

О НАХОДКЕ РУЗВЕЛЬТИТА, ПРАЙЗИНГЕРИТА, ТРЁГЕРИТА И ЦЕЙНЕРИТА В СОСТАВЕ Bi-As-Cu-U-МИНЕРАЛИЗАЦИИ РУДНОГО ПОЛЯ ОРАНЖЕВОЕ ВЕРХНЕ-КАЛГАНИНСКОГО МАССИВА (МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ)

Д.И. Кринов, Ю.В. Азарова

ОАО «Ведущий научно-исследовательский институт химических технологий», Москва,
krinov67@mail.ru, azarova_yu@mail.ru

С.Ф. Стружков, М.В. Наталенко, Ю.И. Радченко

ФГУП Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов, Москва

В статье приведены новые данные по ряду минералов висмута, мышьяка, урана и меди (рузвельтиту, прайзингериту, цейнериту и трёгериту), полученные с помощью оптического микроскопа и электронного микроскопа с приставкой Link. Минералы были установлены в рудном поле Оранжевое Верхне-Калганинского массива в сульфидно-кварцевых, арсенопирит-кварцевых и сульфидно-кварц-хлоритовых прожилках, секущих андезиты, в составе Bi-Cu-U-As-минерализации. Вторичные минералы — скородит, рузвельтит и прайзингерит замещают арсенопирит, висмутин, тетрадимит и висмут самородный. С этими же минералами ассоциируют и минералы урана: цейнерит и трёгерит. Рузвельтит и прайзингерит установлены в России впервые. Характер выделений рузвельтита и прайзингерита указывает на формирование их в ходе низкотемпературных метасоматических (гидротермальных) процессов. Установленная ассоциация — арсенопирит, пирротин, халькопирит, а также минералы висмута (висмутин и висмут самородный, рузвельтит, прайзингерит), теллура (тетрадимит), олова (станнин), золота и серебра (теллуриды, акантит, серебро самородное) — позволяет относить выявленную минерализацию к золото-полисульфидно-кварцевой формации.

В статье 6 рисунков, 2 таблицы, список литературы из 16 названий.

Ключевые слова: рузвельтит, прайзингерит, цейнерит, трёгерит, Верхне-Калганинское месторождение, рудное поле Оранжевое, Bi-As-Cu-U-минерализация.

Введение

Рудное поле Оранжевое Верхне-Калганинского массива получило свое название по яркой цветовой аномалии, связанной с обширными интенсивными контактово-метаморфическими и метасоматическими изменениями слагающих его пород. По данным аналитических исследований, площадь Оранжевого рудного поля характеризуется спорадическими повышенными содержаниями золота и серебра. Повышенные содержания полезных компонентов отмечены в образованиях двух типов: 1) в гнездах арсенопирит-серицит-скородит-кварцевого состава в зонах разломов (размер гнезд — от 0.1 до 1 м) и в жилах «сахарного» облика — более высокие содержания (по данным Л.И. Ртищевой — до 58 г/т золота и 2 кг/т серебра; по нашим данным — до 25 г/т золота и 100 г/т серебра); 2) в отдельных арсенопирит-мусковит-кварцевых прожилках — первые г/т (1–5 г/т) золота и серебра. Кроме того, на данном рудном поле отмечается развитие Bi-As-Cu-U-минерализации, в составе которой установлен ряд минералов, ранее в России не описывавшихся.

Изучение шлифов с помощью оптического микроскопа и электронного микроскопа

с приставкой Link показало, что к наиболее широко развитым рудным минералам относятся арсенопирит, халькопирит и пирротин. Кроме того, здесь установлены также минералы висмута (висмутин и висмут самородный, рузвельтит, прайзингерит), теллура (тетрадимит), олова (станнин), золота (установлено только по валовому химическому анализу пород) и серебра (акантит, теллуриды). Установленная ассоциация минералов позволяет относить выявленную минерализацию к золото-полисульфидно-кварцевой (связанной с интрузиями) формации. Арсенопирит, висмутин, тетрадимит, висмут самородный замещаются вторичными минералами — скородитом, рузвельтитом BiAsO_4 и прайзингеритом $\text{Bi}_3\text{O}(\text{OH})(\text{AsO}_4)_2$. В этой же ассоциации отмечаются трёгерит $(\text{UO}_2)_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O} (?)$ и цейнерит $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (Соболева, Пудовкина, 1957), $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 10-16\text{H}_2\text{O}$ (Frondel, 1951). Для данного рудного поля они отмечены впервые. Рузвельтит и прайзингерит установлены впервые в России.

