

МИНЕРАЛЫ И ПАРАГЕНЕЗИСЫ МИНЕРАЛОВ

АЛЮМОСУЛЬФАТ-ФОСФАТЫ ИЗ КВАРЦИТОПЕСЧАНИКОВ
И КВАРЦЕВЫХ ЖИЛ г. ЧЕРНОЙ (ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

© 2022 г. Н. Ю. Никулова¹, *, д. чл. Н. В. Сокерина¹, д. чл. О. В. Гракова¹,
д. чл. И. В. Козырева¹, д. чл. В. Н. Филиппов¹

¹Институт геологии Коми НЦ УрО РАН,
ул. Первомайская, 54, Сыктывкар, 167982 Россия

*e-mail: nikulova@geo.komisc.ru

Поступила в редакцию 12.01.2022 г.

После доработки 06.04.2022 г.

Принята к публикации 07.04.2022 г.

Приведены результаты изучения алюмосульфат-фосфатов из кварцитопесчаников и кварцевых жил Кожимского района Приполярного Урала. Особенности состава, строения минералов и взаимоотношения с вмещающими породами позволяют предположить метасоматическое происхождение алюмосульфат-фосфатной минерализации в кварцитопесчаниках. Сделано предположение о том, что сванбергит и голяцит из кварцевых жил и кварцитов образовались из единого гидротермального источника в хрусталоносную стадию становления кварцевых жил.

Ключевые слова: сванбергит, голяцит, химический состав, кварцитопесчаник, кварцевые жилы, минерализация, Приполярный Урал

DOI: 10.31857/S0869605522030078

В Кожимском районе Приполярного Урала в породах различного состава и возраста распространены кварцевые жилы, содержащие алюмосульфат-фосфатную минерализацию. В районе кварцевого месторождения Желанное жилы, приуроченные к породам обеизской свиты нижнего ордовика, в разное время изучались в связи с их предполагаемой золотоносностью и поисками проявлений имеющего геммологическую ценность лазулита (Беляков, 1945; Буканов и др., 1973; Литошко, Буканов, 1989; Козлов, 1988; Кузнецов, 1998; Кузнецов и др., 2012; Репина, 2016; Сокерина, Шанина, 2001). Наиболее распространенным минералом таких жил является лазулит. Типоморфными минералами лазулитоносных ассоциаций являются гематит, турмалин, кианит, хлоритоид, рутил, мусковит, алунит, андалузит, апатит и флоренсит (Буканов, Буканова, 1973; Литошко, Буканов, 1989; Репина, 2016). Редко встречается сванбергит – $\text{SrAl}_3[\text{PO}_4][\text{SO}_4](\text{OH})_6$ – стронциевый сульфатофосфат группы бедантита, надруппы алунита. Единичные зерна сванбергита описаны в этом районе в гематит-кварцевых сланцах метаморфизованной коры выветривания позднекембрийского возраста (Козырева, Швецова, 2001) и терригенных породах позднекембрийско-раннеордовикской алькесвожской толщи (Ефанова и др., 2002).

Проявление алюмосульфат-фосфатной минерализации в кварцитопесчаниках на Приполярном Урале установлено нами впервые в 2003 г. Кварцитопесчаники обеизской свиты нижнего ордовика, содержащие до 40 об. % сванбергита, обнаружены на северо-западном склоне г. Черной, в районе кварцевого месторождения Желанное

