

Те-КАНФИЛЬДИТ ИЗ РУД ЛУННОГО Au-U МЕСТОРОЖДЕНИЯ (АЛДАНСКИЙ РАЙОН, РЕСПУБЛИКА ЯКУТИЯ)

К.А. Новоселов, Е.В. Белогуб, И.А. Блинов

*Институт минералогии ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН,
г. Миасс, Челябинская обл., 456317 Россия; const31@yandex.ru*

Te-CANFIELDITE FROM THE LUNNOE Au-U DEPOSIT (ALDAN REGION, REPUBLIC OF YAKUTIYA)

K.A. Novoselov, E.V. Belogub, I.A. Blinov

*Institute of Mineralogy SU FRS MG UB RAS,
Miass, Chelyabinsk oblast, 456317 Russia; const31@yandex.ru*

В рудах Федоровской жильной зоны Лунного Au-U месторождения на Алданском щите (Якутия) выявлен Те-канфильдит в ассоциации с пиритом, марказитом, гесситом, сульфосолями Tl. Минерал образует ангедральные включения в жильном матриксе. Спектр отражения имеет слабо выраженную нормальную дисперсию, кривая дисперсии субпараллельна кривой канфильдита, но значение отражательной способности существенно выше. Для Те-канфильдита характерно выдержанное соотношение S:Te, согласующееся с аналитическими данными для большинства других определений минерала (Ленгенбах, Сиротан, Николаевское, Урях). Анализ литературных данных свидетельствует о том, что Те-канфильдит образуется в широком диапазоне геологических обстановок.

Илл. 5. Табл. 1. Библ. 20

Ключевые слова: Те-канфильдит, Лунное, Алданский щит

Te-canfieldite was found in assemblage with pyrite, marcasite, hessite, and Tl sulfosalts in the ores of the Fedorovskaya vein zone of the Lunnoe Au-U deposit, Aldan shield (Yakutia). The mineral forms anhedral inclusions in vein matrix. Its reflection spectrum is characterized by weak normal dispersion, the dispersion curve is almost parallel to the canfieldite curve, but the reflectivity value is significantly higher. A sustained S:Te ratio of Te-canfieldite is consistent with the analytical data for most mineral localities (Lengenbach, Sirotan, Nikolayevskoye, Uryakh). It is suggested that Te-canfieldite is formed in a wide range of geological settings.

Figures 5. Table 1. References 20

Key words: Te-canfieldite, Lunnoe, Aldan shield

Введение

Канфильдит Ag_8SnS_6 является редкой сульфосолю. Минерал принадлежит группе аргиродита, включающей в себя собственно аргиродит Ag_8GeS_6 , албурнит $Ag_8GeTe_2S_4$, путцит $(Cu_{4.7}Ag_{3.3})GeS_6$ и спрайит $Ag_8As^{3+}_{0.5}As^{5+}_{0.5}S_6$. В канфильдите может отмечаться существенная примесь Те и реже – Се (Некрасова, Бородаев, 1972; Zhai et al., 2018). Теллурсодержащий канфильдит (далее – Те-канфильдит) был впервые обнаружен в 1971 г.

(Онтоев и др., 1971; Harris, Owens, 1971) и с тех пор диагностирован примерно в десятке рудных объектов. Диагностика минерала, в основном, опирается на определение химического состава. Количественные оптические характеристики для Те-канфильдита в опубликованных работах не приводятся. Изучение структуры минерала проводилось Л. Бинди (Bindi et al., 2012) на материале из месторождения Ленгенбах (Швейцария).

В настоящей работе рассмотрен Те-канфильдит из Лунного золото-уранового место-

рождения (Алданский щит, Якутия). Для минерала впервые получены спектры отражения. Также сделан обзор распространенности Те-канфилдита и рассмотрены условия его образования.

Методы исследований

Сульфидные руды были отобраны точечным способом в борту и отвалах выработок Федоровской зоны Лунного золото-уранового месторождения в Алданском районе Якутии. Проба с Те-канфилдитом была измельчена до крупности –2 мм и отмыта в воде до серого шлиха. Серый шлик очищен в бромформе и изучен с использованием оптической и электронной микроскопии. Валовый состав пробы определен рентгенофазовым анализом (дифрактометр Shimadzu XRD-6000, Cu-K α излучение, 1°/мин). Спектры отражения получены на микроскопе-спектрофотометре МСФ-Р (аналитик К.А. Новоселов), оснащенный спектрофотометрической насадкой с ФЭУ «R928» (Hamamatsu, Япония). Измерения проводились в воздухе, объектив – ахромат с увеличением 21 \times с числовой апертурой 0.40, размер фотометрируемого участка 0.02 мм, дифракционная решетка 600 штр/мм, спектральный интервал 6 нм, напряжение на ФЭУ 400 В, стандарт – Si. Состав рудных минералов определен на сканирующем электронном микроскопе VEGA 3 TESCAN с энергодисперсионным анализатором (аналитик И.А. Блинов).

