

## О СЕРЕБРЯНОМ ОРУДЕНЕНИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТАДЖИКИСТАНА

Ф. А. Файзиев, А. Р. Файзиев, М. Каюмарси

## On the silver mineralization of Central Tajikistan

F. A. Fayziev, A. R. Fayziev, M. Kayumarsi

The paper characterizes the silver-tin ore-bearing type of mineralization in Central Tajikistan. A distinctive feature of this type of deposits is the presence of silver minerals along with tin minerals in ore bodies. In addition, there is scheelite in the ores. Distribution of sulfides, arsenopyrite, pyrrhotite, marcasite, chalcocopyrite and pyrite is wider than of galena and sphalerite. In the ores there also are bismuth minerals - bismuthine and native bismuth, as well as native gold. The main minerals of silver are pyrargyrite, andorite, freibergite, polybasite and native silver. Silver is also associated with faded ores, galena and other minerals. From the regularities of the silver-tin ore-formation type, we should also note an increase in the concentration of silver in the ore bodies from the lower horizons of the deposits to the upper horizons. All deposits of this type of region are a result of several stages of hypogenous mineral formation; however, industrial mineralization is associated only with two stages: quartz-cassiterite-sulfide and silver-sulfosol-sulphide. Of the total number of mineral associations developed in the deposits, two are productive for silver: pyrrhotite-chalcocopyrite and silver-sulfosol-sulphide parageneses. Another characteristic feature of this type is the high temperature of mineral formation. Mineralization in them proceeded in two stages: early skarn and late pneumatolytic-hydrothermal. In the late stage, the processes of mineral formation occurred over a wide temperature range of 550–150 °C and pressures from 1000 to 150 atm. The mineral-forming solutions had a chloride-bicarbonate-sulphate character and a weak concentration (5–24 wt. %). From the cations, in order of increasing concentration, we established potassium, sodium, magnesium and calcium.

Keywords: silver; tin; ore formation type; deposit; ore field; geological structure; folded structure; stage.

Охарактеризован серебро-оловянный рудноформационный тип оруденения в Центральном Таджикистане. Отличительной чертой месторождений этого типа является присутствие в рудных телах наряду с оловянными минералами минералов серебра. Кроме того, в рудах присутствует и шеелит. Среди сульфидов арсенопирит, пирротин, марказит, халькопирит и пирит имеют более широкое распространение, чем галенит и сфалерит. В рудах находятся и минералы висмута – висмутин и самородный висмут, а также самородное золото. Основными минералами серебра являются пираргирит, андорит, фрейбергит, полибазит и самородное серебро. Серебро связано также с блеклыми рудами, галенитом и другими минералами. Из закономерностей серебро-оловянного рудноформационного типа следует также отметить увеличение концентрации серебра в рудных телах от нижних горизонтов месторождений к верхним. Все месторождения этого типа региона образованы в результате проявления нескольких стадий гипогенного минералообразования, однако промышленная минерализация связана только с двумя стадиями: кварц-касситерит-сульфидной и серебро-сульфосолю-сульфидной. Из общего числа минеральных ассоциаций, развитых на месторождениях, продуктивными на серебро являются две: пирротин-халькопиритовый и серебро-сульфосолю-сульфидный парагенезисы. Другой характерной особенностью этого типа является высокая температура образования минералов. Минералообразование в них протекало в два этапа: ранний скарновый и позний пневматолитово-гидротермальный. В позний этап процессы минералообразования происходили в широком диапазоне температур 550–150 °C и давлений от 1000 до 150 атм. Минералообразующие растворы носили хлоридно-бикарбонатно-сульфатный характер и были слабоконцентрированными (5–24 масс. %). Из катионов в порядке возрастающей концентрации установлены калий, натрий, магний и кальций.

Ключевые слова: серебро; олово; рудноформационный тип; месторождение; рудное поле; геологическое строение; складчатая структура; стадия.

Таджикистан является одним из важных сереброносных регионов мира. По разведанным запасам этого металла наша страна занимает пятое место [1]. Месторождения серебра здесь по минералого-геохимическим особенностям делятся на серебро-полиметаллические, серебро-сурьмяные, серебро-оловянные и серебро-золотые рудноформационные типы [2]. Сведения о первых двух типах опубликованы [3, 4]. К серебро-оловянному рудноформационному типу относятся более двадцати месторождений и проявлений, расположенных в пределах Центрального Таджикистана. Они объединены в Тарорское (Мирхант), Казнок-Мушистонское (Мушистон, Пагна, Вен, Нижний Вен, Хиргасант, Кони-Нукра, Тезлок, Молобой, Нижний Заврон, Андарикалон, Сангисафед, Верхний Заврон, Чашма) и Пети-Такфонское (Такфон, Пети, Симич, Пшанза, Ремон, Урашт) рудные поля (рис. 1). Во всех отмеченных месторождениях и проявлениях в качестве основных компонентов содержатся олово от 0,11 до 7,64 мас. % и серебро от 30–40 до 150–1200 г/т.

Далее приведена характеристика серебро-оловянного рудноформационного типа, к которому относятся месторождения

Тарорского, Казнок-Мушистонского и Пети-Такфонского рудных полей.