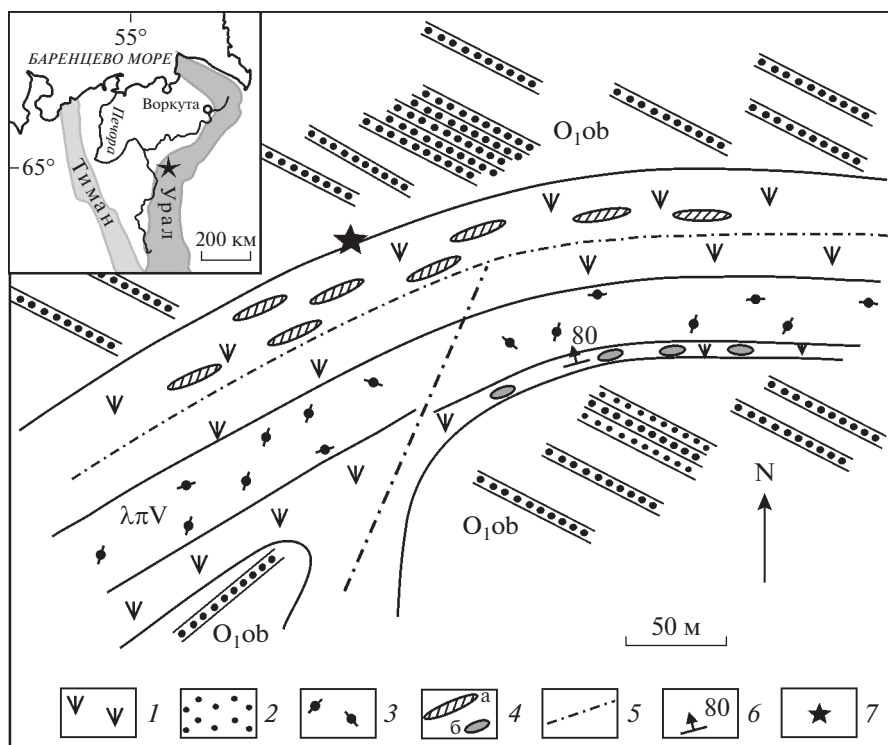


Рис. 1. Схема и геологического строения участка “Лазулитовый” (по материалам Л.И. Ефановой). 1 – почвенно-растительный слой; 2 – кварцитопесчаники (O_1ob); 3 – риолитовые порфиры ($\lambda\pi V$); 4 – кварцевые жилы: с лазулитом (а), с гематитом (б); 5 – предполагаемые разломы; 6 – элементы залегания; 7 – место отбора пробы кварцитопесчаников.

Fig. 1. Geological scheme of the Lazulitovy site (after L.I. Efanova). 1 – soil and vegetation layer; 2 – quartzite sandstone (O_1ob); 3 – rhyolite porphyry ($\lambda\pi V$); 4 – quartz veins: with lazulite (a), with hematite (b); 5 – supposed faults; 6 – mode of occurrence; 7 – point of sampling of quartzite sandstones.

(рис. 1), вблизи известного проявления лазулита в кварцевых жилах, а затем сванбергит установлен и в самих этих жилах.

Целью изучения алюмосульфат-фосфатов из кварцитопесчаников и кварцевых жил была детальная комплексная характеристика химических и морфологических особенностей редко встречающихся минералов (в том числе, в экзотической форме существования – в составе кварцитопесчаников), позволяющая сделать предположение об источниках вещества, участвовавшего в формировании этого необычного рудопроявления.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Петрографический состав содержащих алюмосульфат-фосфаты кварцитопесчаников изучен в прозрачных шлифах. Содержания породообразующих оксидов определены традиционным весовым химическим методом. Выделенные по стандартной методике (дробление, бромформирование, разделение на электромагнитные фракции) зерна минералов были помещены в эпоксидную шашку. Микрозондовые исследова-

ния проводились на сканирующем электронном микроскопе TESCAN VEGA3 LMN с энерго-дисперсионной приставкой X-MAX 50 mm Oxford instruments при ускоряющем напряжении 20 кВ, диаметре зонда 180 нм и области возбуждения до 5 мкм, и сканирующем электронном микроскопе JSM-6400 с энергетическим спектрометром Link, с ускоряющим напряжением и током на образцах – 20 кВ и 2×10^{-9} А соответственно, и сертифицированными стандартами фирмы “Microspec”. Содержания редкоземельных элементов (РЗЭ) определялись методом ICP MS. Все анализы выполнены в ЦКП “Геонаука” Института геологии Коми НЦ УрО РАН.

Формулы минералов (табл. 1) рассчитаны на сумму атомов $P + S = 2$ (Булах и др., 2014). Межвидовая граница между гоацитом и сванбергитом проведена по формульным коэффициентам $P > 1.5$ и $S < 0.5$ (Bayliss et al., 2010).

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ УЧАСТКА “ЛАЗУЛИТОВЫЙ”

На северо-западном склоне г. Черной ($65^{\circ}26'61''$ с.ш., $60^{\circ}37'67''$ в.д.) расположены крупноглыбовые элювиальные развалы и разрозненные коренные выходы слоев кварцитопесчаников (азимут падения 20° – 30° , угол 25° – 30°). Зона разлома с азимутом простирания 70° , секущая по отношению к слоистости песчаников, достигает ширины 150–200 м (рис. 1, б). В области предполагаемого сместителя находится линейно вытянутое тело кварц-полевошпатовых риолитовых порфиров (ЛтV) мощностью до 50 м, протягивающееся более чем на 300 м. В зонах лежачего и висячего блоков разлома кварцевые песчаники и риолитовые порфиры катаклазированы. В висячем блоке риолитов обнаружено большое количество фрагментов жил молочно-белого кварца, содержащих лазулит (обр. 17-19-2, 3, 6, 10). Отложения обеизской свиты представлены мелкозернистыми светло-серыми кварцитопесчаниками. Вблизи контакта с риолитами в элювиальных развалах встречены две необычных разновидности кварцитопесчаников – белые массивные, равномерно по всей массе цемента пропитанные лазулитом (обр. 2002-11), и светло-серые с кремовым оттенком полосчатые (обр. 2002-12). Полосчатость обусловлена чередованием светлых относительно более крупнозернистых слоев толщиной 1–2 мм и темных тонкозернистых слоев толщиной 4–6 мм. В зоне перехода от полосчатых кварцитопесчаников к светло-серым массивным песчаникам, типичным для обеизской свиты, тонкозернистые темноцветные слои часто разорваны и проявляются в виде овальных пятен, длинные оси которых вытянуты в направлении, совпадающем с полосчатостью. По результатам проведенного методом ISP-MS масс-спектрального анализа, содержание Sr в кварцитопесчаниках составляет 1640 г/т.

