

УДК 552.321.5+549 (470.21)

Я.А. Мирошникова, Я.А. Пахомовский

Жильные тела участка "Морошковое озеро" (Мончегорский район) и связанное с ними оруденение

Ya.A. Miroshnikova, Ya.A. Pakhomovsky

Vein bodies in the "Moroshkovoe Lake" target (Monchegorsk area) and related mineralization

Аннотация. В статье приводятся результаты петрографического и минерогенического исследования главных разновидностей пород и руд, слагающих участок "Морошковое озеро" (юго-восточная часть Мончеплутона). Установлено, что на площади участка распространены массивные нориты и метанориты, которые пересекаются жилами двух типов: 1) норитового состава; 2) амфибол-плагиоклазового состава. В результате проведенных исследований выявлена связь разных типов жил с различной рудной минерализацией. С жильными телами первого типа связана сульфидная, оксидная и платинометальная минерализация. Жилы второго типа не содержат платинометальной минерализации, рудные минералы представлены в основном халькопиритом и в меньшей степени – сульфидами свинца и цинка.

Abstract. The paper presents the results of petrographic and mineragenous studies of main rock and ores varieties of the "Moroshkovoe Lake" target (south-eastern part of the Monchepluton). It has been found that the area composed the massive norites and metanorites crossed by veins of two types: 1) with noritic composition; 2) with amphibole-plagioclase composition. The studies have found an association of different types of veins with different ore mineralization. Sulfide, oxide and PGE mineralization is associated with the vein bodies of the first type. The veins of the second type do not contain PGE mineralization: ore minerals are mostly chalcopyrite and to a lesser extent are represented by Pb and Zn sulfides.

Ключевые слова: норит, жильные тела, рудная минерализация, минералы платиновых металлов
Key words: norite, veins, ore mineralization, platinum group minerals

1. Введение

Участок "Морошковое озеро" расположен в юго-восточной части Мончегорского плутона (Мончегорский район, Кольский регион). Изучение геологического строения данного участка началось в 30-е годы XX в. В то время здесь проводились геофизические поисковые работы на Cu и Ni. В результате было разведано небольшое по запасам Cu–Ni месторождение, выработанное к концу 40-х гг. Рудные тела месторождения были представлены линзами сульфидов с высоким содержанием никеля, залегающими в актинолит-хлоритовых сланцах в зоне контакта диорито-гнейсов с норитами (*Рутштейн*, 1933). Поисковые работы на элементы платиновой группы (ЭПГ) на данном участке в то время не проводились.

Впоследствии этот участок привлек внимание геологов уже в 90-х гг. XX в., когда в Кольском регионе проводились масштабные поисковые работы на ЭПГ-оруденение. В этот период здесь было пройдено несколько канав, пробурено две скважины. В расланцованных метагаброноритах была обнаружена платинометальная минерализация с содержанием платиноидов: Pt – 0.25-0.58 г/т, Pd – 1.10-2.24 г/т, Cu – 0.22-0.75 %, Ni – 0.07-0.16 % (*Ефимов и др.*, 2004).

Однако геологическое строение и распределение ЭПГ в породах участка "Морошковое озеро" остаются до сих пор малоизученными. Авторы работы провели изучение рудной минерализации пород участка на основе оригинального материала, собранного при проведении полевых работ в 2012-2014 гг.

2. Петрографическая характеристика главных типов пород

В ходе полевых работ 2010-2014 гг. авторами были изучены взаимоотношения главных породных разновидностей на участке "Морошковое озеро". На данной территории наблюдаются выходы коренных пород с размерами отдельных обнажений от 1×2,5 м до 20×20 м (рис. 1). Породы участка представлены норитами и метаноритами, которые имеют массивное среднезернистое сложение, в отдельных участках обнажений встречаются крупнозернистые разновидности. Их цвет на выветрелой поверхности – серый (у слабоизмененных норитов) и серо-зеленый (у метаноритов).

