

Ежков Ю.Б., Рахимов Р.Р., Холиёров А.Т.,
Рустамжонов Р.Р. (Государственное Предприятие
«Институт Минеральных Ресурсов» (ИМР)
Госкомгеологии РУз)

СЕЛЕН И ТЕЛЛУР В УЗБЕКИСТАНЕ И МИРЕ. ПРИМЕНЕНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ ПОИСКОВ, ОЦЕНКИ, ОСВОЕНИЕ

Рассмотрены основные особенности геохимии, минералогии и условия формирования в эндогенных и экзогенных процессах месторождений селена и теллура в Узбекистане, Киргизии и Таджикистане. Ключевые слова: селен, теллур, геохимия, минералогия, месторождение, применение.

Ezhkov Yu.B., Rakhimov R.R., Holiyorov A.T., Rustamjonov R.R.
(Institute of Mineral Resources, Tashkent, Uzbekistan)

SELENIUM AND TELLURIUM IN UZBEKISTAN AND IN THE WORLD. APPLICATION, PROSPECTS OF EXPLORATION, ASSESSMENT AND DEVELOPMENT

The main features of geochemistry, mineralogy, and formation conditions in endogenous and exogenous processes of selenium and tellurium deposits in Uzbekistan, Kyrgyzstan, and Tajikistan are considered. Keywords: selenium, tellurium, geochemistry, mineralogy, deposit, application.

СЕЛЕН

По свойствам селен близок к теллуру. По аналогии с теллуrom («tellus» по-латыни Земля) селен был назван в честь Луны — спутника Земли (по-гречески «selene»). Минералы селена были открыты Й.Я. Берцелиусом непосредственно после открытия им же селена в 1818 г. (через 20 лет после открытия теллура) в шлаках свинцовых камер серноокислотного завода близ Гринсхольма, работавшего на рудах шведского месторождения Фалун. Селен известен в трех модификациях: аморфной (стекловидный, коллоидальный) с плотностью 4,26, кристаллической красной (моноклинной сингонии) и кристаллической серой с металлическим блеском (так называемый «металлический» серый селен с плотностью 4,8; температура плавления 217 °С).

Селен широко применяется в цветной металлургии, ядерной энергетике, новой технике и особенно в автоматике и сигнализации. Большое его количество идет на изготовление селеновых выпрямителей. Селен используется в полупроводниках, а также в стекольной промышленности для обесцвечивания стекла и получения рубинового и черного стекла (последнее содержит 0,6 % Se и 0,1 % CoCO₃). В комплексе с кадмием селен придает стеклу способность к избирательной передаче красной части спектра, что используется в сигнальных установках на флоте и на железнодорожном транспорте.

Добыча селена в мире была начата в 1910 г. В 1942 г. она составляла 456 т, а в 1965 г. — 950 т (главным обра-

зом США и Канада). Основным источником селена являются: медно-порфировые руды Чили, США и Перу; медноколчеданные руды Канады, Швеции и Японии; свинцово-цинковые руды Мексики, Перу, Канады, Японии, Австралии и др.; медно-никелевые руды Канады и Южной Африки. Больше всего селена получают из руд медноколчеданных и медно-порфировых месторождений. Важнейшими потенциальными источниками селенового сырья являются ураноносные фосфориты (США, Центральная Азия, Северная Африка), уран-ванадиевые сланцы (США, Китай, Казахстан, Россия, Северная Африка и др.), ураноносные песчаники и урансодержащие туфы (США), настуран-селенидные руды (Канада, Конго).

В России производство селена началось в 1924 г. Мировые запасы селена — 120 тыс. т, его производство в 2016 г. составило 2380 т.

Особенности геохимии и минералогии селена

Распределение селена и теллура в земной коре показано в табл. 1. Селен принадлежит к шестой группе периодической системы элементов Д.И. Менделеева и располагается во второй подгруппе между серой и теллуrom. Его атомный номер 34, атомная масса 78,96. В природных условиях существует шесть стабильных изотопов селена — Se⁷⁴, Se⁷⁶, Se⁷⁷, Se⁷⁸, Se⁸⁰ и Se⁸², распространенность которых соответственно равна 0,87; 9,02; 7,58; 23,52; 49,82 и 9,19 %. Внешняя электронная оболочка у селена, так же как у серы и теллура, имеет шесть электронов, что обуславливает его принадлежность к числу типичных металлоидов. Наличие двух неспаренных электронов определяет четкую валентность селена 2–; 4+ и 6+. Основные черты геохимии селена в земной коре определяются близостью его ионного радиуса к ионному радиусу серы.

Селен образует 39 минералов, среди которых в первую очередь должны быть отмечены ашавалит FeSe,

Таблица 1
Распределение Se и Te в земной коре (% и г/т)

Среда, породы	Se	Te
<i>Водная среда:</i>		
морская вода	1×10 ⁻⁸ %	—
речная вода	2×10 ⁻⁸ %	—
<i>Магматиты:</i>		
ультраосновные	0,02	0,001
базальты континентов	0,05	0,001
базальты океанические	0,16	0,003
средние	0,05	0,001
кислые	0,05	0,001
<i>Осадочные породы:</i>		
глины и глинистые сланцы	0,6	0,01
Кларк континентальный	0,05	0,001
Кларк живого вещества	10–6 %	—

Таблица 2
Минералы селена в Узбекистане

Минерал и его формула
Самородный гамма-селен
Ашавалит — FeSe
Гуанахуатит — $\text{Bi}_2(\text{Se}, \text{S})_3$
Хастит — CoSe_2
Платинит — $\text{PbBi}_2(\text{S}, \text{Se})_3$
Науманнит — Ag_2Se
Агвиларит — $\text{Ag}_2(\text{Se}, \text{S})$
Берцелианит — Cu_2Se
Эвкайрит — $\text{Cu}_2\text{Se} \cdot \text{Ag}_2\text{Se}$
Галенит (селенистый) — $\text{Pb}(\text{S}, \text{Se})$
Клаусталит — PbSe
Тиманит — HgSe
Клокманнит — CuSe
Ферроселит — FeSe_2
Керстенит — PbSeO_4
Халькоменит — $\text{Cu}[\text{SeO}_3] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Лайтакадит — $\text{Bi}_4\text{Se}_2\text{S}$ (с As). М-е Кайрагач — Au
Гийменит* — $\text{Ba}(\text{UO}_2)_3(\text{SeO}_3)_2(\text{OH})_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Мартозит — $\text{Cu}(\text{UO}_2)_3(\text{SeO}_3)_3(\text{OH})_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Дерриксит — $\text{Cu}_4(\text{UO}_2)(\text{SeO}_3)_2(\text{OH})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Демесмэкерит — $\text{Pb}_2\text{Cu}_5(\text{UO}_2)_2(\text{SeO}_3)_6(\text{OH})_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Примечание. * Жирно выделены селениты уранила

клаусталит PbSe , тиманит HgSe , гуанахуатит $\text{Bi}_2(\text{Se}, \text{S})_3$; хастит CoSe_2 , платинит $\text{PbBi}_2(\text{S}, \text{Se})_3$, ассоциирующие с различными сульфидами, а иногда также с касситеритом.

В рудах Узбекистана открыт 21 минерал селена, в том числе и селениты уранила (табл. 2). Главное промышленное значение в отношении селена имеют сульфидные месторождения. Содержание селена в сульфидах колеблется от 0,0007 до 0,4 %.

ТЕЛЛУР

До конца XVIII в. теллуриды, содержащиеся в золотых рудах Трансильвании, принимались за соединения сурьмы и висмута. В 1782 г. венгерский химик Мюллер фон Рейхенштейн, работая с золотыми рудами из Зибенбюргена, предположил наличие в них нового элемента, который первоначально принимался за сурьму, а потом за висмут. Бергман доказал, что элемент, с которым в соединении находится золото, не является сурьмой.

Смерть Бергмана прервала его исследования. Только в 1798 г. немецкий химик Мартин Клапрот выделил указанный элемент и изучил некоторые его свойства. Он дал ему название «теллур» (по-латыни «tellus» Земля).

Согласно Строкею, история открытия теллура несколько иная. В 1778 г. венгерский естествоиспытатель

Китайбел установил присутствие в рудах Трансильвании нового элемента и выделил его. О своем открытии он сообщил Клапроту. Последний в 1798 г. опубликовал данные о новом элементе, который назвал теллуrom, однако ничего не сообщил об открытии Китайбела.