## Тарорское рудное поле

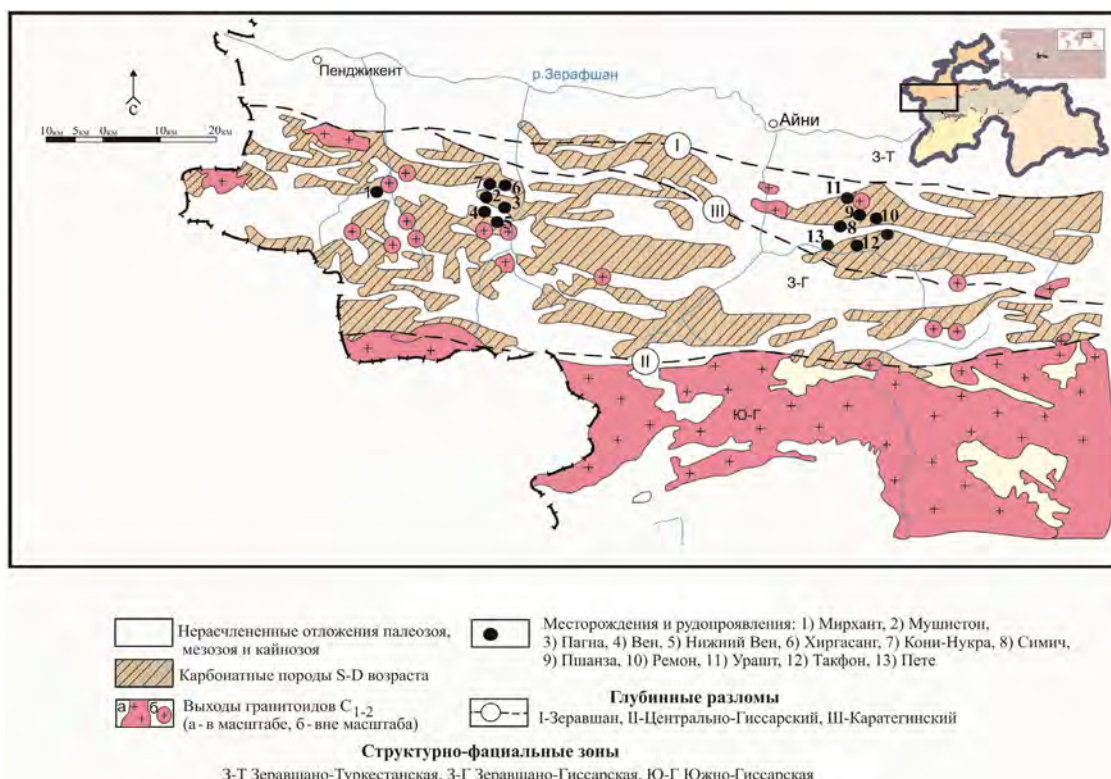
Тарорское рудное поле расположено в Шинг-Магианском междуречье, находящемся в западной части Зеравшано-Гиссарской металлогенической зоны [5], отделенной от Зеравшано-Туркестанской и Южно-Гиссарской зон соответственно Зеравшанским и Главным Гиссарским глубинными разломами. Основной рудоконтролирующей структурой рудного поля является кулисообразная система крутопадающих нарушений Кугитуринского и Рудакского разломов, образующих вытянутую в северо-западном направлении зону (зона «повышенной проницаемости» по А. Б. Павловскому). Эта зона контролирует в терригенно-карбонатных толщах среднего палеозоя как размещение мелких интрузий гранитоидов верхнепалеозойского комплекса, так и продуктов постмагматической деятельности.

В геологическом строении рудного поля принимают участие кремнисто-карбонатная (O-S<sub>1</sub> – кварц-серицитовые, кварц-хлоритовые и карбонат-глинистые сланцы с прослоями кварцито-песчаников, иногда известняков), карбонатная (S<sub>2</sub>ld<sub>2</sub> – доломитистые известняки, доломиты, S<sub>2</sub>ld<sub>2</sub>-D<sub>1</sub> – слоистые и полосчатые карбонаты с желваками кремней) и терригенная (D<sub>2-3</sub> – кремнистые и кремнисто-глинистые сланцы с прослоями известняков и песчаников, C<sub>1</sub> – глинистые сланцы, песчаники, гравелиты и конгломераты с прослоями и глыбами известняков и кремнистых сланцев) толщи.

Основной объект Тарорского рудного поля, месторождение Тарор, относится к золото-сульфидной формации [6]. Однако здесь наряду с золото-сульфидной развита и серебро-оловянно-полиметаллическая минерализация, локализованная в верхних и средних его горизонтах. К собственно серебряному месторождению в пределах Тарорского рудного поля относится месторождение Мирхант, где оруденение представлено преимущественно серебро-оловянно-полиметаллической ассоциацией, пространственно совмещенной с сульфидной. На этом месторождении также обнаружено золото, но оно низкопробное и имеет незначительное развитие.

Месторождение Мирхант расположено в юго-восточной части Тарорского рудного поля и приурочено к зоне сброса северо-западного направления. Сброс проходит по контакту нижнедевонских известняков с песчаниками карбона и кремнистых сланцев нижнего-среднего девона.

Основной складчатой структурой месторождения является Мирхантская антиклиналь, которая прослеживается в субмери-



Схематическая карта расположения месторождений серебро-оловянного рудоформационного типа в Центральном Таджикистане.

