

МИНЕРАЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ “КЛАССИЧЕСКИХ” РОДИНГИТОВ В КАРАБАШСКОМ ГИПЕРБАЗИТОВОМ МАССИВЕ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Ю. В. Ерохин

Карабашский гипербазитовый массив расположен на восточной окраине одноименного города в Челябинской области, вытянут в северо-восточном направлении на 12 км при ширине до 2.5 км. С запада тело обрамлено вулканогенными толщами предположительно ирендыкской свиты девонского возраста. С востока контакт с гипербазитами осложнен тектоническим переслаиванием пластин таких же вулканитов со сланцами аспидной формации, возможно, силурийского возраста. Сам массив сложен практически целиком серпентинизированными средне-крупнозернистыми гарцбургитами с массивными текстурами, в отдельных местах отмечаются дуниты, лерцолиты и вебстериты [6]. В самих гипербазитах наблюдаются многочисленные дайки и будины хлограпитов (автор сознательно придерживается данного термина, чтобы отличать их от “классических” родингитов), карбонат-хлоритовых, кремнистых и кварц-рибекитовых пород.

В Карабашском гипербазитовом массиве на Золотой горе автором были обнаружены родингиты, которые резко отличаются от широко известных и хорошо изученных там хлограпитов. Родингиты установлены на восточном склоне Золотой горы примерно в 150–200 м восточнее от входа в штольню, ныне засыпанную. Метасоматиты слагают будинированные тела, размером до 2–3 м в длину и 1–2 м в ширину, в серпентинитовом меланже. Они отчетливо выражены в рельефе небольшими грядами со слабым падением на восток. Тела родингитов перемежаются с другими будинами преимущественно кварц-рибекитового и кварцитового (возможно, бывшие кремни) состава. Метасоматиты имеют массивный плотный облик, светло-кремовую окраску и сложены пироксен-гранатовым агрегатом, а нередко и чистым гроссуляритом. В породе часто отмечаются коричневатые-красные гранатопрожилки (мощностью до 1 см) с небольшими раздувами, инкрустированными мелкими кристаллами гроссуляра и клинохлора. На контакте с серпентинитами вокруг будины родингитов наблюдается хлорит-антигоритовая оторочка, мощностью до 20–25 см. По внешнему облику найденные метасоматиты напоминают широко распространенные на Урале “классические” родингиты. Ранее подобные породы в пределах Карабашского массива не отмечались.

В целом, родингиты и хлограпиты достаточно легко отличаются друг от друга по внешнему обли-

ку, минеральному составу и металлогенической специализации. Детальные признаки различия этих метасоматитов приведены недавно в статье В.Н. Сазонова с коллегами [5]. Так, хлограпиты Карабашского массива, в отличие от обычных родингитов, характеризуются повышенным содержанием хлорита с резко подчиненными гранатом и пироксеном. В силу преобладания слоистого силиката породы отличаются высокой пористостью и низким удельным весом. Кроме того, для хлограпитов характерно присутствие большого количества карбоната. В целом, их минералогия детально описана в работе Э.М. Спиридонова и П.А. Плетнева [6]. В них отмечаются высокие концентрации золота и редкоземельных элементов [4–6 и др.]. В тоже время “классические” родингиты (на примере Уральских объектов) характеризуются низкой концентрацией золота и редких земель. Они обычно имеют гранат-пироксеновый состав с крайне незначительным присутствием везувиана и хлорита, причем последний минерал кристаллизуется на поздней стадии формирования метасоматита

Таблица 1. Химический состав (в мас. %) граната и титанита из родингита (обр. 113г)