Рузвельтит (мелкий размер не позволяет получить рентгенограмму установленной нами фазы, однако мы условно называем ее рузвельтитом, исходя из гораздо большей редкости в природе тетрарузвельтита и из большей степени вероятности обнаружения

именно рузвельтита, а также из-за низкотемпературного генезиса этого минерала) — минерал изоструктурный монациту. Отмечался с 1946 г. в ряде месторождений мира с комплексной Fe-Bi-Cu-Zn-Pb-Au-As-S-минерализацией, как правило, в их гидратированной зоне. Впервые он был найден в Бolivии, на месторождении Потоси (Palache *et al.*, 1951), затем на территории Германии (Walenta, 1992; Roberts *et al.*, 2001). Позднее рузвельтит описывался в нескольких месторождениях — в Узбекистане (Чаткальский хр., Нижнеакташское месторождение) (Минералы Узбекистана, 1976), а также в Аргентине (Bedlivy *et al.*, 1972; Minlka, 2002), Испании (Schnotter, 2000), Греции (Sejkora, 1994; Sejkora *et al.*, 2006; Strein *et al.*, 2008), Австралии (Rankin *et al.*, 2002), Португалии и Великобритании. В большинстве перечисленных случаев, так же как и в рудном поле Оранжевое, рузвельтит ассоциирует с прайзингеритом.

Трёгерит и цейнерит — впервые описаны как вторичные минералы зон окисления урановых и уран-арсенатных месторождений Германии в еще в 1871 и 1872 гг. соответственно (Weisbach, 1871; Weisbach, 1872). С тех пор они были обнаружены в многочисленных месторождениях Европы (Австрия, Италия, Франция, Великобритания, Португалия, Испания, Швеция), а также в Канаде, США, Аргентине, Чили, Мексике, Японии, Китае, Иране, Африке. Цейнерит и трёгерит описаны и в России (месторождения Северное, Чуколка; Ласточка, Хабаровский край; Королевское-Часовое, Забайкалье) (Черников и др., 1997) — цейнерит распространенный минерал, трёгерит — редкость.

Проявления рузвельтита, прайзингерита, цейнерита и трёгерита в рудном поле Оранжевое

Наиболее значимые проявления рузвельтита и прайзингерита установлены в сульфидно-кварцевых и сульфидно-кварц-хлоритовых прожилках, секущих андезиты, в

правом борту р. Оранжевой, арсенопирит-кварцевых прожилках в левом борту р. Обыденной и арсенопирит-пирит-мусковит-кварцевом прожилке, мощностью 3 см, секущем ороговикованную породу, в правом борту ручья Чалым. Основным сульфидным минералом в этих прожилках является арсенопирит, частично раздробленный и катаклазированный. Остановимся подробнее на самых характерных проявлениях рузвельтита и прайзингерита.

В первом случае (р. Оранжевая) рузвельтит установлен в арсенопирит-кварц-хлоритовом прожилке брекчиевой структуры и слоистой текстуры. Обломочная часть представлена крупными выделениями арсенопирита. Выделения рузвельтита образуют агрегаты тонкопластинчатых индивидов или землистых скоплений призматической или изометричной формы, грязно-серого цвета среди хлорит-кварцевой массы прожилка. Размер агрегатов достигает 0.1–0.2 мм. Для скоплений рузвельтита в этом образце характерны также расходящиеся от его агрегатов и окаймляющие их тонкие ветвящиеся прожилки того же минерала (рис. 1). Характер выделений рузвельтита — приуроченность его к трещинам, расходящиеся от крупного выделения тонкие прожилки, также приуроченные к более мелким трещинкам, указывает на формирование его, вероятно, в ходе поздних низкотемпературных (гидротермальных) метасоматических процессов.

Рузвельтит установлен также во фрагменте существенно арсенопиритовой (с кварцем) катаклазированной жилы с массивной текстурой (р. Оранжевая). В межзерновом пространстве катаклазированных и корродированных скоплений арсенопирита и пирита отмечаются пирротин и сростания халькопирита и станнина. По трещинам зерен арсенопирита развивается скородит. В экзоконтакте прожилка прослеживаются оперяющие трещинки, по которым развиты цепочки каплевидных выделений сульфосоли микронных размеров, точно не идентифицированные.

