

## Минеральные ассоциации золото-медно-сульфидных кварц-карбонатных жил в габбро-долеритах месторождения строительного камня Чевжавара (Южная Карелия)

Лавров О.Б., Кулешевич Л.В.

*Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, petrlavrov@list.ru; kuleshev@krc.karelia.ru*

**Аннотация.** Золото-медно-сульфидное оруденение в габбродолеритах месторождения строительного камня Чевжавара приурочено к кварц-карбонатным жилам, секущим пологозалегающие породы силла. Оруденение представлено несколькими минеральными типами: 1 – магнетит-пиритовым, 2 – пирит-халькопиритовым и 3 – гематит-халькозиновым. В краевых частях пирит-халькопирит-кварц-карбонатных жил развивается скарнирование: образуются зональные гранаты гроссуляр-андрадитового ряда, кальцит, эпидот, реже амфибол, кварц. Рудная минерализация продуктивных золото-медно-сульфидных жил 2 типа представлена пиритом, халькопиритом, борнитом, Se-борнитом, Se-галенитом, клаусталитом, золотом, баритом. Содержание золота достигает 8-31 г/т. Жилы 3 типа содержат гематит, халькозин, халцедон, кварц, в них встречается тонкодисперсное золото. Рудные минералы прорастают стильпномеланом. Локально развиты жилы кальцита и амфибол-асбеста. Типоморфными элементами рудной минерализации являются Cu, Au, Co, Se, Zn, Fe (в окисленной форме).

**Ключевые слова:** сульфиды меди, золото, клаусталит, палеопротерозой габбродолериты, метасоматиты, Карелия.

## Mineral associations of gold-copper-sulphide quartz-carbonate veins in gabbro-dolerites from the Chavzhavara building stone deposit, Southern Karelia

Lavrov O.B., Kuleshevich L.V.

*Institute of Geology, KarRC RAS, Petrozavodsk, petrlavrov@list.ru; kuleshev@krc.karelia.ru*

**Abstract.** Gold-copper sulphide mineralization in the gabbro-dolerites of the Chevzhavara building stone deposit is confined to quartz-carbonate veins cutting the gently dipping rocks of the sill. The mineralization consists of several mineral types: 1 – magnetite-pyrite, 2 – pyrite-chalcopyrite, and 3 – hematite-chalcocine. Skarn formation evolves on the margins of pyrite-chalcopyrite-quartz-carbonate veins, so that zonal grossular-andradite series garnet, calcite, epidote and lesser amphibole and quartz are formed. The ore mineralization of productive gold-copper-sulphide veins of type 2 is represented by pyrite, chalcopyrite, bornite, Se-bornite, Se-galena, clausenthalite, gold and barite. Gold concentration is up to 8-31 g/t. Veins of type 3 contain hematite, chalcocine, chalcedony and quartz; finely dispersed gold is occasionally encountered. The ore minerals are intergrown by stilpnomelane. Calcite and amphibole-asbestos veins occur locally. Cu, Au, Co, Se, Zn and Fe (in oxidized form) are the typomorphic elements of ore mineralization.

**Keywords:** copper sulphides, gold, clausenthalite, Paleoproterozoic, gabbro-dolerites, metasomatic rocks, Karelia.

### Введение

Месторождение строительного камня Чевжавара разрабатывается ПАО «Прионежская горная компания». Габбро-долериты образуют пологозалегающий силл (PR<sub>1</sub> ld), внедрившийся в карбонатную толщу туломозерской свиты (PR<sub>1</sub> jt). В западном борту разрабатываемого карьера зафиксированы деформации и встречаются разнообразные жилы, секущие силл. Они приурочены к системе трещин с ведущими направлениями простирания ССВ и ЗСЗ. Среди них встречаются как рудные – медно-сульфидные, так и безрудные жилы (рис. 1).

