

ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ТВЁРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, МИНЕРАГЕНИЯ

УДК 553.3.4

Минеральный состав руд месторождения Заполярное (Кольский полуостров)

Д.В. Таймасов

АО «Русская медная компания», 620075, Екатеринбург, ул. Малышева, д. 51

E-mail: Taimasov_Dmitriy@rcc-group.ru

(Статья поступила в редакцию 15 июня 2018 г.)

Исследования минерального состава руд выявили ряд минералов, ранее не обнаруженных на данном месторождении. Была подтверждена платиноносность прожилково-вкрапленных руд (филлитов), а также наличие в них других полезных компонентов. Рассмотрена значимость филлитов как дополнительного и нетрадиционного источника большого спектра полезных компонентов с дальнейшей практической целью их вовлечения в отработку.

Ключевые слова: *месторождение Заполярное, филлиты, платиноносные сульфидоарсениды, золото, уран.*

DOI: 10.17072/psu.geol.17.4.386

Актуальность исследования заключается в выявлении нетрадиционных источников минералов платиновой группы и золота (Додин и др., 2007). В связи с этим перед нами была поставлена задача изучить минеральный состав руд месторождения «Заполярное» и уделить повышенное внимание прожилково-вкрапленным рудам (филлитам – черным сланцам), которым ранее не уделялось должного внимания из-за низких содержаний Ni. Поэтому нами были проведены комплексные исследования руд на новейшем оборудовании и получены положительные результаты (Беневольский, 2011).

Месторождение Заполярное расположено на северо-западе Кольского полуострова Печенгский блок и входит в состав Печенгского района Мурманской области Российской Федерации.

В геологическом строении месторождения участвуют три крупных разновозрастных структурно-стратиграфических комплекса докембрийских образований: раннеархейский, позднеархейский и раннепротерозойский (Маракушев, 1979).

Печенгский структурный блок является частью Полмак-Пасвик-Печенгско-Варзугского пояса карелид Балтийского щита и протягивается с северо-запада на юго-восток через всю Кольскую субпровинцию Лапландско-Кольско-Карельской провинции (восточная часть Балтийского щита).

Промышленные месторождения группируются в ждановской свите в пределах Печенгского рудного поля, образуя два рудных узла – Западный и Восточный. Западный рудный узел включает месторождения Каула, Промежуточное, Котсельваара-Каммикиви, Семилетка. Восточный рудный узел – месторождения Ждановское, Заполярное, Спутник, Гундровое, Быстринское и Верхнее (Горбунов, 1968).

Месторождение Заполярное расположено в центральной части Восточного рудного узла, в низах продуктивной ждановской свиты, на контакте туфогенно-осадочных пород с долеритами третьего эффузивного покрова. Оно приурочено к протяженной межпластовой тектониче-

ской зоне. В состав месторождения входит одно крупное Северное рудное тело (95% запасов) и серия мелких линз-сателлитов.

Северное рудное тело (СРТ) прослежено по простиранию на расстоянии 1000–1500 м, по падению на 1000 м. Элементы залегания рудного тела: азимут простирания 130–150° на юго-восток, падение – на юго-запад под углами 40–65°. Склонение на юго-восток под углом около 20° к линии падения. Общая пластовая форма залежи СРТ осложнена чередованием раздувов и пережимов мощности и разделяется по простиранию безрудным пережимом (окном) шириной до 200 м на две части: западную (западный фланг) и восточную (восточный фланг), различающиеся по своим морфологическим параметрам.

В пределах месторождения сульфидных медно-никелевых руд Заполярное выделяются следующие промышленные типы:

1. Вкрапленные руды в серпентинизированных и оталькованных ультраосновных породах с содержанием никеля от 0,5 до 1,5 %.

2. Густовкрапленные руды в серпентинизированных и оталькованных ультраосновных породах с содержанием никеля от 1,5 до 4,5 %.

3. Брекчиевидные руды.

4. Сплошные руды, которые лишь на отдельных участках рудного тела. Для них характерна высокая изменчивость состава при устойчиво высоком содержании сульфидов 85–95 %.

5. Прожилково-вкрапленные руды локализируются главным образом в терригенных породах – филлитах, реже песчаниках, и формируют маломощные (от 2–3 мм до 1–2 см) прожилки, ориентированные согласно расланцеванию пород. Они вызывают повышенный интерес в связи с их слабой изученностью: данные руды залегают висячем боку рудного тела и, как правило, не попадают в границы отработки эксплуатационных блоков из-за забалансового содержания Ni (менее 0,4%),

однако представляют интерес с точки зрения попутных компонентов, таких как золото, платиноиды и серебро, а также урана, наличие которого подтверждается не только нашими, но и геофизическими исследованиями разведочных скважин (Маракушев, 2009).

