

ГЕОХИМИЯ СЕЛЕНА И ТЕЛЛУРА В РУДАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КОЧБУЛАК

© 2018 г. С. В. Кирезиди

Институт геологии и геофизики им. Х.М. Абдуллаева, Ташкент, Узбекистан

Месторождение Кочбулак находится на территории Ахангаранского района Ташкентской области. Минералого-геохимические особенности золоторудных тел Кочбулакского рудного поля изучались многими исследователями: Э.А. Марковой [1], В.А. Коваленкером [2], М.М. Мансуровым [3] и др. на протяжении всего периода его разведки. В настоящее время в Кочбулакских рудах установлено более 100 рудных минералов, относящихся к классам самородных элементов, интерметаллидов, сульфидов, сульфасолей, теллуридов и окислов (табл. 1).

Теллур. По перечню теллуридов месторождение уникальное. Здесь найдено пять теллуридов висмута, пять — золота, три — серебра, обнаружены также теллуриды сурьмы, ртути, железа и никеля [Тимофеева, Мансуров, Хамрабаева и др., 1980]. В рудах месторождения известны многочисленные соединения теллура с металлами (калаверит, сильванит, петцит, гессит, алтаит, теллуrowисмутин, тетрадимит, жозеит, теллурантимон, риккардит и др.), а также самородный теллур. Содержания теллура: в самородном теллуре 100%, в алтаите — 38 вес.%, в калаверите — 56.5 вес.%, в гессите — 37.7 вес.%, сильваните — 32.6 вес.% и петците — 34.3 вес.%, близки теоретическим в этих минералах. Весьма высокие содержания теллура установлены в отдельных образцах блеклых руд.

Теллуриды являются широко распространенными минералами в золото-сульфидно-кварцевых жилах, однако общее содержание их относительно невелико. Наиболее распространены гессит, алтаит, тетрадимит. Теллуриды золота — петцит, калаверит, сильванит — мало развиты. Теллуриды, как и самородное золото, тяготеют к сульфидам — тетраэдриту, меньше пириту, галениту, халькопириту [3]. Мономинеральные скопления встречаются редко, типичными являются агрегаты двух-трех и более теллуридов (рис. 1). Они образуют скопления в виде вкраплений, прожилков, линз, гнезд неправильной формы, размер выделений варьирует от микроскопических до 3–5 см. Ниже приводятся некоторые данные о минералах теллура, встреченных в ассоциациях месторождения Кочбулак.

Самородный теллур Te . Первая точная диагностика произведена Э.А. Марковой [1968] на основании рентгенометрического анализа и оптического изучения. Наиболее крупные выделения минерала характерны для трубчатых тел Кочбулака, где гнездовые вкрапления достигают размера 6×4 см. Теллур крупнокристаллический, однако идиоморфных выделений не дает. Он ассоциирует с теллуридом состава Au_2Te_3 , калаверитом, алтаитом, колорадоитом, сильванитом и гесситом. Для него характерны постоянные включения алтаита, теллурантимоана и колорадоита. В микропарегенезисе с ним встречается блеклая руда, галенит, алтаит, кварц. Результаты детального изучения самородного теллура приводятся в работах [Мансуров, Тимофеев, Хамрабаева, 1978–1987; Хамрабаева, 1985]. Химический состав самородного теллура, определенный на микроанализаторе MS-46 «Камека», показывают, что содержание теллура достигает 100%.

Теллуриды золота, серебра, свинца (калаверит, креннерит, сильванит, гессит, петцит) на месторождении Кочбулак изучены достаточно всесторонне и многими исследователями.

Алтаит ($PbTe$) — образовался в золото-блеклорудно-теллуридную стадию в минеральной ассоциации со всеми теллуридами. Выделено несколько разновозрастных стадий, ранняя возникла совместно с халькопиритом на месте голдфилдита, несколько позднее образовалась обширная ассоциация алтаит — петцит — самородное золото — теллуrowисмутит — халькопирит, иногда колорадоит, чаще сильванит, гессит. Поздний алтаит присутствует в виде включений в галените.