Более обстоятельно свойства теллура и его соединений были изучены в 1832 г. Й.Я. Берцелиусом, который установил сходство его химических свойств с серой и селеном. Этот металл нашел широкое применение в фотографии для тонирования бромосеребряных отпечатков, при производстве термоэлектрических приборов, подшипников. Более 60 % теллура используется в качестве присадок к чугунам и сталям, а также свинцу, олову и их сплавам для улучшения их свойств при механической обработке. Теллур используется в полупроводниковой технике, в стекольной промышленности (для получения коричневого стекла и лазурей), в медицине (для лечения болезней крови и щитовидной железы), в качестве добавки к резине, в военном деле (фотоавтоматические приборы и отвлекающие вещества), в холодильной и авиационной технике, в качестве катализатора при крекинг-процессе. В 1980-х годах добыча теллура в США составляла 106 т, в Канаде — 47 т, в Перу — 17 т, в Японии — 23 т. 90 % общего количества теллура было извлечено из медных руд. В настоящее время мировое производство теллура находится на уровне 97 т, а его мировые запасы — 24 тыс. т.

Особенности геохимии и минералогии теллура

Теллур находится в шестой группе периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Ближайшим его соседом и аналогом является селен. Порядковый номер теллура 52, атомная масса 127,61. Теллур имеет восемь изотопов — Te^{120} , Te^{122} , Te^{123} , Te^{124} , Te^{125} , Te^{126} , Te^{128} и Te^{130} , распространенность которых соответственно равна 0,089; 0,87; 1,46; 4,61; 4,99; 18,71; 31,79 и 34,49 %. Наличие шести электронов в наружном слое атома характеризует теллур, подобно сере и селену, как металлоид. Теллур представляет собой металл серебристо-белого цвета. Температура плавления 452 °С, температура кипения 1390 °С.

Теллур образует 42 самостоятельных минерала. Наиболее распространены теллуриды меди, свинца, цинка, серебра и золота. В.В. Щербина предложил следующий ряд возрастающего сродства металлов к теллуру: Cu, Pb, Ni, Bi, Hg, Ag, Au. Изоморфная примесь теллура наблюдается во многих сульфидах, однако изоморфизм Te-S выражен слабее, чем в ряду Se-S. Среди минералов теллура особое значение имеют креннерит (Au, Ag) Te, калаверит AuTe_2 , алтаит PbTe , гессит Ag_2Te , сильванит AuAgTe_4 , петцит Ag_3AuTe_2 , мутманнит (Ag, Au) Te, монбрейит Au_2Te_3 , нагиагит $[\text{Pb}_5\text{Au}(\text{Te}, \text{Sb})]_4\text{S}_5$, самородный теллур и др.

В Узбекистане руды месторождений содержат 32 минерала теллура вместе с теллуридами урана (табл. 3).

Значительная часть упомянутых минералов развита в низкотемпературных золотосеребряных месторождениях, где они обычно выделяются после основной

Таблица 3
Минералы теллура в Узбекистане

Минерал и его формула
Теллур самородный — Te
Селенистый теллур — (Te, Se)
Теллуrowисмутит — Bi ₂ Te ₃
Тетрадимит — BiTe ₂ S
Гессит — Ag ₂ Te
Петцит — (Ag, Au) ₂ Te
Алтаит — PbTe
Колорадоит — HgTe
Креннерит — AuTe ₂
Калаверит — AuTe ₂
Сильванит — (Ag, Au)Te ₂
Мелонит — NiTe ₂
Нигглиит — PtTe ₃ ?
Монтанит — Bi ₂ TeO ₄ [OH] ₄
Тейнеит — Cu[(Te, S)O ₄] ₂ ·2H ₂ O
Дурденит (эммонсит) — Fe ₃ [TeO ₃] ₃ ·4H ₂ O
Вейссит — Cu ₅ Te ₃
Риккардит — Cu _{4-x} Te ₃
Теллурантимон (с Bi) — (Sb, Bi) ₂ Te ₃
Фробергит — FeTe ₂
Штютцит — Ag ₅ Te ₃
Эмпрессит — AgTe
Вольнскит — AgBiTe ₂
Монтбрейит — Au ₂ Te ₃
Костовит — AuCuTe ₄
Билибинскит — Au ₃ Cu ₂ PbTe ₂
Костерит — (Cu, Sn) ₃ (Zn, Fe)(Te, S) ₄ ; Te — 2,07%
Мутманнит — (Ag, Au)Te
Нагиагит — Pb ₅ Au(Te, Sb) ₄ S ₅
Шмиттерит — UO ₂ TeO ₃
Моктезумит — Pb(UO ₂)(TeO ₃) ₂
Клиффордит — UO ₂ Te ₃ O ₇

Примечание. * Жирно выделены теллуриды уранила

массы сульфидов совместно с самородным золотом, сульфосолями серебра, свинца, а также с минералами висмута. Теллур находится также в составе пирита, халькопирита, молибденита и галенита месторождений порфириновых медных руд, полиметаллических месторождений алтайского типа, галенита свинцово-цинковых месторождений, связанных со скарнами, сульфидно-кобальтовых, сурьмяно-ртутных и некоторых других, охарактеризованных Н.Д. Синдеевой (1959) [10]. Содержание теллура в молибдените колеблется в пределах 0,0095–0,0053 %, в халькопирите — 0,0102–0,0031 %, в пирите до 0,0090 %.

Генетические типы эндогенных и эпигенетических месторождений селена и теллура в Узбекистане

Эндогенные месторождения

Селен и теллур принадлежат к числу наиболее хорошо изученных рассеянных элементов в эндогенных и экзогенных месторождениях Узбекистана, где на селен и теллур охарактеризованы все важнейшие эндогенные рудные формации, которые были подвержены только систематике на раннем этапе исследований (Козырев, 1964) [6].

В настоящей работе рассматриваются особенности распространения на территории Узбекистана, Киргизии и Таджикистана месторождений и перспективных площадей, содержащих селен и теллур (рис. 1), приводится их генетическая классификация с примерами типовых рудных объектов (табл. 4). О концентрации селена и теллура в важнейших сульфидных минералах, изученных рудных формаций, дает представление табл. 5.

Скарновые сульфидно-шеелитовая и сульфидно-шеелитовая существенно с молибденитом рудные формации

Месторождения этих формаций характерны для Нурагинского (Лянгар, Койташ) и Зирабулакского (Ингичке) горных районов Западного Узбекистана.

Шеелитоносные скарны приурочены к контактными зонам известняков палеозойского возраста с крупными интрузивами гранитоидов, сопровождаемые местами фазовыми доскарновыми мелкими штокообразными телами лейкократовых гранитов.

По условиям залегания и морфологии выделяются следующие типы вольфрамоворудных тел:

1) приконтактные пластообразные, трубообразные и гнездовые;

2) пластообразные тела, подчиненные межпластовым отслоениям на контактах карбонатных и силикатных пород или связанные с «запыльками» гранитов в известняках;

3) секущие жилообразные тела, связанные с динамичными апофизами гранитов в известняках или заполняющие в них трещинные структуры.

Минералогический состав скарнов: пироксеновые, гранат-пироксеновые, гранатовые и другие разновидности. Основной рудный минерал месторождений — шеелит, в ряде случаев — молибденит; по признаку соотношения в рудах шеелита и молибденита выделяются шеелитовая и молибденито-шеелитовая рудные формации.

Характерно развитие в шеелитоносных скарнах сульфидной минерализации, представленной, помимо молибденита, пиритом, халькопиритом, пирротинном, галенитом, сфалеритом, арсенопиритом. Суммарное содержание сульфидов в рудах обычно не превышает 2–4 %.

Все сульфидные минералы шеелитоносных скарнов содержат в том или ином количестве рассеянные селен и теллур (табл. 5). Максимальные содержания этих элементов характерны для поздних сульфидов — молибденита (соответственно Se до 0,0195 и Te до 0,009 %) и галенита (0,23 и 0,03 %). Из ранних минера-

лов сульфидной стадии наиболее высокие содержания селена и теллура отмечаются в арсенопирите (до 0,012 и 0,0028 %). Интересно, что в сульфидах, проявленных несколькими генерациями (например, пирит), наблюдается обогащение селеном и теллуром более поздних по времени образования генераций.

