

О жильных кварц-полевошпатовых телах Южносопчинского массива и участка Морошковое озеро (Мончегорский рудный район, Кольский регион)

Рыбникова Я.А. 

Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, y.rybnikova@ksc.ru

Аннотация. В статье детально описан минеральный состав и дана геохимическая характеристика кварц-полевошпатовых жил южного обрамления Мончегорского плутона. Жильные тела кварц-полевошпатового состава широко распространены в северной части участка Морошковое озеро, вблизи зоны контакта норитов и архейских диоритов фундамента, и в меньшей степени – в пироксенитах Южносопчинского массива. По минеральному составу и содержаниям щелочей, железа и магния жильные тела близки как к архейским диоритам фундамента, так и к метадiorитам массива Габбро 10 аномалии. Однако геохимические исследования показали, что жильные тела кварц-полевошпатового состава имеют большее сходство с последними, и, вероятно, являются апофизами более крупного тела метадiorитов массива Габбро 10 аномалии.

Ключевые слова: жильные тела, расслоенные мафит-ультрамафитовые интрузии, Кольский регион.

About vein quartz-feldspar bodies of the Yuzhnosopchinsky massif and the Cloudberry Lake site (Monchegorsky ore district, Kola region)

Rybnikova Ya.A. 

Geological Institute KSC RAS, Apatity, y.rybnikova@ksc.ru

Abstract. The article describes in detail the mineral composition and geochemical characteristics of quartz-feldspar veins of the southern frame of the Monchegorsk pluton. Vein bodies of quartz-feldspar composition are widely distributed in the northern part of the Moroshkovoe Lake target, near the contact zone of norites and Archean diorites of the basement, and to a lesser extent – in pyroxenites of the South Sopchinsky massif. In terms of mineral composition and the content of alkalis, iron and magnesium, the vein bodies are close to both the Archean diorites of the basement and the metadiorites of the Gabbro 10 anomaly massif. However, geochemical studies have shown that vein bodies of quartz-feldspar composition have a greater similarity with the latter, and are probably apophyses of a larger body of metadiorites of the Gabbro 10 anomaly massif.

Keywords: vein bodies, stratified mafic-ultramafic intrusions, Kola Peninsula.

Введение

Южносопчинский массив (ЮСМ) и участок Морошковое озеро (МО) расположены в пределах Мончегорского рудного района, в центре Кольского региона. В Мончегорском рудном районе выделяются две крупные палеопротерозойские мафит-ультрамафитовые расслоенные интрузии – Мончегорский плутон (Мончеплутон) и Мончетундровский массив. Обе эти интрузии характеризуются схожим составом, возрастами, многофазным строением и наличием ЭПГ-Cu-Ni-минерализации.

В разрезе Мончетундровского массива выделяются нижняя норит-ортопироксенитовая и верхняя габбро-габброноритовая зоны. В основании нижней зоны залегают ортопироксениты и плагио-ортопироксениты (до 200 м), которые выше по разрезу сменяются мезо-меланократовыми норитами мощностью 50–70 м (Чашин и др., 2018). В юго-западном крыле мульды мощность нижней зоны постепенно уменьшается до 50 м и менее и срезается разломом (Чашин и др., 2020). Верхняя зона имеет вертикальную мощность от 500 до 1500 м и сложена мезократовыми средне-крупнозернистыми, интенсивно амфиболизированными, лейкократовыми габброноритами и крупнозернистыми лейкогаббро. Местами, преимущественно в верхней части разреза, встречаются анортозиты (Чашин и др., 2018; Чашин и др., 2020).

По особенностям внутреннего строения Мончеплутон делится на две самостоятельные субкамеры (Чашин, Иванченко, 2022). Первая (ультрамафитовая) субкамера включает массивы Ниттис, Кумужья, Травяная (НКТ) и Сопча, мощностью до 1000 и 1200 м, соответственно. В разрезе этой