Жилы, часто содержащие включения лазулита размером до нескольких сантиметров, сложены средне-крупнозернистым молочно-белым иногда до полупрозрачного кварцем, в котором изредка наблюдаются пустоты и трещины, выполненные мелкими (до 5 мм) кристаллами горного хрусталя и пластинчатым гематитом.

АЛЮМОСУЛЬФАТ-ФОСФАТЫ В КВАРЦИТОПЕСЧАНКЕ

Содержащий алюмосульфат-фосфаты кварцитопесчаник имеет полосчатую текстуру, обусловленную чередованием светлых и темных слоев, отличающихся по структуре, текстуре, минеральному и гранулометрическому составу (рис. 2, а).

Светлые слои с неравномерно-зернистой гранобластовой и мозаичной структурой и массивной текстурой с пленочным железистым цементом и редкими одиночными чешуйками серицита, сложены зернами кварца размером от 0.2 до 1.0 мм (рис. 2, а). Наиболее крупные, обычно овальные, зерна располагаются длинной осью под углом 45° – 50° к полосчатости. Сванбергит встречается в виде отдельных кристаллов размера 0.04–0.1 мм и их сростков, часто выполняющих роль цемента между кварцевыми зернами. Кристаллы сванбергита прозрачные, почти квадратной формы с высоким ре-