диональном направлении на 4,5 км при ширине в сводовой части от 100–150 до 500 м. Строение складки весьма сложное. Свод антиклинали сложен массивными известняками нижнего девона, а крылья представлены терригенными породами нижнего карбона с глыбами и тектоническими клиньями кремнистых сланцев и карбонатных пород силур-девонского возраста.

Метасоматические образования на месторождении Мирхант имеют широкое площадное развитие. За счет гидротермального изменения как гранитоидов, так и терригенных пород образуются близкие по минеральному составу кварцево-серицит-доломитовые метасоматиты, сходные с березитами. Карбонатные отложения мраморизованы, доломитизированы, анкеритизированы и гематитизированы. С последней связана лимонитизация [7], которая развита практически во всех разновидностях пород месторождения. Форма проявления минерализации на месторождении – жилы, прожилки, гнезда и вкрапленники.

Гипогенное минералообразование на месторождении происходило в три стадии: кварц-касситерит-сульфидная; карбонат-сульфидная; кальцит-гематит-сульфидная [7]. В первой стадии кристаллизуются кварц, касситерит, пирротин, арсенопирит, пирит, марказит, сфалерит, станнин, халькопирит с редкими выделениями самородных элементов (золота и висмута). Образование продуктов первой стадии происходило в диапазоне температур 430–200 °С из бикарбонатно-сульфатных, с подчиненным значением хлора, растворов с концентрацией 100–250 г/л. Из катионов важную роль играли магний и кальций. Давление в период кристаллизации минералов первой стадии колебалось от 1000 бар в начале стадии до 300 бар в ее конце.

Главными минералами второй стадии являются карбонаты (анкерит, кальцит), сульфиды и сульфосоли (галенит, сфалерит, станнин, фрейбергит, полибазит, пираргирит, фрейеслебени и др.), а также самородное серебро и уранинит. Кристаллизация минералов второй стадии происходила в сравнительно широком диапазоне температур 350–150 °С.

Отложение минералов третьей стадии начинается с кристаллизации кальцита II и гематита. Кроме того, в этой стадии кристаллизовались в ничтожных количествах сфалерит, халькопирит и киноварь. Образование минералов третьей стадии происходило в пределах температур от 220–200 до 75–65 °С и дав-

лений 150 атм и ниже. Состав минералообразующих растворов был хлоридно-бикарбонатным.

На месторождении Мирхант описано около 80 видов минералов. Наиболее распространенными рудными минералами являются арсенопирит, галенит, сфалерит, пирит, марказит, тетраэдрит, станнин, гематит, касситерит, а основными минералами серебра – пираргирит, андорит, фрейбергит, фрейеслебени, полибазит и самородное серебро. Из более редких минералов серебра на месторождении установлены акантит, штернбергит, матильдит, кераргирит, прустит, миаргирит, рамдорит, густавит, науманнит, богдановичит. Жильные минералы представлены кварцем и кальцитом.

Анализы проб, отобранных из горных выработок и скважин в интервале высот от 1000 до 1407,11 м над уровнем моря, показывают, что максимальные мощности рудных тел и высокие содержания серебра наблюдаются в верхних горизонтах месторождения, начиная с гипсометрических высот 1150 м (участок Нижний Кштудак) и 1250 м (участок Вичгона). Следовательно, вертикальный размах оруденения на месторождении колеблется от 150 до 250 м.

В рудных телах концентрация серебра растет от нижних горизонтов месторождения к верхним. Например, если в рудном интервале штрека 1 штольни № 1 (гипсометрический уровень 1344,6 м) среднее содержание серебра равно 146,3 г/т (среднее из 115 анализов), то в рассечках 7 и 8 штольни № 4 (1407,11 м над уровнем моря) – 198,4 г/т.

Для выявления мощностей зон распространения ореолов рассеивания серебра вокруг рудных тел были проанализированы пробы, отобранные вкрест простирания рудных тел в подземных горных выработках, находящихся на различных горизонтах месторождения. Полученные данные свидетельствуют о том, что повсюду в непосредственном контакте с рудными телами содержание серебра во вмещающих мраморизованных и брекчированных известняках повышенное и колеблется от 76 до 298 г/т. Далее по мере удаления от рудных тел концентрация серебра в боковых породах постепенно снижается до достижения фонового уровня, который на месторождении равен примерно 0,2 г/т. При этом ширина интервала повышенных содержаний серебра зависит от мощности рудных тел. Так, при

мощности рудного тела около 2 м уменьшение концентрации элемента до «фонового» уровня происходит на расстоянии 4–6 м, а 5 м – 12–14 м, 6 м – 14–16 м и 8 м – 16–18 м. Следовательно, размеры первичных геохимических ореолов рассеивания серебра на месторождении в 2,1–2,6 раза превосходят мощности рудных тел.

При изучении влияния рудообразующих растворов на вмещающие породы обращает на себя внимание еще одна их особенность – неодинаковые размеры ореолов рассеивания в лежачем и висячем боках рудных тел. Так, если в висячем боку тела мощностью около 5 м активное влияние гидротермальных растворов на вмещающие мраморизованные известняки фиксируется на расстоянии около 14 м, то в лежачем боку рудного тела оно распространяется на 10 м. При этом концентрация серебра в ореолах рассеивания в висячем боку рудного тела более высокая, чем в лежачем.