Геологическое строение Лунного месторождения

Лунное месторождение располагается на правом берегу р. Якоцит, в юго-западной части Эльконского горста, в протяженных структурах архейского фундамента. Геологическое строение участка сложное из-за значительных метаморфических и метасоматических изменений и широкого развития разновозрастных интрузивных пород (Гречишников, Краюшкин, 2013). Вмещающие породы имеют архейский возраст и представлены кристаллическими сланцами и гнейсами федоровской серии, метаморфизованными в условиях гранулитовой и амфиболитовой фаций метаморфизма (рис. 1). Федоровская серия разделена на три свиты: нижнюю медведевскую, среднюю леглиерскую и верхнюю атырскую. Леглиерская свита, состоящая преимущественно из диопсидовых, диопсид-гиперстеновых разностей кристаллических сланцев и гнейсов,

является маркирующей. Медведевская и атырская свиты представлены амфиболовыми, амфибол-биотитовыми сланцами и гнейсами с незначительным присутствием пироксеновых разностей. Непосредственно в контуре месторождения развиты породы медведевской свиты, на Федоровском участке они преобладают. Также на участке месторождения широко представлена группа пород, тяготеющих по составу к нормальным гранитам, к которым принадлежат калишпатовые и гранитизированные породы, а также мигматиты, гранитогнейсы, лейкократовые граниты и ортогекситы. Мезозойские породы представлены интрузивными породами щелочноземельного, субщелочного и щелочного состава, включая минетты, сиенит-диорит-порфиры, силлы и дайки ортофинов (порфировых пород с ортоклазом в виде порфировых вкрапленников, трахиты с девитрифицированной основной массой). К этому же этапу относятся дайки эгирин-авгитовых сиенитов, сиенит-порфиров, трахитов и др.

На участке месторождения выделяется несколько зон Au-U оруденения. Рассмотренная нами Федоровская зона имеет субширотное простирание и субвертикальное падение (рис. 1). Мощность выделяемой опробованием зоны достигает первых десятков метров. Внутреннее строение зоны сложное с преобладанием в различной степени гидротермально-измененных тектонитов. Здесь же выделяются рудные брекчии в виде серий ветвящихся прожилков преимущественно кварцевого, реже карбонатного состава мощностью от первых сантиметров до нескольких десятков сантиметров; иногда – сложные зоны брекчирования мощностью до первых метров. Протяженность таких зон с незначительными перерывами варьирует от сотен метров до первых километров. Возраст оруденения по геологическим признакам принят как мезозойский (Гречишников, Краюшкин, 2013).

Состав сульфидных руд

Жильный матрикс руд представлен преобладающим калиевым полевым шпатом с подчиненными количествами кварца, альбита, слюд (мусковита и биотита), кальцита и доломита, флюорита. Среди рудных минералов преобладает пирит, в небольших количествах присутствуют марказит, халькопирит, пирротин, Те-канфилдит, гессит, сульфосоли Ag-Tl, рутил, лейкоксен, магнетит, гематит, браннерит (рис. 2), урановые слюдки, барит, лимонит. В технологических пробах был отмечен

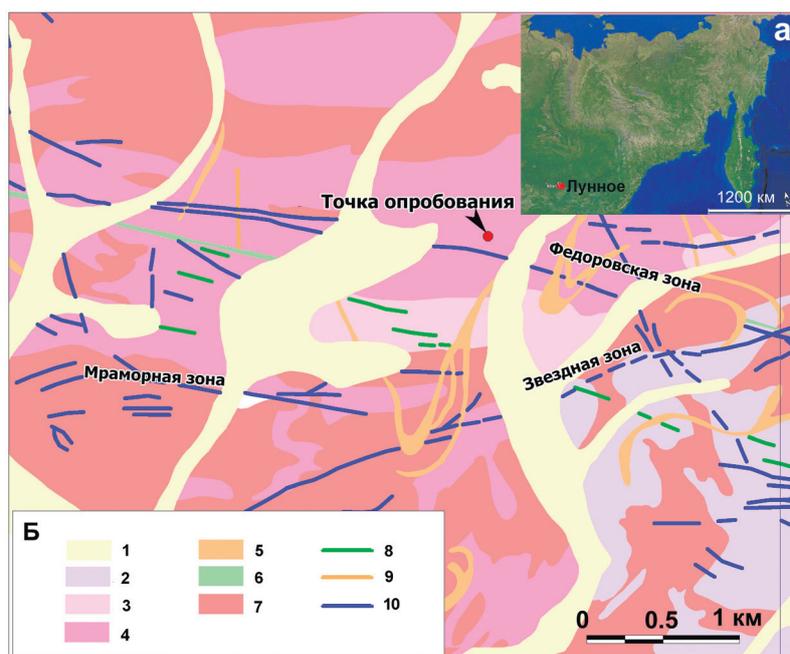


Рис. 1. Положение месторождения на снимке Google Earth (а) и геологическая карта месторождения Au-U Лунное (б) (Гречишников, Краюшкин, 2013 с упрощениями).

1 – четвертичные отложения; 2–4 – свиты: 2 – атырская, 3 – леглиерская, 4 – медведевская; 5 – гипабиссальные щелочные породы K_1 ; 6 – Скальный монцодиоритовый комплекс PR; 7 – Каменковский лейкогранитовый комплекс PR; 8 – дайки долеритов R_2 ; 9 – дайки и силлы минетт K_1 ; 10 – жильные зоны.