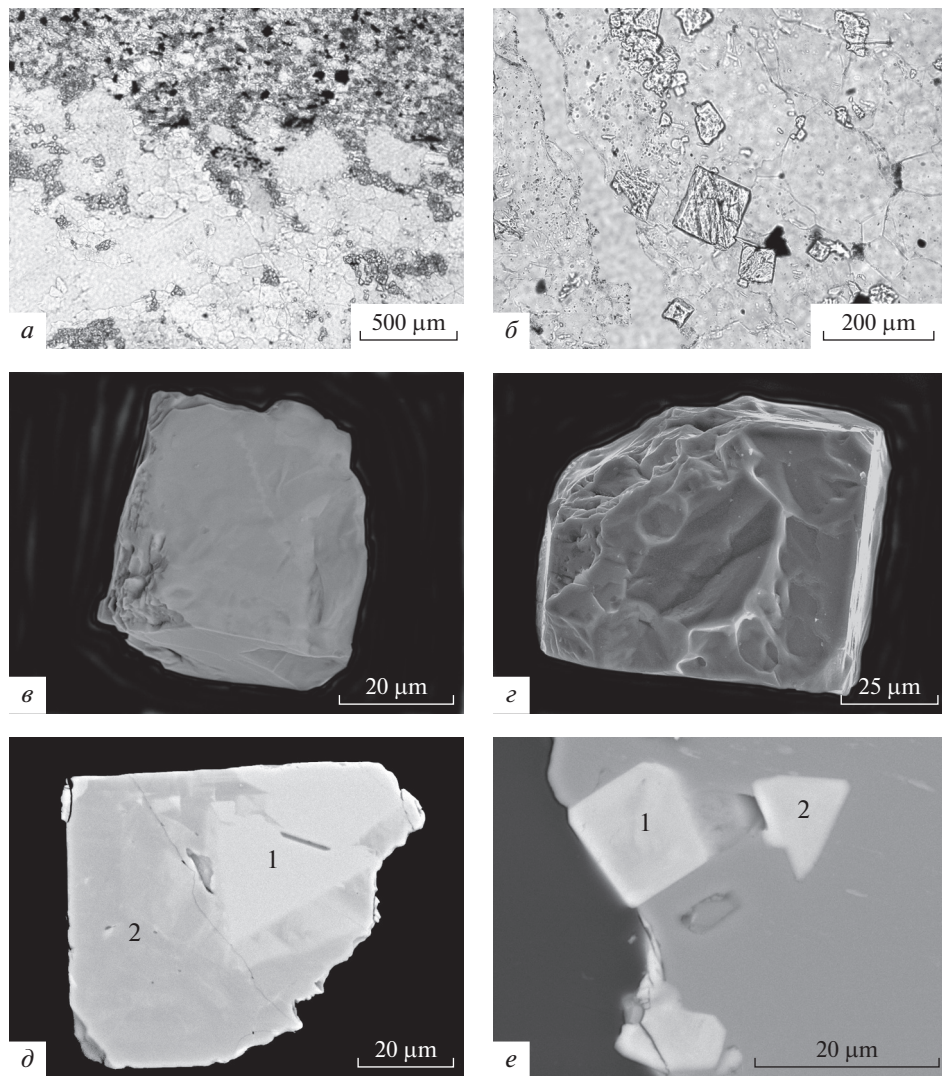


Рис. 2. Алюмосульфат-фосфаты из кварцитопесчаников: *a* – контакт кварцевого и “сванбергитового” слоев, фото шлифа обр. 2002-12; *б* – кристаллы сванбергита в кварцевом слое, фото шлифа обр. 2002-11-2; *в* – кристалл сванбергита, обр. 2002-12-2, фото во вторичных электронах; *г* – псевдокубическое зерно, сложенное микрокристаллами, обр. 2002-12-3, фото во вторичных электронах; *д* – внутреннее строение кристалла, обр. 2022-12-3, где: 1 – сванбергит, 2 – вудхаузет-сванбергит, фото в отраженных электронах; *е* – кристаллы гоаязита (1) и сванбергита (2) в зерне лазулит, обр. 2002-11-5, фото в отраженных электронах.

Fig. 2. Aluminosulfate-phosphates from quartzite sandstones: *a* – contact between quartz and svanbergite layers, photograph of thin section, sample 2002-12; *б* – svanbergite crystals in a quartz layer, photograph of thin section, sample 2002-11-2; *в* – svanbergite crystal, sample 2002-12-2. SE image; *г* – pseudocubic grain composed by microcrystals, sample 2002-12-3. SE image; *д* – internal structure of the crystal, sample 2022-12-3, where: 1 – svanbergite, 2 – woodhouseite-svanbergite. BSE image; *е* – crystals of goyazite (1) and svanbergite (2) in a grain of lazulite, sample 2002-11-. BSE images.

лефом и низкими серыми цветами интерференции и спайностью, направленной под углом около 60° к боковым граням (рис. 2, б). В светлых слойках сванбергит занимает 5–7% наблюдаемой в шлифе площади. В сростках со сванбергитом в межзерновом пространстве изредка наблюдаются выделения светло-голубого лазулита.

Темные слойки характеризуются неравномерно-зернистой гранобластовой структурой основной ткани с редкими чешуйками серицита. В этих слойках кристаллы сванбергита размером от 0.015 до 0.08 мм занимают до 30–40% наблюдаемой в шлифе площади, пропитывая породу и являясь, по сути, базальным цементом (рис. 2, а). Примерно 3% приходится на округлые зерна лейкоксена размером от 0.016 до 0.2 мм.

Акцессорные минералы в светлых и темных слойках представлены титанитом (до 1–2%), эпидотом и турмалином. Хорошо окристаллизованные таблитчатые зерна новообразованного гематита составляют около 1%. Кроме перечисленных минералов в протолочной пробе в знаковых количествах обнаружены лазулит, циркон, рутил, апатит и монацит.

Сванбергит встречается в виде кристаллов псевдокубического облика, полупрозрачных, бледно-желтого или кремового цвета (рис. 2, в–д), а также микрокристаллов, заключенных в более крупных зернах лазулита (рис. 2, е). Межплоскостные расстояния на дебаграмме (Å, в скобках интенсивность): 3.48 (5), 2.96 (10), 2.21 (8), 1.897 (5), 1.753 (5), 1.636 (1). Рассчитанные по порошковым данным параметры элементарной ячейки составили: $a = 6.99 \pm 0.02$; $c = 16.53 \pm 0.07$, что практически совпадает с эталонными данными ($a = 6.96$; $c = 16.8$) (Васильев и др., 1974). Состав поверхностей и внутренних частей зерен сванбергита из песчаников сходен (и отличается лишь присутствием в центральных частях нескольких зерен (мас. %) Fe_2O_3 0.22–0.25, TiO 0.22–0.43 и незначительных количеств легких лантаноидов в микрокристаллах сванбергита, заключенных в зернах лазулита (табл. 1).

