

не менее 10 г/м³). Минералы метаморфических высокобарических комплексов пород в шлиховых пробах, несмотря на частую встречаемость, содержатся в сравнительно малых количествах, поэтому для них нижняя количественная граница составляет 3-5 г/куб. м. Рудные (за исключением пирита) и метасоматические минералы отличаются локальной распространенностью, и потому любые значимые их количества (от 0,5 % во фракции и больше) вполне пригодны для картирования.

Таблица 2

Индикаторные минеральные ассоциации Байдарацкой и Щучьинской площадей

Группа ассоциаций	Тип ассоциации	Минеральная ассоциация
Петрогенная	Гипербазитовая	Оливин-пироксен-серпентиновая
	Базитовая	Амфибол-эпидот-хлоритовая
	Метаморфогенная-высокобарическая	Кизанит-ставролит-андалузит-силлиманитовая
Рудогенная	Метасоматическая	Барит-карбонатная
	Корово-экзогенная	Мартит-тетит-апатит-фосфоритовая
	Рудная	Пирит-халькопирит-галенит-сфалеритовая

С учетом всех указанных условий и в соответствии со схемой геотектонического и структурно-формационного районирования территории исследований [1] для Байдарацкого, Щучьинского и Харбейско-Ханмейского и Собско-Пайпудынского блоков подготовлены предварительные "Шлихоминералогические карты индикаторных ассоциаций", выполненные в масштабе 1:500000, в основе которых заложены более крупномасштабные карты отдельных наиболее изученных площадей бассейнов одноименных рек.

Указанные блоки земной коры Севера Урала, различающиеся своим глубинным строением, тектоникой, магматизмом и т. п., отличаются также и составом минеральных ассоциаций в полигенных осадочных комплексах рыхлого чехла. Таким образом, специфика фундамента отдельных блоков проявляется в различиях минерального состава перекрывающих их осадков мезозойско-кайнозойского возраста.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Душин В.А. Магматизм и геодинамика палеоконтинентального сектора Севера Урала. М.: Недра, 1997. 213 с.
2. Майорова Т.П. Типоморфизм россыпного золота Тимано-Североуральского региона. Сыктывкар: Ин-т геологии Коми НЦ УрО РАН, 1991. 156 с.
3. Осовецкий Б.М. Дробная гранулометрия аллювия. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 1993. 36 с.
4. Осовецкий Б.М. Тяжелая фракция аллювия. Иркутск: Изд-во Иркутского ун-та, 1986. 36 с.
5. Юшкин Н.П. Топоминаралогия. Л.: Наука, 1982. 288 с.

УДК 549.263 + 553.411 (470.5)

Д.А. Клейменов, С.В. Филимонов, Ю.В. Ерохин

НОВЫЕ ДАННЫЕ О СОСТАВЕ СУЛЬФИДОВ И АРСЕНИДОВ НИКЕЛЯ БЕРЕЗОВСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Первые исследования сульфидной и арсенидной никелевой минерализации на Березовском золоторудном месторождении проводились в 30-х годах XX столетия П.И. Кутюхиным. Минерализация была установлена на северном фланге рудного поля – в кварц-карбонатных жилах, залегающих среди лиственитов, вскрытых Ушаковским и Коневским карьерами [1]. Исследования, проведенные в 70-х годах группой сотрудников Свердловского горного института под руководством Б.В. Чеснокова, позволили получить новые данные по уже известным минералам и пополнить список минералов Березовского месторождения никелином и полидимитом [3].

В основу данной работы легли исследования химического состава миллерита, герсдорфита и никелина из лестничных и красичных кварц-карбонатных жил Березовского золоторудного

месторождения. Представлено описание вазита, впервые установленного на месторождении. Изучение состава минералов проводилось методом микронзондового анализа, выполненного на кафедре минералогии МГУ (электронный микронзонд Cameca SX-50, аналитик Н.Н. Кононкова).