В рудах месторождения Лянгар отмечено (Мясников, 1951) [7] присутствие тетрадимита. Есть основания предполагать, что теллуриды висмута и свинца далеко не являются редкостью для скарново-шеелитовых месторождений. По данным Н.Д. Синдеевой (1959), алтаит и тетрадимит образуются в широком интервале температур из растворов, содержащих даже небольшие концентрации теллура. Доказательством может служить отсутствие в рудах корреляции между серой и теллуром при наличии ее между серой и селеном. Важно, что обычно пробы, в которых устанавливается наиболее высокое содержание теллура (от 3,05 до 10,52 г/т), фиксируют в то же время повышенное содержание висмута (от 165 до 644 г/т).

Очевидно теллуриды присутствуют в пробах в виде очень мелких пылевидных выделений среди сульфидов и трудно диагностируемы даже при детальном минераграфических исследованиях (устанавливаются только микрондированием).

В целом во всех типах руд трех месторождений распределение Se и Te следующее (г/т): Койташ — 8,12

и 4,06; Лянгар — 7,64 и 10,52; Ингичке — 2,6 и 3,05 (Бабаджанов, 2017) [1].

Скарновая золото-халькопиритовая формация

В Узбекистане известно только одно месторождение этой формации — Рабинджан, расположенное в Зирабулакском районе. Такое же месторождение было изучено нами и в Кураминском регионе на территории Киргизии (Бозимчак).

Скарново-сульфидные руды образуют крупную залежь на контакте массива гранодиоритов с толщей карбонатных пород нижнего карбона. Среди скарновых образований ведущая роль принадлежит волластонито-гранатовой ассоциации. Основными рудными минералами являются халькопирит, пирит, халькозин, пирротин, золото; реже встречаются сфалерит и галенит. Содержание селена в халькопирите, пирите и галените колеблется в пределах сотых долей процента и лишь в сфалерите снижается до тысячных. Содержание теллура в сульфидах более непостоянно и меняется от десятитысячных до сотых долей процента. Такое непостоянство в содержании теллура в сульфидных минералах, несомненно, связано с присутствием мельчайших включений теллуридов.

Вольфрамито-берилло-касситерито-молибденито-кварцево-грейзеновая формация

Месторождение этой формации находится в Чаткальском регионе, в бассейне р. Саргардон, вблизи

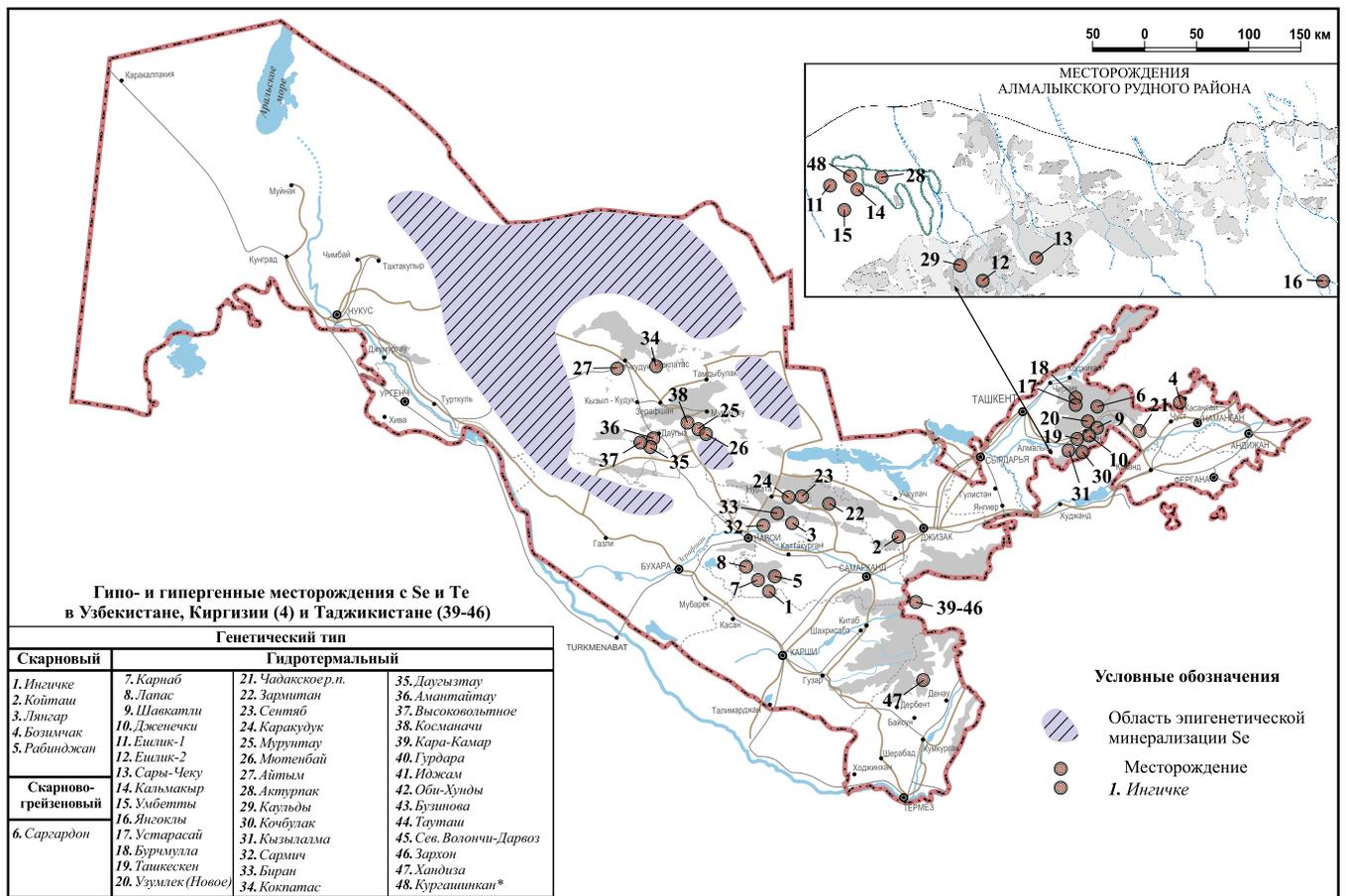


Рис. 1. Схема размещения эндогенных месторождений Se и Te в Узбекистане, Киргизии и Таджикистане

Таблица 4

Генетические типы эндогенных месторождений селена и теллура в Узбекистане, Киргизии* и Таджикистане**