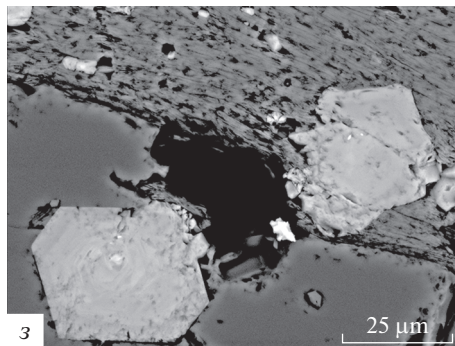
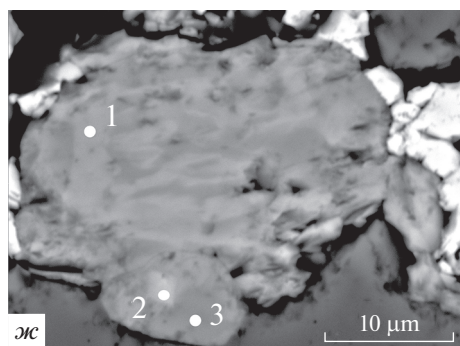
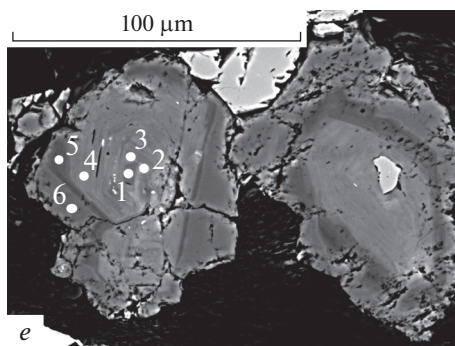
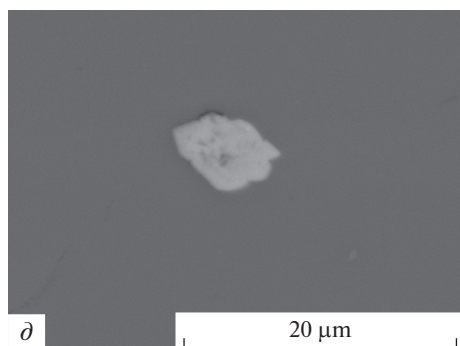
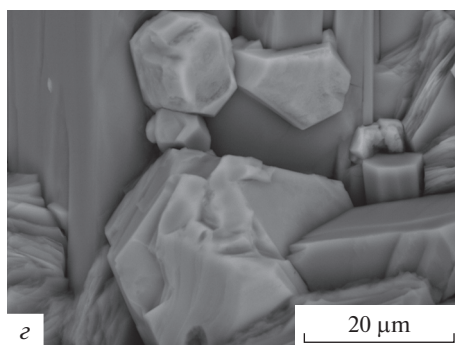
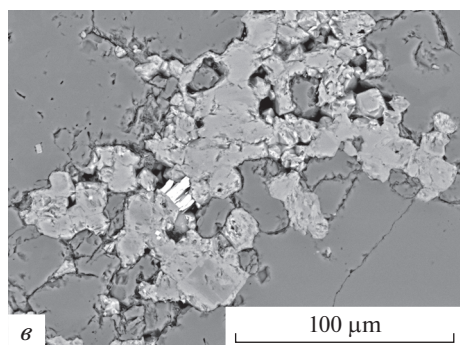
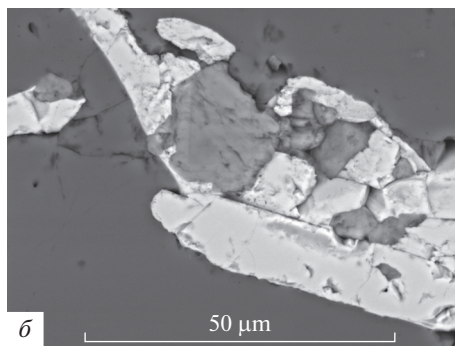
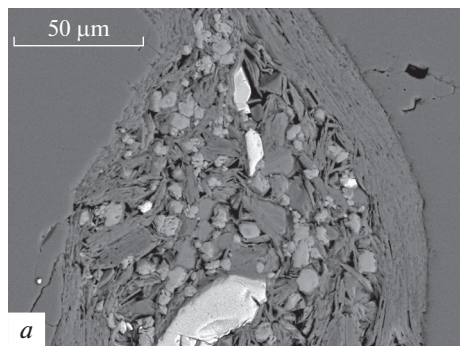
АЛЮМОСУЛЬФАТ-ФОСФАТЫ ИЗ КВАРЦЕВЫХ ЖИЛ

В кварцевых жилах алюмосульфат-фосфаты встречаются в виде кристаллов внутри линзовидных образований, сложенных микрочешуйчатым серицитом (рис. 3, а) или гематитом (рис. 3, б), в виде микроагрегатных скоплений (рис. 3, в) и отдельных кристаллов (рис. 3, г), выполняющих микротрещины, а также одиночных кристаллов без видимых подводящих трещин в зернах кварца (рис. 3, д).

Часто кристаллы имеют неоднородное, зональное строение (рис. 3, б, в, е, з). Кроме упомянутых выше минералов, в ассоциации со сванбергитом встречаются турмалин, титанит и циркон, содержащий от 2.66 до 6.77 мас. % Sc_2O_3 . В составе алюмосульфат-фосфатов из кварцевых жил, содержащих 0.31–0.93 к.ф. сульфат-иона, присутствуют в малом количестве легкие РЗЭ. Внутри некоторых зерен сванбергита хорошо различены

Рис. 3. Алюмосульфат-фосфаты в кварцевых жилах: а – сванбергит и гематит (светлое) в серицитовой “линзе”, обр. 17-19-3; б – зональные кристаллы в микротрещине, выполненной гематитом, обр. 17-19-10; в – микроагрегатное скопление сванбергита, обр. 17-12-2; г – отдельные кристаллы сванбергита, обр. 17-19-3; д – микрокристалл сванбергита в кварце обр. 17-19-2; е – зональные кристаллы: 1, 5 – сванбергит; 2 – флоренсит-сванбергит; 3, 4 – вудхаузеит-сванбергит; 6 – гоязит; обр. 17-19-3; ж – микрокристалл флоренсита (точка 2) в зерне сванбергита, обр. 17-19-2; з – зональные зерна сванбергита, обр. 17-19-3. Изображения в отраженных электронах.