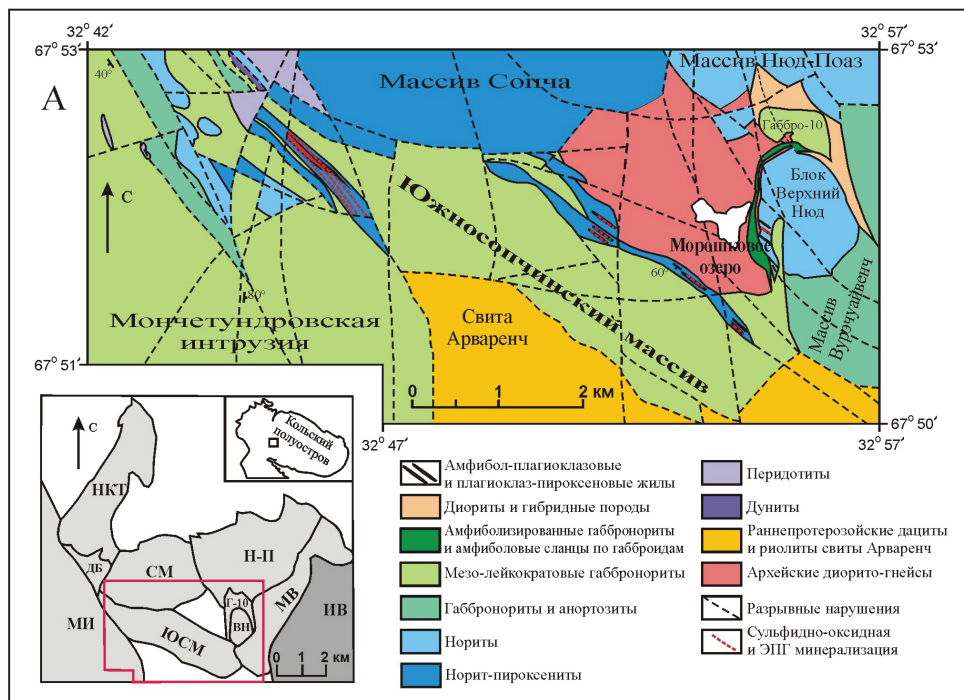


Рис. 1. Геологическая карта южного обрамления Мончегорского плутона в зоне контакта с Мончетундровской интрузией (Pripachkin et.al., 2016, с изменениями). На врезке красной рамкой отмечено положение карты А в пределах Мончегорского плутона: МИ – интрузия Мончетундра, НКТ – массив Ниттис-Кумужья-Травяная, ДБ – Дунитовый блок, СМ – массив Сопча, Н-П – массив Нюд-Поаз, ЮСМ – Южносопчинский массив, Г-10 – массив Габбро 10 аномалии (Габбро-10), ВН – блок Верхний Нюд, МВ – массив Вурчуйвенч, ИВ – Имандра-Варзугская структура.

Fig. 1. Geological map of the southern framing of the Monchegorsk pluton in the contact zone with the Monchetundra intrusion (modified after Pripachkin et al., 2016). A red frame shows localization of the map A within the Monchegorsk pluton: МИ – Monchetundra intrusion; НКТ – Nittis-Kumuzhya-Travyanaya massif; ДБ – Dunite Block; СМ – Sopcha massif; Н-П – Nude-Poaz massif; ЮСМ – South Sopchinsky massif; Г-10 – Gabbro 10 anomaly massif (Gabbro-10); ВН – Verhny Nude block; МВ – Vurechuaivench massif; ИВ – Imandra-Varzuga structure.

камеры снизу вверх наблюдается следующая последовательность пород: кварцсодержащие нориты и габбронориты базальной (или придонной) зоны мощностью 10–100 м, гарцбургиты (100–200 м), чередование гарцбургитов и ортопироксенитов (250–400 м), ортопироксениты (300–700 м) с линзами нодулярных хромитов (гора Кумужья) и пластами сульфидоносных дунитов-гарцбургитов мощностью до 5 м («пласт 330»). Вторая (мафитовая) субкамера представлена массивами Нюд, Поаз и Вурчуйвенч мощностью до 800, 400 и 700 м, соответственно. Эти массивы состоят в основном из слабо дифференцированных мафитовых кумулатов – норитов и габброноритов (Чашин, Иванченко, 2022).

ЮСМ и участок МО расположены в южном обрамлении Мончеплутона (рис. 1). В плане ЮСМ представляет собой простирающееся с северо-запада на юго-восток магматическое тело длиной около 6 км и шириной около 2 км (Рундквист и др., 2016), которое представляет собой юго-восточное продолжение Мончетундровского массива (Гроховская и др., 2012; Чашин и др., 2020). В его строении выделяют нижнюю и верхнюю части. Нижняя часть ЮСМ сложена переслаивающимися норитами, ортопироксенитами, оливковыми норитами и гарцбургитами, а верхняя – лейко-мезократовыми крупнозернистыми габброноритами и габбро. В многочисленных обнажениях в пределах ЮСМ наблюдается извилистый контакт мелко-среднезернистых метапироксенитов и крупнозернистых мезократовых габброноритов. Контакт представлен зоной брекчирования, в которой обломки метаноритов и метапироксенитов сцементированы матрицей габброноритов (Рундквист и др., 2017), также в отдельных обнажениях отмечены поздние хлорит-эпидотовые оторочки, маркирующие границы двух типов пород (Рундквист и др., 2012).

К северо-востоку от ЮСМ располагается участок МО, сложенный породами блока Верхний Нюд. Блок Верхний Нюд представляет собой массив округлой формы размером 1.4×1.1 км и вертикальной мощностью от 75 до 350 м. Предполагается, что этот массив ранее являлся южной частью массива Нюд, но был оторван от него и смещен по тектоническим нарушениям северо-западного направления с амплитудой около 700 м (Чашин, Иванченко, 2022). В пределах участка МО широко развиты мелко-среднезернистые меланократовые метанориты, среди которых наблюдаются апофизы крупнозернистых габброноритов.

