

РОДИНГИТИЗАЦИЯ ВЫСОКОТИТАНИСТЫХ ДИОРИТОВЫХ ДАЕК В БАЖЕНОВСКОМ УЛЬТРАОСНОВНОМ МАССИВЕ

Ю.В. Ерохин

В конце семидесятых годов на Баженовском месторождении хризотил-асбеста сотрудниками и студентами геологоразведочного факультета Свердловского горного института под руководством Ю.А. Соколова проводились производственные работы по теме «Изучение вещественного состава руд Баженовского месторождения и вывод зависимости взрываемости от их минералого-петрографического состава». В период 1977-1980 гг. ими была собрана богатейшая коллекция собрание образцов горных пород и минералов месторождения, позднее большей частью утерянная. Именно из этой коллекции нами изучались образцы керсутит-содержащего диорита с содержанием TiO_2 до 1 вес. %. Они были отобраны из дайки небольшой мощности (50-60 см), залегающей среди серпентинитов в западном борту карьера 1-2 (ныне северная часть Центрального карьера). Вокруг дайки наблюдается небольшая оторочка хлорит-серпентиновой массы, толщиной не более 2-3 см. Она заметно отличается светло-

зеленым цветом от вмещающего черного антигоритового серпентинита. Хлорит-серпентиновая масса содержит скопления новообразованного диопсида и перовскита. По эндоконтакту диорита также наблюдается четко выраженная измененная зона с более светлой окраской мощностью до 5 см. Осветление породы вызвано интенсивным развитием вторичного диопсида. Образование пироксена и наличие хлорит-серпентиновой зоны вокруг дайкового тела диоритов связано с процессом родингитизации.

Сам диорит представлен агрегатом коричневой титанистой роговой обманки и плагиоклаза, полностью замещенного соссюритом. Амфибол слагает гипидиоморфные короткопризматические индивиды размером до 5 мм в длину. Часто отмечаются изометричные и уплощенные сечения с характерной «амфиболовой» спайностью. Вокруг минерала наблюдается соссюритовый агрегат, заместивший первичный плагиоклаз. Без анализатора амфибол окрашен в коричневые тона и обладает резким

Химический состав (мас. %) титанистого паргасита из диорита

Эл-ты	1ц	1кр	2ц	2кр	3	4	5
SiO ₂	44,14	43,21	43,89	43,43	44,14	44,41	44,29
TiO ₂	2,07	1,95	2,22	2,00	1,56	1,87	1,88
Al ₂ O ₃	12,74	13,20	12,44	13,08	13,12	12,97	12,79
Cr ₂ O ₃	0,41	0,42	0,43	0,89	0,26	0,41	0,45
FeO	7,98	8,29	7,55	7,76	7,32	7,20	7,30
MnO	0,10	0,12	0,17	0,16	0,11	0,11	0,12
NiO	0,03	0,04	0,03	0,08	0,09	0,07	0,06
MgO	17,35	17,82	16,93	17,10	17,15	17,57	17,55
CaO	11,74	11,18	12,06	11,49	12,06	12,05	12,01
Na ₂ O	2,76	2,69	2,67	2,82	2,61	2,68	2,63
K ₂ O	0,04	0,04	0,05	0,06	0,03	0,03	0,04
Сумма	99,36	98,96	98,43	98,87	98,45	99,37	99,12
Формульные единицы в расчете на 15 катионов							
Si	5,93	5,80	5,99	5,88	5,98	5,96	5,94
Ti	0,21	0,19	0,23	0,20	0,16	0,19	0,19
Al	2,02	2,09	2,00	2,09	2,09	2,05	2,02
Cr	0,04	0,05	0,05	0,10	0,02	0,04	0,05
Fe	0,90	0,93	0,86	0,88	0,83	0,81	0,82
Mn	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Ni	-	-	-	0,01	0,01	-	-
Mg	3,47	3,56	3,44	3,45	3,46	3,52	3,51
Ca	1,69	1,60	1,76	1,67	1,75	1,73	1,73
Na	0,72	0,70	0,70	0,74	0,68	0,69	0,69
K	-	-	0,01	0,01	-	-	-

Примечание: аналитик Н.Н. Кононкова, микроанализатор Camebax-Microbeam, ГЕОХИ РАН; ц – центр зерна, кр – край зерна.

