fe₂O₃ 2.68; FeO 20.00; MnO 4.05; MgO 0.50; CaO 11.95; P₂O₅ 0.01; сумма 99.45; химлаборатория «Уралгеология», аналитик Н. Ф. Колосова; F = 96.2 мол. %) обладают зональным строением: центральные части их переполнены пылевидными включениями рудного минерала, периферия — прозрачная, включений не содержит. Микроскопическим анализом в гроссуляр-альмандине установлена стандартная «прогрессивная» зональность, характеризующаяся четко выраженным «марганцевым» ядром, к которому приурочены включения рудного минерала, и магниальной периферией (0.05—0.1 мм), лишенной вростков рудного минерала. Гранат замещается альбит-олигоклазом, пистацитом и кварцем. Рутил — характерный акцессорный минерал. Присутствует в виде мелких (0.01×0.05 и до 0.2×0.3 мм) ксеноморфных зерен, за-

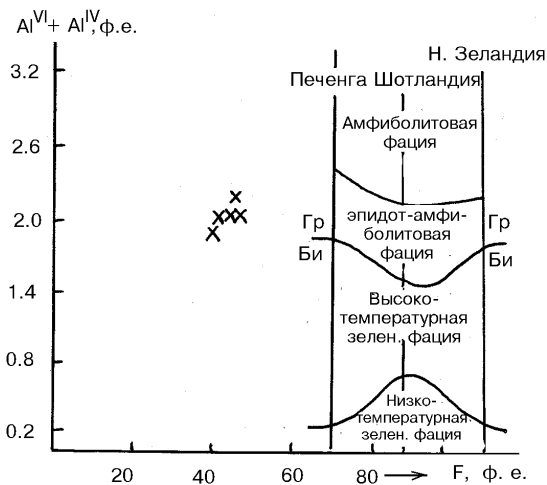


Рис. 3. Диаграмма ($Al^{VI}-Al^{IV}$) — F (ф. е.) для амфиболов зональных серий, по [12]. x — составы анализированных образцов.

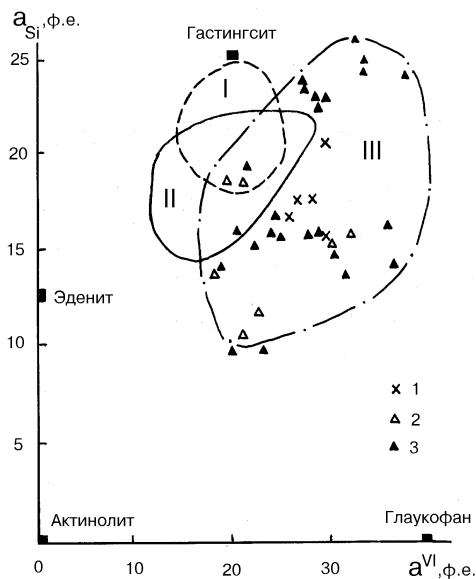


Рис. 4. Диаграмма $a_{Si}-a_{VI}$ (ф. е.) для амфиболов гранулитовой (I), амфиболитовой (II) и эпидот-амфиболитовой (III) фаций, по [14].

1 — составы анализированных роговых обманок; 2—3 — бесцветные (2) и синие-зеленые (3) амфиболы эпидот-амфиболитовой фации по [14]

мещаемых сфеном. Под микроскопом в шлифах непрозрачен; в редких случаях среди черного рутила наблюдаются единичные зерна, обладающие густо-коричневой окраской. В некоторых горных выработках содержания мелкокрапленного рутила достигают промышленных кондиций (см. описание разреза, шурфы №/№ 2092—2094).

Магнетит. Отмечен в виде октаэдрических кристаллов, размером до 2×2 мм (табл. 7). Грани {111} ровные, блестящие. Химический состав его близок к стехиометрическому. Содержания германия в нем отвечают содержаниям этого элемента в сиенитовых породах [9], что, в общем, указывает на его метаморфогенную природу и резко отличает его от титаномагнетитов, связанных с ультрабазитами и габброидами Платиноносного пояса Урала [18].

