Литосфера, 2006, № 4, с. 159-167

УДК 552.18+553.329(470.5)

МИНЕРАЛОГИЯ ПЬЕМОНТИТСОДЕРЖАЩИХ СЛАНЦЕВ В ВЕРХОВЬЯХ РЕКИ БОЛЬШОЙ ХАРБЕЙ (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

В.В. Григорьев*, Ю.В. Ерохин, Е.С. Шагалов**, А.Е. Степанов*****
**Уральский геологический музей*
620014, г. Екатеринбург, Куйбышева, 30
E-mail: muzeum@usmga.ru
***Институт геологии и геохимии УрО РАН*
620151, г. Екатеринбург, Почтовый пер. 7
E-mail: erokhin@igg.uran.ru, shagalov@igg.uran.ru
****Уральский государственный горный университет*
620014, г. Екатеринбург, Куйбышева, 30
E-mail: pargi@sc.usmga.ru
Поступила в редакцию 1 марта 2005 г.

Впервые на Урале в верховьях р. Бол. Харбей, в обрамлении Харбейского гранитного массива, детально описаны пьемонтитсодержащие сланцы. Они состоят из пьемонтита, кварца, спессартина, марганецсодержащего фенгита и кальцита. Среди рудных минералов отмечаются браунит, рансьеит и нелтнерит. Последний минерал ранее на Урале не описывался. Изучение данной ассоциации показало, что ее образование, возможно, проходило при PT-условиях, соответствующих зеленосланцевой фации метаморфизма, по гранитоидному субстрату.

Ключевые слова: *Полярный Урал, Харбейский массив, няровейская свита, гранит, марганцевая минерализация, пьемонтит, нелтнерит.*

MINERALOGY OF PIEMONTIT-CONTAINING SCHISTS AT THE HEAD OF BIG HARBEY RIVER (POLAR URALS)

V.V. Grigoriev*, Yu.V. Erokhin, E.S. Shagalov**, A.E. Stepanov*****
**Urals Geological Museum*
***Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of RAS*
****Urals State Mining University*

The piemontite-containing schists are described in details firstly for the Urals at the head of Big Harbey rivers, in a frame of a Harbeysky granite massif. They consist of piemontite, quartz, spessartine, manganese-enriched phengite and calcite. The ore minerals are presented by braunite, rancieite and neltnerite. Neltnerite was not described in the Urals yet. Studying of that mineral association has shown, that it formed, probably, under PT-conditions of green-schists metamorphic facies upon granitoid substratum.

Key words*: Polar Urals, Harbeysky massif, nyaroveiskaya suite, granite, manganous mineralization, piemontite, neltnerite.*

Введение

Главные геолого-промышленные типы марганцевых месторождений Урала приурочены к палеозойским формациям. Наиболее продуктивными из них являются кремнисто-туфитовые, кремнисто-яшмовые в ассоциации с вулканогенными, а также терригенно-карбонатные [Марганцевые…, 1999]. Вопрос о наличии промышленных концентраций в доордовикских осадочных и вулканогенных образованиях остается проблематичным. Повышенная марганцовистость в них рассматривается в связи с гондитами, известными в пределах Салдинско-

го, Сысертско-Ильменогорского, Уфалейского выступов, а также на Полярном Урале, в Хараматалоуском блоке, среди метаморфизованных отложений изъякерьюской свиты среднего рифея [Хакинов, 1997]. Примером промышленных объектов в верхнепротеророзойских толщах могут служить ряд железо-марганцевых месторождений в южной части Малого Хингана на Дальнем Востоке.

Проявления марганцевых руд в пределах Вангыро-Патокской площади на Приполярном Урале расположены в сланцевых отложениях, относящихся, по мнению М.Я. Попова [Попов, 1996], к верхам пуйвинской свиты среднего рифея (R_2), вблизи контакта их с кварцитопесчаниками хабейской свиты верхнего рифея (R_3). Рудные скопления в хлорит-серицит-альбит-кварцевых сланцах в переслаивании с кремнистыми яшмовидными породами расположены «в виде тонких маломощных слойков и линз» [Попов, 1996]. Здесь выделяются оксидные (браунитовые), силикатно-оксидные (спессартин-браунитовые), силикатные (спессартиновые), силикатно-карбонатные (спессартин-родохрозитовые) и карбонатные (родохрозитовые) руды. В оксидных и силикатно-оксидных типах присутствуют пьемонтит, а также магнетит и гематит. В контактовых зонах гранитных интрузий кожимского комплекса верхнепалеозойского возраста выявлены и изучены контактово-метаморфизованные и метасоматические руды, которые содержат весьма специфические ассоциации марганецсодержащих и марганцевых минералов: марганецсодержащие турмалин и мусковит, тефроит, родонит и пирофанит.

В 1984 году Д.Н. Литошко в 2,5 км южнее Харбейского молибденового рудника, среди няровейской свиты рифейского возраста, в обрамлении Харбейского гранитного массива на Полярном Урале была обнаружена марганцевая минерализация с пьемонтитом, марганцовистым мусковитом и браунитом [Литошко, Никитина, 1984]. Находку Д.Н. Литошко некоторое время не могли подтвердить, что связано с расположением этого минералогического объекта на склоне с северной экспозицией, в распадке с временным водотоком, под снежником. В 2003 году удалось обнаружить марганцевую минерализацию в 2 км юго-западнее рудника и определить геологическую позицию оруденения, отобрать каменный материал для дальнейшего изучения, результаты которого мы и приводим в этой публикации.