С северного фланга участок МО граничит с архейскими диоритами фундамента, а блок Верхний Нюд – с массивом Габбро 10 аномалии (рис. 1). Массив Габбро 10 аномалии образует субгоризонтальное тело линзовидной формы мощностью 50–70 м. Ядро линзы в нижней части сложено неравномерно-крупнозернистыми лейкократовыми габброноритами (габбро), которые окружены с флангов и частично перекрыты метадiorитами. Возраст метадiorитов составляет 2498.6 млн лет и соотносится с породами массива Нюд-Поаз (Грошев и др., 2018). В основании разреза выделяется зона магматической брекчии мощностью 5–15 м, цемент которой представлен метадiorитами и магнетитовыми породами, а обломки – архейскими диоритами фундамента. На границе лейкократовых габброноритов и метадiorитов массива Габбро 10 аномалии находится слой твердого магнетита с железо-титано-ванадиевой минерализацией (Грошев и др., 2018).

Нориты участка МО и пироксениты ЮСМ пересекают жильные тела кварц-полевошпатового состава (рис. 2 А, В). Жилы распространены преимущественно в северной части участка МО, вблизи зоны контакта норитов и архейских диоритов фундамента, и в меньшей степени в пределах ЮСМ. На выветрелой поверхности жилы имеют характерную розовую или светло-серую окраску, в сколе – материал жил серого цвета, массивного тонко-среднезернистого сложения с различной сульфидной минерализацией.

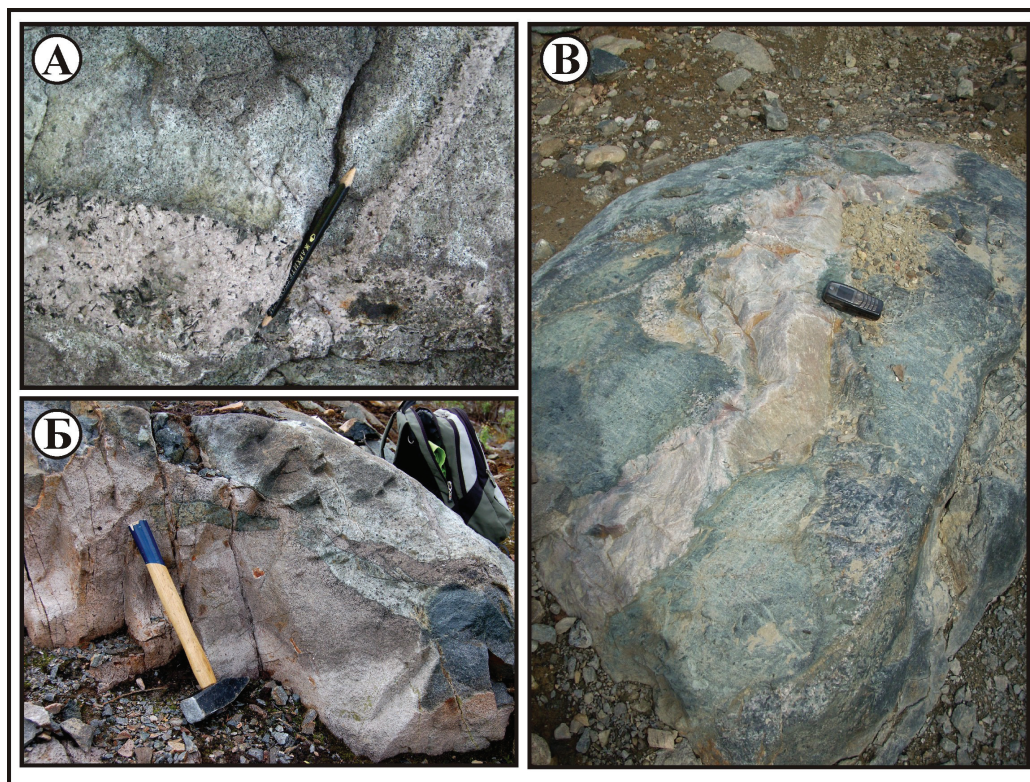


Рис. 2. Морфология жильных тел кварц-полевошпатового состава: А – кварц-полевошпатовая жила, секущая нориты участка Морошковое озеро; Б – ксенолит норита в жильной породе; В – кварц-полевошпатовая жила, секущая пироксениты Южносопчинского массива.

Fig. 2. Morphology of vein bodies of quartz-feldspar composition: A – quartz-feldspar vein crosses norites of the Moroshkovoe Lake target; B – xenolith of norite in the vein rock; C – quartz-feldspar vein crosses pyroxenites of the South Sopchinsky massif.