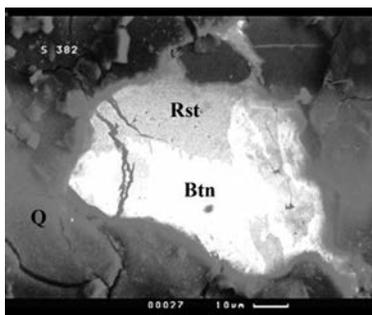
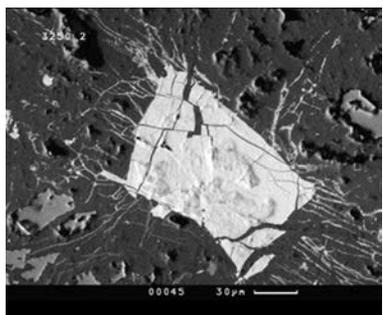


Рис. 1. Пластинчатый кристалл рузвельтита (белый) среди хлорита (темно-серое) в ассоциации со скородитом (светло-серое), р. Оранжевая (в обратно-рассеянных электронах).

Рис. 2. Рузвельтит (Rst), развивающийся по висмутину (Btn) среди зерен кварца, р. Оранжевая (в обратно-рассеянных электронах).

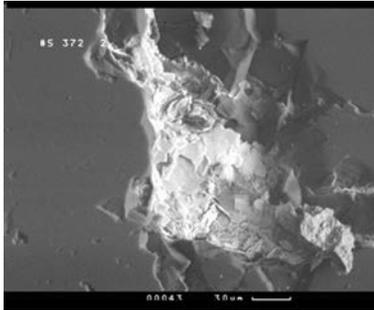


Рис. 3. Скопление пластинчатых кристаллов цейнерита (белое) в трещине катаклазированного кварца, р. Оранжевая (в обратно-рассеянных электронах).

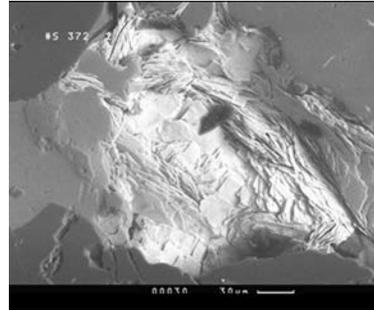


Рис. 4. Цейнерит (белое) в сростании с арсенопиритом (светло-серое) в трещине зерна кварца (в обратно-рассеянных электронах).

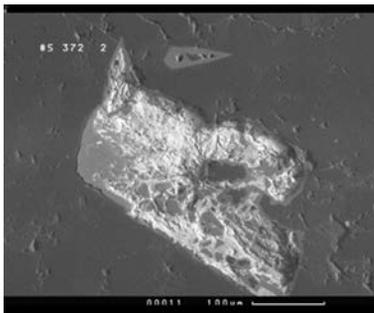


Рис. 5. Цейнерит (белое), развивающийся по арсенопириту (светло-серое) на стыке зерен кварца (в обратно-рассеянных электронах).

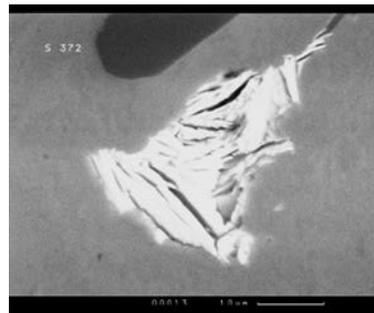


Рис. 6. Скопление пластинчатых кристаллов трёгерита (белое) в трещине зерна кварца, р. Оранжевая (в обратно-рассеянных электронах).

Рузвельтит развивается в большинстве случаев по висутину (рис. 2), иногда по арсенопириту и, как правило, находится в тесном сростании с прайзингеритом. Кроме того, отмечаются ветвящиеся микропрожилки (мощность — сотые доли миллиметра) этих минералов в кварце. Пирротин замещается марказит-пиритовым агрегатом. Размер выделений рузвельтита от сотых долей до 0.1–0.2 мм. Исходя из характера выделений и соотношений с более ранними минералами мышьяка и висмута, рузвельтит и прайзингерит являются более поздними минералами, возможно, продуктами низкотемпературного метасоматического преобразования указанных минералов.