Fig. 3. Alumosulfate-phosphates in quartz veins: а – svanbergite and hematite (light) in a sericite “lens”, sample 17-19-3; б – zonal crystals of svanbergite in a microfracture filled with hematite, sample 17-19-10; в – microaggregate accumulation of svanbergite, sample 17-12-2; г – separate svanbergite crystals, sample 17-19-3; д – monocrystal of svanbergite in quartz, sample 17-19-2; е – zonal crystals: 1, 5 – svanbergite (light-hematite), 2 – florencite-svanbergite, 3, 4 – woodhouseite-svanbergite, 6 – goyazite, sample 17-19-3; ж – microcrystal of florencite (point 2) in a grain of svanbergite, sample 17-19-2. BSE images.



мы ромбические микрозерна, в которых присутствует вудхаузеитовый (содержание CaO до 6.74 мас. %), а в гояците – крадаллитовый (содержание CaO до 5.78 мас. %) компонент (табл. 1).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В песчаниках и кварцевых жилах были установлены алюмосульфат-фосфаты ряда гояцит-сванбергит (Bayliss et al., 2010). По химическому составу в ряду гояцит-сванбергит распространены минералы с промежуточным химическим составом. В них постоянно присутствуют (мас. %): Al_2O_3 31.03–34.95, P_2O_5 17.68–26.42, SO_3 5.82–8.67 в гояците и 8.76–16.15 в сванбергите (табл. 1). В структурной позиции стронция в виде изоморфной примеси в сванбергите и гояците всегда присутствует кальций (CaO 0.51–6.74 мас. %). В сванбергите, кроме того, содержатся (мас. %): Se_2O_3 0.66–1.79, Nd_2O_3 0.26–0.76 и La_2O_3 до 0.26–0.65. В сванбергите из песчаников присутствует барий (0.25–0.26 мас. %). Наличие зональности, включений и химический состав стронциевых алюмосульфат-фосфатов и сопутствующих минералов свидетельствуют об их гидротермальном происхождении.

Сходное по набору типоморфных минералов и геологическому строению рудопроявление Литошкинское, приуроченное к тектонической зоне и кварцитам средне-позднерифеского возраста известно на Полярном Урале. Здесь в ассоциации со сванбергитом отмечается широкий спектр сульфат-фосфатных и фосфатных минералов. Кроме минералов ряда вудхаузеит-сванбергит-флоренсит, присутствуют также апатит, алюминиевые сульфат-фосфаты, ксенотим, монацит и некоторые другие. На примере этого рудопроявления В.И. Силаевым и соавторами подробно изучены особенности изоморфизма и кристаллохимии твердых растворов алюминиевых сульфат-фосфатов (Силаев и др., 2001). Все минералы, в том числе сванбергит, здесь представлены единичными зернами, в отличие от описанных нами кварцитов, содержащих до 40% сванбергита.

Известно, что образование разнообразных фосфатов характерно для нижней части профиля выветривания, где фосфор и стронций первоначально сорбировались оксидными и гидроксидными минералами железа (Гладковский и др., 1971; Булгакова, 1973; Данилин и др., 1982; Швецова и др., 1989; Козырева, Швецова, 2001). Появление в гидротермальных растворах компонентов для кристаллизации сванбергита могло быть обусловлено взаимодействием питающих растворов и образований древней коры выветривания по породам фундамента. Если глубинное происхождение гидротермальных систем Желаннинского кварцево-жильного рудного поля считается доказанным (Козлов, 1988; Марин и др., 1996), то однозначного доказательства влияния на формирование алюмосульфатно-фосфатной минерализации образований древней метаморфизованной коры выветривания пока нет.

ВЫВОДЫ

Анализ полученных данных позволяет считать, что источником фосфора и стронция при образовании алюмосульфатно-фосфатной минерализации в кварцевых жилах и кварцитопесчаниках служили измененные в коре выветривания вендские или рифейские магматические породы основного состава. Такими породами могли быть широко представленные в районе тела габбро-долеритов парнукского ($v\beta V_{1p}$) комплекса, содержащие, по данным масс-спектрального анализа (ICP MS), 200 г/т Sr. Присутствие в сванбергит-содержащих кварцитоперчаниках титанита, эпидота и гематита также указывает на базитовый источник вещества, привнесенного в монокварцевые породы.