Генетический тип месторождений	Рудная формация	Условия залегания и морфология рудных тел	Основные селен-теллурсодержащие минералы	Типовые месторождения
Скарновый	Сульфидно-шеелитовая	Пластообразные, линзообразные, жилообразные контактовые и секущие тела в контактовых зонах известняков и гранитоидов	Галенит, сфалерит, арсенопирит, халькопирит, пирит, пирротин, теллуровисмутит	Ингичке, Койташ
	Сульфидно-шеелитовая существенно с молибденитом	Жилоподобные, трубообразные, пластообразные контактовые, межпластовые и секущие тела в контактовых зонах известняков и гранитоидов	Молибденит, арсенопирит, пирротин, халькопирит, пирит, сфалерит, гессит, бисмит, селениты и теллуриды уранила	Лянгар
	Золото-халькопиритовая	Пластообразные залежи в контактовых зонах гранодиоритов и карбонатных пород	Халькопирит, пирит, галенит, сфалерит, ковеллин, халькозин	Бозимчак*, Рабинджан
Скарново-грейзеновый	Вольфрамит-берилл-касситерит-молибденит-кварцево-грейзеновая	Жилы и жильные штокверки в гранитах	Галеновисмутит, галенит, сфалерит	Саргардон
Гидротермальный	Касситерит-кварцевая и касситерит-сульфидная	Жилы и минерализованные зоны в гранитоидах и вулканитах	Пирит, галенит	Карнаб, Лапас, Шавкатли, Дженичке
	Молибденит-кварцевая	Штокверки в гранитах, гранит- и гранодиорит-порфирах	Халькопирит, пирит	Умбетты, Янголлы
	Золото-молибденит-халькопирит-кварцевая	Пластообразные и трубообразные тела прожилково-вкрапленных руд в сиенитах, гранодиорит-порфирах и кварцевых порфирах	Халькопирит, молибденит, пирит, галенит, сфалерит, гессит, калаверит, креннерит	Кальмакыр, Сары-Чеку, Баракали
	Висмутин-арсенопиритовая	Пластообразные тела, жилы, линзы, залежи в песчано-карбонатных породах	Арсенопирит, пирит, шеелит, галенит, тетрадимит, буланжерит	Устарасай, Бурчмулла, Ташкескен, Узумлек (Новое)
	Золото-кварцевая	Жилы в интрузивных, вулканогенных, карбонатных и терригенных породах; жилы и штокверки в углеродисто-терригенных породах	Сильванит, калаверит, нагиагит, гессит, селеновисмутин, флокманнит, вейбуллит, галенит, пирит, халькопирит, сульфосоли, арсенопирит, селениты и теллуриды уранила	Чадакское рудное поле, Зармитан, Сентябрь, Каракудук, Мурунтау, Мютенбай, Айтым
	Золотосульфидно-кварцевая	Системы жил, залежей, рудных столбов, трубчатых тел, минерализованных зон в интрузивных, вулканогенных и углеродисто-терригенных породах		Актурпак, Каульды, Кочбулак, Кызылалма, Сармич, Биран
	Золото-арсенопирит-сульфидная	Минерализованные зоны и колчеданные залежи в вулканогенно-углеродисто-терригенных породах		Кокпатас, Даугызтау, Амантайтау
	Золото-серебро-кварцевая	Минерализованные жилы и жильные зоны в терригенных и карбонатно-терригенных породах		Высоковольтное, Косманачи
	Золото-пирит-халькопирит-антимонитовая, кварц-сфалерит-сульфо-антимонитовая, кварц-антимонитовая	Гнезда, линзы, прожилковые скопления, пластовые залежи в окварцованных брекчированных зонах сланцев и джаспероидов	Пирит, пирротин, цинкениит, гетероморфит, сфалерит, антимонит, сульфосоли, швацит	Кара-Камар, Гурдара, Иджем, Оби-Хунды, Бузинова, Тауташ, Сев. Волончи-Дароз, Зархон**
	Галенито-сфалеритовая, галенито-сфалерито-кварцевая и галенито-сфалерито-кварцево-карбонатная	Пластообразные тела, жилы, линзы, трубы, гнезда, зоны вкрапленных руд в известняках, интрузивных породах, вулканитах и сланцах, в контактовых зонах известняков и интрузивных пород	Сильванит, галенит, сфалерит, халькопирит, пирит	Хандиза, Кургашикан

Таблица 5

Содержание селена и теллура в важнейших сульфидных минералах рудных формаций Узбекистана и Таджикистана*, г/т

Рудная формация	Арсенопирит			Пирротин			Халькопирит			Пирит		
	селен	теллур	Se:Te	селен	теллур	Se:Te	селен	теллур	Se:Te	селен	теллур	Se:Te
Сульфидно-шеелитовая	$\frac{40-260}{120}$	$\frac{24-36}{28}$	4,3:1	$\frac{Сл.-4100}{560}$	$\frac{Сл.-3150}{620}$	0,9:1	40	Сл.	20:1	$\frac{27-32}{30}$	$\frac{4-8}{6}$	5:1
Сульфидно-шеелитовая существенно с молибденитом	120	280	0,4:1	$\frac{7-160}{53}$	$\frac{Сл.-40}{27}$	7,6:1	$\frac{20-90}{40}$	$\frac{5-70}{27}$	1,5:1	$\frac{Сл.-60}{32}$	$\frac{Сл.-15}{6}$	5,3:1
Скарновая золото-халькопиритовая							$\frac{250-510}{350}$	$\frac{30-280}{102}$	3,4:1	120	Сл.	60:1
Касситерито-кварцевая и касситерито-сульфидная	140	20	7:1							30	Сл.	15:1
Молибденито-кварцевая							$\frac{20-34}{29}$	Сл.	15:1	$\frac{Сл.-30}{10}$	$\frac{10-20}{14}$	0,7:1
Золото-молибденито-халькопирито-кварцевая							$\frac{Сл.-240}{92}$	$\frac{Сл.-45}{16}$	5,7:1	$\frac{Сл.-260}{52}$	$\frac{Сл.-80}{12}$	4,3:1
Висмутино-арсенопиритовая	$\frac{Сл.-30}{20}$	$\frac{Сл.-40}{14}$	1,4:1							$\frac{Сл.-10}{5}$	Сл.	2:1
Золотокварцевая, золотосульфидно-кварцевая и золото-арсенопирито-сульфидно-кварцевая	80	70	1,1:1					30		$\frac{Сл.-50}{13}$	$\frac{Сл.-329}{10}$	1,3:1
Галенит-сфалерито-кварцевая и галенито-сфалерито-кварцево-карбонатная							$\frac{Сл.-110}{39}$	$\frac{Сл.-220}{45}$	0,9:1	$\frac{Сл.-140}{6}$	$\frac{Сл.-250}{17}$	0,4:1
Сульфидно-шеелитовая	195	90	2,2:1	87	8	10,7:1	2300	300	7:1			
Сульфидно-шеелитовая существенно с молибденитом	$\frac{30-195}{106}$	$\frac{20-90}{43}$	2,5:1	$\frac{Сл.-20}{10}$	$\frac{7-8}{7}$	1,4:1						
Скарновая золото-халькопиритовая				40	Сл.	≈20:1	360	40	9:1			
Касситерито-кварцевая и касситерито-сульфидная												
Молибденито-кварцевая	88	12	7,3:1									
Золото-молибденито-халькопирито-кварцевая	$\frac{Сл.-140}{60}$	$\frac{Сл.-30}{7}$	8,6:1	Сл.	$\frac{Сл.-10}{5}$	≈0,5:1	$\frac{2-20}{14}$	$\frac{24-80}{45}$	0,3:1			
Золото-кварцевая, золото-сульфидно-кварцевая и золото-арсенопирито-сульфидно-кварцевая							360	370	1:1			
Галенит-сфалерито-кварцевая и галенито-сфалерито-кварцево-карбонатная				$\frac{Сл.-20}{8}$	$\frac{Сл.-260}{32}$	0,2:1	$\frac{Сл.-80}{24}$	$\frac{Сл.-440}{35}$	0,7:1			

Рудная формация	Арсенопирит			Пирротин			Халькопирит			Пирит		
	селен	теллур	Se:Te	селен	теллур	Se:Te	селен	теллур	Se:Te	селен	теллур	Se:Te
Золото-пирит-халькопирит-антимонитовая										17	6	2,8
Кварц-сфалерит-сульфо-антимонитовая										126	15	8,4
Кварц-антимонитовая										375	20	18,7

*Примечание: в числителе — размах содержаний Se и Te, в знаменателе — средние значения

перевала Шабрез. В северо-западной оболочке Саргардонской гранитной интрузии в магнезиально-известковых скарнах развиты мощные крутопадающие тела флюорит-берилловых экзогрейзенов. Кварцево-грейзеновые жилы (линейный штокверк) месторождения Саргардон находятся уже в апикальной зоне гранитного интрузива и несут вольфрамит-касситерит-флюорит-берилловую рудную минерализацию с сульфидами Pb, Zn, Cu, Bi и сульфосолями. В галеновисмутите, являющемся рудным минералом верхних уровней месторождения Саргардон, накапливается теллур (90 г/т).

Касситерито-кварцевая и касситерито-сульфидная формации

Месторождения касситерито-кварцевой и касситерито-сульфидной формаций, характеризующиеся признаками взаимоперехода, расположены в Зирабулакских горах Западного Узбекистана (Карнаб, Лапас) и Кураминском регионе (бассейн р. Ангрэн) — Шавкатли, Дженичке.

Рудные тела образуют жилы и штокверковые минерализованные зоны в гранитах и вулканитах. Среди рудных минералов, кроме касситерита и сульфидов Pb, Zn, Cu в месторождениях комплексной кварцево-касситерито-сульфидной формации по аналогии с другими месторождениями России (Ингодинское, Шерловая Гора и др.) возможно проявление теллуридов висмута, золота и серебра, селенидов висмута, свинца и сурьмы.

Молибденито-кварцевая формация (с Cu, W)

Селено- и теллуруносность этой формации охарактеризована на примере двух месторождений Кураминского хребта (Умбетты, Янгоклы).

Месторождения представляют собой ряд штокверковых зон, образованных густой сетью молибденито-кварцевых жил и прожилков в биотитовых гранитах. Молибденито-кварцевые прожилки содержат рассеянную вкрапленность и гнездовые выделения халькопирита, пирита, сфалерита и галенита. Из сульфидов высокие содержания селена и, особенно, теллура (90 г/т) определены в молибдените и в пирите (табл. 4).