Изучение прозрачных шлифов показало, что для слабоизмененных норитов характерна преимущественно гипидиоморфнозернистая структура, а для метаноритов – бластогипидиоморфнозернистая с участками нематобластовой.

Содержание орто- и клинопироксена в слабоизмененных норитах колеблется от 39 до 63 об.%, а в сильноизмененных норитах составляет не более 2 об.%. Ортопироксен образует идиоморфные зерна размером 0.4-4 мм. В метаноритах минерал представлен в виде фрагментов реликтовых зерен неправильной формы размером 0.2-0.4 мм. Клинопироксен присутствует в виде изометричных и ксеноморфных зерен размером 1-4 мм, а также в виде крупных ойкокрystalлов размером 1.4-6 мм, в которых заключены ксеноморфные зерна ортопироксена размером 0.3-1 мм. В значительно измененных норитах клинопироксен присутствует в виде реликтов, сохранились ксеноморфные фрагменты зерен размером 0.2-1.2 мм. Первоначальный размер зерен, вероятно, достигал 3-4 мм. В некоторых шлифах реликты орто- и клинопироксена не сохранились. В зернах пироксенов присутствует редкая вкрапленность рудного минерала. Пироксены замещаются амфиболами тремолит-актинолитового ряда, хлоритом, тальком, биотитом.

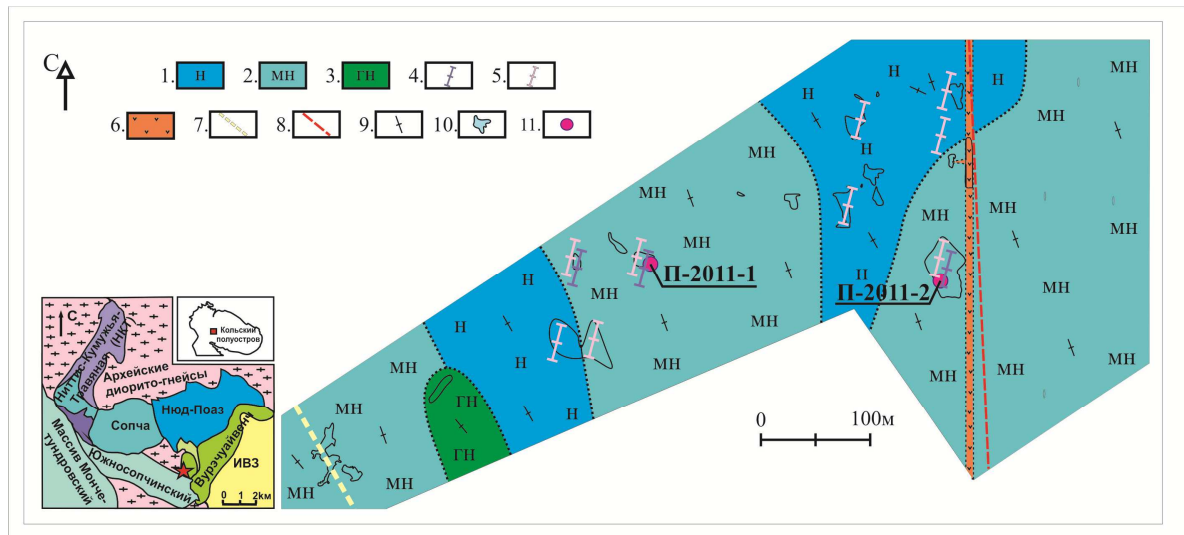


Рис. 1. Схема геологического строения участка "Морошковое озеро": 1 – нориты; 2 – метанориты; 3 – метагабронориты; 4 – жильные метанориты (мощность тел 5-30 см); 5 – жилы плагиоклаз-амфиболового состава сложной морфологии (мощность тел 5 см – 2 м); 6 – дайка метагабродолеритов; 7 – тектоническая зона; 8 – разлом; 9 – азимут простирания трещиноватости; 10 – контуры выходов на поверхность коренных пород; 11 – точки отбора проб. На врезке участок работ обозначен звездочкой

Содержание плагиоклаза в норитах достигает 30 об.%, в метаноритах не превышает 7 об.%, т.к. минерал почти полностью замещен хлорит-амфиболовым агрегатом и минералами группы эпидота. Плагиоклаз в проходящем свете имеет буроватый оттенок, образует ксеноморфные зерна размером 0.1-3.2 мм, заполняя интерстиции между зернами орто- и клинопироксена. Наблюдаются полисинтетические двойники с хорошо выраженными структурами, в некоторых зернах двойникование отсутствует. Плагиоклаз соответствует $An_{70} - An_{77}$.