Fig. 1. Geographic position in Google Earth image (a) and geological map of the Lunnoe Au-U deposit (б), simplified after (Grechishnikov, Krayushkin, 2013).

1 – Quaternary sediments; 2–4 – formations: 2 – Atyr, 3 – Leglier, 4 – Medvedevskaya; 5 – Early Cretaceous hypabyssal alkaline rocks; 6 – Proterozoic Skalny monzodiorite complex; 7 – Proterozoic Kamenkovsky leucogranitic complex; 8 – Middle Riphean dolerite dikes; 9 – Early Cretaceous dikes and sills of minettes; 10 – vein zones.

акантит (Гречишников, Краюшкин, 2013). Суммарное содержание рудных минералов в технологической пробе сульфидных руд составляло около 10 % (Гречишников, Краюшкин, 2013), но сильно варьировало.

Пирит образует неравномерную вкрапленность, тяготеет к тонким кварц-флюоритовым просечкам. Размер зерен пирита составляет обычно первые микрометры–первые десятки микрометров, максимально – 0.5 мм. В тонкозернистых агрегатах с пиритом ассоциирует марказит. Также для руд характерны пятнистые текстуры, в которых тонкозернистый пирит тесно сростается с лейкоксеном (рис. 2). В магнитной и электромагнитной фракциях часто наблюдается пирит в виде каемчатых агрегатов вокруг магнетита. В наиболее крупных зернах пирита присутствуют тонкие (менее микрометра) включения халькопирита и пирротина. Химический состав пирита характеризуется постоянной примесью As, достигающей 4.4 мас. %.

Марказит, наряду с пиритом, является распространенным минералом. Для него типичны тесные сростания с пиритом. Часто можно наблюдать обрастание зерен пирита марказитом, в том числе почковидные агрегаты, где пирит находится в центральной части почки, а внешняя зона сложена марказитом. Также марказит встречается в виде свободных частиц и вкрапленности в жильных минералах.

Те-канфильдит

Те-канфильдит является главным минералом серебра на участке. Он образует рассеянную субгидральную или ксеноморфную вкрапленность в жильном матриксе руд. Имеются сростания с пиритом и флюоритом (рис. 3). Обычно вокруг вкраплений Те-канфильдита наблюдается тонкая прерывистая кайма гессита, также отмечались недиагностированные Tl-содержащие сульфосоли. В одном случае по Те-канфильдиту развивается ли-

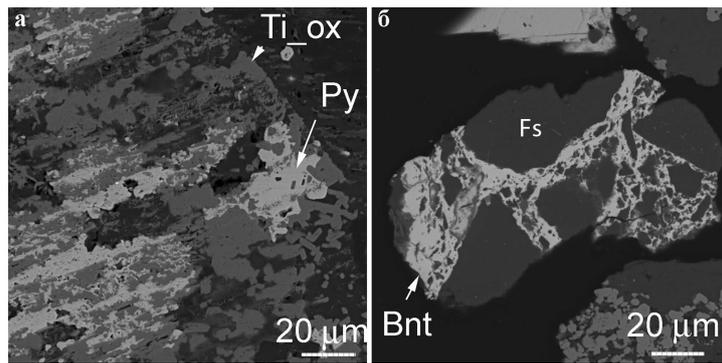


Рис. 2. Структуры рудных агрегатов:

а – пирит-лейкоксеновый сросток; б – браннерит, развивающийся по трещинам катаклаза в калиевом полево шпате.

Py – пирит, Ti_ox – окислы титана (лейкоксен), Bnt – браннерит, Fs – калиевый полево шпат. Здесь и на рис. 3 – BSE изображения.

Fig. 2. Texture of ore aggregates:

а – pyrite-leucocoxene intergrowth; б – brannerite along cataclastic fractures in K-feldspar.

Py – pyrite, Ti_ox – Ti oxides (leucocoxene), Bnt – brannerite, Fs – K-feldspar. Here and in Fig. 3 – BSE images.