Зона, содержащая марганцевое оруденение, состоит из фенгит-альбит-кварцевых сланцев и чередования пьемонтитовых, пьемонтит-кварцевых, фенгитовых, альбит-кварцевых слойков и кальцитовых линзочек. Она прослежена на 150 м по элювиальным развалам и небольшим коренным выходам, ее мощность достигает 2 м. Зона насыщена тонкими, до 1-3 мм, прожилками марганцовистого кальцита, в околожильном пространстве которых наблюдаются зонки мощностью до 5-7 мм, где развиваются пьемонтитовая и рудная марганцевая минерализация. Кроме того, отмечаются слойки, насыщенные пьемонтитом и черными рудными минералами мощностью до 1,5-2 см. Сама зона приурочена к восточному эндоконтакту небольшого вытянутого в северо-восточном направлении тела гранитов, относящегося, как и Харбейский массив, к полярноуральскому комплексу, который, по современным представлениям, является коллизионным образованием и имеет верхнепалеозойский возраст. Граниты прорывают бластомилониты и сланцы, являющиеся продуктами дислокационного метаморфизма, наложенного на кварцевые диориты ханмей-собского комплекса. Кварцевые диориты и вулканогенно-осадочные образования няровейской свиты (R_2), их вмещающие, метаморфизованы в условиях зеленосланцевой фации (рис. 1).

Изложение фактического материала

Сланцы с марганцевой минерализацией имеют ориентированную сланцеватую, тонкоплойчатую текстуру (рис. 2). При получении полированной поверхности, расположенной согласно сланцеватости, можно наблюдать «авантюриновый» эффект, характерный для кварцитов Таганая (Южный Урал). Внешним отличием наших пород от таганайских кварцитов является редко встречающаяся в природе розовая окраска. Химический состав пьемонтит-фенгит-альбит-кварцевого сланца следующий (вес. %): SiO_2 – 71,40, TiO_2 – 0,07, Al_2O_3 – 13,21, $FeO_{общ}$ – 1,00, MnO – 2,20, MgO – 1,04, CaO – 2,09, Na_2O – 2,20, K_2O – 3,83, P_2O_5 – 0,03, п.п.п. – 2,00, сумма – 99,07; геохимические данные (г/т): Sr – 401, Rb – 104. Данные сланцы содержат вкрапленность граната и рудных минералов марганца: браунита ($Mn^{2+}Mn^{3+}_6SiO_{12}$), рансьеита ($CaMn^{4+}_4O_9 \cdot 3(H_2O)$) и нелтнерита ($CaMn^{3+}_6SiO_{12}$). Кроме того, в сланцах часто отмечается неболь-