На месторождении установлена зависимость между содержаниями серебра и сопутствующих ему металлов. По мере увеличения концентрации серебра в рудах повышаются содержания свинца, меди, сурьмы и висмута. Так, при средней концентрации Ag в рудах 173,2 г/т содержание Pb в них 1,3 масс. %, а при 395 г/т – 4,3 масс.%. При увеличении концентрации меди в рудах от 0,04 до 0,75 масс.% содержание серебра соответственно увеличивается от 75 до 530 г/т. Наиболее тесная корреляция наблюдается между серебром и сурьмой. Это вполне согласуется с тем, что в рудах эти элементы фиксируются во фрейбергите.

#### Казнок-Мушистонское рудное поле

Казнок-Мушистонское рудное поле расположено на северном склоне Зеравшанского хребта, в бассейне р. Арчамайдан. Административно оно относится к Пенджикентскому району Согдийской области. В структурно-металлогеническом отношении рудное поле входит в состав Зеравшано-Гиссарской структурно-формационной зоны [8].

На площади Казнок-Мушистонского рудного поля размещаются месторождения и рудопроявления олова с серебром (Мушистон, Вен, Нижний Вен) и полиметаллов с серебром и оловом (Хиргасанг, Конинокра, Тезлок, Молобой, Нижний Заврон, Андарикалон, Сангисафед, Верхний Заврон, Чашма, Пагна). Во всех отмеченных проявлениях в качестве попутного или основного компонента содержится серебро в количестве от 30–40 до 150–174 г/т.

В геологическом строении рудного поля принимают участие в основном отложения палеозойского возраста. Это хлорит-серпичитовые сланцы, кварциты и вулканы кислого состава ( $O_3-S_1$ ), карбонатно-терригенные отложения ( $S_{1-2}$ ), доломиты, доломитовые известняки ( $S_2-D_1$ ) и терригенно-кремнистые породы ( $D_1-C_1$ ). Интрузивные образования развиты слабо и представлены линзовидными телами гранит-порфиоров и дайками лампрофиоров Р–Т возраста [9].

Структура рудного поля характеризуется типичным складчато-чешуйчатым строением с преобладанием разрывных нарушений. Наиболее крупной пликативной структурой здесь является Венская антиклиналь субширотного простирания, протягивающаяся на расстояние 3 км при размахе крыльев до 1–1,5 км. Эта структура осложнена антиклинальными и синклинальными складками более высоких порядков. Одна из них под названием Мушистонская брахиантиклиналь расположена в центральной части одноименного месторождения. Разрывные структуры на площади Казнок-Мушистонского рудного поля имеют весьма широкое распространение. Наиболее крупными из них являются Казнокский сброс, Мушистонский сбросо-надвиг, Хиргасангский и Чукуракский взбросо-надвиги. Все они имеют субширотные простирания и прослеживаются через всю площадь рудного поля с повсеместным ориентированием плоскостей их сместителей в южном направлении. Например, к Казнокскому сбросу приурочены месторождения и рудопроявления олова с серебром (Мушистон, Вен, Нижний Вен) и серебро-полиметаллическое оруденение с незначительным содержанием олова (Конинокра, Хиргасанг). Кроме разрывных структур субширотной ориентировки на площади рудного поля отмечается серия более молодых крутопадающих разрывов субмеридионального направления.

Дизъюнктивные нарушения разделяют площадь рудного поля на 4 структурных блока, которые, в свою очередь, осложнены серией более мелких нарушений.

В распределении эндогенной минерализации в рудном поле намечается площадная рудная зональность, которая, по всей вероятности, является отражением вертикальной зональности минеральных комплексов по В. И. Смирнову [10, 11]. В центре рудного поля локализуется более высокотемпературное оловянное оруденение с серебром (месторождение Мушистон). В южном, северо-восточном и восточном направлениях оно меняется на менее высокотемпературное олово-полиметаллическое с серебром (Вен, Нижний Вен, Чашма, Водораздельное), полиметаллическое с серебром (Северное, Зимгут, Безьянское) и сурьмяно-полиметаллическое с серебром (Негнот, Пагна), а в западном и северо-западном направлениях – на серебро-полиметаллическое с оловом (Кони-Нукра, Хиргасанг).

Элементы площадной зональности минерализации наблюдаются и на отдельных месторождениях. Так, на месторождении Мушистон в центральной его части развито оловянное оруденение с серебром, которое в южном и западном направлениях меняется на олово-полиметаллическое с серебром.

На площади рудного поля, на примере месторождения Мушистон, М. М. Мамадвафовым и др. [11] установлена вертикальная геохимическая зональность, выраженная в том, что максимальное относительное накопление свинца наблюдается на самом нижнем горизонте месторождения; олова, меди и серебра – на среднем, а цинка и мышьяка – на верхнем.

Метасоматические изменения вмещающих карбонатных пород в рудном поле выражены в их скарировании, а терригенных пород – ороговиковании. Гидротермальные метасоматические процессы в границах рудоносных зон выражены в калишпатизации и окварцевании боковых пород. Последнее на площади рудного поля имеет весьма широкое распространение в виде значительных по объему жильно-прожилковых масс. Наиболее интенсивно окварцевание проявлено вдоль зон разрывных нарушений северо-восточного простирания с образованием систем рудоносных кварцево-рудных жил и прожилков, часто сопровождающихся жилами и прожилками кальцита.