Трёгерит и цейнерит установлены в этом же образце. Цейнерит образует скопления мелких тонко-пластинчатых индивидов желтоватого цвета в трещинах зерен кварца или на их стыке (рис. 3–5). Размер индивидов не превышает 30 мкм в длину (толщина пластины — от долей до 1–2 мкм), размер скоплений — около 300–400 мкм. Как правило, он тесно ассоциирует с арсенопиритом или замещает его (рис. 5). Трёгерит образует скопления пластинчатых индивидов, сходных по своей морфологии с цейнеритом. Его скопления мельче — не превышают 60–80 мкм и наблюдаются по трещинам зерен кварца (рис. 6). Так же, как и рузвельтит и прайзингерит, цейнерит и трёгерит являются, вероятно, поздне-гидротермальными фазами.

Рузвельтит развивается по минералам висмута в кварцевых прожилках, встреченные в бортах р. Чалым и секущих андезиты. Скопления минералов висмута приурочены к трещинам катаклаза в кварце. Здесь установлены сростания тетрадимита и самородного висмута, размером около 0.3 мм.

Рузвельтит установлен также в проявлении на левом борту р. Обыденной в районе водораздела с одним из мелких притоков реки, в делювии. Образцы представляют собой серицит-кальцит-кварцевые гнезда, диаметром до 5 см, во фрагментах кварц-арсенопиритовой жилы с извилисто-полосчатой текстурой из зоны смятия. Порода имеет зеленый оттенок из-за замещения арсенопирита скородитом. Отмечается редкая реликтовая вкрапленность халькопирита, арсенопирита, пирита, галенита и ильменита. Рузвельтит и скородит развиваются в пустотах более ранних, полностью выщелоченных, минералов. В пустотках зерен галенита отмечаются мелкие выделения самородного серебра.

Химический состав

В целом, состав рузвельтита и прайзингерита, очень близок к теоретическому составу этих минералов (табл. 1). Интересно отметить, что для рузвельтита, установленного в хлорит-арсенопиритовом прожилке в правом борту р. Оранжевой, характерно не-

О находке рузвельтита, прайзингерита, трёгерита и цейнерита в составе Bi-As-Cu-U-минерализации рудного поля Оранжевое Верхне-Калганинского массива (Магаданская область, Россия)

23

Таблица 1. Химический состав рузвельтита и прайзингерита рудного поля Оранжевое, мас. %

Минерал № ан.	Рузвельтит Pb-содержащий								Собственно рузвельтит						Прайзингерит			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
FeO	1.49	0.84	0.57	0.69	3.31	0.70	0.86	1.42	0.67	1.57	0.61	1.06	0.93	0.00	0.44	0.63	0.65	0.00
CuO	0.05	0.12	0.06	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.07	0.10	0.06	0.10	0.00	0.00	0.14	0.18	0.19	0.00
NiO	0.13	0.08	0.02	0.08	0.06	0.06	0.00	0.14	0.08	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.06	0.05	0.05	0.00
CoO	0.16	0.06	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.22	0.30	0.10	0.09	0.08	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.28	0.00
SO ₃	1.81	1.09	0.57	0.75	1.01	0.72	0.57	0.67	0.54	0.61	0.88	0.61	0.82	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00
As ₂ O ₅	29.00	29.55	30.01	30.14	31.61	29.85	29.87	30.91	30.70	30.79	30.20	31.87	31.18	33.03	23.35	23.96	24.51	24.51
SeO ₃	0.45	0.39	0.51	0.00	0.84	0.30	0.64	0.47	0.00	0.04	0.00	0.00	0.17	0.00	0.37	0.26	0.46	0.00
TeO ₃	0.40	1.08	0.76	0.84	1.06	0.57	1.09	0.60	0.12	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Sb ₂ O ₅	0.21	0.56	0.53	0.20	0.48	0.02	0.43	0.19	0.31	0.26	0.17	0.40	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bi ₂ O ₃	59.78	59.88	57.17	60.09	56.74	60.08	58.59	57.23	64.66	63.42	66.30	62.67	64.19	66.97	74.66	73.16	72.83	74.53
PbO	4.02	3.32	6.43	3.78	3.84	4.53	5.68	5.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Сумма	97.72	97.26	96.72	96.72	99.25	96.84	97.80	96.96	97.19	96.84	98.23	97.00	97.57	100.00	99.03	98.80	98.98	99.04
Число атомов в формуле (расчет на сумму катионов: 2 – для рузвельтита и 5 – для прайзингерита)																		
Fe	0.07	0.04	0.03	0.03	0.15	0.03	0.04	0.07	0.03	0.08	0.03	0.05	0.04	0.00	0.06	0.08	0.08	0.00
Cu	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00
Ni	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
Co	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00
S	0.08	0.05	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03	0.04	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00
As	0.86	0.89	0.92	0.93	0.89	0.92	0.91	0.93	0.94	0.93	0.92	0.96	0.94	1.00	1.91	1.92	1.96	2.00
Se	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.03	0.00
Te	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sb	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bi	0.88	0.89	0.87	0.91	0.79	0.92	0.88	0.85	0.98	0.95	1.00	0.94	0.96	1.00	2.98	2.89	2.87	3.00
Pb	0.06	0.05	0.10	0.06	0.06	0.07	0.09	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Примечание: низкая сумма анализов рузвельтита связана с качеством полировки и его приуроченностью, в ряде случаев, к трещинам в арсениопирите. Приведены наиболее характерные составы минералов из общего массива данных (собственно рузвельтит – более 20 анализов, Pb-содержащий – 15 анализов). Ан. 14 – теоретический состав рузвельтита, ан. 18 – теоретический состав прайзингерита без H₂O.