Алтаит ($PbTe$) и тетрадимит (Bi_2Te_2) имеют микроскопически мелкие размеры выделений (не превышают 0.2–0.8 мм в поперечнике) и обычно приурочены к тетраэдриту, в котором иногда занимают свыше 20% объема. Редко отмечаются в других сульфидах. Алтаит интенсивно замещает тетраэдрит [3].

Гессит (Ag_2Te) — образовался в золото-блеклорудно-теллуридную и сфалерит-галенитовую стадии. Ранний гессит ассоциирует с алтаитом, сильванитом, часто присутствует в ассоциации

Таблица 1

**Гипогенные рудные минералы Кочбулакского месторождения
(данные Р.И. Конеева [2011 г.])**

Самородные элементы	Сульфиды	Сульфосоли	Сульфостаннаты	Теллуриды и сульфотеллуриды	Окислы
Висмут (Bi)	Антимонит (Sb ₂ S ₃)	Айкинит (PbCuBiS ₃)	Кестерит (Cu ₂ (Zn,Fe)SnS ₄)	Алтаит (PbTe)	Гетит (FeO(OH))
Золото (Au)	Борнит (Cu ₅ FeS ₄)	Берриит (Pb ₃ (Ag,Cu) ₅ Bi ₇ S ₁₆)	Курамит (Cu ₃ SnS ₄)	Вейссит (Cu ₅ Te ₃)	Касситерит (SnO ₂)
Теллур (Te)	Висмутин (Bi ₂ S ₃)	Бурнонит (PbCuSbS ₃)	Моусонит (Cu ₆ Fe ₂ SnS ₈)	Волынскит (AgBiTe ₂)	Рутил (TiO ₂)
Электрум (Au, Ag)	Галенит (PbS)	Гетероморфит (Pb ₇ Sb ₈ S ₁₉)	Мохит (Cu ₂ SnS ₃)	Гессит (Ag ₂ Te)	
	Ковеллин (CuS)	Голдфилдит (Cu ₁₂ (Te,Sb,As) ₄ S ₁₃)	Станноидит (Cu ₈ (Fe,Zn) ₃ Sn ₂ S ₁₂)	Жозеит В (Bi ₄ Te ₂ S)	
	Марказит (FeS ₂)	Густавит (PbAgBi ₃ S ₆)	Хемусит (Cu ₆ SnMoS ₈)	Ингодит (Bi ₂ TeS)	
	Пирит (FeS ₂)	Люционит (Cu ₃ AsS ₄)	Чаткалит (Cu ₆ FeSn ₂ S ₈)	Калаверит (AuTe ₂)	
	Сфалерит ((Zn, Fe) S)	Плагионит (Pb ₅ Sb ₈ S ₁₇)	Cu ₆ CuSn ₂ S ₈	Колорадоит (HgTe)	
	Халькопирит (CuFeS ₂)	Теннантит ((Cu,Fe) ₁₂ As ₄ S ₁₃)	Cu ₆ ZnSn ₂ S ₈	Костовит (CuAuTe ₄)	
	Халькозин (Cu ₂ S)	Тетраэдрит ((Cu,Fe) ₁₂ Sb ₄ S ₁₃)	Cu ₈ Fe ₂ CuSn ₂ S ₁₂	Мелонит (NiTe ₂)	
		Фаматинит (Cu ₃ SbS ₄)		Петцит (Ag ₃ AuTe ₂)	
		Халькостибит (CuSbS ₂)		Рикардит (Cu ₇ Te ₃)	
		Энардит (Cu ₃ AsS ₄)		Сильванит ((Au,Ag) ₂ Te ₄)	
		Эмплектит (CuBiS ₂)		Теллурантимон (Sb ₂ Te ₃)	
		AgPbBi ₃ S		Теллуровисмутит (Bi ₂ Te ₃)	
		Cu ₅ Pb ₄ Bi ₈ S ₁₇		Тетрадимит (Bi ₂ Te ₂ S)	
				Фробергит (FeTe ₂)	
				Штютцит (Ag ₅ Te ₃)	
				Эмпрессит (AgTe)	
				AgCu ₃ FeTeS ₄	