В Горном институте УрО РАН (г. Пермь) выполнен микрозондовый анализ химического состава минералов в аншлифах, изготовленных из руд, отобранных по всей площади месторождения (аналитик О.В. Коротченкова). Главное внимание при этом уделялось прожилково-вкрапленным рудам (черным сланцам – филлитам).

В целом в минеральном составе руд выделяются главные и второстепенные минералы по их количественному содержанию. К числу главных минералов во всех типах руд относятся пирротин, пентландит и халькопирит, в отдельных участках брекчиевидных руд в эту группу входит также пирит. Второстепенные минералы представлены сульфоарсенидами ряда герсдорфит-кобальтин, сфалеритом, галенитом, монацитом*, марганцевым ильменитом*, макинавитом, виоларитом, арсенопиритом и минералами благородных металлов (серебросодержащий пентландит и самородное золото, сперрилит, герсдорфит иридийсодержащий*, платиноносными сульфоарсенидами и теллуридами (алтаит, гессит*), а также минералами урана: ураносилитом* и ураноторитом* (* – минералы, обнаруженные нами на месторождении впервые).

Пирротин является наиболее распространенным минералом во всех типах руд. Относительное содержание его во вкрапленных и прожилково-вкрапленных рудах 50–80%, брекчиевидных – 30–70%. В халькопиритовых разновидностях брекчиевидных и прожилково-вкрапленных руд в филлитах – от 5 до 40%.

В измененных перидотитах пирротин образует псевдоморфозы по оливиному размером 0,1–0,5 мм. Пирротин в них представлен монозернами либо агрегатом зерен. В сростании с пирротинном обычно

находятся пентландит, магнетит, иногда хлорит.

В сростаниях с актинолитом и хлоритом пирротин заполняет промежутки между зернами измененного оливина. В брекчиевидных и сплошных рудах пирротин образует аллотриоморфнозернистые агрегаты с размером зерен 0,05-0,3 мм.

Кроме моноклинного и гексагонального пирротина в густовкрапленных рудах в измененных перидотитах в сростаниях с гексагональным пирротинном установлен троилит. Преобладает в этих сростаниях гексагональный пирротин, троилит образует тонкие пластинчатые выделения; относительное содержание его варьирует от 10 до 20, редко 30%.

Пентландит наблюдается, подобно пирротину, во всех разновидностях руд. Относительное содержание его во вкрапленных рудах в перидотитах 10–20%, в брекчиевидных 15–35%. Наиболее распространенной формой выделений пентландита являются зерна или сростки зерен размером 0,1 - 3,0 мм во вкрапленных рудах и от 0,1 до 5–10 мм в брекчиевидных рудах. Обычно выделения пентландита наблюдаются в пирротине и халькопирите, реже пентландит приурочен к границам выделений пирротина и силикатов. Иногда ксеноморфные выделения пентландита наблюдаются в промежутках зерен пирротина.

Кроме относительно крупных выделений в рудах встречаются мелкие пластинчатые выделения пентландита, приуроченные к зернам пирротина.

Количество пластинчатого пентландита, как правило, невелико, чаще он отмечается в густовкрапленных рудах, но отсутствует в брекчиевидных и бедновкрапленных рудах.

Халькопирит характерен для всех типов руд, однако количественное содержание его сильно варьирует. В пирротиновых вкрапленных рудах относительное содержание его не более 10 %, в брекчиевидных – 5 – 20 % и лишь в прожилково-вкрапленных рудах халькопирит становится главным минералом. Содержание

его по отношению его к сульфидам в отдельных шлифах достигает 40-80%. Во всех разновидностях руд халькопирит представлен тетрагональной модификацией.

Пирит широко распространен в брекчиевидных рудах, где содержание его достигает 5-15%, реже встречается в богатых вкрапленных рудах. Образует отдельные кристаллические зерна размером до 1 мм в пирротине и халькопирите, скопления зерен, местами прожилковые выделения, окружающие зерна пирротина.

В составе пирита отмечаются существенные вариации по содержанию никеля и кобальта. Никель присутствует от десятых и сотых долей процента до 1,5 %. Однако наиболее часто в пределах 0,2–0,3%.