Никелин NiAs

Был установлен в образцах, представляющих собой фрагменты сульфидно-кварцевой жилы с вмещающим березитом. Образцы добыты в шахте № 1, расположенной в центральной части Березовского рудного поля в 70-х годах XX столетия. В полости жилы отмечаются реликты зерен герсдорфита, покрытые черным рыхлым сажистым материалом. На стенки полости нарастают почковидные агрегаты никелина, с поверхности также покрытые сажистым материалом, а на сколе имеющие розовато-серый цвет и металлический блеск. Размер выделений никелина (3x5) мм. На поверхность почек нарастают игольчатые и волосовидные агрегаты миллерита.

Состав никелина Березовского месторождения, как видно из приведенного сравнения с никелинами из других месторождений (табл. 1), отличается высоким содержанием серы и примесью селена, которые изоморфно замещают мышьяк в структуре минерала.

Таблица 1

Химический состав никелина Березовского золоторудного месторождения в сравнении с литературными данными

Химические элементы	1	2	3	4	5	6	7
Ni	45,55	46,00	45,20	45,89	43,50	42,65	43,92
Co	0,03	0,06	0,15	0,04	0,32	-	-
Cu	0	0,17	0,05	0	-	-	-
Fe	0,01	0,03	0,01	0,15	0,45	0,17	-
Bi	0	0,09	0	0,26	-	0,10	-
As	47,64	48,51	47,47	48,69	54,05	53,33	56,08
Sb	1,43	1,60	2,50	2,56	0,05	2,03	-
S	5,76	5,10	5,60	5,12	2,18	2,30	-
Se	0,34	0,26	0,26	0,24	-	-	-
Сумма	100,76	101,82	101,24	102,95	100,55	100,58	100,00

Примечания. 1-4 – никелин Березовского золоторудного месторождения (1,3 – анализы из центральных частей зерен никелина; 2, 4 – краевых частей); 5 – никелин из Аннивирсталь (Швейцария); 6 – никелин из Добшины (Чехословакия); 7 – теоретический состав никелина.

Э.М. Спиридоновым с соавторами был установлен схожий по химическому составу никелин среди арсенидов и антимонидов Норильского рудного поля [2].

Приведенные данные свидетельствуют о возможности существования в природе сульфида никеля гексагональной сингонии, который образует с никелином изоморфный ряд. Такое соединение уже было синтезировано путем нагрева миллерита до 350° (так называемая β-модификация миллерита).

Примесь сурьмы в березовском никелине, как видно из приведенных данных, обычна для этого минерала. Между никелином NiAs и брейтгауптитом NiSb установлен ряд твердых растворов.

Из остальных примесей в никелине из Березовского месторождения можно отметить железо, кобальт, медь – их содержание не превышает первых десятых долей процента.

Миллерит NiS

Был выполнен анализ состава миллерита из двух различных парагенетических ассоциаций:

1. С герсдорфитом, блеклой рудой (железистым теннантитом) и вазитом, где миллерит образует тесные сростания с данными минералами. Образец из кварц-карбонатного прожилка в лиственитах. Миллерит ксеноморфен по отношению к герсдорфиту и теннантиту.

2. Среди продуктов разрушения герсдорфита (никелина и акантита) в кварц-доломитовом прожилке из лестничной жилы в березите. Миллерит в виде радиально-игольчатых агрегатов нарастает на реликты герсдорфита и почковидные выделения никелина.

Образцы с указанными минеральными ассоциациями были добыты в шахте № 1 Березовского рудного поля.

Миллерит из ассоциации с теннантитом и вазситом не содержит примеси кобальта, в то время как миллерит из другой ассоциации содержит существенную примесь этого элемента (табл. 2, анализ 4-6). Количество меди в образцах из обеих ассоциаций подвержено колебаниям от первых сотых долей процента до первых десятых долей. Разность из ассоциации с железистым теннантитом обеднена железом, по сравнению с миллеритом из другой ассоциации. В отношении висмута можно отметить локальное повышение содержания в краевой части зерна миллерита, развивающегося по герсдорфиту (см. табл. 2, анализ 5). Содержание мышьяка в миллерите из первой ассоциации и в центральной части зерен второй близко к нулевым значениям, в краевых же частях зерен миллерита из ассоциации с никелином достигает 0,23 мас.% (см. табл. 2, анализ 5, 6). Селена в миллерите на порядок меньше, чем в никелине.