Содержание рудных минералов колеблется от 1 до 5 %, они присутствуют в виде включений как в зернах ортопироксена, так и в псевдоморфозах вторичных минералов. Зерна – прямоугольной, округлой, червеобразной и неправильной формы, встречаются скелетные кристаллы. Присутствуют как крупные зерна размером 0.2-1 мм, так и более мелкая вкрапленность 0.015-0.3 мм. Рудные минералы представлены в основном халькопиритом, галенитом, хромитом и ильменитом.

Нориты и метанориты пересечены жилами сложной морфологии, среди которых выделяются жилы, сложенные метаноритами, и жилы, сложенные породами амфибол-плагиоклазового состава.

1. Жилы, сложенные метаноритами (рис. 2, синий пунктир). Мощность этих жил составляет 10-35 см. Породы имеют массивное крупнозернистое сложение. На выветрелой поверхности порода темно-серого цвета, в сколе – от темно-серого до черного. По контуру жильных тел часто наблюдаются каймы гидроксидов железа. В штуфе различимы крупные зерна сульфидов.

Содержание плагиоклаза в жильных метаноритах составляет около 55 об.%. Плагиоклаз представлен тремя морфологическими разновидностями. Первая разновидность магматогенного плагиоклаза, соответствующего лабрадору № 55-60, образует крупные, преимущественно ксеноморфные, реже длиннопризматические зерна размером 3.7-9 мм. Минерал в проходящем свете имеет бурый оттенок. Во всех зернах наблюдается хорошо выраженная двойниковая структура. Вторая разновидность представлена более кислым плагиоклазом, который образует более мелкие (0.6-1.4 мм) ксеноморфные зерна. Третья разновидность вместе с кварцем входит в состав гранофиринов с графической структурой и частично замещена соссуритом.

Содержание орто- и клинопироксена не превышает 2-3 об.%. Ортопироксен представлен фрагментами реликтовых зерен неправильной формы размером 0.1-1.4 мм. Первичный ортопироксен представлен длиннопризматическими, реже неправильной формы кристаллами размером до 3 мм. Клинопироксен присутствует в виде реликтовых ксеноморфных зерен размером 0.6-2.4 мм. Оригинальный размер зерен достигает 4 мм. Содержание кварца – менее 1 об.%. Кварц образует единичные зерна неправильной формы размером 0.2-0.6 мм в интерстициях зерен плагиоклаза. Кварц входит также в состав гранофировых агрегатов. По первичным минералам развиваются амфибол, хлорит и минералы группы эпидота.

Содержание рудного вещества достигает 2 об.%. Рудные минералы встречаются как в виде мелкой (0.02-0.2 мм) вкрапленности в зернах первичного пироксена, так и крупных зерен (0.4-1.4 мм), которые расположены в интерстициях зерен первичных минералов. Крупные зерна представляют собой скелетные кристаллы ильменита – так называемые "ильменитовые решетки". Также наблюдается переотложение рудного вещества по трещинам в зернах плагиоклаза и пироксенов.

2. Жилы, сложенные породами амфибол-плагиоклазового состава (рис. 2, розовый пунктир). Мощность жил от 5 см до 2 м. В раздувах в центральной части жил породы более крупнокристаллические. На контакте между жильными телами и вмещающими норитами встречаются зоны амфиболового состава мощностью около 1 см. Порода имеет массивное крупнозернистое сложение. На выветрелой поверхности и в сколе породы отчетливо выделяются крупные зерна амфибола. В жильных телах встречаются ксенолиты вмещающих норитов различных размеров и морфологии. В одной из жил в коренном обнажении были обнаружены шлировидные выделения густо вкрапленного хромитита, протяженностью более 1 м и видимой мощностью до 10 см (Мокрушин и др., 2011; Рундквист и др., 2012).