Сульфоарсениды никеля и кобальта наиболее характерны для брекчиевидных пирротиновых руд и халькопиритовых прожилков и для окварцованных филлитов вблизи контакта с брекчиевидными рудами.

В халькопирите и пирротине брекчиевидных руд, а также в филлитах встречаются отдельные кристаллические зерна герсдорфита размером 0,05–0,02мм (рис. 1). Местами наблюдаются цепочки зерен, прожилковидные выделения и скопления мелких зерен в обломках филлитов, заключенных в сульфидные агрегаты.

Впервые на месторождении обнаружен **иридийсодержащий герсдорфит** в виде мелчайшего выделения в общей массе герсдорфита (рис.1). Состав минерала (мас.%): S – 17,91; Fe – 5,59; Co – 10,2; Ni – 11,7; As – 41,06; Rh – 1,14; Ir – 12,4.

Платиноносные сульфоарсениды характеризуются двумя типами распределения платиноидов: первый тип представлен наличием в минералах изометричных участков, резко обогащенных платиноидами, второй тип соответствует равномерной концентрации металлов в пределах всего зерна или отдельных его относительно крупных зон. В таких кристаллах или зонах кристаллов убывает кон-

центрация никеля, железа и кобальта, но сохраняется

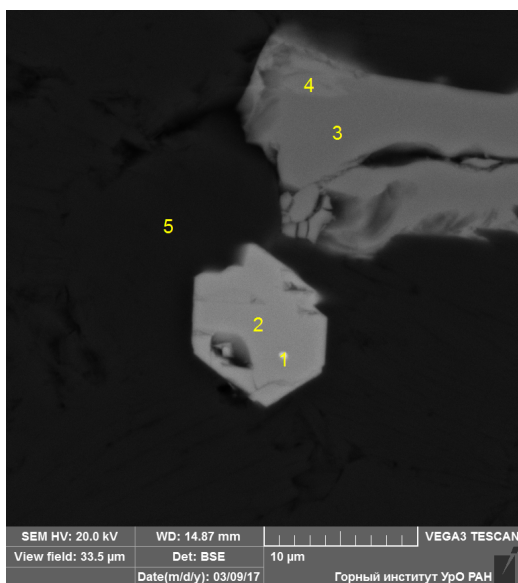


Рис. 1. Рудные минералы в филлите: 1 – иридийсодержащий герсдорфит; 2 – герсдорфит постоянное количество мышьяка и серы. Этот тип распределения соответствует

твердым растворам платиноидов в сульфосенидах. (Лазаренков и др., 2001).

Атокуит установлен в брекчиевидных рудах в виде зерен размером 5 – 30 мкм. Имеет серовато-белый цвет, анизотропен. Состав минерала, определенный на микроанализаторе (мас. %): Pd – 42,24; Sn – 26,76; Pt – 17,28; Cu – 12,01; Ag – 0,52; сумма 98,81. Кристаллохимическая формула соответствует соединению типа A3B (Pd_{1,76} Cu_{0,84} Pt_{0,39} Ag_{0,02})_{3,01} Sn.

Сперрилит ранее был встречен только в богатых вкрапленных рудах в виде идиоморфных кристаллов и неправильной формы зерен, включенных в пирротин, пентландит и халькопирит. Сейчас в большом количестве обнаружен в филлитах, что подтверждает их платиноносность (рис.2). Минерал белого цвета с голубовато-серым оттенком, изотропный, с высоким рельефом. Иногда он ассоциируется с кобальтином, из примесей установлены Ro, Ir и Ni (Конников и др., 2004).