обычное для этого минерала значительное содержание свинца – от 3 до 6 % (табл. 1, ан. 1–8). Для остальных образцов существенных отличий от теоретического состава не установлено (табл. 1).

Составы трёгерита и цейнерита также практически не отличаются от теоретических. Особенностью является лишь значимая примесь железа в цейнерите, вероятно, захваченная из арсениопирита, в трещинах или в сростаниях с которым установлен этот минерал (табл. 2).

Обсуждение результатов

В результате проведенных исследований изучен характер комплексной Bi-As-U-минерализации, приуроченной к золото-полисульфидно-кварцевой формации рудного поля Оранжевое. Эта минерализация установлена в индикаторных рудных образованиях, выходящих на дневную поверхность и предположительно залегающих над скрытыми рудными телами – в виде маломощных (0.2–2 м)

метасоматических гнезд и прожилков, секущих интрузивные породы и роговики. Преимущественно эти образования арсениопирит-кварц-серицитового состава. Как акцессорные установлены халькопирит, пирит, галенит, минералы теллура (тетрадимит), висмута (висмутин, самородный висмут, рузвельтит, прайзингерит), олова (станнин), серебра (самородное, акантит и теллуриды серебра), урановые и урано-медные арсенаты (трёгерит, цейнерит). Золото в виде самостоятельных минеральных фаз нами не установлено – оно отслежено только по данным химического анализа. Оруденение исследованного объекта можно охарактеризовать как полистадийное наложенное оруденение смешанного типа – As-Ag-Au и Ag-Fe-Bi-As-Cu-U-сульфидному.

Минералогическое изучение рудного поля Оранжевое Верхнее-Калганинского массива позволило – впервые в России – установить два низкотемпературных минерала висмута: рузвельтит и прайзингерит. Оба минерала характеризуются составом, близким к

Таблица 2. Химический состав цейнерита и трёгерита рудного поля Оранжевое, мас. %

Минерал	Трёгерит				Цейнерит		
	№ анализа	1	2	3	4	5	6
FeO	0.15	0.00	1.01	0.64	0.78	1.25	0.00
CuO	0.00	0.00	6.25	7.42	6.34	6.21	7.49
NiO	0.00	0.00	0.05	0.00	0.01	0.00	0.00
CoO	0.19	0.00	0.18	0.14	0.11	0.00	0.00
ZnO	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SO ₃	0.32	0.00	0.09	0.05	0.00	0.04	0.00
As ₂ O ₅	19.42	17.63	17.67	18.21	17.48	20.38	21.65
SeO ₃	0.42	0.00	0.58	1.18	0.00	0.00	0.00
TeO ₃	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00
Sb ₂ O ₅	0.07	0.00	0.49	0.44	0.82	0.30	0.00
Bi ₂ O ₃	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
UO ₂	58.61	65.81	53.07	51.79	54.39	50.76	50.87
Сумма	79.30	83.44	79.64	79.87	79.93	78.95	80.01
Число атомов в формуле (расчет на сумму катионов, равную 5)							
Fe	0.03	0.00	0.15	0.10	0.12	0.19	0.00
Cu	0.00	0.00	0.86	1.00	0.88	0.84	1.00
Ni	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Co	0.03	0.00	0.03	0.02	0.02	0.00	0.00
Zn	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S	0.05	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
As	2.12	1.93	1.68	1.69	1.68	1.91	2.00
Se	0.04	0.00	0.05	0.10	0.00	0.00	0.00
Te	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Sb	0.01	0.00	0.04	0.04	0.07	0.03	0.00
Bi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U	2.72	3.07	2.15	2.05	2.23	2.03	2.00

Примечание: ан. 2 – теоретический состав трёгерита без H₂O, ан. 7 – теоретический состав цейнерита без H₂O.