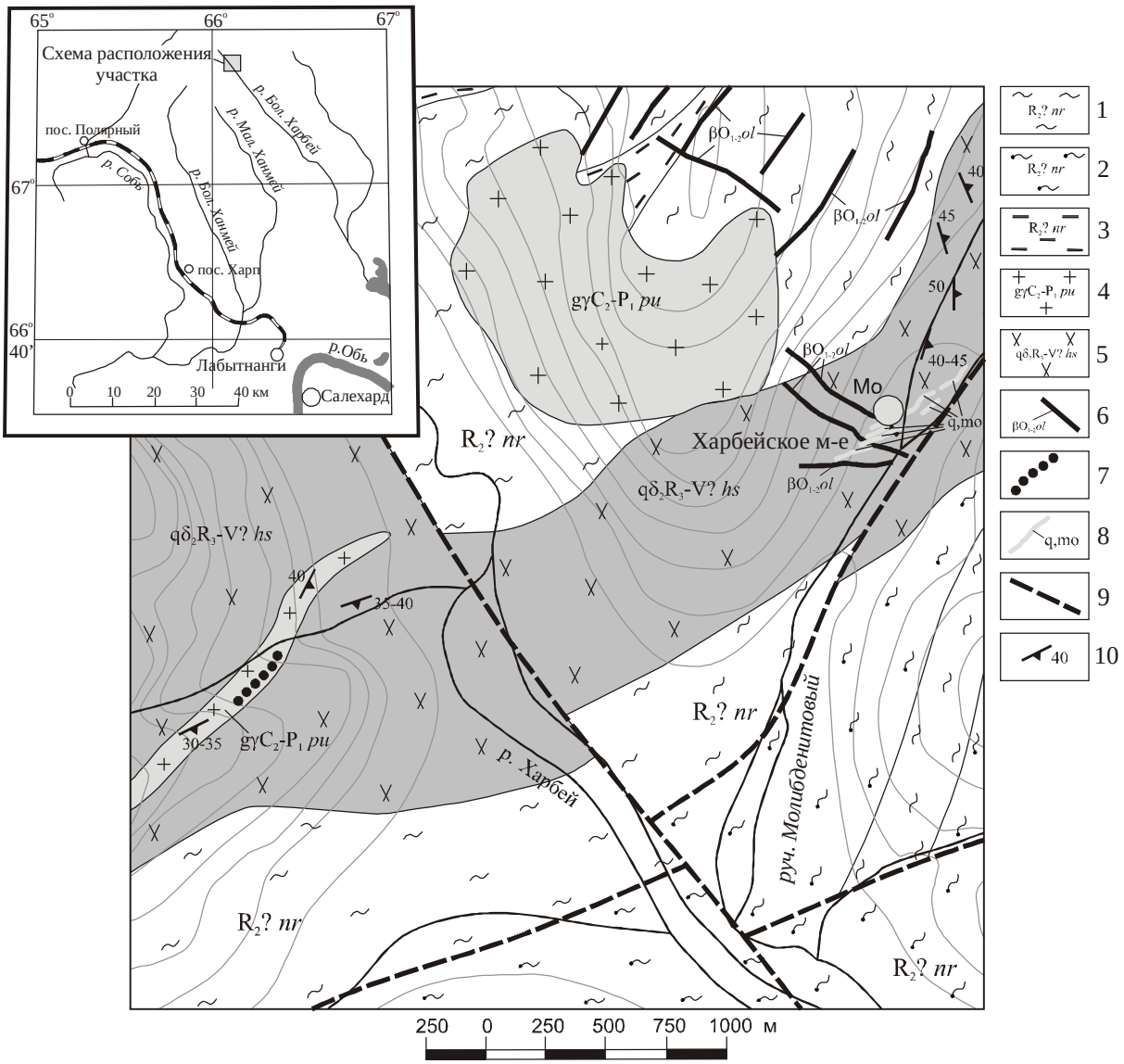

Рис. 1. Схема геологического строения верховьев р. Бол. Харбей (составлена с использованием данных Ю.Ю. Эрвье).

1-3 – няровейская серия: 1 – сланцы мусковит-полевошпат-кварцевые, 2 – сланцы и парагнейсы гранат-мусковит-биотит-полевошпат-кварцевые, 3 – углеродистые сланцы; 4 – гнейсограниты микроклиновые полярноуральского комплекса коллизионных гранитов; 5 – рассланцованные диориты и кварцевые диориты харбей-собского габбро-диоритового комплекса; 6 – дайки долеритов и габбро-долеритов орангюганско-лемвинского комплекса; 7 – тела кварц-альбит-мусковитовых сланцев с марганцевой минерализацией; 8 – молибденит-кварцевые жилы; 9 – разрывные нарушения; 10 – элементы залегания гнейсоватости и сланцеватости.

шое количество карбоната, как в виде скоплений, так и в виде небольших прожилков.

Кварц и плагиоклаз являются главными породообразующими минералами и встречаются в породе в виде реликтовых и новообразованных зерен. Реликтовые зерна характеризуются более крупными размерами (до нескольких мм) и следами деформаций. Кварц в основном полностью рекристаллизован и представлен тонкозернистым агрегатом новообразованных зерен, размером не более 0,2-0,3 мм. В кварце наблюдается большое количество включений рансьеита. У плагиоклаза, который соответствует альбиту, отмечаются полисинтетические двойники по альбитовому закону. В новообразованных зернах плагиоклаза двойниковой решетки уже не наблюдается, но состав при этом не изменяется.

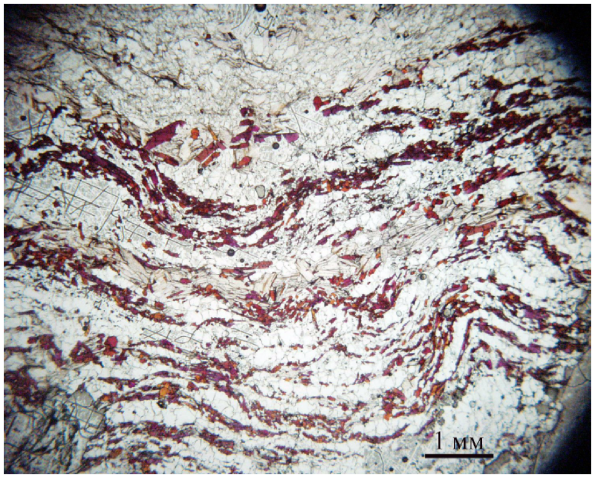

Рис. 2. Общий вид пьемонтитсодержащего сланца.
Полированный шлиф, без анализатора.

Фенгит является одним из главных породообразующих минералов породы, иногда он слагает мономинеральные слойки. Минерал образует небольшие лейсты размером не более 1 мм. Максимальное количество слюды приурочено к скоплениям пьемонтита. Последний как бы заключен в слюдистую оболочку, но, как мы упоминали ранее, их образование носит сингенетичный характер и не несет в себе признаков деформации. В шлифах слюда абсолютно бесцветна, но в монофракции имеет редкий розовый цвет, что связано со значительными содержаниями марганца (табл. 1, ан. 6). В разных зернах содержится от 1,33 до 1,88 мас. % MnO (УГГУ, аналитик В.Н. Ослоповских). Это достаточно высокие содержания марганца для мусковитоподобных слюд. К примеру, в мусковите Шпанчевского проявления гондитов MnO достигает 0,75 мас. % [Прибавкин, Брусницын, 1996], а среди родонитовых пород Среднего Урала мусковит вообще не отмечен [Брусницын, 2000а]. Более высокие концентрации MnO отмечаются в слюдах гранитных пегматитовых жил Алабашского поля (до 4,3 % [Попова и др., 1999]), но здесь они являются циннвальдитами. Среди метаморфических комплексов Урала (по

