

ДОЛОМИТОВЫЕ МРАМОРА ИЗ МЕЛАНЖИРОВАННЫХ ГИПЕРБАЗИТОВ ШАБРОВСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

Ю. В. Ерохин, О. Э. Погромская

Гипербазиты Шабровского массива представлены антигоритовыми серпентинитами и развитыми по ним тальк-карбонатными породами. Они трассируют тектоническую зону, окаймляющую с запада и юга Шабровский гранодиорит-гранитный массив (Шабровская моноклиналь). Тальк-магнезитовые породы Шабровского рудного поля имеют линзовидную форму и вытянуты по направлению тектонической зоны северо-западного простирания. Вмещающими для тальк-карбонатных пород месторождения “Старая линза” являются филлитовые сланцы, обнаженные в северо-восточном борту карьера и переслаивающиеся с прослоями мраморизованных известняков и слюдисто-кварцевых сланцев андреевской свиты (S_2-D_1) [11 и др.]. Среди тальк-карбонатных пород в большом количестве встречаются сильно будинированные дайки диабазов, габбро-диабазов и гранитоидов. Диабазы превращены в амфибол-эпидот-альбитовые породы и родингиты, окруженные реакционными каймами актинолит-эпидот-карбонат-хлоритового и тальк-хлорит-актинолитового состава. Гранитоиды испытали серицитизацию плагиоклаза и биотитизацию амфибола. Вокруг гранитоидов наблюдаются фенгитовые, флогопитовые слюдиты, хлоритолиты. Реже встречаются блоки карбонатных и кремнисто-карбонатных пород по известнякам или известковистым мраморам. Подавляющая часть пород Ша-

бровского рудного поля преобразованы в условиях пропилитовой фации [12]. Формирование тальк-карбонатных пород Шабровского месторождения протекало при участии флюидов исходно магматического происхождения при температуре 285–350°C и давлении 1.2–3 кбар при высокой фугитивности кислорода, которая к концу процесса, вероятно, несколько снизилась, но при этом произошло увеличение активности серы [2].

Тела мраморов были изучены нами в пределах карьера “Старая линза”. Они слагают небольшие будины в северо-западном борту выработки среди тальк-карбонатных пород. Их размеры обычно не превышают 2–3 м в длину. Азимут простирания будин составляет 50°, угол падения – 75°, а вмещающих рассланцованных тальк-карбонатных пород – 75°, угол падения – 90°. В краевых зонах мраморов отмечается ярко выраженная полосчатость, согласная с внешними ограничениями тела и выраженная слоистыми силикатами (тальком, хлоритом, флогопитом), в редких случаях – цепочками зерен хромита и магнетита, что говорит о её формировании в условиях тектонических подвижек. Это подтверждается тем, что на контакте с будинами вмещающие тальк-карбонатные породы сильно рассланцованы. Центральная часть тел сложена гранулированным сахаровидным карбонатом, нередко с обособлениями кварца и крупными перекристаллизованными индивидами доломита. Кроме того, в карьере наблюдаются тела кремнисто-карбонатных пород, но мы их в данной статье не рассматриваем, так как в них кварц обычно преобладает над карбонатом и их нельзя относить к мраморам.

Мрамора состоят, главным образом, из карбоната (преобладает доломит, кальцит встречается реже) и второстепенного кварца (содержание кварца в отдельных случаях достигает 25–30%), но различаются между собой аксессуарной и рудной минерализацией. В целом их можно разделить на два типа: 1) с никелистым тальком, апатитом и вкрапленностью сульфидов меди; 2) с хромистым флогопитом и вкрапленностью пирита (сульфид псевдоморфно заместился лимонитом). В целом, минералогия мраморов была достаточно хорошо изучена различными исследователями в течение последних лет. Был описан никелистый тальк с содержанием NiO до 15–16 мас. %, образующий прожилки и скопления в массе доломита [1]. Позднее, в период 2000–2003 гг. в мраморах установлены скопления