фидной вкрапленностью. Мощность жил варьирует от первых сантиметров до 1 м, чаще 10–15 см. Жильные тела имеют сложную извилистую форму с раздувами и пережимами и резкие контакты с вмещающими норитами участка МО и пироксенитами ЮСМ. В зоне развития жил вмещающие их породы интенсивно амфиболизированы и эпидотизированы. В некоторых наиболее мощных жилах на участке МО обнаружены ксенолиты вмещающих норитов неправильной и угловатой формы (рис. 2 Б). Некоторые участки норитов насыщены кварц-полевошпатовыми и кварцевыми прожилками вплоть до образования штокверка с множеством взаимно-пересекающихся прожилков и сетью трещин.

В статье приведены результаты минералогического и геохимического исследования жильных пород кварц-полевошпатового состава в пределах ЮСМ и участка МО, а также предложена гипотеза образования этих жил.

Материалы и методы

В ходе полевых сезонов 2010–2014 гг. были отобраны образцы пород, слагающих кварц-полевошпатовые жильные тела в пределах ЮСМ и участка МО. В прозрачных шлифах с помощью поляризационного микроскопа МИН-8 был изучен петрографический этих пород. Фотодокументация участков шлифов была выполнена на электронном микроскопе Axioplan.

Изучение рудных минералов проводилось на оптическом микроскопе Axioplan в отраженном поляризованном свете с блоком видеорегистрации. Исследование морфологии, фазовой и внутрифазовой неоднородности минералов проводилось при помощи сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) LEO-1450 с оценкой состава минеральных фаз посредством энергодисперсионного спектрометра (ЭДС) Bruker XFlash 5010 (ГИ КНЦ РАН). Химический анализ однородных зерен минералов размером более 20 мкм выполнен на электронно-зондовом микроанализаторе Cameca MS-46 в Геологическом институте КНЦ РАН.

Полный химический анализ образцов исследуемых пород получен в химико-аналитической лаборатории ГИ КНЦ РАН. Содержания порообразующих элементов определены с использованием таких методов, как атомно-абсорбционный пламенный (Si, Al,

Fe, Mg, Ca, Mn, Cu, Ni, Cr, V, Ba), эмиссионный пламенный (K, Na, Li, Rb, Cs, Sr), колориметрический (Ti, P, Si), полярографический (S, Se, Te, Sb, As), ионометрический (F, Cl, NO₃, S), весовой (H₂O⁺, H₂O⁻, S) и объемный (CO₂, FeO).

Спектры распределения редких и редкоземельных элементов были получены в Институте геологии и геохимии УрО РАН (ИГГ УрО РАН) в штучных пробах методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS).

Результаты и обсуждение

Петрографические и минералогические исследования показали, что жильные породы кварц-полевошпатового состава имеют микропегматитовую структуру (рис. 3 А, Б). Содержание плагиоклаза в породе составляет 35–50 об. %. Плагиоклаз образует преимущественно короткопризматические, таблитчатые и ксеноморфные зёрна размером 0.2–2.4 мм, при преобладающем размере 1 мм. Среди зерен плагиоклаза выделено три генерации. Первая генерация представлена крупными гипидiomорфными незональными кристаллами и соответствует андезину (An 38–49). Плагиоклаз второй генерации замещает краевые части кристаллов плагиоклаза первой генерации, а также образует самостоятельные зерна неправильной формы, и соответствует олигоклазу (An 15–20). К плагиоклазу третьей генерации относится альбит (An 1–3) из субграфических сростаний с кварцем, эти агрегаты замещают более ранние минералы в жильных породах. Содержание кварца в породе варьирует от 30 до 40 об. %. Минерал, главным образом, вместе с полевыми шпатами входит в состав мирмецитовых агрегатов. Наблюдаются также и самостоятельные зёрна неправильной формы. Содержание амфибола колеблется от 10 до 20 об. %. Минерал развивается по зернам плагиоклаза и представлен двумя разновидностями: 1) роговая обманка образует удлиненные и ксеноморфные зерна размером 0.2–3.6 мм; 2) мелкие (до 0.05 мм) зерна амфибола, относящегося к тремолит-актинолитовому ряду.