гессит – петцит, галенит – халькопирит – самородное золото. Пробность золота в этой ассоциации 800–850‰. Более поздний с минералами олова, Ag–Pb–Bi-сульфосолями, теллуридами висмута. По распространенности уступает лишь главным сульфидам и золоту самородному. Он в основном представлен микроскопически мелкими (0.00п–0.001 мм) и редко макроскопически видимыми выделениями. Последние образуют просечки до 5 см длиной и 0.5 мм мощностью и скопления п мм в поперечнике. Агрегаты гессита округлые, вытянутой формы и ксеноморфные. Они сложены мелкими (0.00п–0.1 мм в поперечнике) пластинчато сдвойникованными зернами. Встречаются двойники типа паркетных. В ряде случаев зерна имеют структуру ледяного узора. Относительно редко гессит находится обособленно в кварце. Обычно он дает сростания с блеклой рудой, золотом

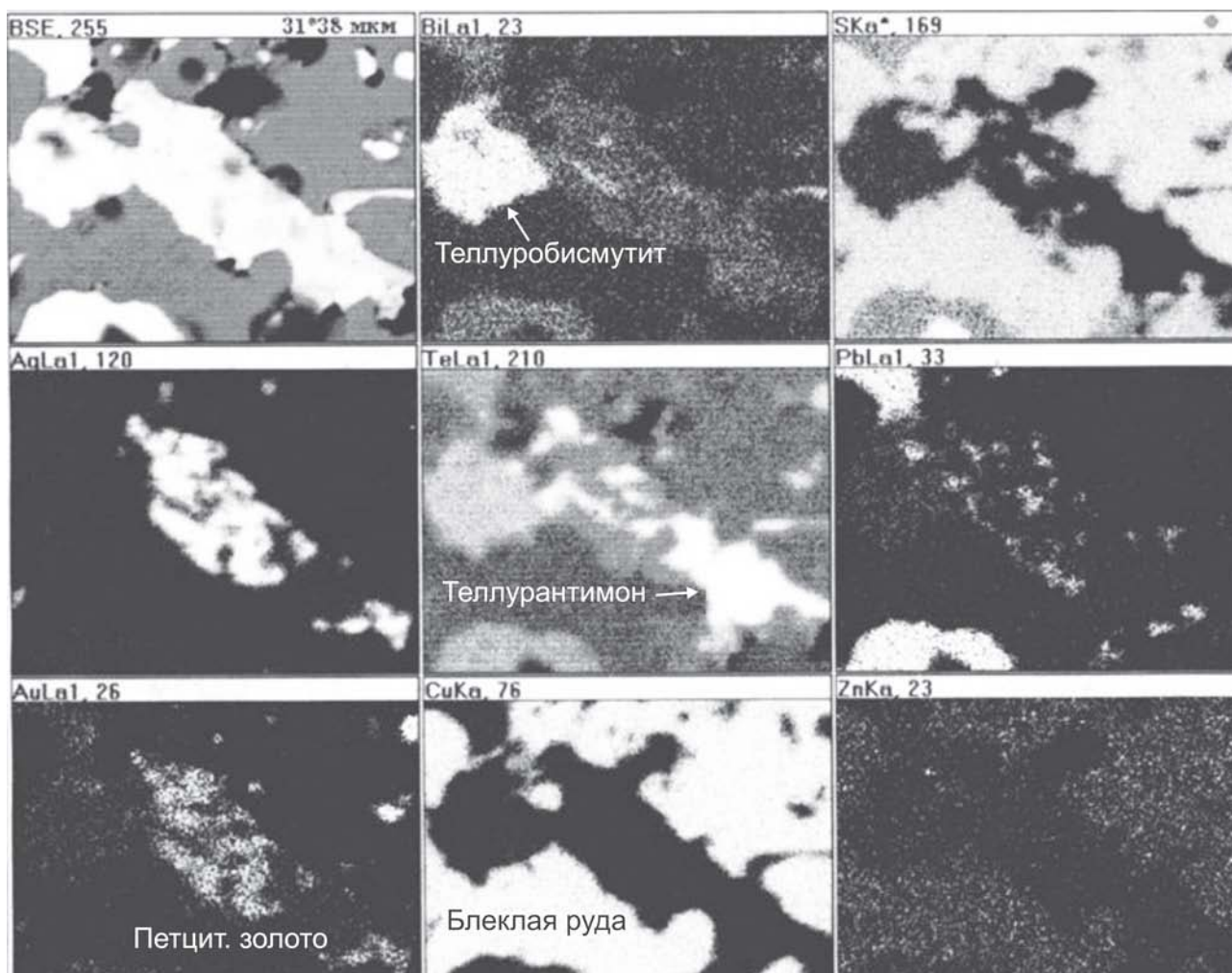


Рис. 1. Растровые картины распределения элементов по площади микропарагенезиса теллуробисмутита, теллурантимона, висмутсодержащего алтаита (Pb), петцита, самородного золота в Те-блеклой руде. КЧБ-21. Участок 31×38 мкм. Микрозонд Superprobe 8800-R фирмы Jeol

самородным, алтаитом, петцитом, калаверитом, халькопиритом, пиритом, галенитом. В блеклой руде встречается в виде ксеноморфных агрегатов и каплевидной, иногда густой вкрапленности. Очень характерны сростания гессита с самородным золотом. Оно представлено в гессите вростками, обычно располагающимися на границе гессита с вмещающими его минералами, секущими прожилками и иногда замещает гессит. Остальные сульфиды содержат мелкие вростки гессита. Гессит — один из поздних теллуридов. Он образует секущие прожилки в алтаите, выполняет промежутки между пластинками тетрадимита [3].

Штютцит (Ag_5Te_3) и **эмпрессит** (AgTe). Штютцит и эмпрессит ассоциируют с сильванитом, самородным теллуридом и тетрадимитом. Встречаются на верхних горизонтах трубообразных тел.

Костовит (CuAuTe_4) встречается очень редко. Он был встречен лишь в крупном гнездообразном выделении теллуридов среди кварц-пиритовых агрегатов.