Золото-молибденито-халькопирито-кварцевая формация

Месторождения этой формации (Кальмакыр и др.), также известные как медно-порфировые, отличаются

крупными масштабами. Область их проявления определяется Кураминским регионом (Алмалыкский горнорудный блок).

Месторождения пространственно-генетически связаны со штоками гранодиорит-порфиров, прорывающих интрузивные породы сиенитовой серии, или с зонами нарушений в эффузивных кварцевых порфирах. Прожилково-вкрапленные руды образуют крупные пластообразные и трубообразные тела. Ведущими рудными минералами первичных руд являются халькопирит, молибденит, пирит, магнетит, золото; сугубо минералогическую роль играют сфалерит и галенит. Над первичными рудами лежит зона вторичного сульфидного обогащения — халькозиновая, а еще выше — зона окисления и выщелачивания. Зоны не имеют четко выраженных границ. Наиболее распространенные минералы окисленных руд — малахит, хризоколл, лимонит, гетит. В халькозиновых рудах преобладают халькозин, пирит, халькопирит, ковеллин, борнит, гематит.

Супергенная зональность проявлена не на всех месторождениях формации.

Селен и теллур содержатся во всех основных сульфидных минералах (халькопирите, пирите, молибдените) примерно в близких количествах: селен 0,005–0,009 %, теллур 0,0007–0,0016 % (в среднем). Отношение селена к теллуру от 4:1 до 8:1. Более высокое содержание селена характерно для молибденита; наиболее высокая концентрация теллура наблюдается в поздних низкотемпературных сульфидах — галените. Сфалерит отличается низким содержанием как селена, так и теллура. Интересно, что из молибденита месторождений формации промышленно извлекается рений.

В сульфидных минералах руд установлены мельчайшие микроскопические вкрапления теллуридов серебра и золота: *гессита*, *калаверита* и *креннерита*. Среди вторичных минералов селен и теллур установлены в малахите, хризоколле, халькозине, куприте, галлаузите, бирюзе, аллофане, ярозите, минералах марганца.

Висмутин-арсенопиритовая (висмут-мышьяковая) формация объединяет в регионе Чаткала (Дунин-Барковская, 1978) [3] два минеральных типа: висмутин-арсенопирит-пирротин-кварцевый с шеелитом и

Pb-Vi сульфосолями в кварцевых жилах и пирротиновых залежах (Устарасайское рудное поле) и висмутин-арсенопиритовый в залежах (Бурчмулла, Кульма).

Оруденение развито в зонах тектонических нарушений: в горизонте тонкослоистых песчано-карбонатных пород фрам-фамена — кварцевые жилы и пирротиновые залежи с Vi сульфидами (Устарасай); в песчано-карбонатных породах бурчмуллинского горизонта (C₁) — кварц-анкерит-арсенопиритовые залежи, жилы и рудные тела неправильной формы (Бурчмулла).

На месторождении Устарасай выделены: кварцевые жилы с висмутином, Pb-Vi сульфосолями и шеелитом, пирротиновые залежи с висмутином, Pb-Vi сульфосолями и также с шеелитом; арсенопиритовые залежи с вкрапленностью сульфидов висмута; карбонат-галенит-сфалерит-буланжеритовые (5 % висмута) и галенит (с Ag)-сфалеритовые прожилки.

Из окисленных минералов развиты лимонит и скородит.

В Восточном Узбекистане известны и другие проявления висмутоносной (Cu-Te(Se)-Vi) формации — Ташкескен (Чаткальский хребет), Узумлек и Новое (хр. Майгашкан).

Ташкескен — это кварц-гематит (магнетит)-халькопиритовые ветвящиеся прожилки с вкрапленностью тетрадимита, халькопирита, висмутин, иногда шеелита в зонах окварцевания, турмалинизации и калишпат-гематитизации в гранодиоритовом интрузивном выходе.

Узумлек и Новое — это линейно вытянутая зона штокверка в рудовмещающей зоне Узумлекского разлома. В гипогенных рудах выделены: вкрапленно-прожилковый халькопирит-тетрадимитовый тип в калишпатизированных и гематитизированных прожилках; вкрапленно-гнездовой халькопирит-тетрадимитовый тип в окремненной породе; штокверково-гнездово-прожилковый борнит-халькопиритовый в скарноидах (участок Кунакбай).

На селено-теллуриносность формации изучены в основном пирит и арсенопирит (0,005–0,015 %), однако на узумлекской площади (Te до 200 г/т) есть все основания ожидать появления (Ежков и др., 2017) [4] теллуридов золота (Au до 0,2–0,5 г/т).

Золотокварцевая, золотосульфидно-кварцевая, золото-арсенопирит-сульфидная, золото-серебро-кварцевая формации

Золото, наряду с медью, вольфрамом, молибденом и ураном — важная составляющая богатства недр Узбекистана.

Месторождения золота распространены чрезвычайно широко и представлены многочисленными геолого-промышленными типами золотого оруденения (табл. 4), к примеру, достигающего на объектах-гигантах в вертикальном размахе более 4-х км (Мурунтау, фланги Митенбай, Триада).

Условия залегания и морфология рудных тел весьма многообразны: жилы, линзы, минерализованные зоны, колчеданные залежи, рудные столбы и трубча-

тые тела в интрузивных, вулканогенных, карбонатно-углеродисто-терригенных образованиях. Среди наиболее распространенных рудных минералов устанавливаются: мельчайшие выделения селенидов и теллуридов золота, серебра, меди, висмута, свинца, *ванадия — сильванита, калаверита, нагиагита, гессита, селеновисмутин, клокланнита, вейбуллита.*

Все сульфидные минералы жил и арсенопирит содержат примесь селена и теллура (обычно сотые и тысячные доли процента). Максимальное содержание этих элементов (высокие сотые доли процента) отмечается в галените. Соотношение селена и теллура 1:1.

Золото-пирит-халькопирит-антимонитовая, кварц-сфалерит-сульфоантимонитовая, кварц-антимонитовая формации

Среди рудных регионов Тянь-Шаня с Sb-Hg оруденением (попутными Au, Ag, Se, Te, Tl, In, As) хорошо известен широким развитием проявлений сурьмы (и ртути) Шинг-Магианский регион Таджикистана (бассейн р. Зарафшан). Здесь большая часть месторождений и проявлений сурьмы локализуется в брекчиях на контакте доломитов и известняков силур-девона с кремнисто-глинистыми, кремнисто-известковистыми и кремнисто-углеродисто-сланцевыми сланцами карбона, контролируемая системой складчатых и разрывных дислокаций (Клемперт, Исаев, 1981) [5].

Анализ содержания селена в мономинеральных пробах антимонита показал, что наиболее высокие концентрации селена (до 375 г/т) присущи *кварц-антимонитовым* месторождениям, тогда как антимониты *золото-пирит-халькопирит-антимонитовой и кварц-сфалерит-сульфоантимонитовой* формациям содержат селена значительно меньше (соответственно 17 и 126 г/т). Распределение Te (г/т) в антимонитах трех указанных формаций (в том же порядке): 20-6-15. Обращает на себя внимание особая обогащаемость селеном пиритов, пирротинов, цинкенина, а также гетероморфита и сфалерита. Установлено, что чем большее число ранних сульфидов концентрирует селен, и чем больше в них его содержание, тем меньше селена в позднем антимоните. *Это позволяет использовать наличие селена в антимонитах в качестве индикаторного оценочного признака, указывающего на тип сурьмяной минерализации.*

Галенито-сфалеритовая, галенито-сфалерито-кварцевая и галенито-сфалерито-кварцево-карбонатная формации

По количеству известных месторождений группа полиметаллических формаций является самой многочисленной. Месторождения этой группы распространены в Кураминской (Кургашинкан) и Гиссарской (Хандиза) горных системах.

Описываемые месторождения отличаются сложностью и многообразием морфологических типов рудных тел: жилы, линзы, пластообразные тела, трубы, гнезда и зоны вкрапленных руд. Вмещающие породы представлены известняками, гранитоидами, вулканитами и сланцами палеозойского возраста.

Основные рудные минералы — галенит, сфалерит, халькопирит, пирит, нередко магнетит и самородное серебро, иногда золото. Нерудные и жильные минералы представлены кварцем, карбонатами, халцедоном, хлоритом, серицитом, серпентином, эпидотом, тальком. На некоторых месторождениях, особенно приуроченных к известнякам, развита довольно мощная зона окисления, ведущими рудными минералами которой являются свинцово-цинковые — церуссит, каламин, смитсонит, англезит.