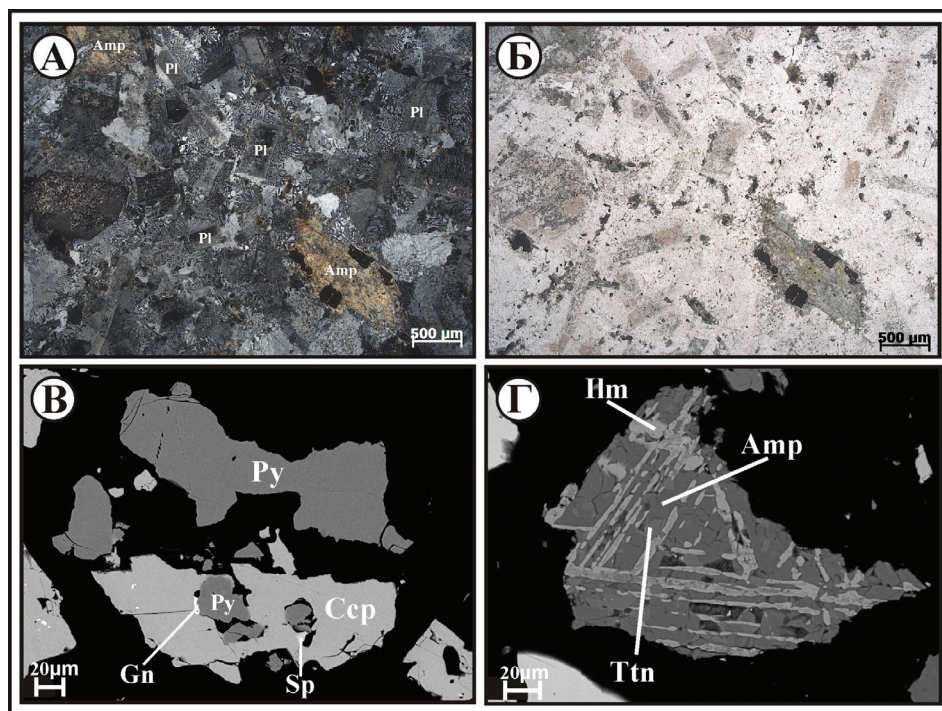


Рис. 3. Морфология породообразующих и рудных минералов в жильных кварц-полевошпатовых породах: А, Б – микропегматитовая структура, шл. Я-27-14; В – сложное срастание халькопирита (Сср), пирита (Py) и сфалерита (Sp), самостоятельные включения галенита (Gn); Г – зерно титанита (Ttn) с решетчатыми структурами, образованными вростками ильменита (Ilm). Фото А – николи скрещены; Б – николи параллельны; В, Г – изображения BSE.

Fig. 3. Morphology of rock-forming and ore minerals in vein quartz-feldspar rocks: А, Б – micropegmatite structure, shl. Ya-27-14; В – complex intergrowth of chalcopyrite (Ccp), pyrite (Py) and sphalerite (Sp), independent inclusions of galena (Gn); Г – grain of titanite (Ttn) with lattice structures formed by ilmenite outgrowth (Ilm). Photos А – nicoli are crossed; Б – nicoli are parallel; В, Г – images of BSE.

Среди других вторичных минералов встречаются клиноцоизит, хлорит, скаполит, биотит и кальцит; их общее содержание достигает 10 об. %. К акцессорным минералам относятся апатит и ортит.

С жильными телами кварц-полевошпатового состава связана убогая сульфидная и оксидная вкрапленность. Средние содержания рудных компонентов в жильных кварц-полевошпатовых породах составляет Cu 0.04 %, Ni 0.01 %, ΣЭПГ = 0.05 ppm, Au 0.012 ppm (Мирошникова, 2022). Главные сульфидные минералы представлены мелкими (0.06–0.4 мм) самостоятельными зернами халькопирита, пирротина и пирита. Вокруг некоторых зерен халькопирита довольно часто наблюдается тонкая (2 мкм) кайма, состоящая из окислов и гидроокислов железа (вероятно, гётита и гидрогётита). Встречаются срастания халькопирита и пирита размером до 0.3 мм. Обнаружены сложные срастания халькопирита, пирита и сфалерита размером 60 мкм (рис. 3 В), причём в сфалерите часто наблюдаются вростки халькопирита. Включения в зернах халькопирита представлены главным образом самостоятельными выделениями галенита размером 1–10 мкм, также встречаются срастания галенита с халькопиритом и пиритом. Оксидная минерализация представлена ильменитом, реже рутилом. Ильменит обнаружен в виде самостоятельных выделений размером до 20 мкм, неправильной формы. Также этот минерал находится вместе с титанитом в виде вростков в амфиболе, образуя решётчатые структуры (рис. 3 Г). Рутил встречается в виде самостоятельных индивидов размером до 50 мкм.

Значительное сходство минерального состава жил с архейскими диоритами и диоритогнейсами фундамента, вмещающими породы Мончеплутон, и непосредственная близость участка МО к так называемому «диоритовому окну» (рис. 1) указывает на прямую связь данных породных ассоциаций. Стоит заметить, что подобная ситуация встречается в массивах Федорово-Панского расслоенного комплекса, породы которого насыщены жилами гранитоидов. Как показано в статье

Н.Ю. Грошева, такие жилы часто являются результатом процессов мобилизации архейского вещества во время внедрения массивов Федорово-Панского расслоенного комплекса при частичном или полном плавлении плагиогранит-тоналит-гранодиоритов фундамента или щелочных гранитов Белых тундр (Грошев, 2006). Нельзя также исключать возможную связь кварц-полевошпатовых жил с метадiorитами массива Габбро 10 аномалии (Pripachkin et al., 2020), который также граничит с участком МО (рис. 1). Поскольку по минеральному составу и макроскопическим признакам жильные кварц-полевошпатовые породы схожи и с архейскими диоритами, и с метадiorитами массива Габбро 10 аномалии, была проведена сравнительная характеристика пород этих жильных образований с обеими вышеперечисленными породными ассоциациями.