Калаверит ($\text{Au,Ag}_2\text{Te}_6$) — один из наиболее ранних минералов золото-блеклорудно-теллуридной стадии. Он ассоциирует с висмутином, замещающимся голдфилдитом, и самим голдфилдитом. Представлен обособленными ксеноморфными зернами и их небольшими скоплениями. Размер выделений колеблется от 0.001 до 0.02 мм в поперечнике, преобладает 0.01–0.02 мм. Характерна его приуроченность к сульфидам — тетраэдриту, халькопириту II, пириту II и кварцу. В первых двух минералах он образует вкрапленность, в последних располагается в интерстициях и по трещинам зерен. Довольно редко отличается в сростании с теллуридами (гесситом, петцитом, волинскимитом,

тетрадимитом) и самородным золотом, которое образует в петците вросстки, просечки или замещает его. Из теллуридов четкие взаимоотношения установлены лишь с гесситом, выполняющим трещины и промежутки между зернами калаверита [3].

Сильванит ($AuTe_2$) — в более поздних теллуридных ассоциациях занимает место калаверита и является сравнительно распространенным минералом среди Au-Ag теллуридов. Сильванит — редкий минерал. Он представлен ксеноморфными и изометричными, иногда округлыми зернами и небольшими скоплениями. Размер зерен 0.00п–0.06 мм, скоплений — 0.01–0.1 мм. Сильванит дает тесные сростания с тетраэдритом и теллуридами — алтаитом, гесситом, петцитом и калаверитом, наиболее часто — с алтаитом, в котором образует, секущие прожилки или обрастает зерна [3].

Оптические свойства сильванита стандартны. Характерно полисинтетическое двойникование большинства зерен [3].

Теллурувисмутит (Bi_2Te_3) (рис. 1) — очень часто присутствует в небольших количествах среди агрегатов теллуридов. Возникновение минерала происходило после образования основной массы теллуридов, о чем свидетельствует замещение алтаита теллурувисмутитом.

Петцит (Ag_3AuTe_2) (рис. 1) — минерал-концентратор золота (15.6%) и серебра (48.8%). В виде мелких включений отмечается среди тетраэдрита, наиболее распространен в ассоциации с гесситом и галенитом. Образует вытянутые и изометричные с неровными очертаниями округлые зерна и редко плохо оформленные кристаллики. Размер выделений 0.001–0.5 мм в поперечнике. Встречается как в сростании с рудными минералами, так и обособленно в кварце. В отличие от других теллуридов, для него характерна более тесная ассоциация с теллуридами, чем с сульфидами. Из теллуридов он отчетливо тяготеет к гесситу, алтаиту и сильваниту. Гессит обрастает зерна петцита, давая структуру кривых каемок; в алтаите петцит образует включения идиоморфных кристаллов. Сильванит замещает его [3].