плеохроизмом от темно-коричневого (по Ng) до желтоватого (по Np). Химический состав минерала приведен в табл. 1. По всем параметрам (Si – 5,80-5,99 ф.е.; Mg/(Mg+Fe²⁺) – 0,79-0,81; (Na+K) – 0,68-0,75 ф.е.) амфибол попадает в область паргаситов на известной классификационной диаграмме [Nomenclature..., 1997]. Содержание TiO₂ не превышает 2,3 мас. %, что при кристаллохимическом пересчете составляет 0,23 формульные единицы. Так как для керсутита количество титана должно быть более 0,5 ф.е., то, следовательно, данный амфибол является титанистым паргаситом [Ерохин, Соколов, 2005]. В индивидах наблюдается незначительная зональность: от центра к краю падает содержание кремнезема и титана, а остальные элементы нарастают или сохраняют прежние значения. Интересной особенностью минерала является повышенная хромистость (содержание Cr₂O₃ достигает 1 мас. %). Из вторичных изменений в амфиболе можно наблюдать развитие диопсида и железистого клинохлора.

Диопсид наблюдается как в диорите, так и в хлорит-серпентиновой оторочке вокруг него. В диорите он слагает идиоморфные изометричные зерна размером в доли миллиметра среди амфибола и в сосюритовом агрегате. В шлифах пироксен четко выделяется высоким дву-преломлением, более ясным рельефом и отсутствием окраски. Вторичный характер диопсида по отношению к амфиболу подтверждается более высокой магнезиальностью пироксена – 0,86-0,87. Химический состав диопсида приводится в табл. 2 (ан. 4-6). Пироксен характеризуется повышенными содержаниями Al₂O₃ (до 2,2 мас. %), TiO₂ (до 0,3 мас. %) и Na₂O (до 0,4 мас. %), видимо, за счет развития по первичным минералам. Диопсид из хлорит-серпентиновой оторочки в основном слагает цепочечные агрегаты и реже – отдельные зерна размером не более 0,5 мм. Он образует совместные срастания с перовскитом. По составу диопсид достаточно сильно отличается от вторичного пироксена из диорита, за счет меньшего содержания примесей (табл. 2, ан. 1-3), возмож-

Химический состав (мас. %) диопсида

Эл-ты	хлорит-серпентиновая оторочка			диорит		
	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	53,37	53,36	54,24	52,80	52,50	52,46
TiO ₂	0,21	0,27	0,09	0,34	0,29	0,27
Al ₂ O ₃	1,79	1,86	0,78	2,24	2,06	2,11
Cr ₂ O ₃	0,17	0,09	0,11	0,16	0,06	0,07
FeO	3,57	3,96	3,41	4,92	4,76	4,55
MnO	0,10	0,15	0,19	0,13	0,18	0,15
NiO	0,02	0,02	-	0,05	-	-
MgO	17,85	17,98	17,87	17,16	17,51	17,55
CaO	23,80	23,52	24,64	22,68	22,73	22,67
Na ₂ O	0,24	0,22	0,12	0,33	0,35	0,39
Сумма	101,12	101,43	101,45	100,80	100,51	100,27
Формульные единицы в расчете на 4 катиона						
Si	1,92	1,91	1,95	1,91	1,90	1,90
Ti	0,01	0,01	-	0,01	0,01	0,01
Al	0,08	0,08	0,03	0,10	0,09	0,09
Fe	0,11	0,12	0,10	0,15	0,14	0,14
Mn	-	-	0,01	-	0,01	-
Mg	0,95	0,96	0,95	0,93	0,95	0,95
Ca	0,91	0,90	0,95	0,88	0,88	0,88
Na	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03

Примечание: аналитик Н.Н. Кононкова, микроанализатор Camebax-Microbeam, ГЕОХИ РАН.

но, это связано с формированием минерала по гипербазитовому субстрату. В целом пироксен немного напоминает диопсиды из родингитов Баженовского месторождения хризотил-асбеста, которые, несмотря на различия по составу и морфологии, отличаются низкой глиноземистостью и титанистостью [Минералогия..., 1996].