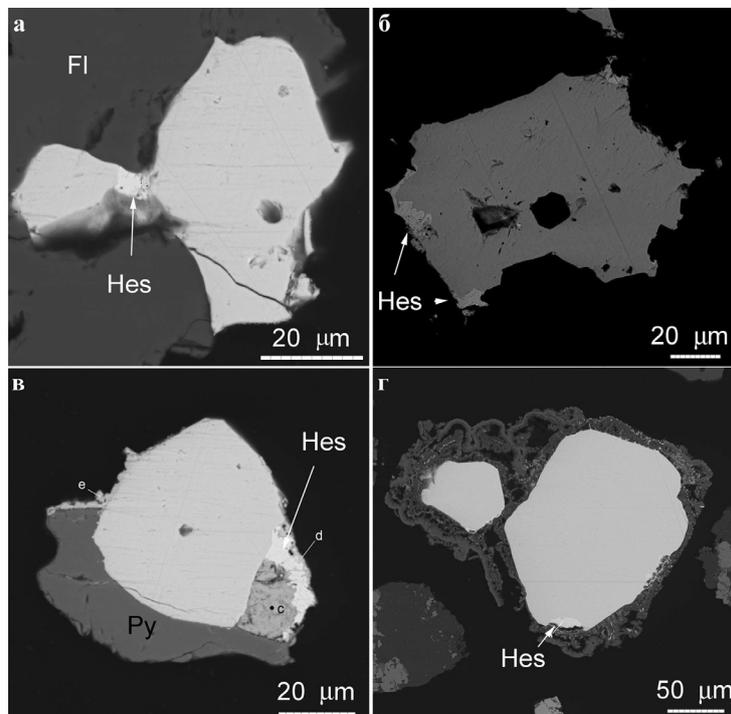


Рис. 3. Срастания Те-канфильдита с другими минералами:

а – сросток Те-канфильдита и флюорита; б – прерывистая кайма гессита вокруг Те-канфильдита, в – сросток Те-канфильдита, пирита, гессита, недиагностированной TI-сульфосоли (d, e) и оксида теллура (c); г – зерно Те-канфильдита в рубашке лимонита.

Fl – флюорит, Hes – гессит.

Fig. 3. Aggregates of Te-canfieldite and other minerals:

а – intergrowth of Te-canfieldite and fluorite; б – discontinuous hessite rim around Te-canfieldite; в – intergrowth of Te-canfieldite, As-pyrite, TI-bearing sulfosalts (d, e), and Te oxide (c); г – Te-canfieldite grain rimmed by limonite.

Fl – fluorite, Hes – hessite.

монит. Размер зерен минерала не превышает 0.1 мм (обычно 0.05 мм). Он изотропен, имеет умеренную отражательную способность, цвет в отраженном свете серый без выраженных оттенков. Спектр

отражения имеет слабовыраженную нормальную дисперсию (рис. 4). Возможно, в предыдущих работах этот минерал был пропущен из-за сходства с акантитом. Соотношение S:Te в химическом со-

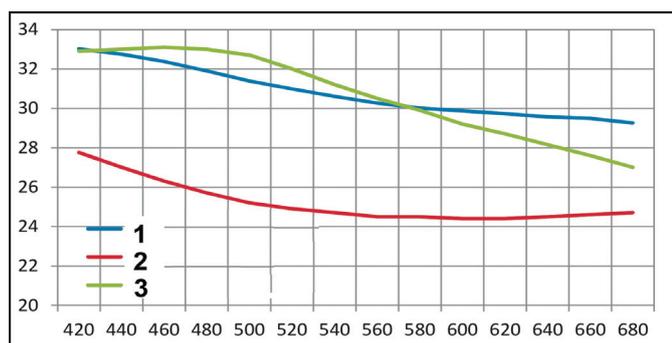


Рис. 4. Спектры отражения Те-канфильдита (1) в сопоставлении с канфильдитом (2) и акантитом (3) (The quantitative..., 1986).

Fig. 4. Reflectance spectra of Te-canfieldite (1) in comparison with canfieldite (2) and acantite (3) (The quantitative..., 1986).

Таблица

Химический состав Те-канфильдита и гессита (мас. %)

Table

Chemical composition of Te-canfieldite and hessite (wt. %)

№ п/п	№ анализа	S	Ag	Sn	Te	Сумма	Формула
1	17276a	9.42	63.65	7.81	19.12	100.00	$Ag_{7.98}Sn_{0.89}(S_{3.97}Te_{2.03})_6$
2	17276c	9.22	63.57	8.20	18.97	99.96	$Ag_{8.11}Sn_{0.95}(S_{3.96}Te_{2.04})_6$
3	17276d	9.52	63.58	8.05	19.05	100.2	$Ag_{7.93}Sn_{0.91}(S_{3.99}Te_{2.01})_6$
4	17276e	9.31	63.58	8.13	19.01	100.03	$Ag_{8.05}Sn_{0.94}(S_{3.97}Te_{2.03})_6$
5	7305a	9.48	62.98	7.84	18.80	99.09	$Ag_{7.91}Sn_{0.89}(S_{4.00}Te_{2.00})_6$
6	17305g	9.41	63.27	8.15	19.17	100.00	$Ag_{7.93}Sn_{0.93}(S_{3.97}Te_{2.03})_6$
7	17305n	9.56	63.14	7.89	18.63	99.22	$Ag_{7.91}Sn_{0.90}(S_{3.97}Te_{2.03})_6$

Примечание. Формула Те-канфильдита рассчитана на сумму атомов S и Te, равную 6.

Note. Formula of Te-canfieldite is recalculated to S and Te sum of 6.

ставе Те-канфильдита составляет примерно 2:1 (табл.).

Обсуждение

Теллурсодержащая разновидность канфильдита встречается относительно редко (Harris, Owens, 1971; Āud'a, Kriřtin, 1978; Wimmers, 1985; Marcoux et al., 1993; Horner et al., 1997; De Brodtkorb, 2009; Bindi et al., 2012; Сафина и др., 2015 и др.). Обстановки его формирования можно сгруппировать следующим образом.