Петцит образует вросстки (от единичных зерен до густой вкрапленности) в тетраэдрите. Редко он встречается в выделениях галенита I, халькопирита II, пирита II и сфалерита I. Самородное золото образует в выделениях петцита мелкие вросстки или выполняет трещины [3].

Волинскит ($AgBiTe_2$) и **колорадоит ($HgTe$)** встречаются регулярно, но не образуют заметных скоплений. Для волинскита характерен парагенезис с алтаитом, редко он ассоциируется с гесситом, Ag-Cu-Pb-Bi-сульфасолми и минералами олова. Для колорадоита также типична ассоциация с алтаитом, петцитом, халькопиритом и самородным золотом.

Волинскит на Кочбулаке обнаружен и описан Э.А. Марковой [1972] для Центрального участка. Этот минерал обнаружен в 1980 г. в образцах А.Х. Туресбекова в ассоциации с пиритом, блеклой рудой, самородным золотом и гесситом. Химический состав, определенный на электронном микроанализаторе MS-46 «Камека», следующий (%): Ag — 22.08; Bi — 33.20; Te — 43.50: ($Ag_{1.16}Bi_{0.90}Te_{1.93}$).

Колорадоит встречен в трубчатых телах месторождения Кочбулак [Тимофеева, Мансуров, Волков, 1977]. Находится в ассоциации с алтаитом, петцитом, гесситом, золотом и галенитом. Химический состав, определенный на микроанализаторе MS-46 «Камека», следующий (%): Hg — 60.04; Te — 38.93; ($HgTe_{1.02}$). Детальное описание минерала приводится в работе З.И. Хамрабаевой [1985].

Вейскит, риккардит, фробергит, мелонит встречаются спорадически, в виде единичных зерен:

Вейссит (Cu_2Te_3). Установлен Э.А. Марковой [1967] на Центральном участке месторождения Кочбулак; в 1979 г. дополнительно детально изучен В.А. Коваленкером. Этот минерал был найден в виде ксеноморфных зерен с извилистыми очертаниями в кварцево-блеклорудно-теллуридной с золотом ассоциации, в которой находится в сростании с алтаитом, халькопиритом, петцитом [Тимофеева, Мансуров и др., 1978–1981], где он образует прожилки в теллурувисмутите.

В полированных шлифах в отраженном свете голубовато-сиреневый, по сравнению с петцитом более сиреневый. Отражательная способность 35%. Двуотражение заметно в воздухе с цветным эффектом. Анизотропен. Внутренних рефлексов нет. Микротвердость 83.3–129.0 кг/мм² [Минералы Узбекистана, 1975 г. Т. 1, С. 238].

Риккардит ($Cu_{4-x}Te$) — описан В.А. Коваленкером [1979] в сульфидно-кварцевых жилах в ассоциации с пиритом, тетраэдритом, халькопиритом, халькозином, алтаитом, калаверитом и самородным золотом.

Фробергит ($FeTe$). На месторождении Кочбулак установлен в трубчатых телах в виде неправильных выделений в кварце, а также в виде каемок вокруг пирита [Тимофеева, Мансуров, Хам-

рабаева и др., 1978–1981]. Размер выделений — сотые доли мм. Качественный анализ на микроанализаторе MS-46 «Камека» показал присутствие в нм больших количеств теллура и железа.

Мелонит (NiTe) встречается в ассоциации с теллуридами висмута и серебра, с самородным золотом, колорадоитом, калаверитом в трубчатом теле Кочбулака [Тимофеева, Мансуров, Хамрабаева и др., 1978–1981].

Также на месторождении Кочбулак были выявлены и другие минералы теллура:

Вулканиит (CuTe). Минерал встречается в трубчатых телах месторождения в виде микроскопических зерен и определен на основании оптических свойств [Тимофеева, Мансуров и др., 1978–1981]. Более детально диагностирован В.А. Коваленкером [1983].