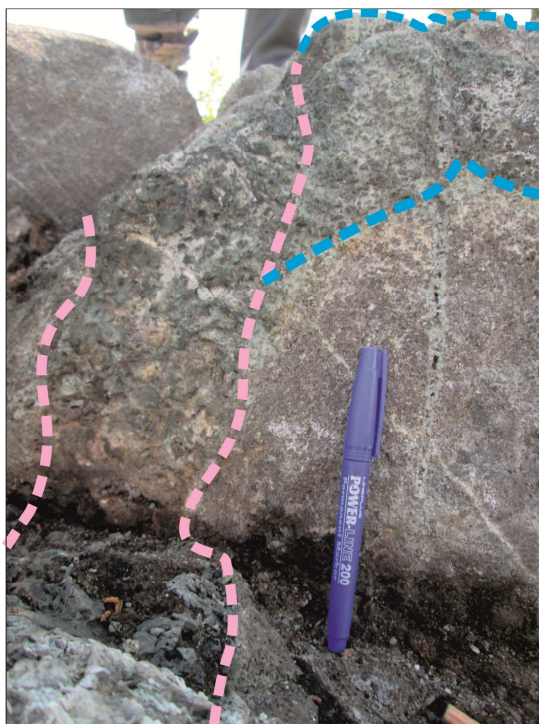


Рис. 2. Жильные тела двух типов

Содержание плагиоклаза колеблется от 36 до 58 об.%. Плагиоклаз образует крупные идиоморфные зерна размером 2.2-8.2 мм. Плагиоклаз представлен тремя морфологическими разновидностями: 1) зерна магматогенного плагиоклаза, в которых наблюдается хорошо выраженная двойниковая структура; минерал в проходящем свете имеет бурый оттенок; 2) зерна более кислого плагиоклаза, для которого характерны простые двойники или двойникование не выражено; 3) полевошпат, который вместе с кварцем входит в состав гранофиров с графической структурой, где он частично замещается соссюритовым агрегатом.

Содержание амфибола составляет 33-50 об.%. Амфибол представлен двумя морфологическими разновидностями: крупными (до 3 мм) зернами неправильных очертаний размером 0.2-1 мм, плеохроирующими в зеленоватых цветах, и спутанно-волоконистым агрегатом зеленоватого амфибола, который развивается по зернам плагиоклаза. Обе разновидности принадлежат к тремолит-актинолитовому ряду.

Содержание кварца достигает 2 об.%. Кварц образует ксеноморфные зерна размером 0.4-1 мм (преобладающий размер 0.5 мм) в интерстициях зерен плагиоклаза. Также кварц входит в состав гранофировых агрегатов.

Содержание рудных минералов колеблется от 1 до 5 об.%. Рудные минералы представлены ильменитом и сульфидами. По трещинам крупных скелетных кристаллов ильменита размером 1-7.2 мм развиваются вторичные минералы, такие как титанит и амфибол, поэтому реликты кристаллов размером 0.2-3 мм имеют неправильную, округлую, реже квадратную форму. Ксеноморфные зерна сульфидов до 0.2 мм приурочены к интерстициям силикатов.

Содержание апатита в жилах данного типа достигает 2 об.%. Минерал присутствует в виде длиннопризматических зерен размером 0.1-0.8 мм, имеющих шестиугольные и округлые сечения. Также в породе присутствуют вторичные минералы, такие как биотит, эпидот, хлорит и карбонаты.