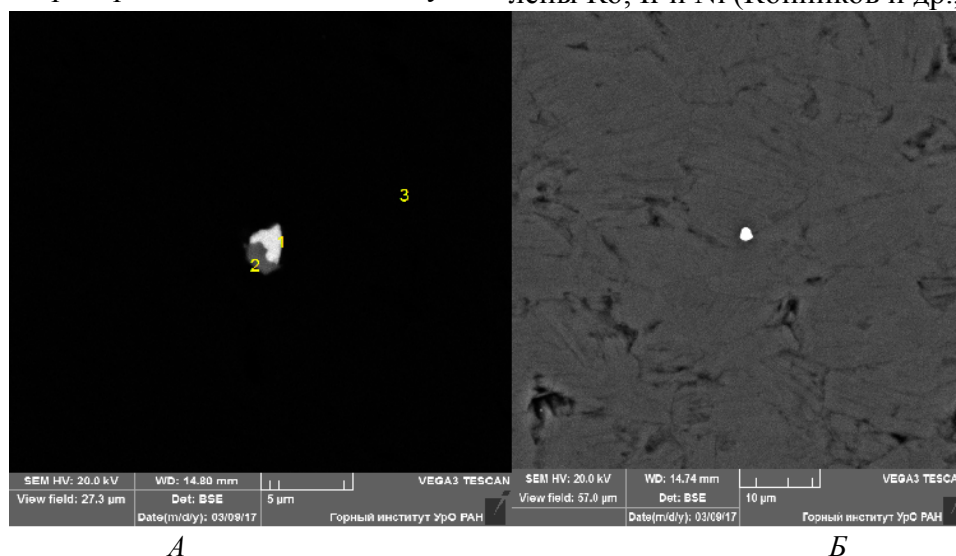


Рис. 2. Сперрилит в филлитах: А – в сростании с герсдорфитом; Б – единичное зерно

Самородное золото ранее было установлено в брекчиевидных пирротиновых рудах (скв.4, 377, 4 м) в виде включений от 1 до 10 мкм в кобальтовом герсдорфите. Микрозондовым анализом в нем установлено до 8 % серебра. Подобное включение самородного золота выявлено нами в кобальтовом герсдорфите в прожилково-вкрапленных рудах (филлитах) с содержанием серебра до 15% (рис.3).

Единичные округлые включения *алтаита* размером не более 20 мкм были установлены в пирротине и халькопирите в прожилковых окварцованных филлитах на контакте с брекчиевидными рудами (скв.1252, 1344, 5-1348, 2 м). Микрозондовым анализом установлены (мас. %) Pb – 58,6; Te – 39,2, что хорошо соответствует формуле PbTe.

Серебросодержащий пентландит (достаточно редкий минерал) установлен в

различных типах руд в виде мельчайших выделений размером 0,05-0,15 мм:

- в халькопиритовых и пирротиновых прожилках в филлитах;
- в густовкрапленных халькопиритовых рудах;
- в брекчиевидных пирротиновых рудах.

Выделения серебросодержащего пентландита встречаются в пирротин-халькопиритовых прожилках среди филлитов (рис. 4).

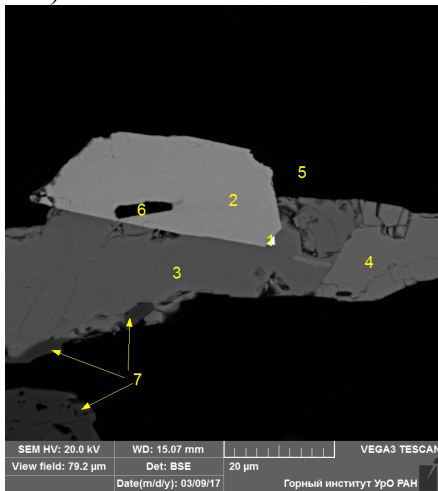


Рис. 3. Рудная минерализация в филлите: 1 – самородное золото; 2 – кобальтовый герсдорфит; 3 – пирит; 4 – пентландит; 7 – марганцевый ильменит

Обычно его выделения неправильной формы встречаются в халькопирите на границе с включениями нерудных минералов, иногда нарастают на зерна герсдорфита. Некоторые зерна рассекаются сетью тончайших прожилков халькопирита. Нередко в ассоциации с серебросодержащим пентландитом находится макиновит. Минерал изотропен. По цвету и отражению сходен с борнитом.

В составе минерала по определениям на электронном зонде установлены (мас.%) Fe – 36,6; Ni – 19,4; Ag – 12,4; S – 31,6.

Макиновит местами встречается в халькопирите и карбонат-халькопиритовых прожилках среди алевролитов и филлитов и в участках окварцованных филлитов на контакте с брекчиевидными рудами. Он образует в халькопирите тонкие (0,01 мм) линзовидные, прожилковидные выделения, пятнистые скопления, размером до 0,2 мм. Совместно с серебросодержащим пентландитом нарастает на зерна нерудных минералов, включенные в халькопирите. Легко отличается от других сульфидов по сильному двуотражению от серого до серо-белого тона и анизотропии.