Вторичные минералы в бластомилонитах представлены биотит-аннитом, железо-магнезиальным хлоритом и кварцем. Сине-зеленая железо-магнезиальная роговая обманка повсеместно замещается коричневым биотитом $1M$ ($F = 53—61$ мол. %, $f = 0.25—0.34$ мол. %; $n_g \approx n_m = 1.650—1.666$) и черным аннитом $1M$ ($F = 64—70$ мол. %, $f = 0.25—0.35$ мол. %, $n_g \approx n_m = 1.670—1.680$). Биотит в свою очередь замещается светло-зеленым железо-магнезиальным хлоритом ($n_m = 1.614$ и $n_m = 1.625$), аннит — светло-зеленым фенгитом $2M_1$ ($n_g = 1.600—1.614$). В горных выработках обычно наблюдаются гидратизированные разности биотит-аннитов: гидробиотиты, Са-гидробиотиты, гидробиотиты с обменным кальцием $1M+1Md$, $1M+1Md+2M_1$, $1Md+2M_1$ и гидроанниты, Са-гидроанниты $1M+1Md$, $1Md+2M_1$ [7]. Для гидробиотитов характерны низкие содержания оксидов калия и лития (табл. 8), что связано с избирательным «вымыванием» этих элементов в процессе выветривания железо-магнезиальных триоктаэдрических слюд [5]. Среднее содержание скандия в гидратизированных образцах составляет 0.0017 мас. % и близко к содержаниям Sc в биотитах из пород амфиболитовой фации метаморфизма [15—16]. Тусклые светло-коричневые и коричневые пластиночки (0.15—0.27 мм) гидробиотита распределены в бластомилонитах крайне неравномерно — они образуют мономинеральные прослои или же встречаются в виде одиночных чешуек в амфиболовой матрице. Все, важные в практическом отношении, рудопроявления мелкочешуйчатого гидробиотита в Уфалейском блоке связаны только с охарактеризованной зоной апогаббровых бластомилонитов [3, 7].

Состав редких земель апогаббровых бластомилонитов в сравнении со средним составом РЗЭ хондритов [2] указывает на

Таблица 7

**Анализы (мас. %) акцессорного магнетита из апогаббровых
бластомилонитов и очковых лейкократовых гнейсогранитов**

Компоненты	1	2	3	4
MnO	0.08	0.04	0.03	0.03
TiO ₂	0.53	0.33	0.50	0.50
V ₂ O ₅	0.11	Н. обн.	0.08	Н. обн.
Cr ₂ O ₃	0.102	0.058	0.043	0.029
NiO	0.071	0.018	Н. обн.	Н. обн.
CoO	0.010	Н. обн.	0.010	0.009
Sc ₂ O ₃	Н. обн.	Н. обн.	Н. обн.	Н. обн.
Ge	0.00021	0.00028	0.00021	0.00017

Примечание: Анализы: 1—2 — акцессорный магнетит из апогаббровых бластомилонитов: поисковые шурфы №/№ 2069 и 2094; 3—4 — то же из очковых лейкократовых гнейсогранитов, поисковые шурфы №/№ 2067 и 2068 (см. рис. 1). Количественный спектральный анализ магнетитов выполнен в Институте геологии УрО РАН, аналитик Н. Ярош, скандий и германий — в Полевской лаборатории ПО «Уралгеология», А. С. Болковым по методикам [1, 17].

Таблица 8

**Содержания (мас. %) щелочей, ниобия, тантала и скандия
в гидробиотитах из апогаббровых бластомилонитов**

Комп.	1	2	3	4	5	6	7	8
K ₂ O	7.06	5.91	6.34	7.04	6.54	6.30	7.81	6.71
Na ₂ O	0.20	0.25	0.16	0.20	0.20	0.21	0.22	0.20
Li ₂ O	0.0050	0.0032	0.0032	0.0035	0.0018	0.0020	0.0060	0.0035
Rb ₂ O	0.026	0.012	0.040	0.062	0.030	0.025	0.033	0.032
Cs ₂ O	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
Nb ₂ O ₅	0.004	0.004	0.008	0.006	0.007	0.005	0.004	0.005
Ta ₂ O ₅	0.0004	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Sc	0.0017	0.0017	0.0034	0.0014	0.0018	0.0022	0.0018	0.0017