Теллурантимон (Sb₂Te₃) (рис. 1.) Вторая находка в мире. Он установлен в существенно теллуридных ассоциациях трубчатых тел Кочбулака [Тимофеева, Мансуров, Хамрабаева и др., 1980]. Теллурантимон ассоциирует с самородным золотом, креннеритом, купробисмутитом, жозеитом, самородным теллуrom, минералом состава Au₂Te₅. Детальное описание теллурантимона приводится в работе З.И. Хамрабаевой [1985]. Химический состав, определенный на электронном микроанализаторе MS-46 «Камека», следующий (%): Te — 62.7; Sb — 37.3 (Sb_{1,91}Te_{3,09}).

Минерал состава Au₂Te₅ выявлен Т.С. Тимофеевой в рудах Кочбулака. Встречен в золото-теллуридной ассоциации в трубчатых телах Кочбулака в микропарагенезисе с алтаитом, сальванитом, калаверитом, самородным теллуrom, костовитом и кварцем. Детальное описание этого минерала приводится в работах Т.С. Тимофеевой и др. [1978–1985 гг.].

Таким образом, изучение состава минеральных ассоциаций месторождения Кочбулак выявило следующие особенности геохимии такого интереснейшего элемента как теллур. Теллур как элемент дает соединения с водородом, кислородом, серой, железом, никелем, медью, сурьмой, золотом, ртутью, свинцом и с висмутом; еще 22 элемента установлены в самих теллуридах в виде примесей. Его концентрация на объекте достигает промышленных значений.

Селен. Основным минералом носителем селена в рудах является пирит — до 80% всего присутствующего в рудах металла. Высокие содержания селена присущи также ряду других сульфидов: блеклой руде, галениту, халькопириту. Однако пирит, благодаря резкому преобладанию среди минералов, играет главную роль в балансе этого элемента (табл. 2).

Селен в рудах месторождения установлен по данным рентгеноспектрального локального анализа. Установлена примесь в галените (Se 2.43–3.09%), золоте самородном (1.95%), блеклой руде (1.08–4.78%); в алтаите, сальваните, теллуре самородном селен находится на пределе чувствительности микронзонда.

Селен в ничтожно малых количествах содержится в сульфидах дозолоторудных и постзолоторудных парагенетических ассоциаций минералов, вероятно, в качестве изоморфной примеси. Количество его в сульфидах золото-сульфидной ассоциации в десятки, а в отдельных минералах

Таблица 2

**Содержание элементов примесей в главных минералах руд Кочбулака г/т
(данные В.А. Коваленкера [1986 г.]**

Минерал	Золото	Серебро	Селен	Теллур
Кварц II	0.0–0.0 (0.0/3)	8.0–14.0 (10.0/3)		
Кварц III	0.0–0.0 (0.0/2)	2.0–3.5 (2.7/2)		
Пирит I	0.0–сл. (0.0/2)	12.0–14.0 (13.0/2)	4–4 (4/2)	7–11 (9/2)
Пирит II	Сл–172 (29/7)	2.0–1222 (413/7)	0–608 (293/3)	38–4660 (1949/3)
Пирит III			(4/1)	(6/1)
Халькопирит II	4.0–40.0 (24/4)	540–1794 (1284/4)	44–172 (98/4)	90–1075 (455/4)
Тетраэдрит	56–228 (114/9)	1352–20486 (6333/9)	167–350 (291/4)	240–18800 (6060/4)
Галенит I	0.5–96 (38/7)	652–6955 (1172/7)	50–924 (456/6)	330–1375 (593/9)
Галенит II	0.0–0.0 (0.0/2)	476–612 (544/2)	0–2 (0.7/3)	0–2 (0.7/3)
Сфалерит	0.0–52 (19/5)	101–400 (227/5)	0.0–15 (7/4)	0–133 (65/4)

в сотни раз выше, при чрезвычайно сильных колебаниях в составе одного и того же минерала (пирит и галенит). Последнее позволяет предположить наличие собственных минералов селена [3].