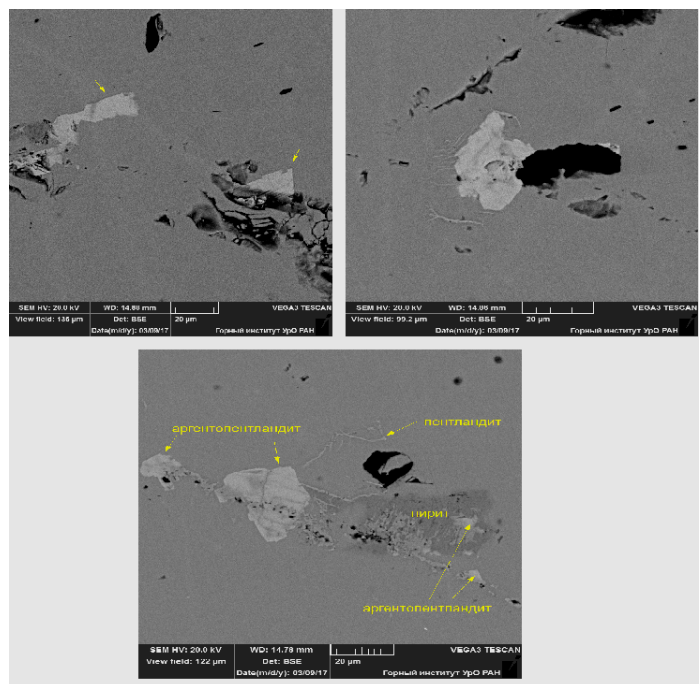


Рис. 4. Анилиф филлита. Серебросодержащий пентландит

Сфалерит в виде мелких выделений (0,05 – 0,1 мм) в пирротине и халькопирите отмечается в брекчиевидных рудах и прожилково-вкрапленных рудах в филлитах (рис. 5). В отдельных зернах наблюдаются мельчайшие эмульсиевидные включения халькопирита. Представлен железистой разновидностью (5–6,5 мас.%) с содержанием кадмия от 0,2 до 1,0 мас. %.

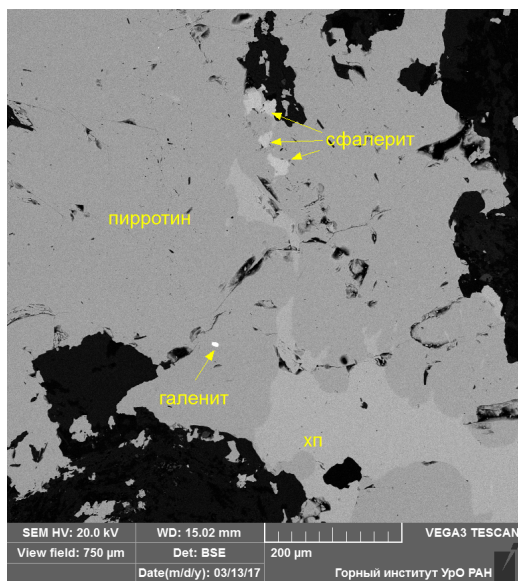


Рис. 5. Сфалерит в пирротине

Галенит в виде единичных выделений встречается в прожилковых пирротиновых и халькопиритовых рудах. Установлено постоянное присутствие селена в количестве от 0,5 до 1,0 мас. %.

Виоларит был встречен в брекчиевых рудах в скважинах, пересекающих верхние участки рудного тела (скв. 377). В рудах пентландит-пирротинового состава он замещает порфириовидный пентландит, образуя в нем сеть прожилков и кайм по периферии зерен.

Арсенопирит выявлен в филлитах в основном в виде выделений в пирротине, реже обособленных зерен, встречается в сростании с пиритом.

Следующие минералы в прожилково-вкрапленных рудах (филлитах) на месторождении обнаружены впервые.

Гессит – редкий теллурид серебра (рис.6). Встречается как в виде мелких единичных зерен, так и в ассоциации с

халькопиритом. Состав минерала (мас. %): S – 15,06; Fe – 10,27; Cu – 9,66; Ag – 38,51; Te – 21,35; Zn – 5,17.