Работа выполнена в рамках проекта НИР “Осадочные формации: вещество, седиментация, литогенез, геохимия, индикаторы литогенеза, реконструкция осадконакопления”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Буканов В.В., Буканова В.А., Никитенко И.П. Новые данные о сванбергитизации как процессе окolorудного изменения вмещающих пород / Геология и полезные ископаемые северо-востока Европейской част СССР и севера Урала. Труды VII геологической конференции Коми АССР. Сыктывкар, 1973. С. 514–520.

Булах А.Г., Золотарев А.А., Кривошечев В.Г. Структура, изоморфизм, формулы, классификация минералов. СПб: Изд-во Санкт-Петербургского государственного университета, 2014. 133 с.

Булгакова А.П. Эпигенетический сванбергит в коре выветривания Лебединского месторождения КМА // ЗВМО. 1973. Вып. 6. С. 702–707.

Васильев Е.К., Кашаева Г.М., Ушаповская З.Ф. Рентгеномерический определитель минералов. М.: Наука, 1974. С. 59–61.

Данилин Е.Л., Занин Ю.Н., Вахромеев А.М., Глинская Л.Г., Кривошечев Л.М., Столповская В.Н., Замирайлова А.Г. Фосфатоносные коры выветривания и фосфориты. М.: Наука, 1982. 75 с.

Ефанова Л.И., Юдович Я.Э., Котельникова Е.А. К вопросу о возрасте риолитов на хребте Малдыньрд / Геохимия древних толщ Севера Урала. Сыктывкар, 2002. С. 131–132.

Козлов А.В. Хрусталеобразующие гидротермальные системы. Диссертация ... доктора геолого-минералогических наук. Санкт-Петербург: СПбГИИ, 1988. 446 с.

Козырева И.В., Швецова И.В. Алюмофосфаты лантаноидов, стронция и бария в метаморфических породах на Приполярном Урале / Структура, порешество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Информационные материалы 10-й научной конференции. Сыктывкар: Геопринт, 2001. С. 97–99.

Кузнецов С.К. Жильный кварц Приполярного Урала. СПб: Наука, 1998. 203 с.

Кузнецов С.К., Светова Е.Н., Шанина С.Н., Филиппов В.Н. Элементы примеси в кварце гидротермально-метаморфогенных жил Приполярноуральской провинции // Геохимия, 2012. № 11. С. 1016–1031.

Литошко Д.Н., Буканов В.В. Лазулит Севера Урала // ЗВМО. 1989. Вып. 1. С. 35–41.

Ляхович В.В. Акцессорные минералы, их генезис, состав и индикаторные признаки. М.: Наука, 1968. 276 с.

Марин Ю.Б., Капитонов И.Н., Карякина Т.А., Козлов А.В., Лохов К.И., Токарев И.В. Разработка критериев оценки флюидодинамического режима гидротермальных систем на основе газового анализа и изучения изотопии благородных газов включений минералообразующей среды в кристаллах кварца / Информационный бюллетень РФФИ, 4. Науки о Земле, 1996. 3 с.

Репина С.И. Месторождение жильного кварца и горного хрусталя Желанное. Екатеринбург: УрО РАН, 2016. 287 с.

Силаев В.И., Филиппов В.Н., Сокерин М.Ю. Твердые растворы вудхаузеит–сванбергит–флоренсит во вторичных кварцитах // ЗВМО. 2001. № 1. С. 99–110.

Сокерина Н.В., Шанина С.Н. Газово-жидкие включения в жильном кварце месторождения Желанное // ЗВМО. 2001. № 4. С. 71–78.

Швецова И.В., Лихачев В.В., Ширяева Л.Л. Стронциевый алюмофосфат в бокситоносной коре выветривания полевошпатовых метасоматитов на Среднем Тимане // Минералогия Тимано-Североуральского региона. Тр. Ин-та геологии Коми научного центра УрО АН СССР; Вып. 72. Сыктывкар, 1989. С. 17–26.

Юдович Я.Э., Кетрис М.П., Швецова И.В. Золотоносные кианитовые кварциты в тельпосской свите / Геохимия древних толщ Севера Урала. Сыктывкар, 2002. С. 127–130.

Alumosulfate-Phosphates from Quartzite-Sandstones and Quartz Veins of the Chernaya Mount (the Circumpolar Urals)

N. Yu. Nikulova^a, *, N. V. Sokerina^a, O. V. Grakova^a, I. V. Kozyreva^a, and V. N. Filippov^a

^aInstitute of Geology of Komi Scientific Centre of the Urals Branch
RAS, Syktyvkar, Russia

*e-mail: nikulova@geo.komisc.ru

The article displays results of the study of alumosulfate-phosphates occurring in quartzite sandstones and quartz veins of Kozhim region in the Circumpolar Urals. Their mineral composition, and relationship with host rocks suggests a metasomatic origin of the alumo-

sulfate-phosphates mineralization in quartzite sandstones. It is assumed also that svanbergite and goyazite in quartz veins and quartzites were formed from a single hydrothermal source during the crystal-bearing stage of the quartz vein formation.