Основными формами рудных тел Казнок-Мушистонского рудного поля являются линейно вытянутые штокверки, образованные сериями сближенных круто- и пологопадающих жил и прожилков, имеющих сложную морфологию с раздувами, пережимами и ответвлениями как в плане, так и по падению. Например, на месторождении Мушистон оруденение представлено серией параллельно и кулисообразно расположенных кварцево-рудных жил, образующих линейно вытянутые рудоносные зоны, которые группируются в пучки. Здесь выделены семь пучков рудоносных зон: Мушистонский, Пагинский, Негнотский, Казнокский, Промежуточный, Центральный и Водораздельный [9]. Протяженность их по простиранию колеблется от 100 до 800 м, а ширина – от первых десятков до 200 м. Иногда наряду с жильно-прожилковыми встречаются прожилково-вкрапленные рудные образования. На участках пересечения жильных зон образуются столбообразные тела, большая часть которых образовалась в результате выполнения открытых трещин. При этом роль метасоматоза вмещающих пород незначительна.

Наложенная на скарны минерализация на месторождениях Казнок-Мушистонского рудного поля происходила в три стадии [9]: бор-кремний-сернистая; кремний-сернистая; кремний-углекислая. Олово привносилось в первую бор-кремний-сернистую стадию, а серебро и висмут – на протяжении всего гипогенного минералообразования.

В рудном поле основными считаются кварц-арсенопирит-касситеритовый и кальцит-кварц-сфалерит-станниновый типы руд. В рудах последнего типа в некоторых участках в заметных количествах отмечаются галенит, халькопирит, пирротин, пирит, джемсонит, арсенопирит, висмутин, тиллит, антимонит и киноварь. Руды характеризуются неравномернозернистой коррозийной структурой. Преобладающими текстурами являются массивная, вкрапленная, прожилковая, брекчиевая и реликтовая. Основным полезным компонентом руд является олово. В

повышенных количествах в рудах содержится серебро. Дополнительными полезными компонентами могут оказаться также цинк, висмут и кадмий.

Минеральный состав оловорудных месторождений Центрального Таджикистана, в том числе и Казнок-Мушистонского рудного поля, изучался А. Б. Павловским и Н. К. Маршуковой. Главными минералами рудного поля являются касситерит, станин, сфалерит, галенит, буланжерит, арсенопирит и висмутин. Тиллит, антимонит и киноварь относятся к числу редких минералов. Серебряные минералы представлены аргентитом, акантитом, пруститом, павонитом, пираргиритом, штроейеритом и самородным серебром. Основными жильными минералами являются кварц и кальцит. Гипергенные минералы имеют широкое распространение и представлены гидростаннатами (висмирновит, натанит, мушистонит, варламовит), малахитом, азурином, скородитом, церруситом, каламином, гетитом, лимонитом, стибиконитом, базовисмутинитом и др. В общей сложности на долю рудных минералов олова, меди, серебра, цинка, свинца, мышьяка и др. приходится около 3,9 % рудной массы.

Рудоотложение на месторождении Мушистон, основном объекте рудного поля, происходило в широком интервале температур – 440–100 °С из слабо концентрированных (5–24 мас. %) существенно жидких сульфатно-хлоридно-магниево-натриевых, иногда хлоридно-кальциевых флюидов [12].

#### Пети-Такфонское рудное поле

Пети-Такфонское рудное поле, представленное месторождениями Такфон, Пети, Симич и др., также входит в состав Зеравшано-Гиссарской структурно-формационной зоны. Оно приурочено к южному крылу Зеравшанского антиклинария широтного простирания, выделенного П. Д. Виноградовым [8]. В пределах антиклинария широко развиты антиклинальные и синклинальные складки субширотного и северо-западного простирания. На площади рудного поля находятся Гутикалонская антиклиналь и Ремонская и Симичская синклинали с пологими (не более 45°) крыльями. Складчатые структуры осложнены многочисленными разрывными нарушениями надвигового, сбросо-сдвигового и взбросового характера. Кроме того, в рудном поле широко проявились межпластовые и внутрипластовые тектонические нарушения, сопровождающиеся межформационным дроблением вмещающих пород и системами мелких внутриформационных трещин.

В геологическом строении рудного поля широко развиты различные образования палеозоя, которые представлены силурийскими (сланцы, известняки, доломиты с прослоями кварцитов), девонскими (кремнистые и слюдяные сланцы с прослоями кремней и известняков) и каменноугольными (известняки с горизонтами глинистых сланцев, песчаников и конгломератов) отложениями. Южнее площади рудного поля комплекс образований палеозоя перекрывается субплатформенными отложениями мезозоя. Магматические образования представлены Петинской интрузией гранодиоритов, дайками гранодиорит-порфиоров и лампрофиоров.