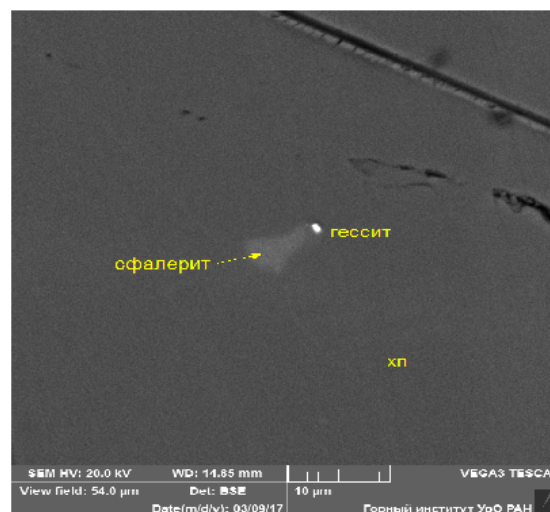
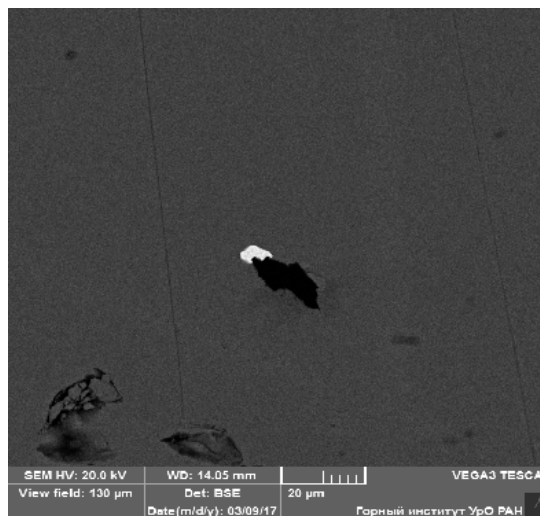


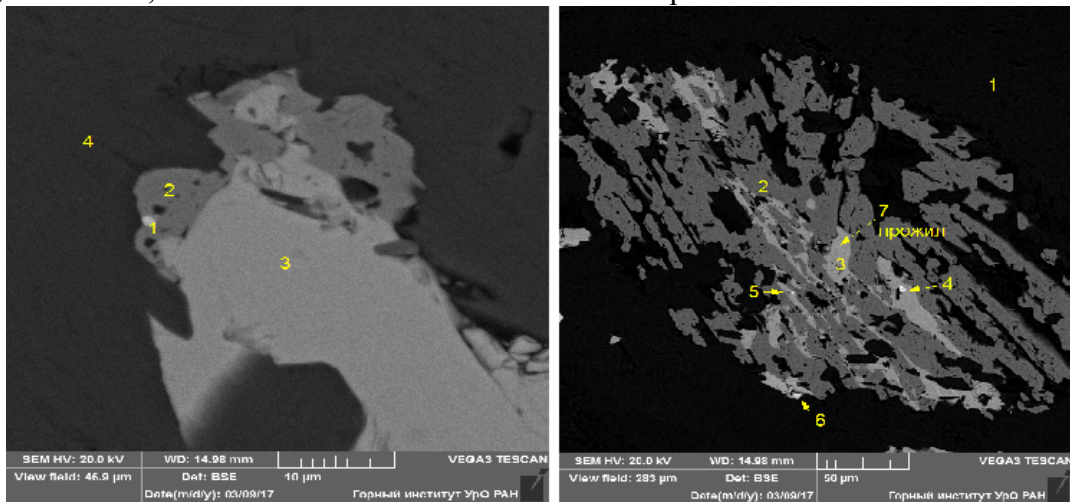
Рис. 6. Гессит в анилифе филлита

Монацит представлен в виде единичных зерен размером от 1 до 5 мкм (рис. 7), встречающихся в марганцевом ильмените – редкой разновидности ильменита. Его состав (масс. %): O – 31.05; Fe – 34.77; Ti – 31.86; Mn – 2.31 % (рис. 3). Состав монацита включает редкоземельные элементы и установлен в следующем виде (мас. %): O – 26.13; P – 13.46; La – 5.04; Ce – 21.17; Pr – 3.6; Nd – 19.9; Sm – 4.5; Gd – 2.06.

Минералы урана *ураносилит* (рис.8) и *ураноторит* (рис.9) были также обнаружены нами впервые на данном месторождении. Они встречаются достаточно часто, но представлены мельчайшими еди-

ничными зернами, химический состав схож. Состав ураносилита (масс.%): O – 37.41; Si – 27.06; U – 26.67 и незначи-

тельные мелкие примеси, ураноторита: O – 30.07; Si – 9.15; U – 13.22; Th – 31.58 и мелкие примеси.



А *Б*
Рис. 7. Монацит в филлите: *А* – 1 – монацит; *Б* – 4, 5 – монацит.