Жильные вольфрамовые (скарново-грейзеновые) месторождения. На месторождении Белухинское в Восточном Забайкалье теллурсодержащий канфильдит был выявлен Д.О. Онтоевым с соавторами (1971). Месторождение локализовано в мезозойских интрузивных породах. Те-канфильдит диагностирован в рудах нижних горизонтов месторождения в ассоциации с пирротинном и другими теллурсодержащими минералами – тетрадимитом, жозеитом, самородным теллуrom.

На месторождении Панашкейра (Португалия), которое состоит из серии кварц-вольфрамитовых (Cu-Ag-Sn) жил, секущих нижнепалеозойские-неопротерозойские сланцы на контакте с гранитоидами, теллурсодержащий канфильдит выявлен в

агрегате халькопирита вместе с самородным висмутом, матильдитом и галенитом. Также он встречается в сфалерите с включениями станнина, в сростании с зерном пирротина (Wimmers, 1985). Зерна Те-канфильдита ангедральные, имеют размер менее 50 мкм.

Руды скарнового месторождения Тсумо (Япония) также содержат Те-канфильдит (Soeda et al., 1984).

Эпитермальные золото-серебряные и серебро-оловянные месторождения. На плиоценовом месторождении Сиротан (о. Западная Ява) руды основной стадии состоят из пирита и марказита, галенита, сфалерита, редких халькопирита и арсенопирита в кварц-серицит-родохрозитовой (с родонитом) жильной массе. Те-канфильдит, наряду с гринокитом, ютенбогардитом, лиллианитом, касситеритом, вольфрамитом, наложен на основную рудную стадию. Те-канфильдит является единственным минералом теллура на месторождении и образует включения размером менее 45 мкм в пирите (Marcoux et al., 1993).

На Ag-Sn эпитермальных месторождениях боливийского типа в Аргентине Те-канфильдит выявлен в рудном поле Пиркитас и месторождении Хулио-Верде (De Brodtkorb, 2009). В жилах Пиркитас минерал принадлежит полиметаллической стадии, где кри-

сталлизируются сфалерит, вюртцит, галенит, марказит, сульфиды Sn и Ag, сульфосоли Sb-Pb. В рудах рудника Хулио-Верде Те-канфильдит ассоциирует с тетраэдритом, теннантитом, голдфильдитом, халькопиритом, арсенопиритом, энаргитом, фаматинитом, моусонитом, станнином-кестеритом и электрумом.

На месторождении Рошиа-Монтана (Румыния) Те-канфильдит выявлен в жилах Mn-карбоната в тесной ассоциации с самородным золотом (Popescu, Neacșu, 2011). Размер его ангедральных зерен составляет примерно 0.1 мм.

Pb-Zn месторождения. Теллурсодержащая разновидность канфильдита установлена в полиметаллических рудах (тип MVT?) района Ревелсток в Британской Колумбии (Harris, Owens, 1971). Руды состоят из сфалерита, пирита и галенита с подчиненными количествами станнина и редкими касситеритом, пирротинном, рутилом, шеелитом, Ag-тетраэдритом, халькопиритом, ковеллином и церусситом. Минерал образует включения размером 10–50 мкм в галените, а также часто находится на границе галенита и пирита.

Месторождение Ленгенбах (Швейцария) локализовано в триасовых доломитовых мраморах и характеризуется Pb-Tl-As-S специализацией (Hofmann, Knill, 1996). Руды стратиформные, сложены преимущественно пиритом, галенитом и сфалеритом, а также сульфосолями. Те-канфильдит здесь является единственным выявленным минералом теллура. Наряду с зелигманитом, талкуситом, вюртцитом, иорданитом и галенитом он наблюдается в теннантите (Bindi et al., 2012).

Золото-кварц-сульфидные руды (орогенные/мезотермальные). Руды Николаевского месторождения на Енисейском кряже локализованы в слюдисто-кварц-карбонатных сланцах с примесью углеродистого вещества и представлены кварцевыми жилами и зонами метасоматической проработки. Рудная минерализация представлена пиритом, пирротинном и халькопиритом, а также второстепенными арсенопиритом, сфалеритом, галенитом, магнетитом (Сафина и др., 2015). Те-канфильдит образует сглажено-угловатые включения размером до 10 мкм в галените и фрейбергите, а также находится в виде удлиненного зерна на контакте сфалерита и фрейбергита.

На Уряхском месторождении Те-канфильдит выявлен в виде изометричных или слабовытянутых выделений размером 3–20 мкм на контакте блеклой руды и галенита, а также в сростаниях с электрумом (Бортников и др., 2012ф).

В стратиформных Au-Ag-As рудах месторождения Ротгюlden (Австрийские Альпы) Те-канфильдит находится в сростаниях с гринокитом, сфалеритом и пирротинном в ассоциации с халькопиритом, висмутом, арсенопиритом и станнином (Horner et al., 1997).