3. Рудная минерализация жильных тел

В полированных шлифах, изготовленных из материала тяжелой фракции двух проб жильных пород и из сколков горных пород, была изучена рудная минерализация. Диагностика минералов, в связи с малым размером выделений и однородных участков индивидов, основывалась на оценочных анализах, выполненных на сканирующем электронном микроскопе LEO-1450, оборудованном энергодисперсионным анализатором Quantaх 200. Электронный микроскоп был также использован для получения изображений участков полированных шлифов в обратно-рассеянных электронах. Изучение рудных минеральных ассоциаций проводилось с помощью микроскопа AxioPlan, оснащенного соответствующей видеоаппаратурой, позволяющей проводить фотодокументацию исследуемых объектов.

Исследование рудной минерализации в жильных метаноритах (проба П-2011-2 на рис. 1, обр. П-2011-2а, П-2011-2б, П-2011-2в, П-11-2А, П-11-2Б) показало, что главные сульфидные минералы представлены халькопиритом, миллеритом и борнитом, реже встречаются пирит и пирротин. Эти минералы образуют как крупные зерна размером до 2 мм, так и более мелкую вкрапленность. Наряду с отдельными зернами этих минералов, довольно часто встречаются сростания борнита с халькопиритом, борнита с миллеритом (рис. 3а), пирита с халькопиритом. Отличительной особенностью борнита является наличие тонких прорастаний халькопирита и ковеллина, образующих решетчатые узоры. Встречен сложный сросток халькопирита с пиритом и сфалеритом.

Среди оксидных минералов главными являются магнетит, титанит, ильменит, также встречаются редкие зерна рутила. Магнетит образует крупные зерна размером до 2 см, причем в этих зернах наблюдаются решетчатые структуры, образованные вростками ильменита (рис. 3б). Магнетит и ильменит также образуют и мелкие самостоятельные зерна. По химическому составу можно выделить хром-магнетит, который образует округлые зерна размером до 0.2 мм. В этих зернах также присутствуют решетчатые структуры распада, сложенные ильменитом (рис. 3в).

Галенит присутствует в виде мелких зерен (до 10 мкм) на границах халькопирита и пирита, а также в качестве включений в зернах халькопирита, пирита и борнита.

Минералы благородных металлов встречаются в виде мелких включений в зернах и на границах зерен главных сульфидных минералов. К ним относятся минералы платиновых металлов, такие как сперрилит, котульскит, маякит (табл. 1, рис. 3а), фаза Pd-As и фаза Pd-Bi-Te. Аналогичную позицию занимают и другие минералы, представленные мелкими включениями галенита, гессита, никелина, таркианита (табл. 2, рис. 3а) и фазой Ag-Au (табл. 2).

Минерализация жильных тел, сложенных породами амфибол-плагноклазового состава (проба П-2011-1 на рис. 1, обр. П-11-1А, П-11-1Б, Я-6-1), – более бедная и менее разнообразная. Сульфидные минералы здесь представлены только мелкими (до 0.4 мм) зернами халькопирита, вокруг которых довольно часто наблюдается тонкая (2 мкм) кайма, состоящая, вероятно, из смеси малахита и сидерита (рис. 3г). Оксидная минерализация представлена редкими зернами ильменита размером до 20 мкм. Включения в зернах халькопирита представлены главным образом зернами галенита размером 1-2 мкм (рис. 3д). Также был обнаружен сросток галенита с цинковым гринокитом (табл. 2, рис. 3д, е).

Таблица 1. Химический состав (эл. масс. %) минералов платиновых металлов из жильных тел участка "Морошковое озеро"

№ образца	Pt	Pd	Te	Bi	Fe	Cu	Ni	Co	Sb	As	S	Название минерала
П-2011-2б	55.29				0.57					44.14		сперрилит
П-2011-2в	54.63				1.41					43.96		сперрилит
П-11-2а		44.65			2.60	1.69	21.08		0.37	29.01	0.60	маякит
П-11-2а		43.60			0.46	1.36	25.51			29.07		маякит
П-11-2б		42.29			0.21		27.75	0.15		28.05	1.55	маякит
П-11-2б		48.58			0.53	0.48	17.43			32.98		маякит
П-2011-2в		41.05	21.03	37.92								котульскит

Примечание: в таблице приведены оценочные анализы состава минералов, выполненные на Quantaх 200 и нормированные к 100 эл. масс. %.