	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	38.80	38.36	38.41	38.36	39.10	38.72	30.25
TiO ₂	0.20	0.56	0.92	0.84	0.15	0.21	37.10
Al ₂ O ₃	19.37	19.35	18.50	19.49	19.84	19.09	1.81
Cr ₂ O ₃	0.06	0.24	0.07	0.39	0.27	0.03	0.03
Fe ₂ O ₃ *	4.70	4.08	5.17	3.55	3.57	5.01	0.40
FeO	1.41	0.62	0.62	0.47	2.04	1.09	—
MnO	0.31	0.61	0.88	0.66	0.49	0.32	—
MgO	0.02	0.00	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
CaO	35.27	35.38	35.03	35.64	34.77	35.40	28.44
Na ₂ O	—	—	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
K ₂ O	0.01	0.01	0.01	—	—	—	—
Сумма	100.14	99.20	99.65	99.42	100.26	99.92	98.07
Кристаллохимические формулы							
1	(Ca _{2.89} Fe _{0.09} Mn _{0.02}) _{3.00} (Al _{1.75} Fe _{0.24} Ti _{0.01}) _{2.00} [(Si _{2.97} Fe _{0.03}) _{3.00} O ₁₂]						
2	(Ca _{2.92} Fe _{0.04} Mn _{0.04}) _{3.00} (Al _{1.76} Fe _{0.20} Ti _{0.03} Cr _{0.01}) _{2.00} [(Si _{2.96} Fe _{0.04}) _{3.00} O ₁₂]						
3	(Ca _{2.90} Mn _{0.06} Fe _{0.04}) _{3.00} (Al _{1.68} Fe _{0.27} Ti _{0.05}) _{2.00} [(Si _{2.97} Fe _{0.03}) _{3.00} O ₁₂]						
4	(Ca _{2.93} Mn _{0.04} Fe _{0.03}) _{3.00} (Al _{1.77} Fe _{0.16} Ti _{0.05} Cr _{0.02}) _{2.00} [(Si _{2.95} Fe _{0.05}) _{3.00} O ₁₂]						
5	(Ca _{2.84} Fe _{0.13} Mn _{0.03}) _{3.00} (Al _{1.78} Fe _{0.19} Cr _{0.02} Ti _{0.01}) _{2.00} [(Si _{2.98} Fe _{0.02}) _{3.00} O ₁₂]						
6	(Ca _{2.91} Fe _{0.07} Mn _{0.02}) _{3.00} (Al _{1.73} Fe _{0.26} Ti _{0.01}) _{2.00} [(Si _{2.97} Fe _{0.03}) _{3.00} O ₁₂]						
7	Ca _{1.00} (Ti _{0.92} Al _{0.07} Fe _{0.01}) _{1.00} [Si _{1.00} O ₅]						

Примечание. ИГГ УрО РАН, микроанализатор Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер; 1–6 – гроссуляр, 7 – титанит; * – трехвалентное железо рассчитано по стехиометрии.

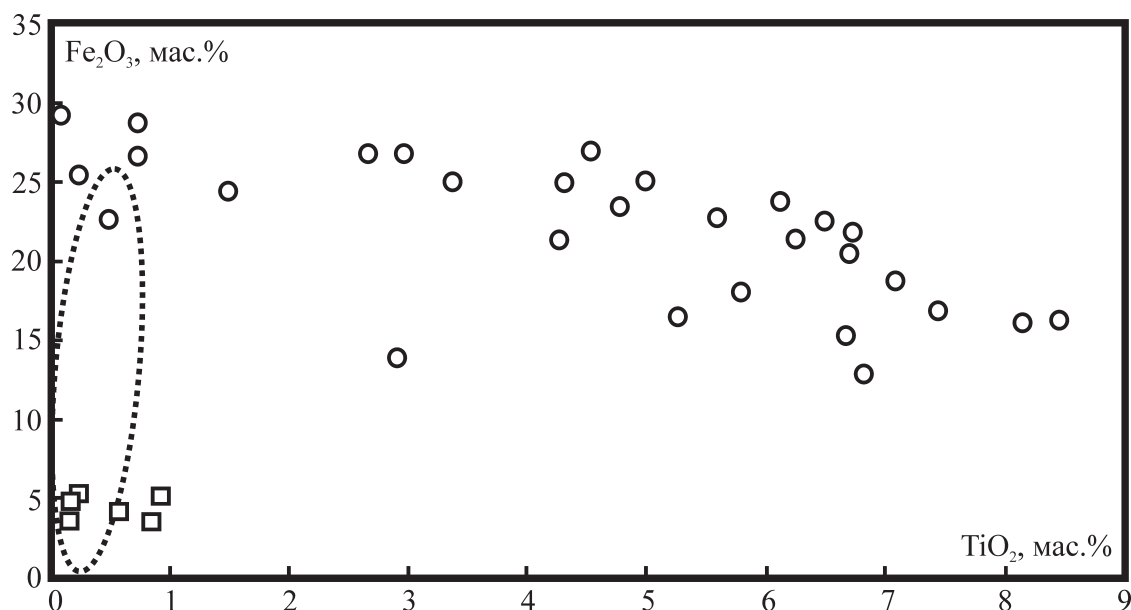


Рис. 1. График отношения содержаний Fe_2O_3 – TiO_2 в гранатах.

Квадратами обозначены изученные гроссуляры; кругами – гранаты из хлограпитов Карабашского массива (по [6]); полем показаны гранаты из родингитов Баженовского комплекса (по [1, 2]).