### Методы исследования

Минеральный состав рудных и нерудных ассоциаций прожилков и метасоматитов изучался с использованием электронного сканирующего микроскопа VEGA II LSH (Tescan) с энергодисперсионным микроанализатором INCA Energy-350 (ИГ КарНЦ РАН). Микрокомпонентный состав руд

и измененных пород определялся методами количественного химического или ICP-MS-анализов в аналитическом центре ИГ КарНЦ РАН (г. Петрозаводск).

### **Результаты исследования**

Жилы 1 типа (рис. 1) содержат крупнокристаллический пирит и магнетит. Нерудная ассоциация жил представлена кальцитом и эпидотом. В зальбандах жил по раздробленным и измененным породам развивается эпидот и хлорит. Кристаллы хорошо ограненного кубического пирита размером 1-3 см выделяются в центральной части жил на контакте с белым крупнокристаллическим кальцитом. В зальбандах жил на границе с вмещающей породой образуется магнетит, встречается хлорит.

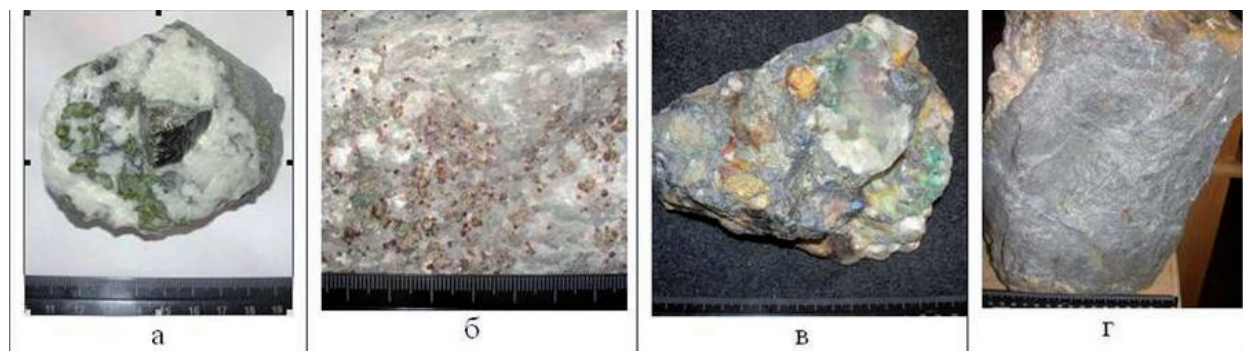


Рис. 1. Сульфидные жилы участка Чевжавара.

а – пирит в эпидот-кальцитовой жиле 1 типа, б – гранат-кальцитовый скарн (жилы 2 типа), в – халькопирит-борнитовая руда (жилы 2 типа), г – гематит-халькозиновая руда (жилы 3 типа). Образцы из коллекции музея геологии докембрия ИГ КарНЦ РАН.

Fig. 1. Sulphide veins of the Chevzhavara prospect.

Жилы 2 типа медносульфидные (рис. 1 в). Они представлены халькопиритом, пиритом, борнитом, кальцитом, эпидотом, кварцем. В краевых частях наиболее крупных сульфидно-кварц-карбонатных жил развивается скарнирование (рис. 1 б, 2).

Минеральная ассоциация скарнов (рис. 1 б, 2) представлена кальцитом, гранатом, эпидотом, реже встречается доломит. Гранат зональный: в центре – Ca-Fe-Al (гроссуляр-андрадит), в кайме – существенно Fe-Ca (андрадит) (рис. 2, а-е). Он часто содержит включения и выглядит как «нафаршированный» (рис. 2, в-г). Нерудные минералы могли быть так называемыми «затравками». Мелкозернистая рудная вкрапленность в скарновых ассоциациях жил представлена пиритом (5-20 %), реже встречаются халькопирит, сфалерит, галенит и более крупные гнездовые выделения барита. Метакристаллы пирита содержат включения граната и кальцита. Галенит и кварц (рис. 2 е) образуются позднее совместно с кварцем и секут скарны.