По морфологическим особенностям скарново-рудные тела и наложенная на них гидротермальная минерализация делятся на три типа: пластовые залежи; жильные тела сложного строения; трещинные жилы простого строения. Пластовые залежи локализуются на контактах известняков со сланцами, мощность которых колеблется от первых десятков сантиметров до первых десятков метров. Жилы сложного строения обычно размещаются висячем боку пластовых залежей на контакте с известняками, нередко метасоматически замещая их. Жилы простого строения нередко пространственно размещаются в сланцах и концентрируются в пределах отдельных трещинных зон. Мощность наиболее крупных таких жил достигает 1 м. Однако в большинстве своем они маломощны (5–30 см), а серия их образует жильные зоны шириной до 6 м.

Минералообразование в рудном поле протекало в два этапа: ранний скарновый и поздний пневматолитово-гидротермальный. В ранний этап выделялись минералы кварц-пирротин-шеелитовой минеральной ассоциации. В поздний этап процессы проходили в три стадии: кварцево-редкометаллическая, кварцево-сульфидная и кварцево-карбонатная [13]. В этих стадиях

кристаллизовались касситерит, арсенопирит, пирротин, пирит, а также халькопирит, сфалерит, галенит, станин, блеклые руды, висмутин. Нерудные минералы в основном представлены кварцем, кальцитом и сидеритом. Образование минералов позднего этапа происходило в широком диапазоне температур – 550–170 °С [13]. Минералообразующие растворы носили хлоридно-бикарбонатно-сульфатный характер. Из катионов в порядке возрастающей концентрации установлены калий, натрий, магний и кальций.

По минеральному составу на площади рудного поля выделено два главных типа руд: кварц-пирротин-шеелитовый и кварц-карбонат-арсенопирит-касситеритовый с галенитом, сфалеритом, станином и самородным серебром. Основную массу кварц-пирротин-шеелитовых руд составляют минералы скарнов и метасоматически измененных известняков, к которым относятся диопсид, геденбергит, гранат, полевой шпат, роговая обманка, тремолит, актинолит и др. Наряду с шеелитом и пирротинитом, в данном типе руд в виде мельчайших зерен отмечаются магнетит, халькопирит, пирит и молибденит. Руда характеризуется неравномернозернистой структурой и прожилковой, вкрапленной, полосчатой и цементирующей текстурами. Основным полезным компонентом данного типа руд является вольфрам в виде шеелита.

Основу кварц-карбонат-арсенопирит-касситеритовых руд составляют кварц, кальцит, арсенопирит и касситерит. В этих рудах встречаются также галенит, халькопирит, пирит, пирротин, станин, сфалерит, висмутин, блеклые руды и самородное серебро. Руды характеризуются четко выраженной гипидиоморфно-зернистой структурой и массивной и коррозионной текстурами. Главными полезными компонентами этих руд являются олово и серебро. Как попутные компоненты могут представлять интерес свинец и цинк. Главным концентратом серебра являются блеклые руды тетраэдритового ряда. Меньшая часть серебра входит в виде изоморфной примеси в галенит, станин и сфалерит. Кварц-карбонат-арсенопирит-касситеритовый тип руд в большей степени подвергся процессам окисления. При этом образовались зоны окисленных руд, в которых основными минералами являются лимонит, скородит, малахит и азурит.

Из приведенных материалов явствует, что серебро-оловянные месторождения находятся главным образом среди карбонатных пород. Реже они приурочены к терригенным отложениям и локализованы преимущественно в зонах межформационного срыва – между карбонатными породами и сланцами. При этом в большинстве случаев сланцы выполняют роль экрана.

Другая общая особенность рассматриваемых месторождений заключается в том, что во всех этих объектах продуктами раннего метасоматоза являются скарны или скарноиды с ранней кварц-шеелитовой минерализацией. Однако околорудный метасоматоз, зависящий от состава и физико-механических свойств вмещающих пород, в них неодинаковый. В карбонатных породах главными типами этих метасоматитов являются окварцевание, кальцитизация, доломитизация, березитизация и лиственитизация и редко анкеритизация (Мирхант). По терригенным породам (сланцы, песчаники) развиваются окварцевание, березитизация и серицитизация.

Все месторождения серебро-оловянного рудноформационного типа региона образованы в результате проявления нескольких стадий гипогенного минералообразования. Однако промышленная минерализация образована в двух стадиях: кварц-касситерит-сульфидной и серебро-сульфосолюно-сульфидной. Из общего числа минеральных ассоциаций, развитых на месторождениях, продуктивными на серебро являются две: пирротин-халькопиритовый и серебро-сульфосолюно-сульфидный парагенезис.

Вопрос времени образования руд в пределах Зеравшано-Гиссарской зоны, в том числе серебро-оловянных месторождений, является дискуссионным. Известны только данные определения абсолютного возраста серицитов из березит-лиственитовой формации месторождения Мирхант, соответствующие верхней перми [6]. Указывает на нижнепермский возраст месторождений региона и М. М. Мамадвафоев [14].

Отметим, что отличительной особенностью месторождений серебро-оловянного рудноформационного типа является

присутствие в рудных телах, наряду с оловянными и серебряными минералами, также вольфрамовой минерализации (шеелит). Среди сульфидов арсенопирит, пирротин, марказит, халькопирит и пирит имеют более широкое распространение, чем галенит и сфалерит. В рудах находятся и минералы висмута – висмутин и самородный висмут, а также самородное золото. Основными минералами серебра являются пираргирит, андорит, фрейберит, полибазит и самородное серебро. Серебро связано также с блеклыми рудами, галенитом и другими минералами. Из закономерностей серебро-оловянного рудноформационного типа следует также отметить увеличение концентрации серебра в рудных телах от нижних горизонтов месторождений к верхним. Вертикальный размах оруденения в них колеблется от 150–200 до 600–800 м.