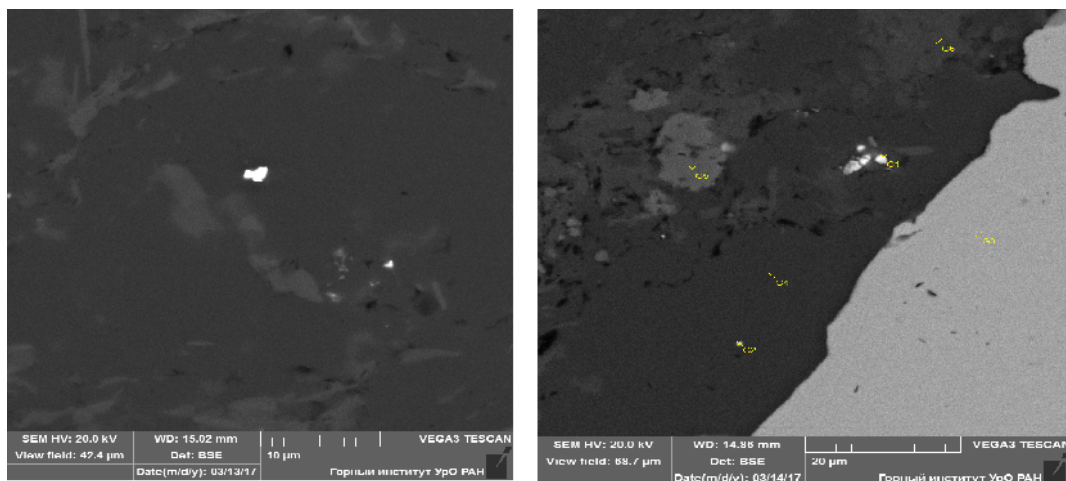
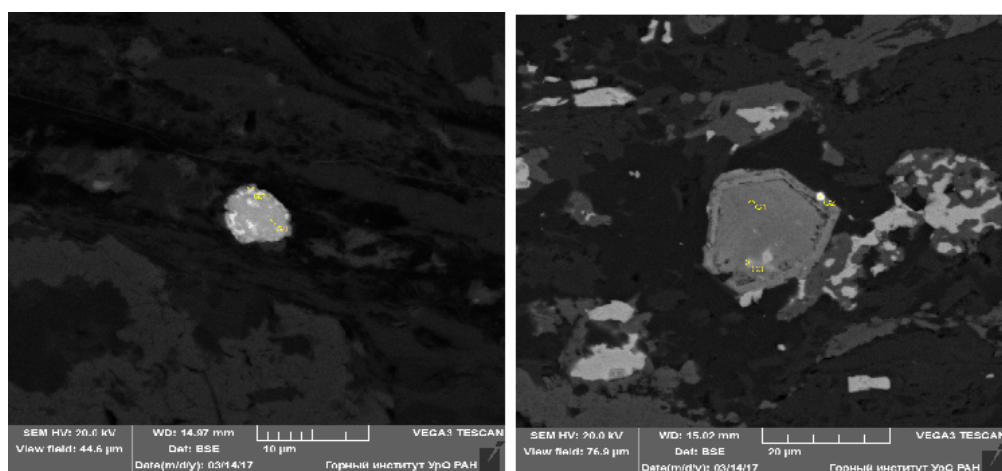


Рис. 8. Светлые зерна ураносилита в филлите



А *Б*
Рис. 9. Зерна ураноторита в филлите: *А* – светлые зерна ураноторита; *Б* – светлое зерно ураноторита в эпидоте

Как и предполагалось в процессе изучения минерального состава руд большой интерес вызвали филлиты (черные сланцы), в результате чего в них был обнаружен ряд новых минералов, ранее не наблюдавшихся на данном месторождении (монацит, марганцевый ильменит, герсдорфит иридийсодержащий, платиновые сульфоарсениды и теллурид (гессит), а также минералы урана: ураносилит и ураноторит). Данные минералы являются источником целого ряда попутных компонентов, это платина, палладий, родий, иридий, рутений, золото, серебро, селен, теллур, редкоземельные элементы и уран. Исходя из этого можно сказать, что прожилково-вкрапленные руды (филлиты – черные сланцы) являются не только богатым источником вышеперечисленных попутных компонентов, но и единственным источником, объединяющим их в одном типе руд. Говоря о генезисе минерализации, мы приходим к выводу, что их образование происходило на конечном этапе формирования месторождения (Викентьев, 2004.) Подводя итог, нужно сказать, что дальнейшее изучение данных руд не просто целесообразно, а необходимо не только с научной, но и с практической точки зрения, так как данные руды являются новейшим нетрадиционным источником МПГ и золота.