Рудная ассоциация богатых сульфидных жил (рис. 1 в, рис. 3), секущих скарны, представлена преимущественно халькопиритом, пиритом, борнитом. Кристаллы пирита кубического габитуса, цементируются халькопиритом, содержат повышенные концентрации Co. По микротрещинкам в пирит проникают мелкозернистые примеси.

К микротрещинкам в нем приурочено тонкозернистое золото (рис. 3, б-г). Состав золота (Au 83.53-44.73 %) меняется от серебристого (Ag 16.47-27.08 %) до электрума (Ag от 30.0-34.81 до 47.12 %) по содержанию серебра.

Халькопирит с краев и по микротрещинкам замещается борнитом-1 ( $\text{Cu}_3\text{FeS}_4$ ). В более крупных зернах борнита-1 по кристаллографическим направлениям выделяются пластинчатые включения халькопирита (рис. 3, д-ж). Это свидетельствует о метастабильном состоянии борнита, избытке железа в его составе и распаде с выделением пластинок халькопирита. Распад происходит при снижающейся температуры от 300 до 170 °С (Т устойчивости). По борниту незначительно развивается халькозин.

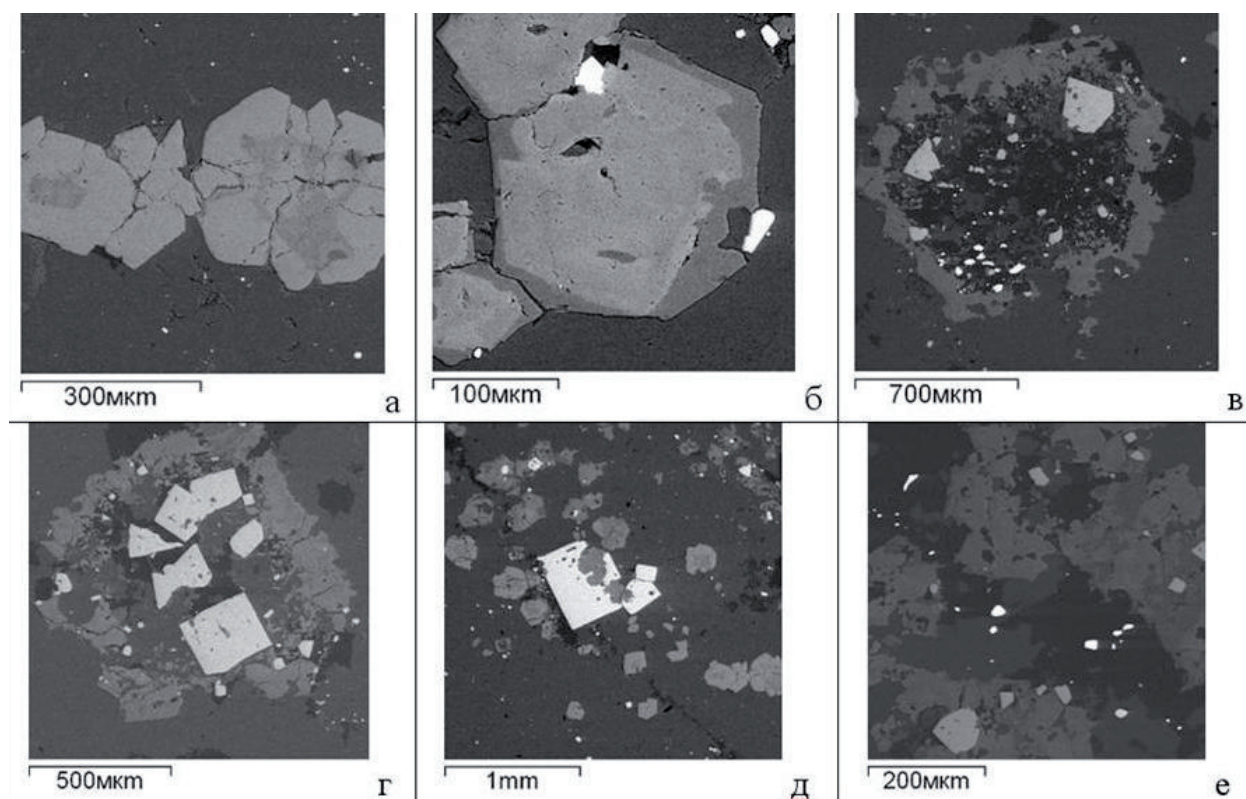


Рис. 2. Ассоциация жильных скарнов.