описывавшимся в других месторождениях мира (Bedlivy *et al.*, 1971 и др.). Кроме того, найдена обогащенная свинцом разновидность рузвельтита – Pb-содержащий рузвельтит из проявлений в борту р. Оранжевая. Эту особенность – существенную примесь свинца – (3–6.5 мас.%), вероятно, можно считать типоморфной именно для этого участка рудного поля Оранжевое, однако, ее природа еще требует доизучения.

Литература

- Минералы Узбекистана. \ Гл. ред. С.Т. Бадалов. Т. III. Ташкент: Изд-во «Фан» УзССР. **1976**. 374 с.
- Соболева М.В., Пуговкина И.А. Минералы урана. Справочник. М.: Гос. Науч.-техн. Изд-во литературы по геологии и охране недр. **1957**. 408 с.
- Черников А.А., Пеков И.В., Минаева Е.Л. К истории изучения минералов урана отечественными исследователями // ЗВМО. **1997**. Вып. 4. С. 111–128.
- Bedlivy D., Llambiac E.J., Astarloa J.F.H. Rooseveltit von San Francisco de los Andes und Cerro Negro de la Aguadita, San Juan, Argentinien // *Tschermaks Mineralogische und Petrographische*. **1972**. Bd. 17. S. 65–75 (на исп. яз.).
- Frondel J.W. Studies of uranium minerals (VII): Zeunerite // *Amer. Min.* **1951**. Vol. 36. N 3–4. P. 249–256.
- Minlka K. de Brodtkorb. Las Especies Minerales de la Republica Argentina. Vol. 1. Elementes, sulphides and sulphosalts. **2002**. 385 s. (на исп. яз.).
- Palache C., Berman H., & Frondel C. The system of mineralogy of James Dwight Dana and Edward Salisbury Dana, Yale University 1837–1892. **1951**. Vol. II. 697 p.
- Rankin J., Lawrence L., Sharpe J.L., Williams P. Rare secondary bismuth, tungsten and molybdenum minerals from Elsmore. New England district of new South Wales // *Austral. J. Minerals*. **2002**. Vol. 8. P. 55–60.
- Roberts A.C., Burns P.C., Gault R.A., *et al.* Paganoite, NiBi³⁺As⁵⁺O₅, a new mineral from Johanngeorgenstadt, Saxony, Germany: Description and crystal structure // *European Journal of Mineralogy*. **2001**. Vol. 13. P. 167–175.
- Schnorner G. Die Minerale der ehemaligen Grube Espuela de San Miguel bei Villanueva de Cordoba, Prov. // *Cordoba in Spanien. Der Aufschluss*. **2000**. Vol. 51. S. 211–222 (на нем. яз.).
- Sejkora J. Minerály ložiska Moldava v Krušných horách // *Bulletin Mineralogicko-petrografického oddělení Národního muzea v Praze*. **1994**. roc. 2. P. 110–116 (на чеш. яз.).
- Sejkora J., Ondruš P., Fikar M., Veselovsky F., Mach Z., Gabašová A., Skoda R., Beran P. Supergene minerals at the Huber stock and Schnöd stock deposits, Krásno ore District, the Slavkovsky les area, Czech Republic // *Journal of the Czech Geological Society*. **2006**. Vol. 51. P. 57–101 (на чеш. яз.).
- Šrein, V. Zlatonosná mineralizace v okolí Horské Kvildy na Šumavě, Česká republika // *Bulletin mineralogicko-petrografického oddělení Národního muzea v Praze*. **2008**. Vol. 16. 2. P. 153–176 (чеш.).
- Walenta K. Die Mineralien des Schwarzwaldes. Munchen: Chr.Weise Verlag, **1992**. 336 s. (на нем. яз.).
- Weisbach A. Vorläufige Mittheilung [Über Trägerit und Walpurgin] // *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie*. **1871**. Bd. 24. S. 869–870 (на нем. яз.).
- Weisbach A. Mittheilungen an Professor H.B. Geinitz, Freiberg 9. Februar // *Neues Jahrbuch für Mineralogie*. **1872**. Bd. 9. S. 206–208 (на нем. яз.).