Библиографический список

- Беневольский Б.И. Состояние и пути развития минерально-сырьевой базы благородных и цветных металлов России // Разведка и охрана недр. 2011. №5. С. 28-36.
- Викентьев И.В. Условия формирования и метаморфизм руд. М.: Научный мир, 2004. 338 с.
- Горбунов Г.И. Геология и генезис сульфидных медно-никелевых месторождений Печенги. М.: Недра, 1968. 274 с.
- Додин Д.А., Золотов К.К., Коротеев В.А., Чернышов Н.М. Углеродсодержащие формации – новый крупный источник платиновых металлов XXI века. М., Геоинформмарк, 2007. 130 с.
- Конников Э.Г., Пальянова Г.А., Мюрер У.П., Прасолов Э.М., Кислов Е.В., Орсов Д.А. Экспериментальное и теоретическое изучение флюидного режима сульфидного Cu-Ni-платинометалльного оруденения // Экспериментальная минералогия. Некоторые итоги на рубеже столетий: 2 т. / Отв. ред. В.А. Жариков, В.В. Федыкин. М.: Наука, 2004. Т. 1. С. 298–314.
- Лазаренков В.Г., Таловина И.В. Геохимия элементов платиновой группы. СПб.: Изд-во «Галард», 2001. 266 с.
- Маракушев А.А. Петрогенезис и рудообразование. М.: Наука, 1979. 261 с.
- Маракушев А.А. Геохимия и генезис черных сланцев // Вестник. Ин-та геол. Коми НЦ УрО РАН. 2009а. № 7. С. 2–4.

Mineral Composition of the Ore of Zapolarnoe Deposit (Kola Peninsula)

D.V. Taymasov

JSC Russian Copper Company, 51 Malysheva Str., Ekaterinburg 620075, Russia. E-mail: Taimasov_Dmitriy@rcc-group.ru

Studies of the mineral composition of ores revealed a number of minerals previously not identified in the deposit. The platinum content of vein-disseminated ores (phyllites) has proven as well as the presence of other valuable components. The potential of phyllites as an additional unconventional source of a large range of useful components is considered.

Key words: *Zapolyarnoe deposit; phyllites; platinum-bearing sulphoarsenides; gold; uranium.*

References

- Benevolskiy B.I.* 2011. Sostoyanie i puti razvitiya mineralno-syrevooy bazy blagorodnykh i tsvetnykh metallov Rossii [State and ways of development of mineral and raw materials base of noble and non-ferrous metals of Russia]. *Razvedka i okhrana nedr.* 5:28-36. (in Russian)
- Vikentiev I.V.* 2004. Usloviya formirovaniya i metamorfizm rud [Formation conditions and metamorphism of the ore]. Moskva, Nauchnyy mir, p. 338. (in Russian)
- Gorbunov G.I.* 1968. Geologiya i genezis sulfidnykh medno-nikelevykh mestorozhdeniy Pechengi [Geology and Genesis of Sulphide Copper-Nickel deposits of Pechenga]. Moskva, Nedra, p. 274. (in Russian)
- Dodin D.A., Zoloev K.K., Koroteev V.A., Chernyshov N.M.* 2007. Uglerodsoderzhashchie formatsii – novyy krupnyy istochnik platinykh metallov XXI veka [Carboniferous formations as a new major source of platinum metals of the 21st century]. Moskva, Geoinformmark, p. 130. (in Russian)
- Konnikov E.G., Palyanova G.A., Myurer U.P., Prasolov E.M., Kislov E.V., Orsoev D.A.* 2004. Eksperimentalnoe i teoreticheskoe izuchenie flyuidnogo rezhima sulfidnogo Cu-Ni-platinometallnogo orudneniya [Experimental and theoretical study of the fluid regime of sulfide Cu-Ni-platinum-metal ore mineralization]. In: *Eksperimentalnaya mineralogiya: Nekotorye rezultaty na rubezhe stoletiya.* V.A. Zharikov, V.V. Fedkin (Eds.). Moskva, Nauka, T. 1, pp. 298-314. (in Russian)
- Lazarenkov V.G., Talovina I.V.* 2001. Geokhimiya elementov platinovoy gruppy [Geochemistry of elements of the platinum group]. St. Petersburg, Galard, p. 266. (in Russian)
- Marakushev A.A.* 1979. Petrogenezis i rudoobrazovanie [Petrogenesis and ore formation]. Moskva, Nauka, p. 261. (in Russian)
- Marakushev A.A.* 2009. Geokhimiya i genezis chernykh slantsev [Geochemistry and genesis of Black Shales]. *Vestnik Instituta Geologii.* 7:2-4. (in Russian)