Селен и теллур устанавливаются в галените, сфалерите, халькопирите, пирите в тысячных и десятитысячных долях процента. *Для всех сульфидов характерно преобладание теллура над селеном.* Отношение селена к теллуру колеблется от 0,2:1 до 0,9:1.

В отдельных случаях в рудах отмечается присутствие теллуридов золота и серебра (сильванит в Кургашинкане; Бадалов, 1958) [2].

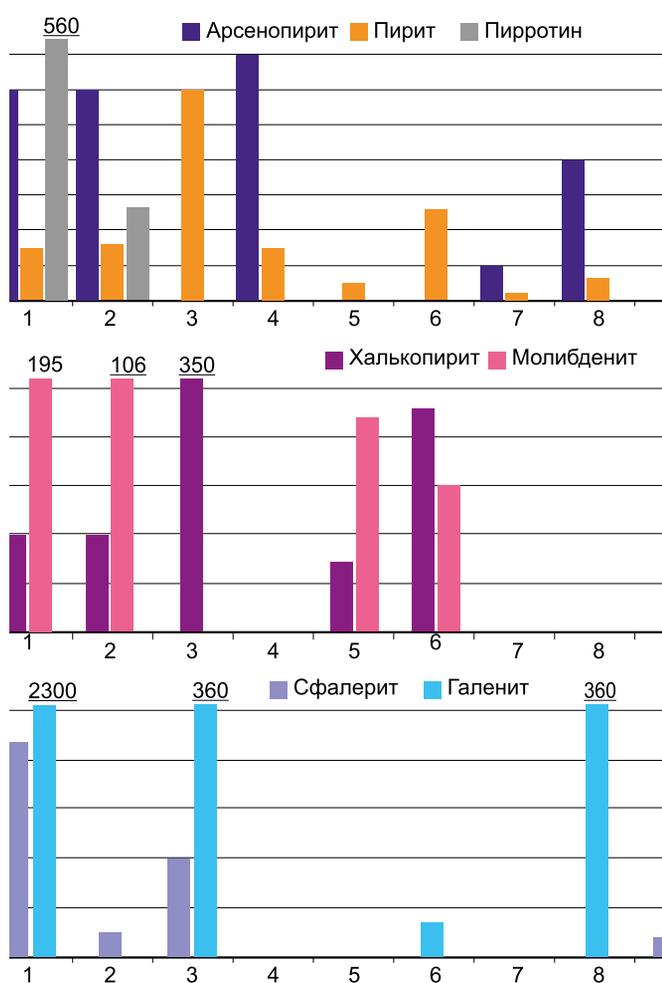


Рис. 2. Распределение селена в важнейших сульфидных минералах различных рудных формаций Узбекистана. Рудные формации: 1 — сульфидно-шеелитовая; 2 — сульфидно-шеелитовая с молибденитом; 3 — скарновая золото-халькопиритовая; 4 — касситерито-кварцевая и касситерито-сульфидная; 5 — молибденито-кварцевая; 6 — молибденито-халькопирит-кварцевая; 7 — висмутино-арсенопиритовая; 8 — золотокварцевая, золотосульфидно-кварцевая и золото-арсенопирито-сульфидно-кварцевая; 9 — галенито-сфалерито-кварцевая и галенито-сфалерито-кварцево-карбонатная

Основные выводы и рекомендации

1. Селен и теллур образуют месторождения широкого температурного диапазона, будучи связанными со скарновыми, грейзеновыми и гидротермальными рудными формациями, содержащими то или иное количество сульфидов. Только низкотемпературные полиметаллические месторождения (кварцево-флюорито-баритополиметаллические и полиметаллические телетермального типа) содержат незначительное количество селена и теллура.

2. Основная масса селена и теллура рассеяна в сульфидных минералах (рис. 2, 3).

Содержание селена и теллура в одном и том же минерале на месторождении весьма неравномерно, что, очевидно, связано с разными уровнями концентрации этих элементов в материнских рудообразующих растворах в различных позициях рудоотложения. Иногда намечается тенденция к увеличению содержаний

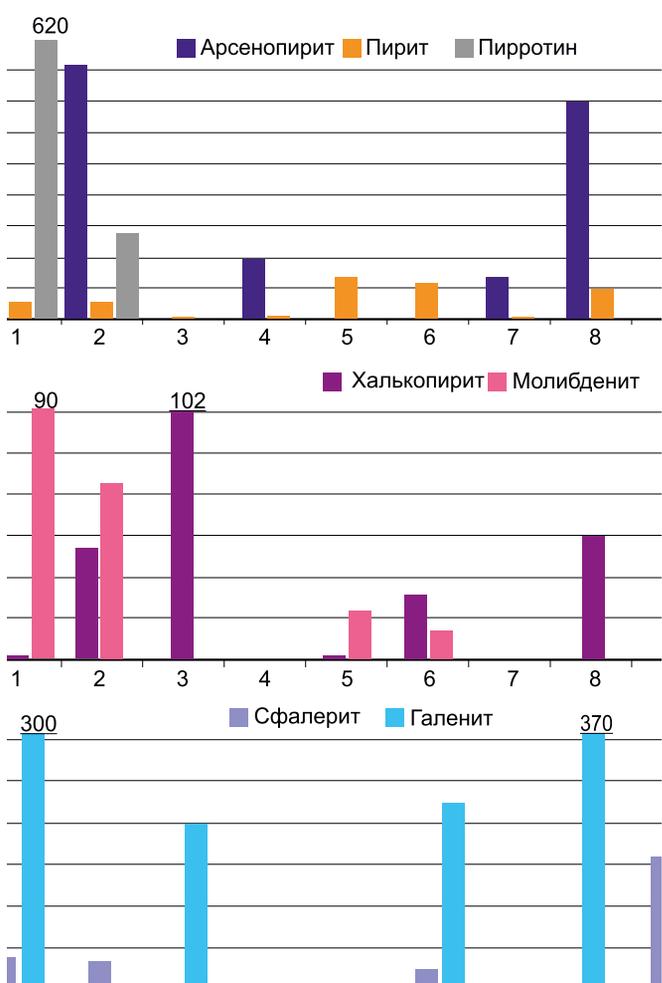


Рис. 3. Распределение теллура в важнейших сульфидных минералах различных рудных формаций Узбекистана. Рудные формации: 1 — сульфидно-шеелитовая; 2 — сульфидно-шеелитовая с молибденитом; 3 — скарновая золото-халькопиритовая; 4 — касситерито-кварцевая и касситерито-сульфидная; 5 — молибденито-кварцевая; 6 — молибденито-халькопирит-кварцевая; 7 — висмутино-арсенопиритовая; 8 — золотокварцевая, золотосульфидно-кварцевая и золото-арсенопирито-сульфидно-кварцевая; 9 — галенито-сфалерито-кварцевая и галенито-сфалерито-кварцево-карбонатная

селена и теллура в минерале с глубиной, т.е. по пути восходящей миграции раствор-флюидов. При наличии нескольких генераций минерала отмечается относительное обогащение селеном и теллуrom генераций, более поздних по времени образования.

В сульфидных высокотемпературных месторождений обычно преобладает селен, а в более низкотемпературных — теллур. В среднетемпературных месторождениях отношение селена к теллуру близко к единице.

Несмотря на хорошо известное правило о расширении пределов изоморфизма *селена—серы* и *теллура—серы* при повышении температуры и давления (Синдеева, 1959), наиболее высокое содержание селена и теллура наблюдается в сульфидных некоторых среднетемпературных формаций и переходных от средне- к низкотемпературным. Отсюда можно предположить, что насыщаемость сульфидов селеном и теллуrom зависит не только от температуры и давления, но и от других факторов (потенциалы кислорода и серы, концентрации селена и теллура в растворах), определяющих в комплексе оптимальные условия изоморфного вхождения селена и теллура в структуру сульфидов.

3. Самостоятельные минералы селена и теллура являются минералогической редкостью. Благодаря тесному срастанию с сульфидными большая часть этих минералов при обогащении руд попадает в сульфидные концентраты, служащие источником получения селена и теллура. Появление самостоятельных минералов селена наиболее вероятно в гидротермальных образованиях, обедненных серой.