Таблица 1. Химический состав мраморов (вес. %) из Шабровского рудного поля

	1кр	1ц	2ц	2ц-1	2кр
SiO ₂	8.30	0.49	7.31	9.36	26.35
TiO ₂	0.01	0.04	–	–	–
Al ₂ O ₃	0.33	0.10	0.70	0.38	0.51
Cr ₂ O ₃	0.39	0.91	1.48	0.21	0.23
Fe ₂ O ₃	4.51	3.47	27.96	4.00	2.40
FeO	2.60	0.23	11.27	1.86	2.79
MnO	0.38	0.38	0.30	0.17	0.10
MgO	21.18	18.55	10.17	15.68	13.71
CaO	22.25	31.01	18.18	28.07	21.66
Na ₂ O	0.31	0.40	–	–	–
K ₂ O	0.04	0.04	0.08	0.07	0.08
P ₂ O ₅	0.02	0.03	0.21	0.15	0.03
П.п.п.	41.38	43.74	21.64	40.49	32.26
Сумма	100.60	100.40	99.39	100.44	100.15

Примечание: анализы сделаны в ИГГ УрО РАН, лаборатория ФХМИ; 1 – будина с медными сульфидами, 2 – будина с аксессуарным пиритом; кр – краевая часть тела, ц – центр будины.

сульфидов меди – дигенита, джарлеита и халькозина [7–9] и изучена морфология карбонатов из полостей [3]. В это же время С.В. Филимоновым [14] получены данные по халькогенидам меди (теннантит, борнит, халькозин, ковеллин), распыленным по всей матрице доломитовых мраморов. В 2003 г. были изучены флогопит и образовавшийся по нему вермикулит [4], а годом позже – аксессуарный хромит [5]. Различный аксессуарный состав мраморов может объясняться разными факторами. Например, небольшим отличием вещественного состава исходных пород, различием в тектонической эволюции пород до попадания в современную позицию и многими другими причинами.

По данным химического состава (табл. 1), будины мраморов характеризуются двумя общими факторами: к краям нарастает содержание силикатного материала и падает количество кальция. Уровень концентраций в каждом теле различный, но сама тенденция полностью сохраняется. Нарастание кремния связано с появлением талька в контактовых зонах будин, обратное поведение кальция объясняется сохранением реликтов кальцита в центральных частях тел. Этот факт был подтвержден рентгенофазовыми исследованиями (УГГУ, ДРОН-2.0, аналитик Н.Г. Сапожникова), доломит из центра будин практически постоянно содержит примеси кальцита, а из краевых зон отличается своей чистотой. Такое распределение карбонатов в блоках мраморов говорит о вторичном развитии доломита по исходному кальцитовому субстрату. По всей видимости, доломитизация мраморов происходила одновременно с преобразованием серпентинитов в тальк-карбонатные породы.

Микроэлементный состав мраморов Шабровского рудного поля определен методом ICP-MS (масс-спектрометр Element2, аналитическая группа Ю.Л. Ронкина). Породы характеризуются повышенным содержанием марганца (до 3700 г/т), никеля (до 1013 г/т), стронция (до 550 г/т) и хрома (до 670 г/т). Остальные элементы имеют более низкие концентрации. В целом, геохимия доломитовых мраморов (табл. 2, ан. 1–3) из тальк-карбонатных пород с небольшими вариациями подобна друг другу и характеризуется типоморфными элементами гипербазитов и карбонатов. Доломитолиты по целому набору элементов (Sr, Zr, Mn, Cr, Ni, Mo и т.д.) резко отличаются от кальцитового мрамора из