Таблица 2

Химический состав миллерита Березовского золоторудного месторождения

Химические элементы	1	2	3	4	5	6	7
Ni	63,85	63,54	65,23	63,67	62,87	63,72	64,67
Co	0,01	0	0	0,24	0,16	0,21	-
Cu	0,03	0,12	0,09	0,02	0,06	0,12	-
Fe	0,09	0,07	0,07	0,12	0,17	0,12	-
Bi	0,13	0,12	0,04	0,17	0,24	0,13	-
As	0,08	0	0	0	0,16	0,23	-
S	35,35	35,82	35,49	35,38	34,91	35,71	35,33
Se	0,03	0,03	0,06	0,06	0,04	0,05	-
Сумма	99,57	99,70	100,98	99,66	98,61	100,29	100,00

Примечания. 1-6 – миллерит Березовского золоторудного месторождения: 1-3 – миллерит из ассоциации с железистым теннантитом, герсдорфитом и вазситом из листовенитов с прожилками турмалина; 4-6 – миллерит из продуктов разрушения герсдорфита (ассоциация с никелином и акантитом); 7 – теоретический состав миллерита.

В целом можно отметить высокую стехиометричность миллерита и близость его состава к теоретическому.

Герсдорфит NiAsS

Герсдорфит в образцах образует сравнительно большие крупно- и гигантозернистые выделения размером до (2x3x5) см. Подобные выделения отмечались ранее Б.В. Чесноковым в листовенитах шахты Центральной и № 1 [3]. Изученные нами зерна разбиты системой трещин, часть из которых являются открытыми и носят другие следы механических деформаций (зоны перекристаллизации и т. д.).

В отраженном свете зерна герсдорфита имеют прямолинейные границы и отчетливо идиоморфны по отношению к другим минералам – теннантиту, миллериту, вазситу. Это наблюдение указывает на более раннее по сравнению с другими минералами время образования герсдорфита. В листовените, вмещающем сульфидно-кварцевый прожилок с герсдорфитом, отмечены сетчатые прожилки турмалина, сложенные радиально-игольчатым агрегатом этого минерала. По химическому составу турмалин относится к дравиту, со значительными примесями шерлитового (табл. 3, анализ 1) и оленитового (табл. 3, анализ 2) миналов. В последнем случае интерес представляет повышенное содержание никеля в составе турмалина.

Для березовского герсдорфита характерна примесь кобальта, изоморфно замещающего никель. Из других катионов можно отметить железо, примесь которого составляет 0,43 мас.%. Примеси висмута и меди незначительны. Изоморфной по отношению к мышьяку можно считать примесь сурьмы, количество которой составляет первые десятые доли процента. В одном из анализов (табл. 4, анализ 1) отмечена примесь теллура. Интересна относительно высокая селенистость герсдорфита, что указывает на присутствие этого элемента в гидротермальных растворах, из которых происходило формирование никелевой минерализации.

Продуктами изменения герсдорфита являются никелин и миллерит, установленные в одном из изученных образцов.