Жильные породы кварц-полевошпатового состава принадлежат к серии с низким содержанием калия, как и большинство пород «диоритового окна» (рис. 4 а) и характеризуются низкими отношениями K_2O/Na_2O (менее 0.15). Подобные содержания наблюдаются также в некоторых разновидностях пород «диоритового окна» и в одном образце массива Габбро 10 аномалии (рис. 4 а). Большинство образцов метадiorитов (три из четырех) показывают соотношение $K_2O/Na_2O > 0.5$, что в работе (Грошев и др., 2018) объясняется интенсивным метасоматическим изменением этих пород. Содержание железа и магния в образцах кварц-полевошпатовых жил участка МО, пород «диоритового окна» и метадiorитов массива Габбро 10 аномалии достаточно низкое (рис. 4 в, г).

На графиках распределения редко земельных элементов (РЗЭ) (рис. 5 а) кривая для жильной кварц-полевошпатовой породы имеет пологий наклон ($La/Yb = 5.87$) и схожа с кривыми для метадiorитов массива Габбро 10 аномалии ($Lan/Ybn = 4–10$, Грошев и др., 2018). Жильная кварц-

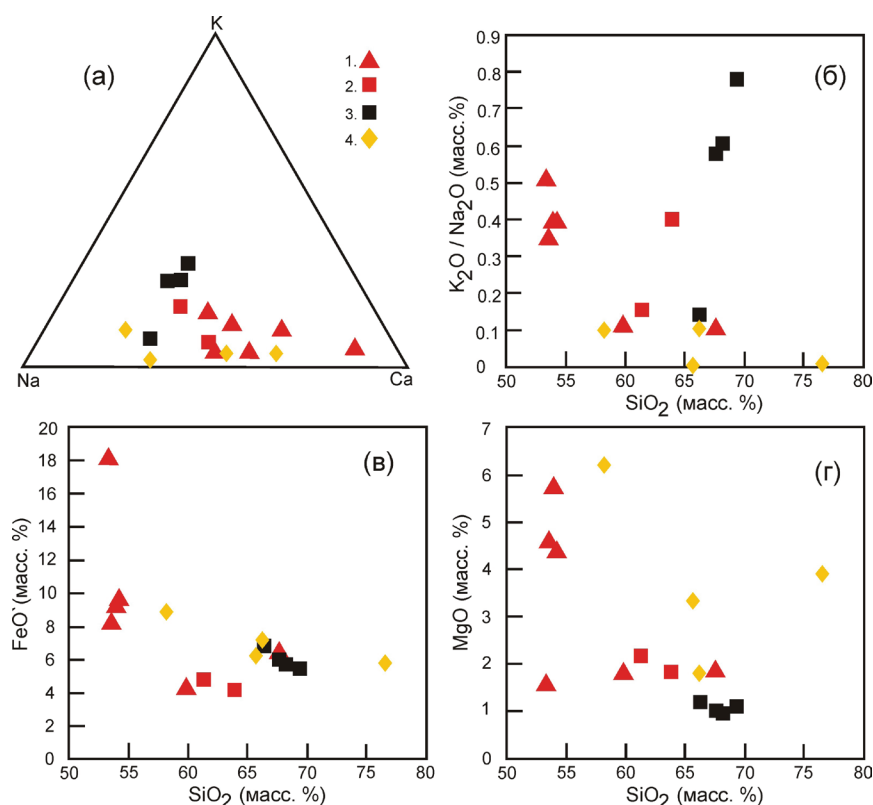


Рис. 4. Жильные кварц-полевошпатовые породы участка Морoshkovoe озеро на триангулярной диаграмме K-Na-Ca (а) и бинарных диаграммах (б, в, г) (по Pripachkin et. al., 2020 с изменениями). 1 – породы «диоритового окна» (Pripachkin et. al., 2020); 2 – породы «диоритового окна» (Грошев и др., 2018); 3 – метадiorиты массива Габбро 10 аномалии (Грошев и др., 2018); 4 – кварц-полевошпатовые жилы участка Морoshkovoe озеро.

Fig. 4. Vein quartz-feldspar rocks of the Moroshkovoe Lake target on the triangular K-Na-Ca diagram (a) and binary diagrams (б, в, г) (according to Pripachkin et. al., 2020 with changes). 1 – rocks of the «diorite window» (Pripachkin et. al., 2020); 2 – rocks of the «diorite window» (Groshev et. al., 2018); 3 – metadiorites of the Gabbro 10 anomaly massif (Groshev et. al., 2018); 4 – quartz-feldspar veins of the Moroshkovoe Lake target.