Таблица 2. Микроэлементный состав (г/т) мраморов Шабровского рудного поля

Эл-ты	1	2	3	4
Sr	397	542	380	168
Rb	1.07	1.39	0.12	1.00
Ce	1.44	3.14	0.34	1.53
La	1.23	1.59	0.17	1.78
Pr	0.22	0.48	0.05	0.31
Nd	1.25	2.13	0.19	1.36
Sm	0.25	0.55	0.05	0.26
Eu	0.11	0.28	0.05	0.07
Gd	0.20	0.59	0.07	0.34
Tb	0.04	0.09	0.01	0.05
Dy	0.28	0.51	0.09	0.36
Ho	0.06	0.11	0.02	0.08
Er	0.14	0.31	0.05	0.25
Tm	0.02	0.05	0.01	0.04
Lu	0.02	0.05	0.01	0.03
Ti	57.54	56.06	5.05	23.00
Cu	64.61	45.85	11.19	6.12
Zn	9.49	14.2	18.64	3.05
Ga	0.26	0.33	0.20	0.06
Hf	0.07	0.06	0.01	0.18
Pb	15.48	17.17	20.43	1.04
Th	0.09	0.12	0.01	0.82
U	0.69	0.86	0.13	0.99
W	0.38	0.30	0.04	0.61
Tl	0.06	0.12	0.12	1.03
Bi	0.38	0.40	0.22	0.10
Mn	523	952	3704	48.00
Mo	0.31	0.54	0.20	1.28
Zr	1.82	1.88	0.12	6.46
Yb	0.16	0.29	0.05	0.23
Y	1.47	3.44	0.59	5.71
Sc	4.71	5.13	2.88	0.02
V	10.28	9.35	2.92	4.48
Co	39.28	50.56	34.56	0.76
Ni	781	1013	715	–
Ba	22.33	11.91	5.91	8.00
Nb	0.08	0.08	0.01	0.31
Cr	670	569	612	4.70

Примечание: 1–2 – мрамора с аксессуарным пиритом, 3 – мрамор с медносульфидной минерализацией, 4 – кальцитовый мрамор с экзоконтакта Шабровского гранитоидного массива.

Таблица 3. Изотопный состав углерода и кислорода для пород Шабровского рудного поля

№	Проба, порода	Место находки	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$
1	Ш-1012, мрамор	Шабры, мрамор. карьер	1.3	27.3
2	Ш-28, мрамор	Шабры, Старая линза	–3.6	14.3
3	Доломит, тальк-карбонатная порода	Шабровское м-ние	–8.3	14.2
4	Тальк, тальк-карбонатная порода	Шабровское м-ние	–	12.8

Примечание: анализы 1–2 выполнены в Аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН (аналитик Т.А. Веливецкая), анализы 3–4 даны по [13].

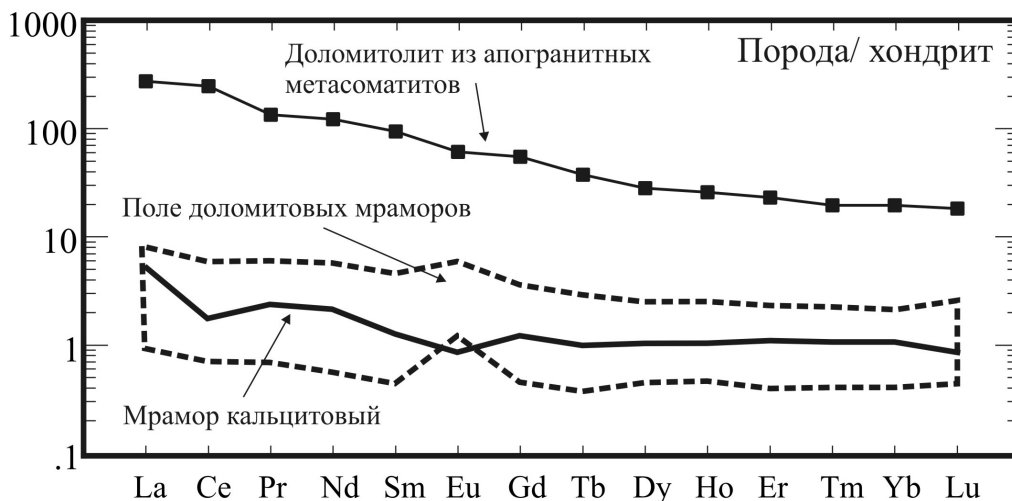


Рис. 1. Распределение РЗЭ в мраморах Шабровского рудного поля.