а-б – зональные гранаты, в-г – гранат с включениями кальцита, кварца, эпидота и сульфидов, д – метакристаллы пирита (белый) с включениями граната, е – тонкие кварцевые прожилки кварца (черный) с галенитом (белый), секущие гранат и кальцит.

Fig. 2. Veined skarn association.

Более «светлый борнит» представлен селенсодержащей разновидностью (рис. 3, ж-и). Растворимость селена в нем достигает 4-5 %, а избыток селена выпадает в форме мельчайших включений селенидов и более крупных зерен в кайме и гнездах. Состав, так называемого устойчивого эскеборнита ( $\text{CuFeSe}_2$ ), очевидно, достигнуто не было. По-сути, сейчас мы наблюдаем распад эвтектики с образованием мельчайших «червеобразных и каплевидных» выделений клаусталита (рис. 3, з-и).

В галените, образующим самостоятельные мелкие зерна в ассоциации с обособленными и более крупными зернами клаусталита, содержится до 2.6-7.3 % Se. Его можно отнести к селеногалениту. В ассоциации с галенитом иногда встречается маложелезистый светло-коричневый сфалерит (Fe до 2.6-4.93 %).

Содержание рудогенных элементов в пирит-борнит-халькопиритовых жилах составляет Cu 5-22.3 %, в г/т: Ni 60, Co 180, Zn 108-418, Se 50-148, Pb 44-83, Ag 1-3, Au 0,06-1,06 (по данным ICP-MS). По данным пробирного анализа установлено 8-31 г/т Au (выполнено в АО «Иргиредмет»).

Рудная минерализация сечется тонкими прожилками с пластинками стильпномелана.

*Руды третьего типа* представлены богатыми гнездами и жилами халькозина в ассоциации с гематитом и гетитом (рис. 4). Эти жилы и гнезда образуются на более поздней низкотемпературной стадии после основных сульфидов. При отношении меди и серы в халькозине как 66:36 (дигенит) – 62.6:37.4 (анилит) – 65.84:34.16 (джарлеит) его можно отнести в среднем к дигениту  $\text{Cu}_{1.8}\text{S}$ , с верхней температурой устойчивости  $\sim 83^\circ\text{C}$ . В этих богатых прожилково-гнездовых рудах иногда встречаются тонкодисперсные селениды и гораздо реже тонкодисперсное золото. Своеобразное секреционное зарастание неоднородных гнездово-жильных полостей (рис. 4, а-б) происходит от краевой части к центру с чередованием зон: сначала тонкодисперсного халцедона, проросшего гематитом, затем гематита и в центре халькозина. Морфологически образования выглядят в виде «трубочек». Поздний игольчатый гетит сечет халькозин (рис. 4 в).

*Нерудные жилы* представлены крупнокристаллическим кальцитом в сростании с амфибол-асбестом, либо исключительно амфибол-асбестом.

### Обсуждение и выводы

Золотосодержащие медно-сульфидные жилы прослеживаются во всех палеопротерозойских структурах Карелии, иногда образуя небольшие месторождения или проявления меди и золота, такие как Воицкое, Шуезерское, Ондозерское, Муезерское, Кеч, Кончезерская группа и другие (Кулешевич и др., 2010; Кулешевич, Лавров и др. 2009; Кулешевич, Лавров, 2010; 2012). На проявлении Чевжавара золото приурочено к пирит-халькопирит-борнитовым жилам, содержащим Se-галенит и клаусталит. Золото тяготеет к микротрещинкам в пирите и относится к серебристому золоту и электруму. Сульфидной минерализации предшествовало образование жильных скарновых (андрадит-