и слагает прожилки или скопления. Достаточно часто в ряду “классических” родингитов упоминаются одноминеральные метасоматиты (гроссуляриты, везувианиты и так далее), хлорит-гранатовые, пренит-клиноцоизитовые, гранат-цоизитовые и другие породы, которые своим внешним обликом достаточно хорошо отличаются от специфического вида хлограпитов Карабашского массива.

Химический состав минералов нами исследовался в полированных шлифах охвативших грос-

Таблица 2. Химический состав (мас. %) хлорита из родингита (обр. 113г)

	1	2	3	4	5	6
SiO_2	24.03	24.15	23.68	23.97	27.00	26.20
TiO_2	—	0.02	—	—	0.02	—
Al_2O_3	22.19	23.01	22.39	22.13	19.27	20.32
Cr_2O_3	0.02	0.09	0.11	0.09	0.05	0.07
FeO	26.34	25.45	26.16	27.22	22.49	21.88
MnO	0.55	0.42	0.48	0.62	0.32	0.23
MgO	13.21	13.70	12.74	13.04	17.77	17.29
CaO	0.03	0.01	0.02	0.03	0.02	—
K_2O	0.01	—	—	0.01	—	—
Na_2O	0.02	0.01	—	0.01	0.02	—
Сумма	86.40	86.86	85.59	87.13	86.97	85.98
Кристаллохимические формулы						
1	$(\text{Fe}_{2.39}\text{Mg}_{2.13}\text{Al}_{0.43}\text{Mn}_{0.05})_{5.00}\text{Al}_{1.00}[(\text{Si}_{2.60}\text{Al}_{1.40})_{4.00}\text{O}_{10}](\text{OH})_8$					
2	$(\text{Fe}_{2.28}\text{Mg}_{2.18}\text{Al}_{0.50}\text{Mn}_{0.04})_{5.00}(\text{Al}_{0.99}\text{Cr}_{0.01})_{1.00}[(\text{Si}_{2.59}\text{Al}_{1.41})_{4.00}\text{O}_{10}](\text{OH})_8$					
3	$(\text{Fe}_{2.39}\text{Mg}_{2.07}\text{Al}_{0.49}\text{Mn}_{0.05})_{5.00}(\text{Al}_{0.99}\text{Cr}_{0.01})_{1.00}[(\text{Si}_{2.59}\text{Al}_{1.41})_{4.00}\text{O}_{10}](\text{OH})_8$					
4	$(\text{Fe}_{2.45}\text{Mg}_{2.09}\text{Al}_{0.40}\text{Mn}_{0.06})_{5.00}(\text{Al}_{0.99}\text{Cr}_{0.01})_{1.00}[(\text{Si}_{2.58}\text{Al}_{1.42})_{4.00}\text{O}_{10}](\text{OH})_8$					
5	$(\text{Mg}_{2.79}\text{Fe}_{1.97}\text{Al}_{0.21}\text{Mn}_{0.03})_{5.00}\text{Al}_{1.00}[(\text{Si}_{2.83}\text{Al}_{1.17})_{4.00}\text{O}_{10}](\text{OH})_8$					
6	$(\text{Mg}_{2.73}\text{Fe}_{1.93}\text{Al}_{0.32}\text{Mn}_{0.02})_{5.00}(\text{Al}_{0.99}\text{Cr}_{0.01})_{1.00}[(\text{Si}_{2.77}\text{Al}_{1.23})_{4.00}\text{O}_{10}](\text{OH})_8$					

Примечание. ИГТ УрО РАН, микроанализатор Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер.

сулярит и гранат-хлоритовый агрегат, а также зону контакта с оторочкой хлоритолита (обр. 113г). В процессе детального изучения выяснилось, что кроме граната, хлорита, титанита (замещающего реликты титаномагнетита) и циркона, никаких других минералов, в том числе акцессорных редкоземельных фаз, в породе не обнаружено. Гранат отличается устойчивым составом (см. табл. 1, ан. 1–6) и относится к железистому гроссуляру. При пересчете на миналы в минерале можно выделять примеси андрадита (до 13%), альмандина (до 4%), спессартина (до 2%) и уваровита (до 1%). К примеру, гранаты из хлограпитов (ранних и поздних родингитов) Золотой горы относятся к низко- и высокоTi-андрадитам [6], чем резко отличаются от изученных нами гроссуляров (рис. 1). В тоже время, сами гроссуляры достаточно хорошо ложатся в поле составов гранатов из родингитов Баженовского офиолитового комплекса (по [1, 2]).