Таблица 1

Химический состав силикатов (мас. %) из пьемонтитсодержащих сланцев

№№	1ц	1кр	2ц	2кр	3	4	5ц	5кр	6
SiO_2	36,07	35,90	35,90	35,91	37,63	39,65	36,31	36,26	49,24
TiO_2	–	–	–	–	–	0,03	0,26	0,06	–
Al_2O_3	22,13	22,45	22,22	22,17	19,95	20,72	22,46	22,53	31,03
Fe_2O_3	1,88	2,17	1,12	1,12	2,30	1,82	–	–	–
Mn_2O_3	13,97	13,91	16,28	15,19	15,38	15,47	–	–	–
FeO	–	–	–	–	–	–	0,67	0,24	0,95
MgO	–	–	–	–	–	–	-	0,10	3,93
MnO	2,05	1,76	1,19	0,88	–	–	33,83	34,26	1,39
CaO	21,48	21,83	22,48	22,51	21,24	21,03	8,33	7,55	–
Na_2O	–	0,01	0,01	0,01	–	–	0,01	0,01	0,05
K_2O	–	0,03	–	0,05	–	–	0,01	0,02	9,15
Сумма	97,58	98,10	99,20	97,84	96,50	98,72	101,88	101,04	95,73
формульные единицы									
Si	2,92	2,89	2,86	2,89	3,07	3,13	2,87	2,89	3,74
Ti	–	–	–	–	–	–	0,01	–	–
Al^{IV}	0,08	0,11	0,14	0,11	–	–	0,09	0,11	0,26
Al^{VI}	2,03	2,02	1,95	1,99	1,92	1,93	2,00	2,00	2,52
Fe^{3+}	0,12	0,13	0,07	0,07	0,14	0,14	–	–	–
Mn^{3+}	0,87	0,86	1,00	0,94	0,95	0,93	–	–	–
Fe^{2+}	–	–	–	–	–	–	0,04	0,01	0,06
Mn^{2+}	0,14	0,12	0,08	0,06	–	–	2,26	2,31	0,09
Mg	–	–	–	–	–	–	–	0,01	0,44
Ca	1,86	1,88	1,92	1,94	1,85	1,78	0,71	0,65	–
Na	–	–	–	–	–	–	–	–	0,01
K	–	–	–	–	–	–	–	–	0,89

Примечание. Микроанализатор JXA-5, аналитик Е.С. Шагалов; 1-4 – пьемонтит, 5 – спессартин, 6 – мусковит; анализы пьемонтита № 3-4 по [Литошко и др., 1984]; ц – центр зерна, кр – край зерна.

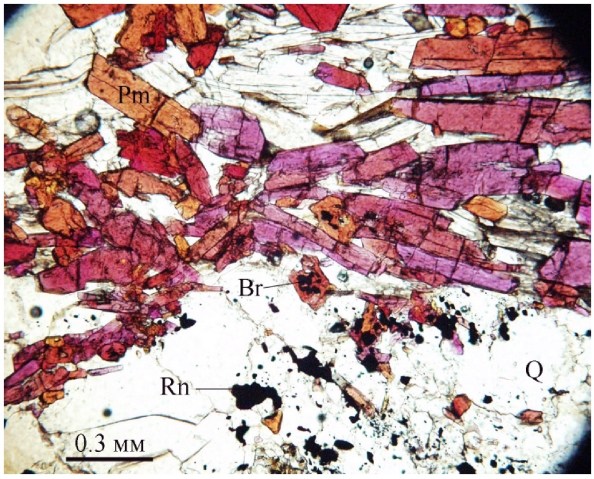

Рис. 3. Вкрапленность рансьеита (Rn) в кварцевом (Q) агрегате и браунита (Br) в пьемонтите (Pm).

Полированный шлиф, без анализатора.

А.И. Русину) высокомарганцевые слюды проявлены крайне редко, и они также приурочены к пегматитовому процессу. Фенгиты зарубежных аналогов обнаруженных нами пород содержат невысокие концентрации марганца, но в них часто присутствует флогопит и хлорит, содержащие до 2 % MnO. По данным рентгеноструктурного анализа, слюда является диоктаэдрической с политипией $2M_1$ и параметрами элементарной ячейки: c_0 = 19,92 Å; $в_0$ = 9,042 Å.

Пьемонтит образует короткопризматические до изометричных индивиды, обычно ориентированные по сланцеватости породы (рис. 3, 4). Большая часть индивидов окружена лейстами слюды, и имеет с ними индукционные поверхности, что говорит об их совместном росте. Минерал отличается четким плеохроизмом от фиолетового до желто-оранжевого цветов, характерным только для пьемонтитов. Часто отмечаются двойники по [100]. В минерале наблюдается обильная вкрапленность рудного минерала – браунита. Химический состав Харбейского пьемонтита изучался как нами, так и предыдущими исследователями [Литошко, Никитина, 1984]. Еще в 1984 г. было установлено, что минерал отличается высокомарганцовистым составом (Mn_2O_3 до 15,5 мас. %; см. табл. 1; ан. 3, 4). Пересчет составов мы привели литературный, хотя видно, что часть марганца явно должна находится в позиции кальция и, соответственно, количество трехвалентного марганца уменьшится примерно на один процент. Наши данные показали, что содержание общего марганца может достигать 17,5 мас. %, при этом от 1 до 2 мас. % приходится на долю MnO, компенсирующего позицию кальция (см. табл. 1; ан. 1, 2). Пересчет этих анализов показал, что они идеально соответствуют теоретическому составу пьемонтита – $Ca_2Al_2Mn[Si_3O_{12}](OH)$ [Минералы, 1972]. Вследствие этого, Харбейские пьемонтиты можно считать химическим эталоном для данного минерального вида. Интересной особенностью минерала является крайне низкое содержание трехвалентного железа в пределах 1-2 мас. %. В индивидах отмечается слабая зональность по марганцу и железу: содержание первого к краям зерен падает, а последнего – немного возрастает. Конечно, на Урале среди родонитов были найдены и более мар-