Таблица 2. Химический состав (эл. масс. %) редких минералов из жильных тел участка "Морошковое озеро"

№ образца	Pd	Fe	Ni	Ag	Pb	Se	Te	As	S	Название минерала
П-11-2а		0.30	7.61		70.36	16.14			5.59	клаусталит
П-11-2а				62.72			36.82		0.46	гессит
П-11-2б				62.67			37.33			гессит
П-11-2б	4.22	1.67	43.88					48.92	1.32	никелин
	Fe	Cu	Ni	Re	Mo	Cd	Zn	S	Ag	Au
П-11-2а	0.32	7.55	3.70	53.70	13.87			20.86		
П-2011-2а									65.01	34.99
Я-6-1						51.29	22.40	26.31		

Примечание: в таблице приведены оценочные анализы состава минералов, выполненные на Quantax 200 и нормированные к 100 эл. масс. %.

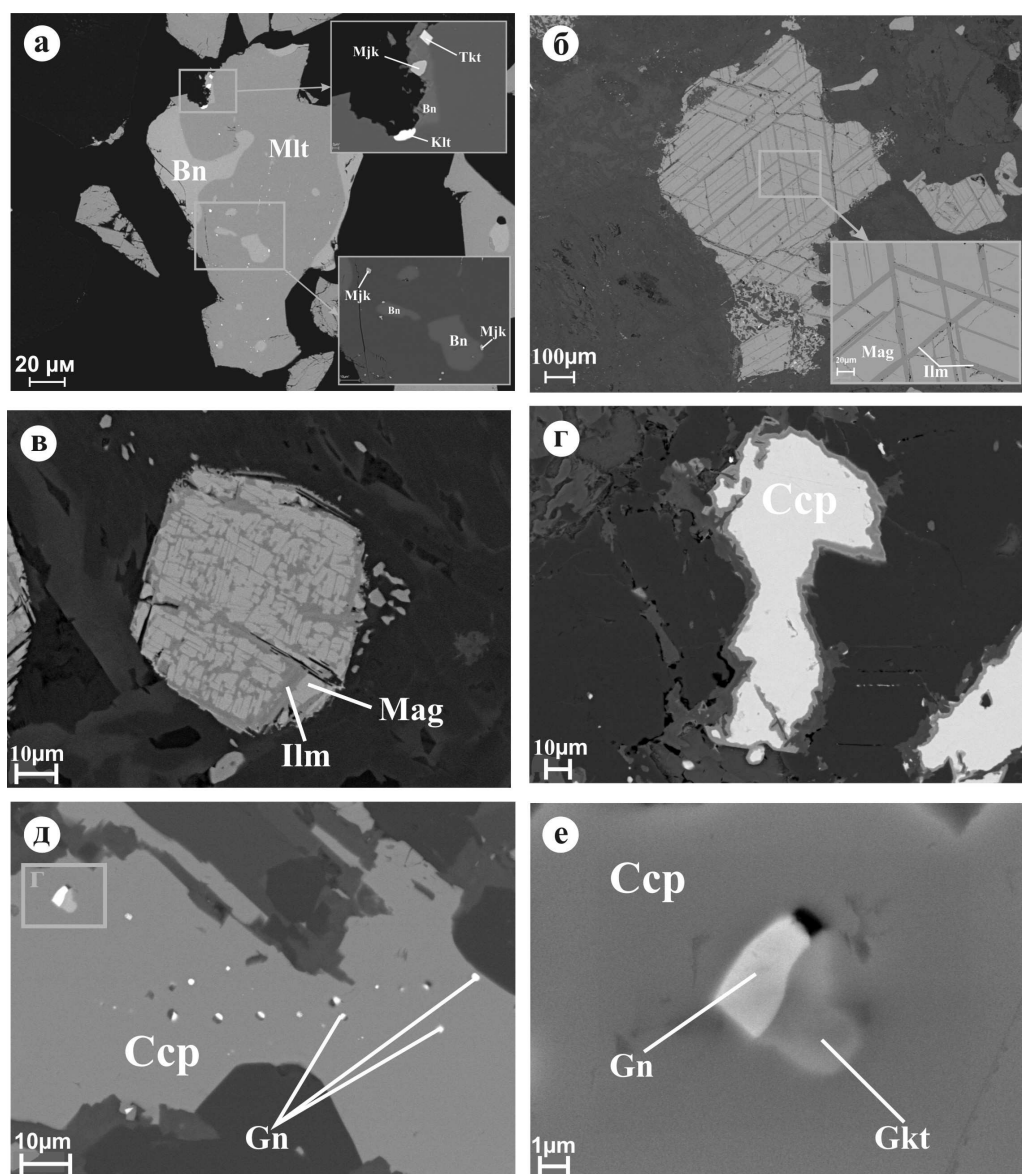


Рис. 3. Морфология рудных минералов в жильных телах участка "Морошковое озеро": а – срастание миллерита (Mlt) с борнитом (Bn), включения маякита (Mjk), клаусталита (Klt) и таркианита (Tkt); б – зерно магнетита (Mag) с решетчатыми структурами, образованными вростками ильменита (Ilm); в – структуры распада ильменита (Ilm) по хром-магнетиту (Mag); г – зерно халькопирита (Ccp), окруженное каймой из малахита и сидерита; д, е – сросток галенита (Gn) и цинкового гринокита (Gkt) в зерне халькопирита (Ccp) и самостоятельные включения галенита (Gn) в халькопирите (Ccp).
Изображения участков полированных шлифов в обратнорассеянных электронах

4. Заключение

Участок "Морошковое озеро" имеет сложное геологическое строение. На территории участка распространены слабоизмененные нориты, чередующиеся с метаноритами. Эти породы пересекаются двумя разновидностями жил: 1) сложенные метаноритами; 2) сложенные породами амфибол-плагиоклазового состава.

С первой разновидностью связан борнит-халькопирит-миллеритовый тип минерализации, который пространственно тесно ассоциирует с магнетит-титанит-ильменитовым типом. В жильных метаноритах также обнаружена платинометальная минерализация, представленная маякитом, сперрилитом и котульскитом.