экзоконтакта Шабровского гранитоидного массива (табл. 2, ан. 4), что, видимо, связано с привнесом и выносом компонентов в процессе метасоматических преобразований. В тоже время мрамора имеют сходные содержания по РЗЭ, так как лантаноиды являются наиболее инертными элементами при метасоматозе. При нормировании на хондрит доломитолиты характеризуются низкими концентрациями РЗЭ, слабым нарастанием легких лантаноидов и небольшими положительными и отрицательными аномалиями по европию. Тренд кальцитового мрамора полностью согласуется с кривыми доломитовых мраморов и попадает в их поле (рис. 1). На этот же рисунок мы нанесли спектр доломитового прожилка из апогранитного метасоматита, об-

наруженного также в карьере “Старая линза”. Видно, что этот доломитолит из-за присутствия акцессорного монацита резко отличается от мраморов более высокими концентрациями РЗЭ и La/Yb-отношением. Таким образом, анализ микроэлементного состава доломитовых мраморов позволяет утверждать, что они формировались по близлежащим кальцитовым мраморам с экзоконтакта Шабровского гранитоидного массива. Возможное отнесение мраморов к карбонатитам не выдерживает критики, в первую очередь, за счет крайне низких концентраций микроэлементов в породах. Карбонатиты всегда отличались предельно высокими содержаниями редких и рассеянных элементов [10 и др.].

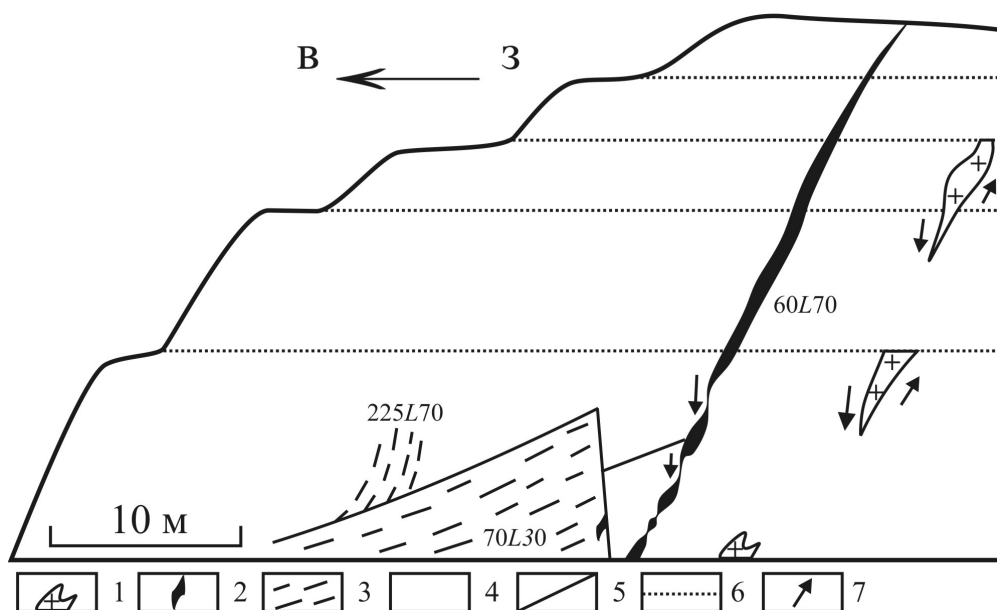


Рис. 2. Схема обнажения в юго-западной части карьера “Старая линза”.