Примечание: Порядковые номера 1—7 соответствуют следующим номерам горных выработок: ш-2075, ш-2071, ш-2065, ш-2064, ш-2062, ш-2060, ш-2059 соответственно (см. рис. 1). 8 — среднее анализов 1—7. Анализы выполнены: щелочи, ниобий и тантал — в Центральной химической лаборатории ПО «Уралгеология», щелочи определены методом пламенной фотометрии, скандий — в Полевской лаборатории ЦХЛ ПО «Уралгеология», аналитик А. С. Болков.

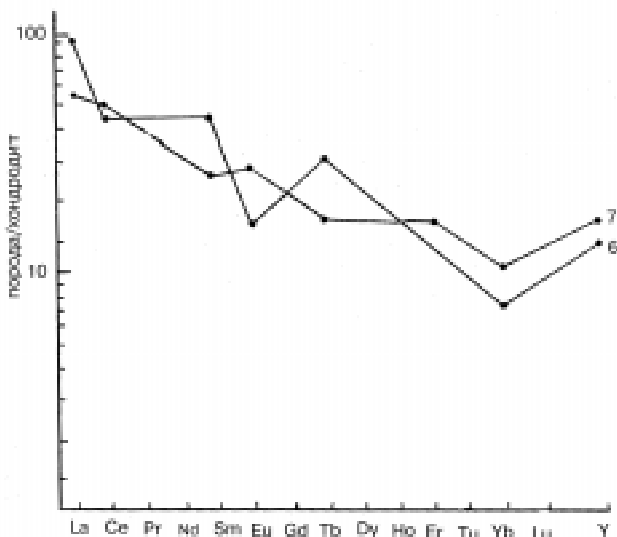


Рис. 5. Состав редких земель апогаббровых бластомилонитов Уфалейского метаморфического блока. 6—7 — апогаббровые бластомилониты (см. нумерацию образцов таблицы 1).

Анализы выполнены нейтронно-активационным методом в Центральной комплексной лаборатории ПО «Уралгеология»

резкое преобладание легких РЗЭ над тяжелыми (табл. 1, рис. 5). Обогащение легкими РЗЭ продуктов корового метаморфизма глубинных габброидов подчеркивалось нами ранее [6]. Полученный новый материал подтверждает ранее сделанный вывод. По содержанию стронция «исходные» метагабброиды Уфалея [6] наиболее близки к «древнейшим габбро-амфиболитам» Земли (Саяно-Байкальской область по данным [10]), образованные по ним бластомилониты (табл. 1) — к роговикам динамотермального ореола Платиноносного пояса — 277 г/т и амфиболитам экзоконтактовых зон офиолитового комплекса Хабаровинского массива на Южном Урале — 241 г/т [13], т. е. близким по составу и генезису образованиям.

Основные выводы выполненной работы сводятся к следующему:

— изучение минерального состава апогаббровых бластомилонитов западной части Уфалейского блока позволяет классифицировать их как метаморфиты промежуточной по давлению дистен-андалузит-силлиманитовой фациальной серии;

— для западной части Уфалейского блока установлена ранее неизвестная метаморфическая зональность: зеленосланцевые бластомилониты дистен-андалузитового типа (указарская пластина) сменяются бластомилонитами дистен-андалузит-силлиманитовой фациальной серии (западная часть егустинской пластины); с последними связаны все известные в районе месторождения мелкочешуйчатого гидробиотита и микрозернистого высокопрозрачного кварца;

— роговые обманки апогаббровых бластомилонитов по многим классификационным параметрам близки к сине-зеленым роговым обманкам апогаббровых амфиболитов центральной части егустинской пластины (F 44 и 43; f 0.39 и 0.30 мол. %; a_{Si} 18 и 19; a_{V1} 26 и 24 ф. е. соответственно); отличие их заключается лишь в содержаниях оксида калия и соответственно в величине общей щелочности — K_2O 0.40 и 1.00 мас. %, сумма катионов в группе X 2.25 и 2.50 ф. е.; причина столь резкого отличия роговых обманок по содержанию оксида калия осталась неустановленной;

— процессы корового метаморфизма «стирают» первичную геохимическую информацию: апогаббровые бластомилониты по сравнению с исходными габброидами, резко обогащены легкими редкими землями и по этому признаку являются типичными рифтогенными образованиями.