Что касается теллура, то он может образовывать собственные минералы в сульфидных месторождениях любого типа. В этом отношении весьма интересны данные экспериментов со свинцовыми соединениями серы и теллура. Максимальное количество теллура, входящего в решетку галенита, составляет 3 весовых %, а избыток теллура выделяется в виде алтаита (PbTe). Алтаит выделяется даже при введении в систему 2 атомных % теллура. С уменьшением количества теллура возможность изоморфного замещения им серы резко сокращается (Синдеева, 1959).

В сульфидных месторождениях минералы селена и теллура образуют обычно мельчайшие микроскопические выделения, размером в сотые и тысячные доли миллиметра.

4. Наблюдается довольно четкая металлогеническая специализация горнорудных регионов Узбекистана в отношении селена и теллура. На фоне общей селено- и теллуруносности месторождений относительно повышенное (в 3–4 раза) содержание селена и теллура наблюдается в среднетемпературных полиметаллических месторождениях Гиссарского региона.

5. Таким образом, наиболее важным для промышленного освоения эндогенным типом месторождений селена и теллура в Узбекистане являются месторождения золото-молибденито-халькопирито-кварцевой формации. В тех же целях весьма интересны скарно-вые месторождения вольфрам-сульфидсодержащей и золото-халькопиритовой формаций, и также рудные

объекты с гидротермальным висмутино-арсенопиритовым оруденением.

Эпигенетические месторождения селена

Проявления селена в осадочных породах палеогена и верхнего мела Средней Азии содержат повышенные концентрации этого минерала. В 1959 г. И.Г. Ченцов указал на широкую зараженность селеном отложений палеогена и неогена Ферганы. В 1960 г. В.Е. Кудрявцев (ВСЕГЕИ) предположил наличие селена в верхнемеловых осадочных породах Средней Азии. Во всех анализированных пробах (8 шт.) установлен селен в количествах от тысячных до десятых долей процента. Проверка этих данных химическим анализом подтвердила присутствие в них селена (0,002–0,45 %).

В 1961 г. В.Ф. Савельевым и др. начато комплексное изучение селеновой минерализации на нескольких аналогичных участках верхнемеловых осадочных пород в Центральном Кызылкумах. Систематическим опробованием выявлена значительная распространенность в них селена. Последующими исследованиями установлена основная минеральная форма селена — *самородный тригональный гамма-селен*, а затем выявлено большое количество селеносодержащих минералов (*обугленные растительные остатки, пирит, марказит, галенит, фосфорит, лимонит, ярозит, натрояррозит*). Результаты исследований подтвердили предположение В.Е. Кудрявцева о концентрации селена на участках смены окислительных условий на восстановительные и его широкое площадное распространение.

На некоторых кызылкумских проявлениях верхнемеловых осадочных пород подобные исследования в 1961 г. проводила М.Ф. Каширцева (ВИМС), в 1962 г. — А.И. Газиев, И.С. Оношко (ВСЕГЕИ) и др. Они тоже установили в эпигенетически минерализованных участках пород присутствие самородного селена и перечисленных выше селеносодержащих минералов. В 1964 г. Г.Д. Тростянский в участках с U минерализацией выявлены редкие селениды (*ферроселит, клаусталит и эвкайрит*).

Селеновая минерализация в регионе исследований установлена преимущественно в водопроницаемых песчаных породах турона и сенона, состоящих из чередующихся разностей неокисленных или межпластово-лимонитизированных песков, песчаников, алевролитов и глин (рис. 1).

В местах выклинивания зон межпластовой лимонитизации, в их верхнем и нижнем контактах размещена собственно селеновая минерализация. Минерализованные зоны, обогащенные селеном, имеют форму роллов, изредка сдвоенных. Селен находится непосредственно на самом контакте или же несколько дальше от него в сторону неокисленных пород. В ряду элементов, удаляющихся от зоны окисления, селен предшествует ванадию, затем урану и молибдену: $Se \rightarrow V \rightarrow U \rightarrow Mo$ (рис. 4). Селеновые минералы встречены также в окисленной части (на границе) неокисленных пород. В отличие от них, в центральной части зоны пластового окисления содержание селена сравнительно низкое.

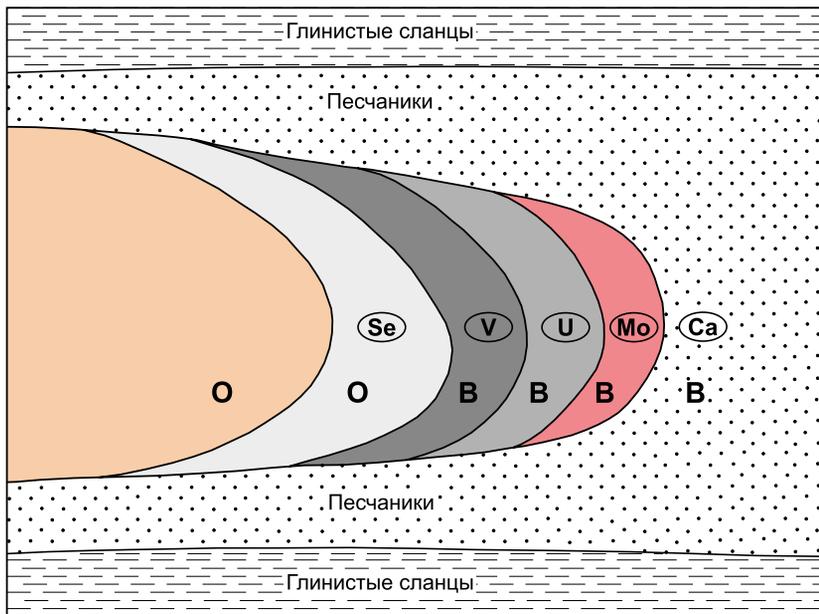


Рис. 4. Модель геохимической зональности в пределах роллового фронта. О — окислительные условия; В — восстановительные условия. Урановорудные районы обычно находятся в областях с повышенными фоновыми содержаниями урана. Судя по характеру пород на окисленной стороне ролла, выщелачивание здесь может быть чрезвычайно интенсивным. При высокой эффективности механизма осаждения для получения тех количеств урана, которые сосредоточены в рудных залежах достаточно удаления из обычных объемов окисленных пород, связанных с месторождениями роллового фронта, всего нескольких миллионных долей содержащегося в них урана

Источником селена являются (Савельев, 1972) [8] первичные диагенетические селенсодержащие обугленные растительные остатки, дисульфиды железа, галенит, фосфорит и другие минеральные образования. В сульфиде селен изоморфно, изовалентно и ограниченно замещает сульфидную серу, в результате окисления которых он выносился из них и переходил в кислородсодержащие подземные воды. Итак, основная минеральная форма селена в эпигенетически измененных участках осадочных пород верхнего мела — *самородный тригональный гамма-селен*. Обогащены селеном селенсодержащие обугленные растительные остатки, *пирит, марказит, галенит, фосфорит*.

В зонах межпластового окисления пород селен выщелачивается, хотя частично он может концентрироваться в лимонитах и зонах приповерхностного окисления — в ярозитах и натроярозитах.

В сульфатах кальция и бария селен рассеян; значительные концентрации селена создаются только в восстановительных условиях в участках эпигенетического изменения осадочных пород, включающих органические остатки растительного происхождения.

На одном из юрских месторождений каменного угля (Ангренский бассейн) в значительном количестве обнаружен самородный **тригональный гамма-селен**, возникший в особых условиях. Ранее он встречался в месторождениях (Кладно, Чехословакия) на горящих кучах угленосных отложений, богатых пиритом; в пустотах среди кварца на руднике Юнайтед-Верде (Аризона, США) в искусственно созданных фумарольных

условиях; на серноколчеданном месторождении Кульюртгау (Южный Урал, Россия).

Минерал обнаружен (Савельев, 1976) во многих местах в кровле угольного пласта горелых, интенсивно ожелезненных (гематитизированных и лимонитизированных) пород в зоне окисления. В меньшей степени он развит в пиритизированных песчаных конгломератах среднеюрского возраста.

Горелые породы, составляя выгоревшую часть пласта, достигают мощности 5 м. Самородный селен располагается в продольных трещинах, образуя обогащенные полосы шириной 0,5–1 м и более.