Приведенная систематика весьма приближительна, но показывает, что Те-канфильдит может образовываться в широком диапазоне геологических обстановок. Температуры рудообразования были оценены лишь для нескольких объектов. Наиболее низкие значения получены для эпитеpmальных руд месторождения Сиротан (207 °C); наиболее высокие – для стратиформной Pb-Zn минерализации месторождения Ротгюlden (400 °C). Термобарохимическое изучение золото-урановых руд Эльконского горста показало, что они образовались при температурах 320–105 °C при давлениях 98–39 МПа (Дворник, 2012). Таким образом, Те-канфильдит не является индикаторным минералом для условий рудообразования.

Физические свойства Те-канфильдита практически не были изучены на количественном уровне. Полученные нами характеристики отражения показывают, что минерал имеет существенно более высокую отражательную способность по сравнению с канфильдитом (рис. 4) и другими минералами группы аргиродита (Paar et al., 2004; Tămaș et al., 2014) при сходной конфигурации кривых дисперсии отражения. По значениям отражения Те-канфильдит близок к акантиту.

Химический состав минерала интересен устойчивым соотношением Te:S (рис. 5), составляющим ~1:2. В эту статистическую закономерность не укладываются составы минерала из месторождений Злата-Баня (Đuđa, Krištin, 1978) и Панашкейра (Wimmers, 1985). Выдержанность состава может косвенным образом свидетельствовать о том, что теллур имеет закономерное положение в кристаллической решетке минерала, а не является изоморфной примесью. Такой вывод, однако, не согласуется с исследованиями структуры минерала (Bindi et al., 2012). Авторы пришли к выводу о топологической идентичности Те-канфильдита и путцита $(\text{Cu}_{4.7}\text{Ag}_{3.3})\text{GeS}_6$. Оба минерала имеют кубическую сингонию. Теллур не занимает специфической позиции в структуре канфильдита, но упорядочен среди трех имеющихся анионных позиций структуры. Следует отметить, что структура селенсодержащего канфильдита (Zhai et al., 2018) идентична структуре теллурсодержащего канфиль-

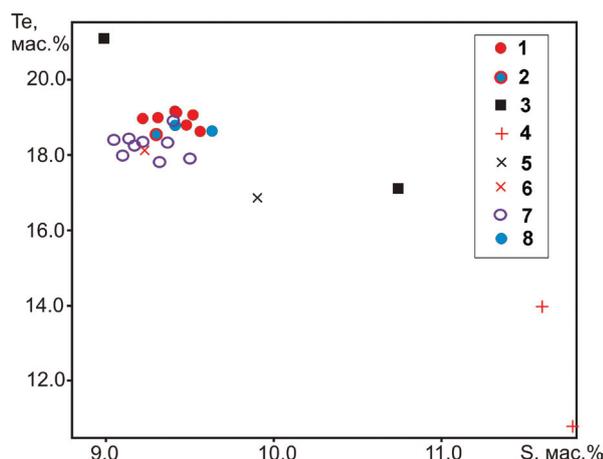


Рис. 5. Отношение S:Te для теллуросодержащего канфильдита из различных месторождений:

1 – Лунное, 2 – Урях (Бортников и др., 2012ф), 3 – Панашкейра (Wimmers, 1985), 4 – Злата-Баня (Đud'a, Krištin, 1978), 5 – Ротгюlden (Horner et al., 1997), 6 – Ленгенбах (Bindi et al., 2012), 7 – Сиротан (Marcoux et al., 1993), 8 – Николаевское (Сафина и др., 2015).

Fig. 5. S:Te ratio of Te-canfieldite from different deposits:

1 – Lunnoe, 2 – Uryakh (Бортников и др., 2012ф), 3 – Panasqueira (Wimmers, 1985), 4 – Zlata Bata (Đud'a, Krištin, 1978), 5 – Rotgulden (Horner et al., 1997), 6 – Lengenbach (Bindi et al., 2012), 7 – Cirotan (Marcoux et al., 1993), 8 – Nikolaevskoe (Сафина и др., 2015).

дита. При этом первый характеризуется сильно варьирующими содержаниями Se: от ниже предела обнаружения до 11.6 мас.%.

Заключение

В рудах Федоровской жильной зоны Лунного Au-U месторождения на Алданском щите (Якутия) впервые выявлен Te-канфильдит в ассоциации с пиритом, марказитом, гесситом, сульфосолями TI. Минерал образует ангедральные вкрапления в жильном матриксе. Спектр отражения минерала имеет слабо выраженную нормальную дисперсию, кривая дисперсии субпараллельна кривой канфильдита, но значение отражательной способности существенно выше. Для Te-канфильдита характерно устойчивое соотношение S:Te, согласующееся с аналитическими данными для большинства других определений минерала (Ленгенбах, Сиротан, Николаевское, Урях). Анализ литературных данных свидетельствует о том, что Te-канфильдит образуется в широком диапазоне геологических обстановок. Учитывая, что теллуридные фазы могут быть упорными в технологии цианидного выщелачивания руд, находка может иметь практическое значение.

Работы выполнены при поддержке ПАО «Селигдар» и бюджетной темы ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН (AAAA-A19119061790049-3). Аторы признательны Н.Е. Савве за ценные замечания.

Литература

Бортников Н.С. и др. (2012ф) Отчет по договору «Минералого-геохимическая характеристика кварцевожильных руд Уряхского рудного поля (Иркутская область, Бодайбинский район)». Москва, 102 с.