Литература

1. *Арнаутов Н. В.* Спектрографическое определение германия в минеральном сырье. Новосибирск: Изд. СО АН СССР, 1959.
2. *Балашиов Ю. А.* Геохимия редкоземельных элементов. М.: Наука, 1976. 234 с.
3. *Белковский А. И.* Биотиты и вермикулиты Уфалейского гнейсо-мигматитового комплекса (Средний Урал). Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. 100 с.
4. *Белковский А. И.* Низкобарические бластомилониты Центрально-Уральского поднятия и их металлогеническая специализация // Петрология и рудообразование. Мат. 1-го Всеросс. петрограф. совещ. Уфа: 1995. С. 27—28.
5. *Белковский А. И., Белковская Я. А.* Об избирательном «вымывании» лития из биотитов метаморфических пород // XVII Геохимический семинар «Геохимия магматических пород». М.: Наука, 1993.
6. *Белковский А. И., Холоднов В. В., Локтина И. Н.* О геохимической специализации основных ультрамафитов и эклогитов Уфалейского метаморфического блока // Геохимия вулканических и осадочных пород Южного Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. С. 85—96.

7. *Белковская Я. А.* Кальциевые гидробиотиты гнейсо-амфиболитовых комплексов // Уральский минер. сборник № 2. Екатеринбург: 1993. С. 109—117.
8. *Белякин Д. С., Соколов Г. А.* Геологическая карта Урала. Описание листа N-41-1. М., 1933. 67 с.
9. *Вахрушев В. А., Арнаутов Н. В.* Особенности распределения германия в магнетите различного происхождения // Геохимия. 1964. № 2. С. 143—147.
10. *Глазунов О. М.* Распределение стронция в габброидах Саяно-Байкальской области // Докл. АН СССР. 1970. Т. 192. № 6. С. 96—98.
11. *Грознецкий Д. П.* Слюдяногорское месторождение мусковита на Среднем Урале // Сов. геология. 1963. № 9. С. 143—149.
12. *Дук Г. Г.* Эволюция химического состава кальциевых амфиболов основных метаморфических пород в различных типах метаморфизма // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1976. № 1. С. 12—23.
13. *Ефимов А. А., Маегов В. И., Флерова К. В., Яковлева О. М.* Стронций в габбро-гипербазитовых комплексах Урала // Геохимия. 1984, № 7. С. 971—984.
14. *Кориковский С. П.* Метаморфизм, гранитизация и постмагматические процессы в докембрии Удокано-Становой зоны. М.: Наука, 1967. 298 с.
15. *Крылова М. Д., Дагелайский В. Б., Орловская К. В.* О закономерностях распределения скандия между минералами метаморфических пород // Геохимия. 1970. № 10. С. 1183—1203.
16. *Крылова М. Д., Дагелайский В. Б., Орловская К. В.* Скандий в процессе метаморфизма // Тр. ИМГРЭ АН СССР, вып. 101. М.: 1971.
17. *Русаков А. К.* Спектральный анализ руд и минералов. М.: Госгеолтехиздат, 1948.
18. *Фоминых В. Г.* Особенности распределения германия в титано-магнетитах различных типов титаномагнетитовых месторождений Урала // Геохимия. 1974. № 6. С. 932—935.
19. *Vagd J. P.* Composition of hornblende forming during the Hercynian progressive metamorphism of the Arocena metamorphic belt, SW Spain // Contribs. Mineral. Petrol. 1970. Vol. 28. № 32. P. 117—134.