Такая же ситуация прослеживается и с химическим составом хлорита (см. табл. 2). В изученных родингитах минерал представлен промежуточной разностью между конечными членами изоморфного ряда клинохлор-шамозит, причем магниезный шамозит (табл. 2, ан. 1–4) ассоциирует с гранатом, а железистый клинохлор (табл. 2, ан. 5–6) совместно с антигоритом слагает контактовую зону метасоматита. Интересно, что в хлограпитах хлорит представлен исключительно слабожелезистым клинохлором (по данным [6]). Среди агрегата изученного хлорита отмечаются скопления глиноземистого титанита (табл. 1, ан. 7) замещающего реликтовый титаномагнетит и редкие зерна акцессорного циркона, тоже, по-видимому, реликтового.

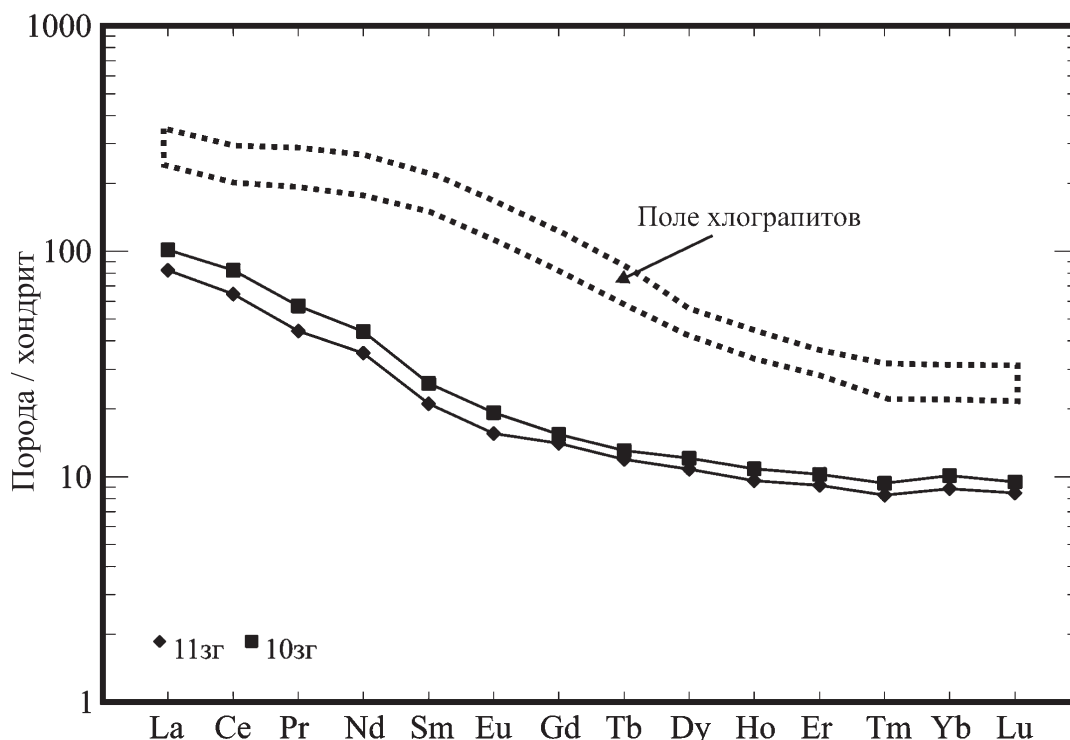


Рис. 2. Распределение РЗЭ в родингитах Золотой горы, нормированное по хондриту. Поле хлограпитов приведено по [3, 4].

Микроэлементный состав родингитов получен методом ICP-MS (ИГГ УрО РАН, лаборатория ФХМИ) и приведен в табл. 3. Изучались две пробы из двух различных будин метасоматитов (обр. 10зг, 11зг). Породы характеризуются повышенным содержанием титана (до 4980 г/т), марганца (до 5035 г/т), ванадия (до 265 г/т), хрома (до 235 г/т) и стронция (до 208 г/т), т. е. элементами характерными для основных пород. Остальные компоненты отличаются более низкими содержаниями. Интересно, что микроэлементный состав изученных родингитов достаточно хорошо коррелируется с меланобазальтами ирендыкской свиты (?), развитых вдоль западного контакта Карабашского массива гипербазитов (по данным [6]). Подобные же вулканиты отмечаются и с восточного контакта массива. По всей видимости, родингиты формировались по субстрату базальтоидов, которые в результате тектонических подвижек были затянuty в зону серпентинитового меланжа. Для изученных родингитов характерны более низкие концентрации (почти по всем элементам), чем для хлограпитов. Так, содержание РЗЭ в родингитах варьирует от 130 до 160 г/т, что гораздо ниже, чем в хлограпитах Золотой горы, в них количество лантаноидов достигает 550 г/т (по [3]). Распределение лантаноидов в изученных породах характеризуется плавным нарастанием от тяжелых к легким РЗЭ и полным отсутствием каких-либо аномалий (рис. 2). Данный тренд резко отличается от кривых распределения редких земель в хлограпитах Карабашского массива [3, 4].