. . . . . $_2O_3$

до 18 мас. % и MnO до 1 мас. % с крайне низким Fe_2O_3 – до 1 мас. % [Папчинская, Брусницын, 2000], но они уже не соответствуют эталону пьемонтита и, скорее всего, являются разновидностью, переходной к новому минералу – $Ca_2Mn_2Al[Si_3O_{12}](OH)$.

Рентгеноструктурное изучение Харбейского пьемонтита (УГГУ, УРС-6,0, камера РКД-57,3 мм, железное излучение, аналитик С.Г. Суставов) показало полное сходство с эталоном (ASTM 29-288). Ниже приводится часть дебаеграммы, d (I): 5,12 (3) – 4,00 (3) – 3,50 (5) – 3,20 (4) – 2,91 (10) – 2,83 (2) – 2,68 (8) – 2,59

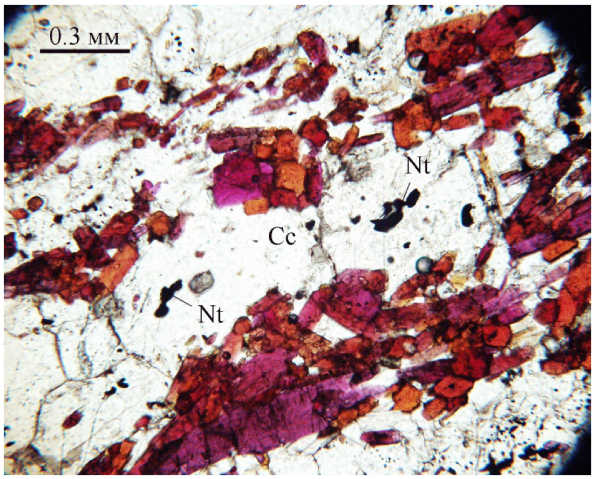

Рис. 4. Включения нелтнерита (Nt) в карбонатном (Cc) прожилке.

Полированный шлиф, без анализатора.

(7) – 2,52 (2) – 2,41 (8) – 2,30 (5) – 2,17 (1) – 2,12 (3) – 2,07 (1) – 1,878 (6) и плюс еще восемь линий. Расчетные параметры элементарной ячейки также соответствуют эталонному пьемонтиту: a_o = 8,88±0,12; b_o = 5,66±0,17; c_o = 10,16±0,11; в = 115,63.

Пьемонтиты встречаются в породах различных геологических обстановок и генезиса: в глаукофановых сланцах, высоко-, средне- и низкоградных гнейсах и сланцах, в роговиках и скарнах, а также как вторичные образования в вулканитах среднего и кислого состава [Anastasiou, Langer, 1977]. Несмотря на такое разнообразие, пьемонтит – относительно редкий минерал на проявлениях родонитового (марганцевого) пояса Урала, в большинстве случаев он не был обнаружен [Брусницын, 2000б]. Во всех вышеперечисленных ассоциациях его состав крайне различен. На этом фоне пьемонтиты Харбейского проявления схожи с наиболее марганцовистыми разностями Уразовского марганцевого месторождения и с пьемонтитами из тальк-содержащих пьемонтит-кварцевых сланцев Асеми-гава, Япония.

Гранат как второстепенный минерал представлен мелкими изометричными зернами размером до 0,1-0,2 мм. Индивиды имеют шестиугольные сечения и по всей видимости представлены ромбододекаэдрами. Гранат встречается по всей массе породы, но наибольшие скопления отмечаются около пьемонтитового агрегата. В шлифе бесцветен из-за своих размеров, с анализатором – полностью изотропен. Часто содержит включения браунита. По химическому составу гранат соответствует спессартину с содержанием гроссулярового минала до 24 % (табл. 1, ан. 5). В индивидах спессартина отмечается зональность: от центра к краю падает количество титана (от 0,26 до 0,06 мас. %), железа (от 0,7 до 0,24 мас. %), кальция (от 8,3 до 7,6 мас. %) и растет количество марганца (от 33,8 до 34,26 мас. %) и магния (от предела чувствительности до 0,1 мас. %). Такой тип зональности не соответствует ни прогрессивной, ни регрессивной зональности гранатов из метаморфических комплексов [Лепезин, Королюк, 1985]. Интересной особенностью граната является недостаток кремния в тетраэдрической позиции и его компенсация глиноземом. Химический состав харбейских спессартинов достаточно четко отличается от их аналогов из гондитов [Прибавкин, Брусницын, 1996; Хакинов, 1997] по крайне незначительному содержанию железа и в тоже время близок спессартинам из родонитовых месторождений Среднего и Южного Урала [Брусницын и др., 1999; Брусницын, 2000б]. От граната из метаморфизованных гидротермально-осадочных марганцевых месторождений Южного Урала отличается повышенными количествами кальция при высоком содержании окисного и закисного железа. Таким образом, гранат из харбейских пьемонтит-кварцевых сланцев является низкожелезистым и высококальциевым спессартином и при этом существенно отличается от известных Уральских аналогов из различных пород как магматического, так и метаморфического генезиса.