Химический состав теллуридов и сульфо-селено-теллуридов месторождения Кочбулак представлен в табл. 3.

Таблица 3

**Химический состав теллуридов и сульфо-селено-теллуридов
месторождения Кочбулак**

№	Минерал	Au	Ag	Cu	Fe	Pb	Bi	Sb	Se	Te	S	Hg
1	Гессит	—	62.44	0.02	—	—	—	—	—	37.30	0.04	—
2		0.05	62.17	0.67	0.14	—	—	0.22	—	37.24	0.21	—
3	Эмпрессит	0.36	46.56	—	—	—	—	—	—	54.85	—	—
4		—	44.16	—	—	—	—	—	—	55.87	—	—
5	Калаверит	43.23	0.52	0.45	0.08	—	—	—	0.14	55.64	—	—
6		42.27	0.06	0.05	—	—	—	—	1.40	56.33	—	—
7	Креннерит	36.30	3.97	0.03	—	—	—	—	—	59.73	—	—
8		35.89	3.79	—	—	—	—	—	—	58.85	—	—
9	Монтбрейит	46.80	1.00	—	—	—	—	—	—	49.40	—	—
10	Сильванит	25.20	13.05	—	—	—	—	0.12	—	61.87	—	—
11		24.93	12.83	0.06	—	—	—	0.07	—	61.95	—	—
12	Петцит	23.28	42.48	0.95	—	—	—	—	0.04	32.41	0.52	—
13		22.66	43.84	0.30	0.16	—	—	—	0.03	32.89	0.14	—
14	Нагиагит	11.56	0.16	—	—	53.65	—	8.19	0.34	13.88	11.93	—
15		11.13	3.14	0.06	—	52.41	—	8.23	0.32	15.20	11.06	—
16	Костовит	27.82	3.64	4.34	—	—	—	0.28	—	64.41	—	—
17		26.68	3.60	4.79	—	—	—	0.34	—	44.81	—	—
18	Теллуру- висмутит	—	—	—	—	—	51.46	0.81	—	48.64	—	—
19		—	—	—	—	—	50.70	0.80	—	48.67	—	—
20		—	—	—	—	—	48.17	—	—	52.83	—	—
21	Волынскит	—	18.08	—	—	—	35.22	—	0.32	44.68	0.04	—
22	Тетрадимит	—	0.04	—	—	—	59.00	0.35	0.63	35.56	4.42	—
23		—	0.01	—	—	—	58.01	—	2.33	33.90	4.63	—
24		—	0.37	0.07	—	0.17	57.53	0.29	4.34	33.07	2.62	—
25	Колорадоит	—	0.01	0.15	0.02	—	—	0.09	—	39.10	0.03	60.62
26		—	—	0.20	—	—	—	—	0.02	39.49	0.26	60.07
27	Алтаит	—	0.73	—	—	59.09	—	—	0.10	38.62	1.46	—
28		—	—	0.06	0.09	61.76	—	—	—	37.81	—	—
29	Теллурантимон	—	—	1.00	—	—	—	36.78	0.23	62.04	—	—
30		—	—	—	—	—	—	37.31	0.41	62.27	—	—
31	Ви-теллурантимон	—	—	—	—	—	5.40	33.39	0.47	60.48	0.26	—
32	Фробергит	—	—	—	17.42	—	—	—	—	82.10	—	—
33		—	—	—	17.71	—	—	—	—	83.16	—	—
34	Мелонит	—	Ni—	17.78	—	—	—	—	—	80.11	Co—	0.80
35		—	—	17.84	—	—	—	—	—	80.20	—	—
36	Вейссит	—	1.79	42.70	0.15	—	—	0.27	—	54.52	0.46	—
37	Риккардит	—	—	37.93	0.10	—	—	0.29	—	59.95	0.35	—
38	Кавацулит	—	0.07	0.10	—	—	55.97	0.25	8.77	33.21	1.87	—
39		—	0.02	—	—	—	54.93	0.19	7.89	35.87	0.93	—

Примечание: №№ 32–36 — данные В.А. Коваленкера [1986].

Достоверно установлен кавачулит, отмечаются также находки других селенидов, таких как: лайтакариит, гуанахуатит и др.