Таким образом, впервые для Карабашского гипербазитового массива установлено присутствие “классических” родингитов. Их образование связано с тектоническими процессами, в результате которых в серпентинитовый меланж были закатаны и метасоматически преобразованы тела вулканитов с восточного контакта массива. По минеральному и микроэлементному составу данные метасомати-

Таблица 3. Микроэлементный состав (г/т) родингитов Карабашского массива

Элементы	11зг	10зг	Элементы	11зг	10зг	Элементы	11зг	10зг
Li	31.01	31.52	La	27.09	33.36	Hf	1.19	1.36
Be	0.03	0.02	Ce	55.77	71.26	Ta	0.84	0.82
Sc	16.78	18.08	Pr	5.76	7.44	W	0.08	0.10
Ti	3321.14	4977.36	Nd	22.26	27.72	Tl	0.03	0.01
V	230.08	264.11	Sm	4.27	5.28	Pb	1.48	0.94
Cr	177.64	234.22	Eu	1.20	1.48	Bi	0.03	0.03
Mn	4098.57	5034.76	Gd	3.88	4.26	Th	5.20	5.79
Co	29.99	39.60	Tb	0.59	0.65	U	1.35	1.74
Ni	89.20	94.66	Dy	3.71	4.14	Cd	1.92	2.16
Cu	62.31	46.37	Ho	0.74	0.84	Sn	1.41	1.62
Zn	94.57	98.44	Er	2.06	2.31	Sb	0.13	0.08
Ga	10.16	11.37	Tm	0.29	0.33	Te	0.05	0.03
Ge	1.05	1.17	Yb	1.95	2.23	Cs	0.03	0.01
Rb	1.41	0.79	Lu	0.29	0.32	Ba	15.47	11.19
Sr	138.18	207.64	Mo	0.06	0.05	Zr	30.19	34.18
Y	21.13	23.51	Ag	0.43	0.52	Nb	9.32	13.30

Примечание: масс-спектрометр ELAN-9000, аналитики Д.В. Киселева, Н.В. Чередниченко.

ты резко отличаются от широко известных в массиве хлограпитов. Находка “классических” родингитов в гипербазитах Золотой горы, наряду с уже известными телами различного состава (хлограпиты, кварц-рибекитовые, кремнистые и другие породы), говорит о сложной тектонической эволюции Карабашского массива. Можно утверждать, что в процессе становления массива и его выведения на современный уровень в меланжированные серпентиниты восточного обрамления попадали фрагменты вмещающего вулканогенно-осадочного комплекса, которые в условиях водонасыщенной среды подвергались метасоматическим преобразованиям.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант 08-05-00019).

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов А.А. Минералогия родингитов Баженовского гипербазитового массива. СПб.: Наука, 2003. 128 с.
2. Ерохин Ю.В., Шагалов Е.С. Морфология и состав граната из родингитов Баженовского офиолитового комплекса (Средний Урал) // Вестник Уральского отделения РМО. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. № 5. С. 28–35.
3. Мурзин В.В., Варламов Д.А., Попов В.А. и др. Минералого-геохимические особенности золото-редкометалльно-редкоземельной минерализации хлорит-карбонатных пород Карабашского массива гипербазитов (Южный Урал) // Уральский минералогический сборник. Миасс: ИМин УрО РАН, 2005. № 13. С. 123–145.
4. Мурзин В.В., Ерохин Ю.В., Ронкин Ю.Л. Геохимия РЗЭ в родингитах Карабашского и Баженовского массивов альпинотипных гипербазитов (Урал) как показатель их генезиса // Ежегодник-2006. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. С. 123–127.
5. Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Поленов Ю.А. Родингиты и хлограпиты: сходство, различие, роль в металлогеническом анализе, прогнозировании и поисках золотого оруденения // Уральская минералогическая школа – 2008. Минералогия ультрабазит-базитовых комплексов. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. С. 56–60.
6. Спиридонов Э.М., Плетнев П.А. Месторождение медистого золота Золотая гора (о “золото-родингитовой” формации). М.: Научный мир, 2002. 220 с.