Хлорит также наблюдается одновременно в хлорит-серпентиновой оторочке и в самой диоритовой дайке. Совместно с антигоритом хлорит образует мелкочешуйчатый агрегат, причем местами серпентин образует мономинеральные обособления. Состав антигорита (табл. 3, ан. 1) характеризуется повышенными содержаниями Al₂O₃ (до 6 мас. %), Cr₂O₃ (до 0,5 мас. %) и FeO (до 3 мас. %). Такое количество глинозема довольно часто отмечается в серпентинах, например в антигорите Сарановского массива его содержание достигает 5,1 мас. %, а в ультрамафитах Печенги – 5,8 мас. % [Минералы. 1992]. Хлорит в целом отвечает клинохлору (см. табл. 3, ан. 3-4), но характеризуется высококремнезёмистым составом (SiO₂ до 36 мас. %) и низким количеством глинозема (12-14 мас. %). При этом недостаток алюминия восполняется окисным железом (по результатам кристаллохимического пересчета), хотя

суммарное количество железа достаточно незначительное, не превышает 4-6 мас. %. Хлорит из диорита резко отличается своим составом и соответствует железистому клинохлору (см. табл. 3, ан. 5-6). Содержание FeO достигает 14,5 мас. %, что в пересчете дает 25 % минала шамозита. Кроме того, в клинохлоре наблюдается избыток глинозема (до 20 мас. %), который выразился появлением донбаситового минала (до 6 %). Хлориты по своему составу соответствуют клинохлорам из родингитов Баженовского месторождения хризотил-асбеста [Минералогия..., 1996]. Причем высококремнезёмистый хлорит оторочки напоминает клинохлоры ранних родингитов, а железистый хлорит диоритов – клинохлоры поздних родингитов.

Перовскит встречается в срастаниях с зернами диопсида и просто рассеян по всей матрице хлорит-серпентинового агрегата. Он составляет изометричные зерна квадратного сечения размером в доли миллиметра. В самом диоритовом теле перовскит не отмечается, там в качестве рудного минерала наблюдается магнетит. В проходящем свете перовскит выглядит светло-коричневым до желтоватого и прозрачным. С анализатором характеризуется полной изотропностью, никакой оптической анизотропии не

Химический состав (мас. %) хлорита и серпентина

Эл-ты	Хлорит-серпентиновая оторочка				Диорит	
	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	38,75	35,68	34,47	34,22	29,70	29,55
TiO ₂	0,07	-	-	0,01	0,02	0,01
Al ₂ O ₃	6,14	11,72	14,21	13,94	20,40	20,00
Cr ₂ O ₃	0,47	-	0,09	0,02	0,51	0,15
Fe ₂ O ₃	-	3,84	2,67	4,10	-	-
FeO	2,97	-	2,43	1,41	12,23	14,54
MnO	0,16	0,18	0,21	0,25	0,36	0,42
NiO	0,17	0,22	0,13	0,16	0,06	0,04
MgO	38,79	36,77	34,42	35,03	26,02	24,97
CaO	0,07	0,08	0,07	0,04	0,44	0,05
Na ₂ O	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
K ₂ O	0,01	0,01	0,05	0,02	-	0,02
Сумма	87,63	88,54	88,79	89,24	89,77	89,78
Формульные единицы						
Si	1,81	3,32	3,22	3,18	2,86	2,88
Al	0,34	1,28	1,57	1,53	2,31	2,29
Cr	0,02	-	0,02	-	0,04	0,01
Fe ³⁺	-	0,27	0,19	0,29	-	-
Fe ²⁺	0,12	-	0,19	0,11	0,98	1,18
Mn	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04
Ni	0,01	0,02	0,01	0,01	-	-
Mg	2,70	5,09	4,80	4,85	3,73	3,62
Ca	-	0,01	0,01	-	0,05	-

Примечание: аналитик Н.Н. Кононкова, микроанализатор Camebax-Microbeam, ГЕОХИ РАН; 1 – антигорит, 2-6 – хлориты; трехвалентное железо рассчитано по недостатку глинозема.