Химический состав никельсодержащего турмалина, ассоциирующего с герсдорфитом на Березовском золоторудном месторождении

№ п/п	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	FeO*	NiO	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂	Sum
1	2,46	0,04	0,08	9,12	4,90	0,29	29,01	2,31	0,09	36,46	84,88
2	2,09	0,01	0,15	6,98	2,83	1,63	30,35	5,85	0,13	36,26	86,31

Пересчеты турмалина на кристаллохимические формулы:

1. $(\text{Na}_{0,60}\text{Ca}_{0,01}\text{K}_{0,01})_{0,62}(\text{Mg}_{2,28}\text{Fe}_{0,60}\text{Ni}_{0,04})_{3,01}[(\text{Al}_{5,75}\text{Cr}_{0,79})_{6,04}(\text{Si}_{6,17}\text{Ti}_{0,01})_{6,14}\text{O}_{27}](\text{BO}_3)_3(\text{OH})_2$ дравит – 73 %, шерлит – 22 %, хромдравит – 5 %;
2. $(\text{Na}_{0,68}\text{Ca}_{0,01}\text{K}_{0,71})_{0,71}(\text{Mg}_{1,75}\text{Al}_{0,78}\text{Fe}_{0,30}\text{Ni}_{0,22})_{3,14}[(\text{Al}_{5,23}\text{Cr}_{0,78})_{6,01}(\text{Si}_{6,10}\text{Ti}_{0,02})_{6,12}\text{O}_{27}](\text{BO}_3)_3(\text{OH})_2$ дравит – 49 %, оленит – 22 %, шерлит – 11 %, хромдравит – 11 %, Ni-аналог дравита – 6 %, увит – 1 %.

Таблица 4

Химический состав герсдорфита Березовского золоторудного месторождения

№ п/п	Ni	Cu	Fe	Co	As	Sb	Bi	Te	S	Se	Сумма
1	34,50	0,09	0,4	0,34	45,98	0,31	0,10	0,09	19,75	0,29	101,85
2	34,93	0	0,43	0,37	45,81	0,29	0	0	19,54	0,26	101,63
3	34,74	0,04	0,37	0,35	45,77	0,15	0,05	0	19,35	0,30	101,12
4	35,41	-	-	-	45,26	-	-	-	19,33	-	100,00

Примечание. 1-3 – герсдорфит Березовского золоторудного месторождения; 4 – теоретический состав герсдорфита.

Вазсит NiS₂

Минерал встречается в виде выделений неправильной формы, размером до 1 мм в поперечнике в образце с герсдорфитом, теннантитом, миллеритом, турмалином, представляющем собой кварц-карбонатный прожилок в листвените. Вазсит ксеноморфен по отношению к герсдорфиту и сечется более поздним миллеритом, по отражательной способности близок к теннантиту.

В составе вазсита отмечаются примеси кобальта, железа, меди и висмута на уровне десятых долей процента; примеси серебра, цинка и кадмия на уровне сотых долей процента. Изоморфно к сере в структуру минерала входят мышьяк, теллур и селен (табл. 5, англ. 1).

Таблица 5

Химический состав вазсита Березовского золоторудного месторождения

Ni	Co	Cu	Ag	Fe	Cd	Bi	As	Te	S	Se	сумма
46,35	0,29	0,16	0,05	0,32	0,06	0,12	0,27	0,12	50,88	0,05	98,67

В заключение можно отметить, что в результате проведенных исследований был впервые проанализирован химический состав сульфидов и арсенидов никеля, большая часть из которых была описана на месторождении еще в 30-х годах XX столетия. Из общих характерных особенностей можно отметить относительно повышенную селенистость этих соединений, что свидетельствует о повышенной активности селена в гидротермальных растворах на этапе формирования никелевой минерализации. Постоянная примесь железа, характерная для березовских блеклых руд, также отмечается и в описанных минералах никеля, правда, в меньших количествах.

По времени образования наиболее ранним минералом является герсдорфит, отчленивший идиоморфизм которого по отношению к миллериту, вазситу и никелину отмечается во всех полировках. При разрушении герсдорфита образуются никелин и миллерит.

Впервые для Березовского золоторудного месторождения описан вазсит, встреченный в ассоциации с герсдорфитом, железистым теннантитом и миллеритом в полировке фрагмента сульфидно-кварцевой жилы из лиственитов шахты № 1.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Минералогия Урала: Справочник. М.: Л., 1941. Т. 2. С. 382-385.