Гречишников Д.Н., Краюшкин С.А. (2013) Технико-экономическое обоснование постоянных разведочных кондиций для подсчета запасов месторождения Лунное и отчет с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.13. Москва-Алдан.

Дворник Г.П. (2012) Золоторудные метасоматические формации Центрально-Алданского района. *Литосфера*, (2), 90–105.

Некрасова А.Н., Бородаев Ю.С. (1972) Первая находка селенсодержащего канфильдита. *Доклады АН СССР*, **203**(4), 907–910.

Онгоев Д.О., Тронева Н.В., Цепин А.И., Вальсов Л.Н. (1971) О первой находке теллуристого канфильдита. *Доклады АН СССР, серия геологическая*, **201**(3), 122–125.

Сафина Н.П., Обухов А.А., Блинов И.А. (2015) Минералы олова и серебра из Николаевского золоторудного месторождения (Енисейский Кряж, Красноярский край, Россия). *Минералогия*, **1**(2), 3–8.

Bindi L., Nestola F., Guastoni A., Zorzi F., Peruzzo L., Raber Th. (2012) Te-rich canfieldite, $Ag_8Sn(S,Te)_6$, from the Lengenbach quarry, Binntal, canton Valais, Switzerland: occurrence, description and crystal structure. *Canadian Mineralogist*, **50**(1), 111–118.

De Brodtkorb M. (2009) Precious metal tellurides and other Te-bearing minerals in different paragenesis of Argentina. A review. *Revista de la Asociacion Geologica Argentina*, **64**(3), 365–372.

Đud'a R., Krištin J. (1978) Vyskyty Te-mineralizácie na lokalite Zlatá Baňa v Slanských vrchoch. *Mineralia Slovaca*, **10**(1), 47–53.

Harris D.C., Owens D.R. (1971) A tellurium-bearing canfieldite, from Revelstoke, B.C. *Canadian Mineralogist*, **10**(5), 895–898.

Hofmann B.A., Knill M.D. (1996) Geochemistry and genesis of the Lengenbach Pb-Zn-As-Tl-Ba-mineralisation, Binn Valley, Switzerland. *Mineralium Deposita*, **31**(4), 319–339.

Horner J., Neubauer F., Paar W. H., Hansmann W., Koeppel V., Robl K. (1997) Structure, mineralogy, and Pb isotopic composition of the As-Au-Ag deposit Rotgulden, Eastern Alps (Austria): significance for formation of epigenetic ore deposits within metamorphic domes. *Mineralium Deposita*, **32**(6), 555–568.

Marcoux E., Milesi J.-P., Sohearto S., Rinawan R. (1993) Noteworthy mineralogy of the Au-Ag-Sn-W(Bi) epi-

thermal ore deposit of Cirotan, West Java, Indonesia. *Canadian Mineralogist*, **31**, 727–744.

Paar W., Roberts A., Berlepsch P., Armbruster Th., Topa D., Zagler G. (2004) Putzite, $(\text{Cu}_{4.7}\text{Ag}_{3.3})_8\text{GeS}_6$, a new mineral species from Capillitas, Catamarca, Argentina: description and crystal structure. *Canadian Mineralogist*, **42**(6), 1757–1769.

Popescu G., Neacșu A. (2011) Preliminary data on two tin-sulfosalts (canfieldite and pirquitasite) from Rosia Montana. *Romanian journal of Earth sciences*, **85**(1–2), 35–41.

Soeda A., Watanabe M., Hoshino K., Nakashima K. (1984) Mineralogy of tellurium-bearing canfieldite from the Tsumo mine, SW Japan and its implications for ore genesis. *Neues Jahrbuch für Mineralogie – Abhandlungen*, **150**(1), 11–23.

Tămaș C., Grobety B., Bailly L., Bernhardt H.-J., Minuț A. (2014) Alburnite, $\text{Ag}_8\text{GeTe}_2\text{S}_4$, a new mineral species from the Roșia Montana Au-Ag epithermal deposit, Apuseni Mountains, Romania. *American Mineralogist*, **99**, 57–64.

The quantitative data file for ore minerals of the Commission on ore microscopy of the International Mineralogical Association (A.J. Criddle and C.J. Stanley, eds.). London, British Museum (Natural History). 1986.

Wimmers D. (1985) Silver minerals of Panasqueira, Portugal: a new occurrence of Te-bearing canfieldite. *Mineralogical Magazine*, **49**, 745–748.

Zhai D., Bindi L., Voudouris P., Liu J., Tombros S.F., Li K. (2018) Discovery of Se-rich canfieldite, $\text{Ag}_8\text{Sn}(\text{S},\text{Se})_6$, from the Shuangjianshishan Ag-Pb-Zn deposit, NE China: A multimethodic chemical and structural study. *Mineralogical Magazine*. DOI: 10.1180/mgm.2018.158

References

Bindi L., Nestola F., Guastoni A., Zorzi F., Peruzzo L., Raber Th. (2012) Te-rich canfieldite, $\text{Ag}_8\text{Sn}(\text{S},\text{Te})_6$, from the Lengenbach quarry, Binntal, canton Valais, Switzerland: occurrence, description and crystal structure. *Canadian Mineralogist*, **50**(1), 111–118.