Кальцит образует небольшие зернистые скопления размером до 1 мм в матрице породы, а также часто наблюдается в виде небольших прожилков (рис. 4). Обычно содержит в виде включений рудные минералы – браунит и нелтнерит. Среди кварц-слюдистого агрегата хорошо выделяется своим рельефом и ромбовидной спайностью, а также характерной для кальцитов резко проявленной псевдоабсорбцией. В шлифе бесцветный до розоватого. В качестве химических примесей минерал содержит MnO до 5,52-6,24 мас. % и MgO до 0,14-0,23 мас. %, что позволяет его относить к марганцовистым кальцитам. Рентгенограмма минерала полностью соответствует эталону кальцита.

Рудные минералы слагают рассеянную вкрапленность в матрице породы и представлены браунитом, нелтнеритом и рансьеитом. Ранее [Литошко, Никитина, 1984] в протолочках этих сланцев в качестве рудных минералов упоминались браунит, барит, галенит и магнетит. Последние три нами не были обнаружены.

Браунит встречается в виде включений практически во всех нерудных минералах (рис. 3), за исключением альбита. Размер включений редко достигает 0,05 мм. Облик минерала обычно короткопризматический с хорошо выраженным идиоморфизмом. Иногда встречаются неправильные сростки. Химический состав браунита довольно переменчив по кальцию – от достаточно чистого и среднекальциевого в пьемонтите (табл. 2, ан. 4, 5) до высококальциевого в карбонате (табл. 2, ан. 6). Здесь же в карбонатных агрегатах отмечается марганцовистый нелтнерит, который является крайним кальциевым членом в изоморфном ряду браунит-нелтнерит. В целом, минальное содержание нелтнерита в брауните варьирует в пределах 4-42 %. Харбейский браунит характеризу-

Таблица 2

Рудные минералы (мас. %) из пьемонтитсодержащих сланцев

№№	рансьеит			браунит			нелтнерит	
	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO_2	–	–	–	6,60	7,59	7,73	7,93	8,60
MnO_2	79,37	76,43	82,40	–	–	–	–	–
Fe_2O_3	2,18	1,67	1,33	–	–	0,53	1,02	0,47
Mn_2O_3	–	–	–	80,70	79,22	79,17	79,42	80,72
MgO	0,06	0,05	0,07	–	–	0,06	0,05	0,06
MnO	6,67	6,36	6,81	11,10	8,56	6,75	5,42	5,63
CaO	7,92	7,58	8,10	0,32	2,38	3,87	5,03	5,04
Сумма	96,20	92,09	98,71	98,72	97,75	98,11	98,87	100,52
формульные единицы								
Si	–	–	–	0,67	0,77	0,79	0,80	0,85
Fe^{3+}	0,12	0,09	0,07	–	–	0,04	0,07	0,04
Mn^{4+}	3,87	3,91	3,93	–	–	–	–	–
Mn^{3+}	–	–	–	6,35	6,23	6,19	6,13	6,12
Mn^{2+}	0,40	0,40	0,40	0,96	0,74	0,58	0,46	0,47
Ca	0,60	0,60	0,60	0,04	0,26	0,42	0,54	0,53

Примечание. Микроанализатор JXA-5, аналитик Е.С. Шагалов; 1-3 – рудные включения в кварце, 4-5 – рудные включения в силикатах (пьемонтите и спессартине), 6-8 – рудные включения в карбонате.

ется пониженными содержаниями кремнезема, который компенсируется трехвалентным марганцем, за счет чего минерал является еще более марганцовистым (Mn_2O_3 – до 81 мас. %). К примеру, браунит из Кусимовского марганцевого месторождения обладает классическим составом и содержит окисного марганца не более 77 мас. % [Папчинская, Брусницын, 2000а].

Рансьеит характеризуется более крупными индивидами, чем все остальные рудные минералы марганца, и иногда достигает размеров 0,5 мм (рис. 3). Форма зерен у минерала всегда неправильная, комковатая и округлая. Рансьеит встречается только в кварцевом агрегате, и что самое интересное, он выполняет интерстиции в новообразованной матрице кварца. Химический состав минерала вполне устойчивый (табл. 2, ан. 1-3). Отмечаются незначительные вариации трехвалентного железа в пределах 1-2 мас. %. Рансьеит можно назвать марганцовистым, так как минальное содержание таканелита (марганцевый аналог рансьеита) достигает 40 %. Расчетное содержание воды в марганцовистом рансьеите достигает 2 единиц, что хорошо коррелируется с теоретическими данными, по которым в формуле таканелита содержится 1 молекула воды, а в рансьеите – около 3 молекул воды. Харбейский рансьеит соответственно имеет промежуточный состав между крайними членами минеральных видов. Возможно, до деформации кварца минерал принадлежал ряду браунит-нелтнерит, а в момент рекристаллизации весь кремнезем ушел из структуры, и появилась свободная вода за счет высвободившихся из кварца флюидных включений.