1 – будины гранитоидов, 2 – будинированные тела диабазов, 3 – сланцеватость, 4 – тальк-карбонатные породы, 5 – тектонические нарушения, 6 – горизонты карьера, 7 – направление тектонических подвижек.

Для мраморов Шабровского рудного поля нами проводилось изучение изотопного состава кислорода и углерода. Полученные результаты представлены в табл. 3 (ан. 1–2). Из них видно, что мрамор с экзоконтакта Шабровского гранитоидного массива обладает значениями, характерными для осадочных карбонатов и типовыми для многих мраморов. В тоже время будина доломитового мрамора отличается более облегченными значениями изотопов, что, скорее всего, связано с влиянием метасоматического флюида при образовании тальк-карбонатных пород. Это доказывается близкими изотопными значениями доломитового мрамора с породообразующими минералами (тальк, доломит) вмещающих тальк-карбонатных пород (см. табл. 3, ан. 3–4). Данный факт представляется нам весьма интересным и свидетельствует, по всей видимости, о том, что изотопные метки мрамора изменились в результате попадания породы в серпентинитовый меланж и последующих метасоматических преобразований.

Таким образом, доломитовые мрамора представляют собой фрагменты метасоматически измененных известковистых мраморов развитых на контакте с Шабровским гранитным массивом, которые были сорваны и затянуты в зону серпентинитового меланжа. Доломитизация мраморов произошла во время становления тальк-карбонатных залежей, когда происходили интенсивные метасоматические преобразования серпентинитов и содержащихся в них блоков других пород. Относить к карбонатитам данные породы, по результатам минералого-геохимических исследований, нет никаких оснований.

В целом тектоническая зона Шабровского рудного поля испытала достаточно сложную эволюцию развития. Так, только в обнаженных стенках карьера “Старая линза” (см. рис. 2), устанавливаются четыре этапа деформаций (начиная с древних):

1. Сланцеватость во вмещающих кварц-серицитовых сланцах (азимут падения – 215–225°, угол – 70–80°, со сбросо-сдвигом).

2. Надвиги, вверх на запад (азимут падения – 70°, угол – 30°).

3. Внедрение диабазовых даек (азимут падения – 60°, угол – 70°).

4. Будинаж даек (сбросы, западная часть вверх). Второй и третий этапы частично перекрываются во времени. Очевидно, что блоки мраморов были сорваны и затянуты в серпентинитовый меланж преимущественно во время первого этапа деформаций. Второй и третий этапы деформаций задали будинам ориентировку в пластине гипербазитов. Четвертый этап выразился в формировании приконтактной полосчатости в блоках мраморов и рассланцованности вмещающих тальк-карбонатных пород. При этом в центральной части будин сохранилась перекристаллизованная структура породы, которая, по всей видимости, образовалась во время метасома-

тической доломитизации мрамора. Из этого следует вывод, что формирование тальк-карбонатных залежей происходило, главным образом, в промежутке между третьим и четвертым этапами деформаций. Абсолютный возраст тальк-карбонатных метасоматитов был определен нами как нижнепермский (в интервале 269–278 млн. лет), по результатам K-Ar датирования флогопитовых и фенгитовых отрочков вокруг гранитных будин [6].