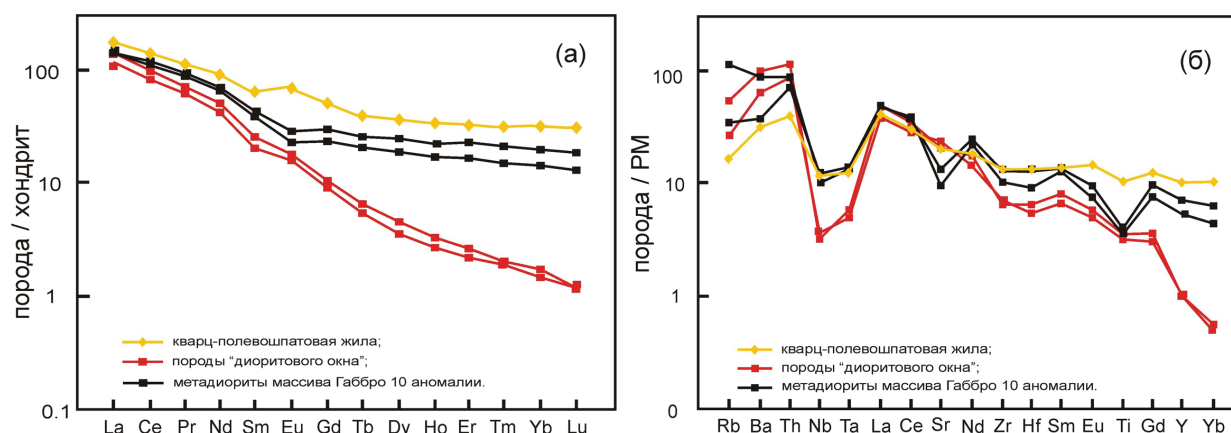


Рис. 5. График распределения редкоземельных элементов, нормированные к хондриту C1 (а) и график распределения микроэлементов, нормированные к примитивной мантии (б) для образца из кварц-полевошпатовой жилы участка Морошковое озеро в сравнении с породами «диоритового окна» и метадiorитами массива Габбро 10 аномалии (по Pripachkin et al., 2020 с изменениями). Коэффициенты нормализации из (Sun and McDonough, 1989; McDonough and Sun, 1995).

Fig. 5. A graph of the distribution of rare earth elements normalized to C1 chondrite (a) and a graph of the distribution of trace elements normalized to the primitive mantle (b) for a sample from the quartz-feldspar vein of the Moroshkovoe Lake target in comparison with the rocks of the «diorite window» and metadiorites of the Gabbro 10 anomaly massif (according to Pripachkin et. al., 2020 with changes). Normalization coefficients from (Sun and McDonough, 1989; McDonough and Sun, 1995).

полевошпатовая порода, как и метадiorиты, значительно отличается по содержанию микроэлементов от архейских диоритов фундамента. Кривая для архейских диоритов имеет крутой наклон ($\text{La}/\text{Ybn} = 70\text{--}80$, Грошев и др., 2018) и характеризуется обеднением тяжелыми РЗЭ. В тоже время жильная кварц-полевошпатовая порода отличается от метадiorитов Габбро 10 аномалии наличием слабой положительной Eu-аномалией, тогда как последние характеризуются слабой отрицательной Eu-аномалией (Pripachkin et. al., 2020). На спайдер-диаграммах (рис. 5 б) видно обеднение Nb, Ta, Zr, Hf и Ti для всех разновидностей пород. Кварц-полевошпатовая жила обеднена Rb и Ba. В метадiorитах Габбро 10 аномалии наблюдается отрицательная аномалия Sr.

Закключение

Жильные кварц-полевошпатовые породы, широко развитые в северной части участка МО и в меньшей степени в пределах ЮСМ, сложены преимущественно плагиоклазом, гранофиром (срастания кварца и альбита), кварцем, амфиболом, биотитом, клиноцоизитом и хлоритом. Бедная сульфидная и оксидная вкрапленность представлена халькопиритом, пирротинном, пиритом, сфалеритом, галенитом и ильменитом.

Кварц-полевошпатовые жильные породы практически не отличаются от архейских диоритов фундамента и метадiorитов массива Габбро 10 аномалии по минеральному и химическому составу. Все три ассоциации пород характеризуются низкими содержаниями железа и магния, а также низкими отношениями $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$.

Различия в содержаниях РЗЭ между кварц-полевошпатовыми жилами и породами «диоритового окна» свидетельствуют о том, что архейские диориты фундамента не могли быть источником этих жильных образований. В то же время сходство содержаний РЗЭ и микроэлементов в метадiorитах массива Габбро 10 аномалии и в жильных кварц-полевошпатовых породах позволяет предполагать, что кварц-полевошпатовые жилы могут быть апофизами более крупного тела метадiorитов массива Габбро 10 аномалии.

Работа выполнена в рамках темы НИР ГИ КНЦ РАН № АААА-А19-119100290147-7.