Нелтнерит впервые был обнаружен в 1982 г. на месторождении Тачгагалт, в марокканском Анти-Атласе [Baudracco-Gritti et al., 1982]. После этого он упоминается на некоторых марганцевых месторождениях США [Anthony et al., 1995, и др.], и марганцеворудных полях Калахари [Cairncross, Dixon, 1995]. На Урале среди многочисленных марганецсодержащих пород (родонитовых, гондитовых и оксидных руд) нелтнерит не был обнаружен. Таким образом, нами он описывается здесь впервые. Минерал слагает вкрапленность исключительно в марганцовистом кальците. Он образует округлые или овальные зерна (рис. 4) размером до 0,1 мм. По составу нелтнерит является марганцовистым, минальное содержание брауннита достигает 46-47 %. В отличие от брауннита нелтнерит отличается постоянством химического состава (табл. 2, ан. 7, 8). Содержание кремнезема в нем чуть более высокое, чем в брауните, но также не соответствует теоретическому составу. Недостаток кремния в тетраэдрической позиции восполняется не только марганцем, но и трехвалентным железом. Вообще присутствие железа в харбейских минералах ряда браунит-нелтнерит характерно только для

индивидов, содержащихся в карбонатных агрегатах. Такой же характер распределения отмечен и для магния, так как включения браунита из силикатов его не содержат.

Обсуждение результатов

Метаморфические сланцы, подобные описанным в верховьях р. Бол. Харбей, встречаются в разных местах земного шара. Они отмечены в метаморфическом поясе Санбагава (Японии) [Izadyar et al., 2003], Брезовице (Сербия) [Abraham, Schreyer, 1976], северо-западном Пакистане [Jan, Symes, 1977], западном Отаго, Новая Зеландия [Kawachi et al., 1981], нескольких районах Калифорнии [Keskinen, 1981; Smith, Albee, 1967], в какой то мере близкими являются мангано-силикатные породы юго-западной Финляндии [Mancini et al., 2000] и некоторые другие. В отличие от опубликованных анализов аналогичных пород, харбейские пьемонтит-фенгит-альбит-кварцевые сланцы содержат наименьшие концентрации MgO, что в свою очередь сказалось на минеральном составе (полное отсутствие флогопита и талька, часто присутствующих в подобных породах).

Отсутствие реперных для геотермобарометрии минералов существенно усложнило задачу определения PT-параметров образования породы. Тем не менее, мы предприняли попытку их оценки. Температуры, рассчитанные по гранатовым и гранат-мусковитовым геотермометрам у различных авторов, попадают в диапазон 550-660°C, давление, определенное по фенгитовым геобарометрам составило 17-18,5 кбар [Green, Hellman, 1982; Massonne, Schreyer, 1987], что плохо сопоставляется с геологическими данными района. Возможно, такие оценки температуры и давления объясняются необычным составом слюды с высоким содержанием кремнезема, формирование которой происходило по субстрату, пересыщенному SiO_2, или повышенной марганцовистостью породы. Видимо к подобным минеральным ассоциациям традиционные методы геотермобарометрии не могут быть применены. Образование слюды из пьемонтитсодержащих сланцев с учетом вышеизложенных рентгеноструктурных параметров происходит при температурах 350°C и давлении чуть выше 1 кбар [Сазонов, Огородников, 1996], что соответствует условиям зеленосланцевой фации регионального метаморфизма и нижнему пределу образования метасоматитов, относящихся к грейзеновой формации. К примеру, оценка условий метаморфизма известных марганцевых месторождений и родонитовых пород Урала показывает температуры порядка 450-520°C и давление до 3,5 кбар [Перова, 1997, и др.].

Выводы

Пьемонтитсодержащие сланцы в верховьях р. Бол. Харбей в обрамлении Харбейского гранитного массива не образуют промышленных концентраций марганца, но они видимо являются одним из рудопоисковых признаков на марганецсодержащие объекты в пределах распространения вулканогенно-осадочных образований няровейской свиты. В последнее время в этой свите несколько восточнее распространения детально описанных нами метаморфитов обнаружено несколько рудопроявлений марганца. Марганцевая минерализация в кварц-альбит-мусковитовых сланцах связана с палеозойскими постколлизионными гидротермальными процессами и является продуктами ремобилизации марганца из верхнепротерозойских маргацевоносных горизонтов няровейской свиты. Каждый рудный марганцевый минерал локализуется и тесно связан с определенным нерудным минералом. Так браунит связан с силикатными минералами – пьемонтитом, марганцевым мусковитом, спессартином; нелтнерит образует включения в манганокальците; рансьеит формируется в новообразованных кварцевых агрегатах. Марганецсодержащие силикатные минералы сформировались практически одновременно. PT-условия их образования, соответствуют зеленосланцевой фации метаморфизма или нижней границе существования данных парагенезисов грейзеновой метасоматической формации.

Исследования проведены при частичной поддержке программы «Ведущие научные школы» (НШ-4210.2006.5).

Список литературы

Брусницын А.И. Родонитовые месторождения Среднего Урала (минералогия и генезис). СПб: Санкт-Петербургский госуниверситет, 2000а. 200 с.