2. Спиридонов Э.М., Гриценко Ю.Д., Кулагов Э.А., Серeda Е.В. Эпигенетическая метаморфогенная арсенидная и антимонитовая минерализация Норильского рудного поля, северо-запад Сибирской платформы // Мат-лы. Междунар. симп. по истории минералогии, геммологии, кристаллохимии и классификации минералов. СПбГУ, 2000. С. 106-107.

3. Чесноков Б.В., Котыбаева Н.Н., Бушмакин А.Ф. Эндогенные минералы висмута и никеля Березовского золоторудного месторождения на Среднем Урале // Минералогия и петрография Урала. Свердловск, 1975. С. 123-126.

УДК 553.878 (470.5)

И.О. Сокол-Кутыловский, В.В. Григорьев

ОПАЛЫ ИЗ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ ГАЙСКОГО МЕДНОКОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (СТРУКТУРА, СОСТАВ И ГЕНЕЗИС) И СОПУТСТВУЮЩИЙ ИМ КОПАПИТ

В основу данной работы положено оригинальное описание опаловой минерализации, обнаруженной в зоне окисления Гайского медноколчеданного месторождения. Каменный материал был собран в течение полевого сезона 2001 года в ходе выполнения тематических работ по формированию эталонных коллекций минералов, горных пород и руд для Комитета природных ресурсов Оренбургской области. Основной целью работы явилось изучение химического состава и структуры огненных опалов Гайского месторождения для дальнейшего представления их в качестве попутного ресурса коллекционно-поделочного сырья.

Гайское медноколчеданное месторождение – самое крупное на Южном Урале. Расположено в Халиловском районе Оренбургской области, в 35 км севернее города Орск. Месторождение открыто в 1950 году при проверке бурением геофизических аномалий, установленных А.П. Первушиной и Д.Ф. Уманцевым.

В геологическом отношении месторождение приурочено к брахиантиклинальной складке меридионального простираения, расположенной на южном продолжении Таналыкского поднятия, разделяющего Присакмарскую и Кизило-Уртазымскую синклиналильные зоны. Брахиантиклиналь сложена палеозойскими (силур) породами баймак-бурибаевской свиты, обнажающимися в центре рудного поля и перекрытыми чехлом мезо-кайнозойских пород мощностью до 50 м на всей остальной его площади [5].

По материалам О.В. Трофимова и В.В. Зайкова, зона окисления Гайского месторождения распространена преимущественно в центральной и южной частях месторождения и имеет следующее строение (снизу вверх): *подзона выщелачивания* с горизонтами пиритовых сыпучек, пирит-кварцевых сыпучек, самородной серы и кварцевых сыпучек; *подзона полного окисления* с кварц-железистыми сыпучками в основании и собственно “железной шляпой” ближе к дневной поверхности [5].

Многочисленные вертикальные опаловые жилы мощность до 10 см были найдены в подзоне полного окисления сульфидных руд (горизонты 390-320 м) залежи № 3. Опаловые прожилки развиты по трещинам в каолинитизированных риолитах, имеющих пустоты выщелачивания полевого шпата – так называемые “пеликаниты”. В периферической части прожилков отмечается пропитка основной массы породы опаловым цементом, заполняющим поры и мелкие трещины.

Исследованию были подвергнуты опалы следующих тонов окраски и степени прозрачности:

- молочно-белый, однотонный, непрозрачный со стекляннм блеском;
- светло-кремовый до телесного цвета, неравномерной окраски со стекляннм блеском с прозрачными небольшими участками огненного опала линзовидной формы;
- красно-коричневого цвета, полностью непрозрачный, с матовым блеском;
- опал красного цвета, однотонный, полупрозрачный;
- полупрозрачный опал красного цвета с редкими прослойками, близкими по окраске;
- огненный опал, прозрачный, с перламутровым блеском. Цвет варьирует от светло-красного с коричневым оттенком до янтарно-коричневого;