Другой характерной особенностью этого типа является высокая температура образования минералов. Минералообразование в месторождениях протекало в два этапа: ранний скарновый и поздний пневматолизитово-гидротермальный. В поздний этап процессы минералообразования происходили в несколько стадий. Образование минералов здесь происходило в широком диапазоне температур – 550–150 °С и давлений от 1000 до 150 атм. Минералообразующие растворы носили хлоридно-бикарбонатно-сульфатный характер и были слабоконцентрированными (5–24 мас. %). Из катионов в порядке возрастающей концентрации установлены калий, натрий, магний и кальций.

В заключение отметим, что, месторождения серебро-оловянного рудноформационного типа известны в Боливии (Потоси, Чокайя, Порко, Оруро, Льяльягуа и др.), Северо-Востока России (Булатское, Купольное, Хетинское и др.), Германии (Фрейберг) и других странах.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Петров С. В., Полеховский Ю. С. Минерально-сырьевые ресурсы мира. СПб.: Изд-во СПб. гос. ун-та, 2007, 140 с.
- Файзиев А. Р., Файзиев Ф. А. Рудноформационные типы серебряных месторождений Таджикистана // Изв. АН РТ. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. 2015. № 3 (155). С. 92–99.
- Файзиев А. Р., Файзиев Ф. А. Серебро-сурьмяный рудно-формационный тип оруденения в Таджикистане. Докл. АН РТ. 2015. Т. 58, № 5. С. 413–417.
- Файзиев А. Р., Файзиев Ф. А. Серебро-полиметаллический рудно-формационный тип оруденения в Таджикистане // Вестник ТНУ. 2015. № 1/5 (188). С. 271–278.
- Карпова Е. Д. Металлогеническое районирование Тянь-Шаня и Памира // Сов. геол. 1959. № 8. С. 81–101.
- Блохина Н. А. Минералогия, геохимия и условия образования золотосульфидных месторождений в формации магнезиальных скарнов (Центральный Таджикистан). Душанбе: Дониш, 1984. 277 с.
- Файзиев Ф. А. Минералогия и условия формирования олово-серебро-полиметаллического месторождения Мирхант (Центральный Таджикистан); автореф. ... дис. ... канд. геол.-минерал. наук. СПб., 2008. 18 с.
- Виноградов П. Д. Основные этапы формирования структуры западной части палеозойской синклинали Тянь-Шаня (Центральный Таджикистан) // Тектоника Памира и Тянь-Шаня: материалы II Всесоюз. тектонич. совещ. М., 1964. С. 192–207.
- Шустиков Б. И. Казноокское рудное поле и оловорудное месторождение Мушистон // Геология и полезные ископаемые бассейна р. Зеравшан. Душанбе: Дониш, 1989. С. 54–63.
- Павловский А. Б. Казноокская оловоносная площадь // Геология оловорудных месторождений СССР. М.: Недра, 1986. Т. 2. Кн. 2. С. 87–101.
- Мамадвафоев М. М., Бахронов Н., Логинова И. М. Оловорудное месторождение Мушистон: геология и генезис оруденения (Центральный Таджикистан) // Материалы republ. науч. конф. Душанбе, 2012. С. 112–122.
- Мамадвафоев М. М., Алидов Б. А., Сохибов Ш. С. и др. О температуре образования и солевом составе растворов оловорудного месторождения Мушистон (Центральный Таджикистан) // Геология рудных месторождений. 1992. № 4. С. 107–112.

#### Фотех Абдувакилович Файзиев

foteh81@mail.ru  
Таджикский национальный университет  
Республика Таджикистан, Душанбе, просп. Рудаки, 17

#### Абдулхак Раджабович Файзиев

Институт геологии, сейсмостойкого строительства  
и сейсмологии АН Республики Таджикистан  
Республика Таджикистан, Душанбе, ул. Айни, 267

#### Махмадкарим Каюмарси

Главное управление геологии при Правительстве Республики Таджикистан  
Республика Таджикистан, Душанбе, ул. Мирзо Турсун-заде, 27

13. Рахманов А. М. Геология и физико-химические условия формирования скарново-редкометалльных месторождений Зеравшано-Гиссарской горной области. Душанбе: Ирфон, 1977. 168 с.

14. Мамадвафоев М. М. Петролого-геохимические особенности интрузивных комплексов некоторых рудных полей Зеравшано-Гиссарской металлогенической зоны и связанные с ними оруденения (Центральный Таджикистан). Душанбе: Ирфон, 2017. 238 с.