Работа выполнена в рамках Программы ОНЗ РАН № 10 при частичной поддержке РФФИ (грант 08–05–00019).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бакшеев И.А., Савина Д.Н.* Никелистый тальк – типоморфный минерал тальк-карбонатных метасоматитов пропилитовой формации Шабровского и Березовского месторождений, Средний Урал // Материалы Уральской летней минералогической школы – 1999. Екатеринбург: УГГГА, 1999. С. 271–274.
2. *Бакшеев И.А., Сазонов В.Н., Устинов В.И., Ерохин Ю.В., Филимонов С.В., Прокофьев В.Ю., Raimbault L.* Генезис Шабровского месторождения талькового камня (Средний Урал), по данным изучения минералогии, флюидных включений и стабильных изотопов // Уральская минералогическая школа – 2006. Екатеринбург: УГГУ, 2006. С. 14–32.
3. *Ерохин Ю.В.* Кристалломорфология карбонатов доломитовых мраморов Шабровского месторождения тальк-магнезитового камня // Вестник Уральского отделения Минералогического Общества РАН. № 1. Екатеринбург: УГГГА, 2002. С. 29–30.
4. *Ерохин Ю.В., Иванов К.С., Калеганов Б.А.* Вермикулит из будин доломитовых мраморов Шабровского месторождения тальк-магнезитового камня // Материалы IV-го Всероссийского совещания “Минералогия Урала – 2003”. Т. 2. Минералогия месторождений и руд Урала. Физика минералов. Миасс: ИМин УрО РАН, 2003. С. 183–186.
5. *Ерохин Ю.В., Прибавкин С.В.* Хромит из будин доломитовых мраморов Шабровского месторождения тальк-магнезитового камня // Материалы Уральской минералогической школы – 2003. Екатеринбург: УГГГА, 2004. С. 102–104.
6. *Ерохин Ю.В., Прибавкин С.В., Иванов К.С., Калеганов Б.А.* О возрасте метасоматитов Шабровского месторождения тальк-магнезитового камня, Средний Урал // Эволюция внутриконтинентальных подвижных поясов: тектоника, магматизм, метаморфизм, седиментогенез, полезные ископаемые. Мат-лы научной конференции “IX чтения А.Н. Заварицкого”. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2003. С. 171–172.
7. *Ерохин Ю.В., Прибавкин С.В., Кабалина М.А.* Сульфидное оруденение доломитовых мраморов Шабровского месторождения тальк-магнезитового камня // Вестник Уральского отделения Минералогического Общества РАН. № 1. Екатеринбург: УГГГА, 2002. С. 31–36.
8. *Ерохин Ю.В., Шагалов Е.С., Прибавкин С.В.* Дигенит и джарлеит из доломитовых мраморов Шабров-

- ского месторождения тальк-магнезитового камня // *Материалы Уральской минералогической школы – 2002. Геохимия, минералогия и минерагения меди.* Екатеринбург: УГГГА, 2003. С. 37–39.
9. Кабалина М.А., Ослоповских В.Н., Ерохин Ю.В., Пономарев П.В. Гидротермальный джарлеит в ксенолитах мрамора (Шабровское тальк-магнезитовое месторождение) // *Материалы Международного Симпозиума “Минералогические Музеи в XXI веке”.* СПб: СПбГУ, 2000. С. 53.
 10. Карбонатиты / Под ред. О. Таттла и Дж. Гиттинса. М.: Мир, 1969. 487 с.
 11. Огородников В.Н., Сазонов В.П., Поленов Ю.А., Григорьев В.В. Шабровский рудный район (Средний Урал). Геологическая позиция, продуктивные вещественные комплексы, оруденение. Екатеринбург: УГГГА, 2000. 80 с.
 12. Спиридонов Э.М., Бакшеев И.А., Жернаков В.И., Савина Д.Н. Типоморфизм талька апогипербазитовых тальк-карбонатных метасоматитов Урала // *Докл. АН,* 2000. Т. 372. № 3. С. 378–380.
 13. Спиридонов Э.М., Бакшеев И.А., Середкин М.В., Курруленко Р.С., Прокофьев В.Ю., Устинов В.И., Прибавкин С.В., Филимонов С.В. Гумбеитовая формация Урала. М.: МГУ, 1997. 100 с.
 14. Филимонов С.В. Блеклые руды тальк-карбонатных метасоматитов пропилитовой формации Шабровского месторождения (Средний Урал) // *Материалы IV Международного Симпозиума “Минералогические Музеи”.* СПб: СПбГУ, 2002. С. 139–140.