Кавачулит ($\text{Bi}_{14}\text{Te}_{13}\text{Se}_8$) — минерал, который представляет собой селено-теллурид висмута. Образует удлиненно-пластинчатые зерна, с ясной спайностью. Химический состав пересчитывается на формулу $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{Se}$, а известный в литературе минерал имеет формулу $\text{Bi}_{14}\text{Te}_{13}\text{Se}_8$. Для уточнения названия минерала необходимо проведение рентгеноструктурного анализа. Пластинчатые зерна кавачулита располагаются обычно в оксидах теллура вдоль трещин в деформированном кварце. Размер зерен составляет 0.02–0.2 мм.

Лайтакариит ($\text{Bi}_4\text{Se}_2\text{S}$). Примесь теллура. Свинцово-серый. Твердость небольшая. Удельный вес 7.93. Гидротермален с самородным Bi, халькопиритом, сфалеритом и др.

Гуанахуатит — селенид висмута (Bi_2Se_3). В игольчатых кристаллах, массивный, зернистый, листоватый или волокнистый. Твердость 2.5–3.5; удельный вес 6.25–6.98. Голубовато-серый. Блеск металлический. Очень редкий (синоним селенобисмутит). Сходный по рентгеновским данным с теллуrowисмутитом и получивший название «парагуанахуатит». Позднее на искусственном и природном материалах установили, что название «парагуанахуатит» излишне.

Надо полагать, что минералогия Se еще далеко не полностью изучена и многие его минералы на месторождении не открыты.

Геохимию теллура определяют в основном самостоятельные минералы. На месторождении Кочбулак теллур представлен большим количеством минералов. Установлено 39 самостоятельных минералов теллура (табл. 3). Наиболее распространены гессит, алтаит, тетрадимит. Основными концентраторами теллуридов является пирит, галенит, блеклая руда. Теллур как элемент-примесь содержится в таких главных минералах руд Кочбулака, как пирит, халькопирит, тетраэдрит, галенит, сфалерит (табл. 2). Наименьшее содержание теллура в галените II (2 г/т), пирите I (11 г/т), сфалерите (133 г/т). Максимальное значение содержания теллура достигает в тетраэдрите (18200 г/т). Средние содержания теллура, в рудах месторождения Кочбулак, характерны для халькопирита II (1075 г/т), галенита I (1375 г/т) и пирита II (4660 г/т). В кварце теллур на месторождении не содержится.

Минеральных форм селена практически не установлено. Селен найден в теллуридах, имеет высокие содержания в пирите, галените, блеклой руде, установлен в самостоятельном минерале — кавачулите. Основным минералом носителем Se в рудах является пирит II (608 г/т). Высокие содержания селена присущи тетраэдриту (350 г/т) и халькопириту (172 г/т). Максимальное значение селена достигает в галените I (924 г/т). В небольших количествах содержится в сфалерите (15 г/т) и галените II (2 г/т). В кварце селен не установлен. Как примесь селен входит в состав таких теллуридов как: калаверит, петцит, нагиагит, вольтинскит, тетрадимит, колорадоит, алтаит, теллурантимон (табл. 3).

Известно, что геохимию золота и серебра, в первую очередь, определяют Te, Se, Bi, Sb, As, Hg. В связи с этим изучение Te и Se в рудах месторождения Кочбулак является актуальным. Новые возможности открывают методы микро- и наноминералогии, особенно при изучении месторождений с промышленными концентрациями полезных компонентов, таких как: Au, Ag, Pt, Te, Se, Re, и т.д.

Литература:

1. Маркова Э.А. Минералого-геохимические особенности золоторудных жил Кочбулакского рудного поля // Рудные формации и основные черты металлогении в Узбекистане. — Ташкент: Фан, 1969. — С. 57–69.
2. Коваленкер В.А. Эпитермальное золото-теллуридное месторождение Кочбулак (Узбекистан) // Геология рудных месторождений. — Ташкент, 1997. — Т. 39, № 2. — С. 127–152.
3. Валейшо С.О., Голощук П.М., Мансуров М.М. Геология Кочбулакского рудного поля // Рудные формации и основные черты металлогении золота в Узбекистане. — Ташкент: Фан, 1969. — С. 46–56.