Рудная минерализация жильных тел, сложенных породами амфибол-плагиоклазового состава, представлена халькопиритовым типом.

По морфологии и минеральному составу жилы исследованного участка, вероятно, близки к таковым образованиям Южносочинского массива, в которых установлено сульфидное и платинометальное оруденение, однако отмечается гораздо большее разнообразие рудных минералов (Мирошникова, 2014).

Литература

- Ефимов А.А., Субботин В.В., Вурсий Г.Л.** Геологическое строение и характеристика сульфидной ЭПГ-содержащей минерализации массива Габбро-10 (Мончегорский интрузив, Кольский полуостров). Геология и геоэкология Европейской России и сопредельных территорий. Мат. XV молодежной науч. конф. памяти К.О. Кратца, г. Санкт-Петербург, 13-16 октября 2004 г. СПб., 2004. С. 74-76.
- Мирошникова Я.А.** Геологическое строение Южносочинского массива (Мончегорский район): новые данные. Проблемы арктического региона. Труды 14-ой Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов. Мурманск, май 2014 г. ММБИ КНЦ РАН, 2014. С. 41-46.
- Мокрушин А.В., Мирошникова Я.А., Савченко Е.Э.** Ассоциация Cr-Fe-Ti минералов в плагиоклаз-амфиболовых жилах участка "Морошковое озеро" (Мончегорский плутон). Геология и геоэкология: исследования молодых. Мат. XXII конф. молодых ученых, посвященной памяти члена-корр. проф. К.О. Кратца. 8-10 ноября 2011 г. Апатиты, КНЦ РАН, 2011. С. 134-135.
- Рундквист Т.В., Мокрушин А.В., Мирошникова Я.А. и др.** Жильные породы в юго-восточной части Мончегорского плутона и их оксидная минерализация. "Наука и образование – 2012". Мат. междунар. науч.-техн. конф., Мурманск, 2-6 апреля 2012 г. МГТУ. С. 162-166.
- Рутштейн С.М.** Геологическое строение и оруденение для трех основных массивов Монча-тундры. Хибинские Апатиты, Часть VI. Л., ОНТИ СВНХ, 1933. С. 168-175.