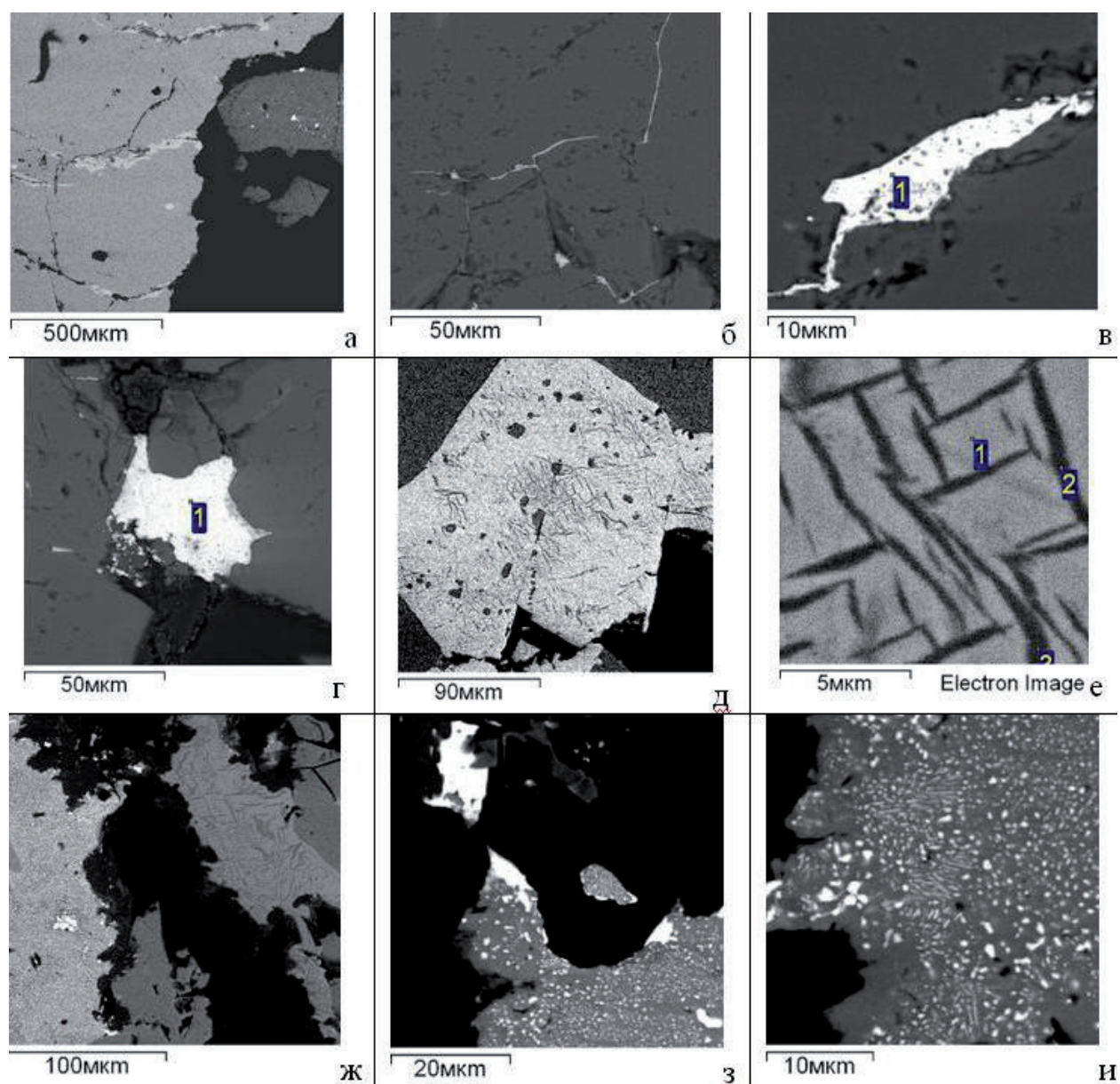


Рис. 3. Халькопирит, борнит, селениды и золото в пирит-халькопиритовых рудах.  
а – халькопирит замещается борнитом, пирит с галенитом (темно-серый с белыми точками, справа);  
б, в, г – золото в пирите; д, е – борнит с пластинками халькопирита; ж – соотношения халькопирита, борнита-1 и борнита-2 с клаусталитом (белый); з, и – распад борнита-1 с выделением клаусталита (белый).