Литература

1. Гроховская Т.Л., Иванченко В.Н., Каримова О.В., Грибоедова И.Г., Самошникова Л.А. Геологическое строение, минералогия и генезис ЭПГ-минерализации массива Южная Сопча, Мончегорский комплекс, Россия // Геология рудных месторождений. 2012. Т. 54. № 5. С. 416–440.
2. Грошев Н.Ю. Морфология и вещественный состав жил гранитоидов в интрузиве Панских тундр // Материалы XVII молодежной конференции, посвященной памяти К.О. Кратца. Петрозаводск, 2006. С. 129–132.
3. Грошев Н.Ю., Припачкин П.В. К вопросу о геологической позиции и платиноносности массива Габбро-10, Мончегорский комплекс, Кольский регион // Руды и металлы. 2018. № 4. С. 4–13. <https://doi.org/10.24411/0869-5997-2018-10008>.
4. Грошев Н.Ю., Припачкин П.В., Кариковски Б.Т., Малыгина А.В., Родионов Н.В., Беляцкий Б.В. Генезис магнетитового пласта массива Габбро-10, Мончегорский комплекс, Кольский регион: данные U–Pb SHRIMP-II датирования метадiorитов // Геология рудных месторождений. 2018. Т. 60. № 6. С. 546–557. <https://doi.org/10.1134/S0016777018060023>.
5. Мирошникова Я. А. Жильные образования в зоне сочленения Мончегорского плутона и Мончетундровской интрузии (Кольский полуостров, Россия) // Вестник МГТУ. 2022. Т. 25. № 1. С. 27–37. <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2022-25-1-27-37>.
6. Рундквист Т.В., Припачкин П.В., Гребнев Р.А. Особенности взаимоотношений интрузивных тел в зоне контакта ультрамафит-мафитовых комплексов Мончегорский и Главного хребта (участок «Южносопчинский», Кольский полуостров) // Литосфера. 2012. № 3. С. 65–79.
7. Рундквист Т.В., Припачкин П.В., Грошев Н.Ю., Мирошникова Я.А. Магматическая мегабрекчия в раннепротерозойском мафит-ультрамафитовом Мончегорском комплексе (Кольский регион) // Геодинамика раннего докембрия: сходство и различие с фанерозоем. Материалы научной конференции и путеводитель научных экскурсий. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2017. С. 200–203.
8. Рундквист Т.В., Припачкин П.В., Мирошникова Я.А., Базай А.В. Новые данные о геологическом строении и благороднометалльной минерализации Южносопчинского массива (раннепротерозойский Мончегорский комплекс, Кольский регион) // Вестник КНЦ РАН. 2016. № 3(26). С. 44–52.
9. Чашин В.В., Баянова Т.Б., Савченко Е.Э., Киселева Д.В., Серов П.А. Петрогенезис и возраст пород нижней платиноносной зоны Мончетундровского базитового массива, Кольский полуостров // Петрология. 2020. Т. 28. № 2. С. 150–183. <https://doi.org/10.31857/S0869590320020028>.
10. Чашин В.В., Иванченко В.Н. Сульфидные ЭПГ-Cu-Ni и малосульфидные Pt-Pd руды Мончегорского рудного района (западный сектор Арктики): геологическая характеристика, минералого-геохимические и генетические особенности // Геология и геофизика. 2022. Т. 63. № 4. С. 622–650. <https://doi.org/10.15372/GiG2021184>.
11. Чашин В.В., Петров С.В., Дрогобужская С.В. Малосульфидное платино-палладиевое месторождение Лойпишнюн Мончетундровского базитового массива (Кольский полуостров, Россия) // Геология рудных месторождений. 2018. Т. 60. № 5. С. 472–503. <https://doi.org/10.1134/S0016777018050027>.
12. McDonough W.F., Sun S.-S. The composition of the Earth // Chemical Geology. 1995. V. 120. P. 223–253.
13. Pripachkin P.V., Rundkvist T.V., Miroshnikova Ya.A., Chernyavsky A.V. and Borisenko E.S. Geological structure and ore mineralization of the South Sopchinsky and Gabbro-10 massifs and the Moroshkovoe Lake target, Monchegorsk area, Kola Peninsula, Russia // Mineralium Deposita. 2016. V. 51. No. 8. P. 973–992. <https://doi.org/10.1007/s00126-015-0605-0>.
14. Pripachkin P.V., Rundkvist T.V., Groshev N.Yu., Bazai A.V. and Serov P.A. Archean Rocks of the Diorite Window Block in the Southern Framing of the Monchegorsk (2.5 Ga) Layered Mafic-Ultramafic Complex (Kola Peninsula, Russia) // Minerals. 2020. V. 10. No.10. P. 1–29. <https://doi.org/10.3390/min10100848>.
15. Sun S.-S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes / Saunders A.D., Narry M.J. (eds) Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society, London, Special Publication, 1989. V. 42. P. 313–345.