Таблица 4

Химический состав перовскита (мас. %) из хлорит-серпентиновой оторочки

Эл-ты	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	NiO	MgO	CaO	MnO	Сумма
1	0,77	57,06	0,11	0,04	0,28	-	0,66	40,01	0,13	99,06
2	0,77	57,52	0,06	0,06	0,70	-	0,18	40,04	0,18	99,51
3	0,33	57,39	0,05	0,13	0,40	0,01	0,32	40,92	0,01	99,56
4	0,67	56,94	0,12	0,11	0,64	-	0,69	40,23	0,02	99,42
5	0,27	58,31	0,04	0,07	0,27	-	0,26	40,66	0,06	99,94
6	0,39	57,87	0,07	0,03	0,47	0,02	0,25	41,02	0,09	100,21

Примечание: аналитик Н.Н. Кононкова, микроанализатор Camebax-Microbeam, ГЕОХИ РАН.

наблюдается. Химический состав минерала отличается своей чистотой и близок теоретическому CaTiO₃ (см. табл. 4). Среди примесей наблюдаются SiO₂ (до 0,77 мас. %), Al₂O₃ (до 0,13 мас. %), Cr₂O₃ (до 0,13 мас. %), FeO (до 0,7 мас. %), NiO (до 0,2 мас. %), MgO (до 0,7 мас. %), MnO (до 0,18 мас. %). Во многих зернах отмечается зональность от центра к краю: магний, хром и никель нарастают, а марганец падает. Повышенные

содержания кремнезема и магния в минерале можно объяснить влиянием окружающих породообразующих силикатов [Ерохин, 2005]. В целом, по химическому составу он напоминает перовскит из родингитоподобной ассоциации установленной в скарнах Кусинско-Маткальской интрузии [Гекийянец, 1995] и достаточно сильно отличается от перовскитов из щелочных пород [Минералы, 1967]. К тому же, минерал отмечался в родинги-

тах Алапаевского габбро-гипербазитового массива, входящего в состав Асбестовско-Алапаевского офиолитового пояса.

Таким образом, в диорите и окружающей его оторочке четко устанавливаются два парагенезиса минералов. Первый, по-видимому, магматический, так как образование титанистого паргасита (оценено по [Brown, 1977]) и, соответственно, плагиоклаза, произошло при $T \sim 800^\circ\text{C}$ и $P \sim 6$ кбар. Второй парагенезис (перовскит-пироксен-хлоритовый или «родингитовый») стал формироваться в результате биметасоматических процессов при внедрении дайки диоритов в серпентиниты. В этом случае вмещающий серпентинит был замещен хлорит-антигоритовой породой с перовскитом и диопсидом, а диорит подвергся незначительным изменениям в виде развития вторичного диопсида и хлорита. Источником диоритовых даек на Баженовском офиолитовом комплексе является Лесозаводский среднедевонский диоритовый массив, который обнажается непосредственно западнее и образует «слепое» тело под серпентинитами комплекса [Металлогения..., 1994].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 04-05-64679).

Список литературы

- Гекимянц В.М. Перовскит родингитовой минеральной ассоциации Зеленцовской копи, Южный Урал // Материалы Уральской летней минералогической школы-1995. Екатеринбург: УГГА, 1995. С. 40-41.
- Ерохин Ю.В. Перовскит из Баженовского офиолитового комплекса // Минералогические музеи. Мат-лы 5 Междунар. симпоз. СПб.: Изд-во СПб. гос. университет, 2005. С. 114-116.
- Ерохин Ю.В., Соколов Ю.А. О «керсутите» Баженовского месторождения хризотил-асбеста // Вестник Уральского отделения РМО. № 4. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2005. С. 67-69.
- Металлогения складчатых систем с позиций тектоники плит. Путеводитель Среднеуральской экспедиции. Екатеринбург, 1994. 33 с.
- Минералогия родингитов Баженовского месторождения хризотил-асбеста. Екатеринбург, УГГА, 1996. 96 с.
- Минералы. Справочник. М.: Наука, 1967. Т. II. Вып. 3. 675 с.
- Минералы: Справочник. Силикаты со структурой, переходной от цепочечной к слоистой. Слоистые силикаты (каолиновые минералы, серпентиниты, пирофиллит, тальк, слюды). М.: Наука, 1992. Т. 4. Вып. 1. 599 с.
- Brown E.H. The crossite content of Ca-amphibole as a guide to pressure of metamorphism // J. Petrol. 1977. Vol. 18. № 1. P. 53-73.
- Nomenclature of amphiboles: report of the Subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on new minerals and mineral names // Canad. Mineral. 1997. Vol. 35. P. 219-246.