#### REFERENCES

- Petrov S. V., Polekhovskiy Yu. S. 2007, *Mineral'no-syryevye resursy mira* [Mineral resources of the world], St. Petersburg, 140 p.
- Fayziev A. R., Fayziev F. A. 2015, *Rudnoformatsionnye tipy serebryanykh mestorozhdeniy Tadjikistana* [Ore formation types of silver deposits of Tajikistan]. *Izv. AN RT. Otd. fiz.-mat., khim., geol. i tekhn. nauk* [News of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. Department of physical, mathematical, chemical, geological and technical sciences], no. 3(155), pp. 92–99.
- Fayziev A. R., Fayziev F. A. 2015, *Serebro-sur'myanyy rudno-formatsionnyy tip orudneniya v Tadjikistane* [Silver-antimony ore-formation type of mineralization in Tajikistan]. *Dokl. AN RT* [Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan], vol. 58, no. 5, pp. 413–417.
- Fayziev A. R., Fayziev F. A. 2015, *Serebro-polimetallicheskiy rudno-formatsionnyy tip orudneniya v Tadjikistane* [Silver-polymetallic ore-formation type of mineralization in Tajikistan]. *Vestnik TNU* [Bulletin of the Tajik National University], no. 1/5(188), pp. 271–278.
- Karpova E. D. 1959, *Metallogenicheskoe rayonirovanie Tyan'-Shanya i Pamira* [Metallogenic zoning of Tien Shan and Pamir]. *Sov. geol.* [Soviet geology], no. 8, pp. 81–101.
- Blokhina N. A. 1984, *Mineralogiya, geokhimiya i usloviya obrazovaniya zolotosul'fidnykh mestorozhdeniy v formatsii magnezial'nykh skarnov (Tsentral'nyy Tadjikistan)* [Mineralogy, geochemistry and formation conditions of gold sulfide deposits in the formation of magnesian skarns (Central Tajikistan)], Dushanbe, 277 p.
- Fayziev F. A. 2008, *Mineralogiya i usloviya formirovaniya olovo-serebro-polimetallicheskogo mestorozhdeniya Mirkhan (Tsentral'nyy Tadjikistan): avtoref. dis. ... kand. geol.-mineral. nauk* [Mineralogy and formation conditions of tin-silver-polymetallic deposit Mirkhan (Central Tajikistan): the author's abstract of the dissertation of the candidate of geological-mineralogical sciences], St. Petersburg, 18 p.
- Vinogradov P. D. 1964, *Osnovnye etapy formirovaniya struktury zapadnoy chasti paleozoyskoy sinklinali Tyan'-Shanya (Tsentral'nyy Tadjikistan)* [The main stages in the formation of the structure of the western part of the Paleozoic syncline of the Tien Shan (Central Tajikistan)]. *Tektonika Pamira i Tyan'-Shanya: materialy II Vsesoyuz. tektonich. soveshch* [Tectonics of the Pamir and Tien Shan: materials of the Second All-Union tectonics council], Moscow, pp. 192–207.
- Shustikov B. I. 1989, *Kaznokskoe rudnoe pole i olovorudnoe mestorozhdenie Mushiston* [Kaznoksky ore field and tin ore deposit Mushiston]. *Geologiya i poleznye iskopaemye basseyna r. Zerafshan* [Geology and minerals of the river Zerafshan], Dushanbe, pp. 54–63.
- Pavlovskiy A. B. 1986, *Kaznokskaya olovonosnaya ploshchad'* [Kaznokskaya tin-bearing area]. *Geologiya olovorudnykh mestorozhdeniy SSSR* [Geology of tin deposits of the USSR], Moscow, vol. 2, no. 2, pp. 87–101.
- Mamadvafoev M. M., Bakhrinov N., Loginova I. M. 2012, *Olovorudnoe mestorozhdenie Mushiston: geologiya i genezis orudneniya (Tsentral'nyy Tadjikistan). Materialy republ. nauch. konf.* [Tin ore deposit Mushiston: geology and genesis of mineralization (Central Tajikistan). Materials of the Republic Scientific Conference], pp. 112–122.
- Mamadvafoev M. M., Alidov B. A., Sokhibov Sh. S. et al. 1992, *O temperature obrazovaniya i solevom sostave rastvorov olovorudnogo mestorozhdeniya Mushiston (Tsentral'nyy Tadjikistan)* [On the temperature of formation and salt composition of solutions of the tin ore deposit Mushiston (Central Tajikistan)]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy* [Geology of Ore Deposits], no. 4, pp. 107–112.
- Rakhmanov A. M. 1977, *Geologiya i fiziko-khimicheskie usloviya formirovaniya skarnovo-redkometal'nykh mestorozhdeniy Zerafshano-Gissarskoy gornoj oblasti* [Geology and physico-chemical conditions for the formation of the skarn-rare metal deposits of the Zerafshan-Hissar mountain region], Dushanbe, 168 p.
- Mamadvafoev M. M. 2017, *Petrologo-geokhimicheskie osobennosti intruzivnykh kompleksov nekotorykh rudnykh poley Zerafshano-Gissarskoy metallogenicheskoy zony i svyazannye s nimi orudneniya (Tsentral'nyy Tadjikistan)* [Petro-geochemical features of intrusive complexes of some ore fields of the Zerafshan-Hissar metallogenic zone and associated mineralization (Central Tajikistan)], Dushanbe, 238 p.

#### Fotekh Abduvakilovich Faiziev

foteh81@mail.ru  
Tajik National University  
Tajikistan, Dushanbe

#### Abdulkhak Radzhabovich Faiziev

Institute of Geology, seismological construction and seismology  
Tajikistan, Dushanbe

#### Makhmadkarim Kayumarsi

Main Department of Geology of Tajikistan  
Tajikistan, Dushanbe