Fig. 3. Chalcopyrite, bornite, selenides, and gold in pyrite-chalcopyrite ores.

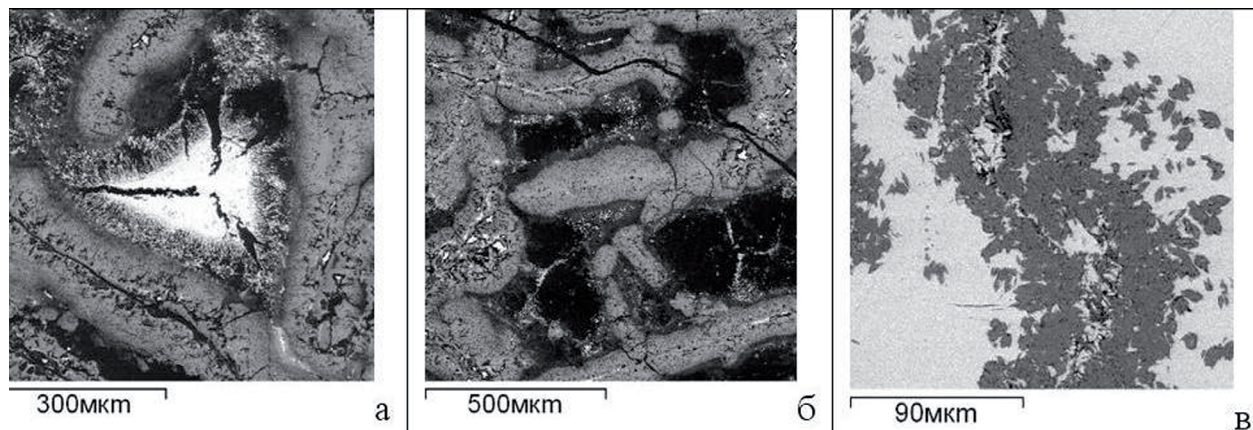


Рис. 4. Гематит-халькозиновые жилы.

а – халькозин (белый), гематит (серый); б – гематит, халцедон; в – прорастание халькозина (светлый) гетитом (темно-серый).

Fig. 4. Hematite-chalcosine veins.

кальцитовых ассоциаций). Наличие гранат-кальцитовых жильных скарнов, магнетит-пиритовых, борнит-пирит-халькопиритовых, гематит-халькозиновых рудных ассоциаций, распад селенсодержащего борнита и соотношение  $Cu:S$  в халькозине, позволяет говорить о достаточно широком температурном интервале образования жил, снижающемся от условий скарнирования до  $\sim 83-70^{\circ}C$ .

Работа выполнена в рамках темы НИР № АААА-А18-118020290084-7.

#### Литература

1. Кулешевич Л.В., Голубев А.И., Лавров О.Б. Палеопротерозойские золотосодержащие медные месторождения и проявления Карельского кратона // ДАН. Т. 432. № 3. 2010. С. 376–380.
2. Кулешевич Л.В., Лавров О.Б., Голубев А.И. Золотосодержащее медносульфидное месторождение Воронов Бор и перспективы медносульфидных проявлений Карелии // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 9. 2009. С. 26–47.
3. Кулешевич Л.В., Лавров О.Б. Рудник Воицкий – Au-Cu-S-кварцевое месторождение в Северо-Выгозерской палеопротерозойской структуре Карелии // Полезные ископаемые Карелии. 2010. С. 116–130.
4. Кулешевич Л.В., Лавров О.Б. История открытия и минералогия Воицкого рудника (Карелия) // Записки РМО. № 5. 2012. С. 59–67.