REFERENCES

- Bayliss P., Kolitsch U., Nickel E.H., Pring A. Alunite supergroup: recommended nomenclature, *Miner. Mag.* **2010**. Vol. 74. N 5. P. 919–927.
- Bukanov V.V., Bukanova V.A., Nikitenko I.P. New data on svanbergitization as a process of near-ore alteration of host rocks. In: *Geology and minerals of the north-east of the European part of the USSR and the north of the Urals. Proc. of the VII Geological Conference of the Komi ASSR*. Syktyvkar, **1973**. P. 514–520 (in Russian).
- Bulakh A.G., Zolotarev A.A., Krivovichev V.G. Structures, isomorphism, formulas, classification of minerals. Saint Petersburg: Saint Petersburg University Press, **2014**. 133 p. (in Russian).
- Bulgakova A.P. Epigenetic svanbergite in the weathering crust of the Lebedinsky deposit, KMA, *Zapiski VMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **1973**. N 6. P. 702–707 (in Russian).
- Vasiliev E.K., Kashaeva G.M., Ushapovskaya Z.F. X-ray determinant of minerals. Moscow: Nauka, **1974**. P. 59–61 (in Russian).
- Danilin E.L., Zanin Yu.N., Vakhromeev A.M., Glinskaya L.G., Krivoputskaya L.M., Stolpovskaya V.N., Zamirailova A.G. Phosphate-bearing weathering crusts and phosphorites. Moscow: Nauka, **1982**. 75 p. (in Russian).
- Efanova L.I., Yudovich Ya.E., Kotelnikova E.A. On the question of the age of rhyolites on the Mal-dynrd Ridge. In: *Geochemistry of the ancient strata of the Northern Urals*. Syktyvkar, **2002**. P. 131–132 (in Russian).
- Kozlov A.V. Crystal-forming hydrothermal systems. *Doctoral thesis*. Saint Petersburg: Saint Petersburg Mining University, **1988**. 446 p. (in Russian).
- Kozyreva I.V., Shvetsova I.V. Lanthanide, strontium and barium aluminophosphates in metamorphic rocks in the Subpolar Urals. In: *Structure, substance, history of the lithosphere of the Timan-North Ural segment: Information materials of the 10th scientific conference*. Syktyvkar: Geoprint, **2001**, P. 97–99 (in Russian).
- Kuznetsov S.K. Vein quartz of the Subpolar Urals. Saint Petersburg: Nauka, **1998**. 203 p. (in Russian).
- Kuznetsov S.K., Svetova E.N., Shanina S.N., Filippov V.N. Impurity elements in quartz of hydrothermal-metamorphic veins of the Subpolar Urals province. *Geochemistry*. **2012**, N 11. P. 1016–1031 (in Russian).
- Litoshko D.N., Bukanov V.V. Lazulite of the Northern Urals. *Zapiski VMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **1989**. N 1. P. 35–41 (in Russian).
- Lyakhovich V.V. Accessory minerals, their genesis, composition and indicator features. Moscow: Nauka, **1968**. 276 p. (in Russian).
- Marin Yu.B., Kapitonov I.N., Karyakina T.A., Kozlov A.V., Lokhov K.I., Tokarev I.V. Development of criteria for assessing the fluid-dynamic regime of hydrothermal systems based on gas analysis and studying the isotopy of noble gases of mineral-forming medium inclusions in quartz crystals. *RFBR Information Bulletin, 4. Earth Sciences*, **1996**. 3 p. (in Russian).
- Repina S.I. Deposit of veined quartz and rock crystal Zhelannoye. Yekaterinburg: UrB RAS, **2016**. 287 p. (in Russian).
- Silaev V.I., Filippov V.N., Sokerin M.Yu. Solid solutions of woodhouseite-svanbergite-florensite in secondary quartzites. *Zapiski VMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **2001**. N. 1. P. 99–110 (in Russian).
- Sokerina N.V., Shanina S.N. Gas-liquid inclusions in vein quartz of the Zhelannoye deposit. *Zapiski VMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **2001**. N. 4. P. 71–78 (in Russian).
- Shvetsova I.V., Likhachev V.V., Shiryayeva L.L. Strontium aluminophosphate in the bauxite-bearing weathering crust of feldspar metosomatites in the Middle Timan. In: *Mineralogy of the Timan-Severouralsk region. Tr. Institute of Geology. Komi Scientific Center. Ural Branch of the Academy of Sciences of the USSR*. Iss. 72. Syktyvkar, **1989**. P. 17–26 (in Russian).
- Yudovich Y.E., Ketris M.P., Shvetsova I.V. Gold-bearing kyanite quartzites in the Telpos Formation. In: *Geochemistry of ancient sequences of the North Urals*. Syktyvkar, **2002**. P. 127–130 (in Russian).