Брусницын А.И. Родонитовый пояс Урала // Уральская летняя минералогическая школа – 2000. Екатеринбург: УГГГА, 2000б. С. 28-38.

Брусницын А.И., Сийдра О.И., Коробейникова Ю.С. Марганцевые руды Южно-Файзулинского

месторождения (Южный Урал) // Уральская летняя минералогическая школа – 1999. Екатеринбург: УГГГА, 1999. С. 264-266.

Лепезин Г.Г., Королюк В.Н. Типы зональности в гранатах // Геология и геофизика. 1985. № 6. С. 71-79.

Литошко Д.Н., Никитина В.Д. Высокомарганцовистый пьемонтит из метасоматитов Полярного Урала // Труды ИГ Кф АН СССР. Вып. 46. Сыктывкар, 1984. С. 110-112.

Марганцевые месторождения Урала / Е.С. Контарь, К.П. Савельева и др. Екатеринбург, 1999. 120 с.

Минералы. Справочник. Т. 3. Вып. 1. М.: Наука, 1972. 883 с.

Папчинская М.А., Брусницын А.И. Черный родонит Кусимовского месторождения (Средний Урал) // Уральская летняя минералогическая школа – 2000. Екатеринбург: УГГГА, 2000. С. 166-169.

Перова Е.Н. РТ-условия формирования метаморфизованных силикатных марганцевых месторождений Среднего Урала // Уральская летняя минералогическая школа – 1997. Екатеринбург: УГГГА, 1997. С. 210-212.

Попов М.Я. Стратиформное марганцевое оруденение Вангыро-Патокской площади на Приполярном Урале // Геология и минерагения докембрия Северо-Востока Европейской платформы и Севера Урала. Сыктывкар: Геопринт, 1996. С. 95-97.

Попова В.И., Попов В.А., Борщев С.К. и др. Минералогия гранитных пегматитов Алабашского поля Самоцветной полосы Урала. Миасс: ИМин УрО РАН, 1999. 90 с.

Прибавкин С.В., Брусницын А.И. Геологическое строение и минералогия Шпанчевского проявления гондитов, Средний Урал // Уральская летняя минералогическая школа – 1996. Екатеринбург: УГГГА, 1996. С. 164-168.

Сазонов В.Н., Огородников В.Н. Светлые слюды как индикаторы формационного расчленения ме-тасоматитов гидротермальных месторождений золота и горного хрусталя // Докл. РАН. 1996. Т. 350. № 3. С. 381-383.

Хакинов Ю.В. Изучение гранатов из гондитов Полярного Урала // Уральская летняя минералогическая школа – 1997. Екатеринбург: УГГГА, 1997. С. 219.

Abraham K., Schreyer W. A talc-phengite assemblage in piemontite schist from Brezovica, Serbia, Yugoslavia // J. Petrol. 1976. № 17. P. 421-439.

Anastasiou P., Langer K. Synthesis and physical properties of piemontite Ca_2Al_3-pMn^{3+} p(Si_2O_7/SiO_4/O/OH) // Contrib. Mineral. Petrol. 1977. № 60. P. 225-245.

Anthony J.W., Williams S.A., Bideaux R.A., Grant R.W. Mineralogy of Arizona. 3 Ed. Tucson, 1995. 508 p.

Baudracco-Gritti C., Caye R., Permingeat F., Protas J. La neltnerite $CaMn_6SiO_{12}$; une nouvelle espece minerale du groupe de la braunite // Bull. Mineral. 1982. № 105. P. 161-165.

Cairncross B., Dixon R. Minerals of South Africa. Geol. Soc. of South Africa. Johannesburg, 1995. 289 p.

Green T.H., Hellman P.L. Fe-Mg partitioning between coexisting garnet and phengite at high pressure, and comments on a garnet-phengite geothermometer // Lithos. 1982. V 15. P. 252-266.

Izadyar J., Tomita K., Shinjoe H. Geochemistry and origin of piemontite-quartz schists in the Sanbagawa Metamorphic Belt, central Shikoku, Japan // J. Asian Earth Sciences. 2003. V. 21. Is. 7. P. 711-730.

Jan M. Q., Symes F.F. Piemontite schists from Upper Swat, northwest Pakistan // Min. Mag. 1977. V. 41. P. 537-540.

Kawachi Y., Grapes R.H., Coombs D.S., Dowse M. Mineralogy and petrology of a piemontite-bearing schist, western Otago, New Zealand // J. Metamorphic Geol. 1981. № 1. P. 353-371.

Keskinen M. Petrochemical investigation of the Shadow Lake piemontite zone, Eastern Sierra Nevada, California // Am. J. Sci. 1981. V. 281. P. 896-921.

Mancini F., Alviola R., Marshall B. et al. The manganese silicate rocks of the Early Proterozoic Vittinki group, Southwestern Finland: metamorphic grade and genetic interpretations // Canad. Mineral. 2000. V. 38. P. 1103-1124.

Massonne H.J., Schreyer W. Phengite geobarometry based on the limiting assemblage with K-feldspar, phlogopite and quartz // Contrib. Mineral. Petrol. 1987. V. 96. P. 212-224.

Smith D., Albee A.L. Petrology of a piemontite-bearing gneiss, San Gorgonio Pass, California // Contrib. Mineral. Petrol. 1967. V. 16. P. 189-203.

Рецензент доктор геол.-мин. наук А.М. Пыстин