References

- Efimov A.A., Subbotin V.V., Vursiy G.L.** Geologicheskoe stroenie i harakteristika sulfidnoy EPG-soderzhashey mineralizatsii massiva Gabbro-10 (Monchegorskiy intruziv, Kolskiy poluostrov) [Geological structure and characterization of sulfide PGE-bearing mineralization of the Gabbro-10 massif (Monchegorsk intrusion, Kola Peninsula)]. Geologiya i geoekologiya Evropeyskoy Rossii i sopredelnykh territoriy. Mat. XV molodezhnoy nauch. konf. pamyati K.O. Krattsa, g. Sankt-Peterburg, 13-16 oktyabrya 2004 g. SPb., 2004. P. 74-76.
- Miroshnikova Ya.A.** Geologicheskoe stroenie Yuzhnosopchinskogo massiva (Monchegorskiy rayon): novyye dannyye [Geological structure of the South-Sopcha massif (Monchegorsk region): new data]. Problemy arkticheskogo regiona. Trudy 14-oy Mezhdunar. nauch. konf. studentov i aspirantov. Murmansk, may 2014 g. MMBI KNTs RAN, 2014. P. 41-46.
- Mokrushin A.V., Miroshnikova Ya.A., Savchenko E.E.** Assotsiatsiya Cr-Fe-Ti mineralov v plagioklaz-amfibolovykh zhilah uchastka "Moroshkovoje ozero" (Monchegorskiy pluton) [Association of Cr-Fe-Ti minerals in the plagioclase-amphibole veins of the Moroshkovoe Lake area (Monchegorsk pluton)]. Geologiya i geoekologiya: issledovaniya molodykh. Mat. XXII konf. molodykh uchenykh, posvyaschennoy pamyati chlena-korr. prof. K.O. Krattsa. 8-10 noyabrya 2011 g. Apatityi, KNTs RAN, 2011. P. 134-135.
- Rundkvist T.V., Mokrushin A.V., Miroshnikova Ya.A. i dr.** Zhilnyie porodyi v yugo-vostochnoy chasti Monchegorskogo plutona i ih oksidnaya mineralizatsiya [Vein rocks in the south-eastern part of the Monchegorsk pluton and oxide mineralization]. "Nauka i obrazovanie – 2012". Mat. mezhdunar. nauch.-tehn. konf., Murmansk, 2-6 aprelya 2012 g. MGTU. P. 162-166.
- Rutshiteyn S.M.** Geologicheskoe stroenie i orudnenie dlya trekh osnovnykh massivov Moncha-tundryi [Geological structure and mineralization for three main massif of the Moncha-Tundra]. Hibinskiye Apatityi, Chast VI. L., ONTI SVNH, 1933. P. 168-175.

Информация об авторах

Мирошникова Яна Андреевна – Геологический институт КНЦ РАН, аспирант, e-mail: miroshnikova@geoksc.apatity.ru

Miroshnikova Ya.A. – Geological Institute KSC RAS, Ph.D. Student, e-mail: miroshnikova@geoksc.apatity.ru

Пахомовский Яков Алексеевич – Геологический институт КНЦ РАН, зав. лабораторией, канд. геол.-мин. наук, e-mail: pakhom@geoksc.apatity.ru

Pakhomovsky Ya.A. – Geological Institute KSC RAS, Head of Laboratory, Cand. of Geol.-Miner. Sci., e-mail: pakhom@geoksc.apatity.ru