Характерен селен со спутанными скоплениями различно ориентированных кристаллов тригональной сингонии. Габитус их — шестиугольные призмы, с обоих концов увенчанные тригональными пирамидами (комбинация гексагональной призмы с тригональной дипирамидой). Нередко головки кристаллов имеют только одну или две грани, косо срезающие шестигранную призму. Часто из трех присутствующих граней две недоразвиты. Лучшее всего выражены окончания (очень часто оба) у мелких индивидуумов. У многих

кристаллов один конец довольно острой конусовидной формы. Встречаются и уплощенные, крученые и неоднократно изогнутые кристаллы, а также полые, с шероховатой внутренней поверхностью. Грани кристаллов, как правило, гладкие; часто несут тонкую вертикальную штриховку.

Размеры одиночных кристаллов достигают *2 см* в длину и от долей до *1,5 мм* в поперечнике.

Для минералогических исследований после разделения вещества в тяжелой жидкости Рорбаха с удельным весом 3,5 под бинокулярной лупой было отобрано достаточное количество чистого минерала.

Физические свойства минерала следующие. Цвет сербристо- или стально-серый, черта темно-серая до черной, блеск ясный, металлический, непрозрачный, твердость — 2, гибкий, спайность средняя по призме, излом неровный. Определение удельного веса пикнометрическим методом показало 4,73, гидростатическим — 4,76, в среднем — 4,75. Минерал не магнитный и не электромагнитный.

В полированном шлифе в отраженном полихроматическом белом свете селен бесцветен, с очень слабым желтоватым оттенком. Отражательная способность минерала высокая (несколько выше арсенопирита).

Двуотражение почти не различается. Анизотропия очень сильная. Полируется хорошо. Подобно остальным самородным металлам содержит тончайшие штрихи.

Гамма-селен полностью растворяется при нагревании в концентрированной азотной кислоте и частично

Литвиненко А.К., Романова Е.И. (МГРИ-РГГРУ)

ПЕРИКЛАЗ В МАГНЕЗИАЛЬНЫХ СКАРНАХ АБИССАЛЬНОЙ ФАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУХИЛАЛ, ЮГО-ЗАПАДНЫЙ ПАМИР

в крепкой серной, окрашивая ее в зеленый цвет в результате появления селеновой кислоты. С прибавлением воды к раствору минерала в серной кислоте выпадает красный осадок элементарного селена. В пламени спиртовки селен с горением улетучивается, давая лазурно-синее окрашивание. В закрытой стеклянной трубке в пламени горелки минерал образует широкое кольцо (до 1 см и более) порошокатого темно-красного селена и шлаковидную массу черного.

Генезис самородного селена определен (Савельев, 1976) [9] разрывом его связей с железом и серой в процессе горения. В углях и песчаниках ангреноского месторождения (более 1000 проб) установлены следующие формы нахождения селена: *черный порошокатый самородный, ферроселит, сорбированный селен на растительных остатках и селенистый пирит.*

Большая группа проб (с черным порошокатидным селеном) содержит Se от 0,01 до 11,30 %.

Таким образом, как продукты эпигенеза, юрские угли и песчаники Ангрена, а также верхнемеловые осадочные породы и фосфориты Кызылкумов представляют значительный интерес в качестве возможных источников селеновой и другой редкометалльной (REE, Sc, Re, Th) минерализации. В верхнемеловых осадках в этом качестве как концентраторы селена особенно важны места развития межпластовых зон лимонитизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаджанов, А.А. Новые данные о вещественном составе руд скарново-золото-редкометалльных месторождений Западного Узбекистана. Актуальные проблемы геологии, геофизики и металлогении / А.А. Бабаджанов. — Ташкент, 2017. — С. 151–153.
2. Бадалов, С.Т. О парагенезисе силванита из Алмалыка / С.Т. Бадалов // Узб. Геол. Журнал. — 1958. — № 4.
3. Дунин-Барковская, Э.А. Геохимия и минералогия висмута (Чаткало-Кураминские горы) / Э.А. Дунин-Барковская. — Ташкент: Изд-во «Фан», УзССР, 1978, — 272 с.
4. Ежов, Ю.Б. Рудно-геохимическая зональность и перспективы освоения месторождения Узумлек. Инновации и перспективные технологии геологоразведочных работ в Казахстане / Ю.Б. Ежов, Р.Р. Рахимов, Р.Р. Рустамжонов и др. — Алматы, 2017. — С. 64–69.
5. Клемперт, С.Я. Об одной особенности распределения селена в сурьмяных месторождениях Шинг-Магианского района / С.Я. Клемперт, А.П. Исаев // Минералогия и геохимия эндогенных месторождений Средней Азии. — Ташкент, 1981. — № 4. — С. 66–68.
6. Козырев, В.В. Генетические типы эндогенных месторождений селена и теллура в Узбекистане / В.В. Козырев — Сб. научных трудов. Вып. 3. ИГГ АН УзССР, Главгеология УзССР. — Ташкент: Изд-во «Наука», 1964. — С. 14–21.
7. Мясников, В.С. Минералы скарнов Лянгарского месторождения в Средней Азии. / В.С. Мясников. — М.: Изд-во АН СССР, 1951.
8. Савельев, В.Ф. Селен в молодых осадочных формациях Средней Азии / В.Ф. Савельев // Узб. Геол. Журнал. — 1972. — № 2. — С. 81–84.
9. Савельев, В.Ф. О самородном селене / В.Ф. Савельев // Записки Узбекстанского отделения Всесоюзного Минералогического Общества. Вып. 29. — Ташкент: Изд-во «Фан», 1976. — С. 54–57.
10. Синдеева, Н.Д. Минералогия, типы месторождений и основные черты геохимии селена и теллура / Н.Д. Синдеева. — М.: Изд-во АН СССР, 1959. — 257 с.

© Коллектив авторов, 2020

Ежов Юрий Борисович // info@gpniimr.uz
 Рахимов Рахман Рахимович // Rrahmon4646@.com
 Холиёров Анвар Турсинович // xoliyogovanvar@gmail.com
 Рустамжонов Равшан Рустамжонович // ravjon89@gmail.com

*На Юго-Западном Памире, претерпевшем метаморфизм гранулитовой, высокотемпературной амфиболитовой, эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фаций, локализовано месторождение ювелирной шпинели, форстерита и клиногумита. В Главной зоне магнезиальных скарнов установлен периклаз. Он формирует три парагенезиса: периклаз + форстерит, периклаз + шпинель и периклаз + клиногумит. Периклаз, «запрещенный» для высокобарических условий метаморфизма, образовался в магнезиальных скарнах абиссальной фации не путем реакции декarbonатизации магнезиальных карбонатов, а замещая минералы сульфатов и хлоридов магния. Брусит, широко распространенный на месторождении, образован гидратацией периклаза, а не при замещении шпинели как считалось ранее. Это подтверждается отсутствием оксидов алюминия, которые возникли бы при замещении шпинели, но их в парагенезисе с бруситом нет. Периклаз можно рассматривать как индикатор присутствия магнезиальных сульфатов и хлоридов в составе эвапоритового протовещества месторождения Кухилал. **Ключевые слова:** Юго-Западный Памир, горанская серия, магнезиальные скарны, магнезиальные сульфаты, периклаз.*

Litvinenko A.K., Romanova E.I. (MGRI-RGGRU)

PERICLASE IN MAGNESIAL SKARNS OF ABYSSAL FACIES OF KUHILAL DEPOSIT, SOUTH-WEST PAMIR

*The Deposit of jeweler spinel, forsterite and clinohumite is localized In The South-Western Pamir, which has undergone metamorphism of granulite, high-temperature amphibolite, epidote-amphibolite and green shale facies. A periclase is installed in the Main zone of magnesian skarns. It forms three parageneses: periclase + forsterite, periclase + spinel, and periclase + clinohumite. Periclase which is «forbidden» for high-pressure conditions of metamorphism was formed in magnesian skarns of abyssal facies not by reaction of decarbonatization of magnesian carbonates, but as result of replacing minerals of sulphates and chlorides of magnesium. Brucite which is widespread in the Deposit, is formed by hydration of periclase, but not by substitution of spinel as previously thought. This is confirmed by the absence of aluminum oxides, which would originate with replacing spinel, but they are not in paragenesis with brucite. Periclase can be considered as an indicator of the presence of magnesia sulfates and chlorides in the evaporite proto-matter of the Kuhilal Deposit. **Keywords:** South-Western Pamir, goran series, magnesian skarns, magnesian sulphates, periclase.*

Геологическое строение месторождения

Месторождение Кухилал — это известный объект по добыче ювелирных шпинели, клиногумита и форстерита. Оно находится в тектонической зоне Юго-