Bortnikov N.S. (2012) [Unpublished report «Mineralogy-geochemical characteristic of quartz-vein ores of the Uryakh ore field (Irkutsk district, Bodaybo region)»]. Moscow, 102 p. (in Russian).

De Brodtkorb M. (2009) Precious metal tellurides and other Te-bearing minerals in different paragenesis of Argentina. A review. *Revista de la Asociacion Geologica Argentina*, **64**(3), 365–372.

Ďud'a R., Krištin J. (1978) Vyskyty Te-mineralizácie na lokalite Zlatá Baňa v Slanských vrchoch. *Mineralia Slovaca*, **10**(1), 47–53.

Dvornik G.P. (2012) [Gold ores of metasomatic complexes of Central Aldan region]. *Litosfera [Litosphere]*, **1**(2), 90–105 (in Russian)

Grechishnikov D.N., Krayushkin S.A. (2013) [Feasibility study of the Lunnoe deposit and reserves estimation]. Moscow-Aldan (in Russian).

Harris D.C., Owens D.R. (1971) A tellurium-bearing canfieldite, from Revelstoke, B.C. *Canadian Mineralogist*, **10**(5), 895–898.

Hofmann B.A., Knill M.D. (1996) Geochemistry and genesis of the Lengenbach Pb-Zn-As-Tl-Ba-mineralisation, Binn Valley, Switzerland. *Mineralium Deposita*, **31**(4), 319–339.

Horner J., Neubauer F., Paar W. H., Hansmann W., Koeppl V., Robl K. (1997) Structure, mineralogy, and Pb isotopic composition of the As-Au-Ag deposit Rotgulden, Eastern Alps (Austria): significance for formation of epigenetic ore deposits within metamorphic domes. *Mineralium Deposita*, **32**(6), 555–568.

Marcoux E., Milesi J.-P., Sohearto S., Rinawan R. (1993) Noteworthy mineralogy of the Au-Ag-Sn-W(Bi) epithermal ore deposit of Cirotan, West Java, Indonesia. *Canadian Mineralogist*, **31**, 727–744.

Nekrasova A.N., Borodaev Yu.S. (1972) [First discovery of Se-bearing canfieldite]. *Doklady AN SSSR [Doklady Academy of Sciences USSR]*, **203**(4), 907–910 (in Russian)

Ontoev D.O., Troneva N.V., Tsepina A.I., Vyal'sov L.N. (1971) First discovery of Te-bearing canfieldite. *Doklady AN SSSR [Doklady Academy of Sciences USSR]*, **201**(3), 122–125 (in Russian)

Paar W., Roberts A., Berlepsch P., Armbruster Th., Topa D., Zagler G. (2004) Putzite, $(\text{Cu}_{4.7}\text{Ag}_{3.3})_8\text{GeS}_6$, a new mineral species from Capillitas, Catamarca, Argentina: description and crystal structure. *Canadian Mineralogist*, **42**(6), 1757–1769.

Popescu G., Neacșu A. (2011) Preliminary data on two tin-sulfosalts (canfieldite and pirquitasite) from Rosia Montana. *Romanian journal of Earth sciences*, **85**(1–2), 35–41.

Safina N.P., Obukhov A.A., Blinov I.A. (2015) Tin and silver minerals from the Nikolaevskoe gold deposit (Yenisei ridge, Krasnoyarsk krai, Russia). *Mineralogiya [Mineralogy]*, (2), 3–8 (in Russian)

Soeda A., Watanabe M., Hoshino K., Nakashima K. (1984) Mineralogy of tellurium-bearing canfieldite from the Tsumo mine, SW Japan and its implications for ore genesis. *Neues Jahrbuch für Mineralogie – Abhandlungen*, **150**(1), 11–23.

Tămaș C., Grobety B., Bailly L., Bernhardt H.-J., Minuț A. (2014) Alburnite, $\text{Ag}_8\text{GeTe}_2\text{S}_4$, a new mineral species from the Roșia Montana Au-Ag epithermal deposit, Apuseni Mountains, Romania. *American Mineralogist*, **99**, 57–64.

The quantitative data file for ore minerals of the Commission on ore microscopy of the International Mineralogical Association (A.J. Criddle and C.J. Stanley, eds.). London, British Museum (Natural History). 1986.

Wimmers D. (1985) Silver minerals of Panasqueira, Portugal: a new occurrence of Te-bearing canfieldite. *Mineralogical Magazine*, **49**, 745–748.

Zhai D., Bindi L., Voudouris P., Liu J., Tombros S.F., Li K. (2018) Discovery of Se-rich canfieldite, $\text{Ag}_8\text{Sn}(\text{S},\text{Se})_6$, from the Shuangjianshishan Ag-Pb-Zn deposit, NE China: A multimethodic chemical and structural study. *Mineralogical Magazine*. DOI: 10.1180/mgm.2018.158

Статья поступила в редакцию 13 мая 2019 г.