

ТЕКСТУРНО-СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РУД ПРАВОУРМИЙСКОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАК ОТРАЖЕНИЕ УСЛОВИЙ ЕГО ГЕНЕЗИСА
(ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ, РОССИЯ)

Б.И. Семеняк

*ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, пр-т 100 лет Владивостоку 159,
г. Владивосток, 690022; e-mail: sbi@yandex.ru*

Поступила в редакцию 10 августа 2013 г.

Рассмотрены текстурно-структурные особенности руд и рудовмещающих метасоматитов Правоурмийского вольфрам-оловянного месторождения. Выявлены элементы зональности в распространении различных генетических типов и морфологических видов текстур и структур в вертикальном разрезе рудной зоны. Установлено, что наибольшим разнообразием с преобладающим развитием катакластических текстур характеризуется средний (по разрезу) интервал рудной зоны, где сосредоточена основная промышленная оловянная минерализация грейзенового типа. Выше по разрезу эта минерализация сменяется кварц-турмалиновой, которая характеризуется преимущественно медной рудной нагрузкой с широким развитием структур (микротектур) распада твердых растворов, свидетельствующих о высокотемпературных условиях отложения руд. Разнообразие текстурно-структурных особенностей руд обусловлено длительной историей развития структуры месторождения, формирование которой происходило в условиях малоамплитудного сдвига–надвига, когда периоды сжатия неоднократно сменялись периодами относительного покоя или слабого растяжения.

Ключевые слова: вольфрам-оловянное оруденение, текстуры, структуры, генезис, месторождение Правоурмийское, Хабаровский край.

ВВЕДЕНИЕ

В своих публикациях А.Г. Бетехтин неоднократно подчеркивал не только важное практическое значение изучения текстурно-структурных особенностей руд месторождений различных генетических типов, но и значимость их для выяснения условий формирования месторождений [1, 2]. По его мнению, наибольшим разнообразием текстур и структур руд характеризуются постмагматические месторождения различных полезных ископаемых. Исследования последних лет [6, 8, 10, 13, 16 и др.] показали, что наиболее крупные месторождения относятся к полихронным и полиформационным с комплексным составом руд, что нашло отражение в разнообразии их текстур и структур. Не является, в этом отношении, исключением и Правоурмийское вольфрам-оловянное месторождение, расположенное в центральной части Хабаровского края в Баджалском рудном районе и считающееся в настоящее время наиболее крупным оловорудным ме-

сторождением российского Дальнего Востока. Оно относится к грейзеновому типу касситерит-кварцевой формации, но, в то же время, имеет некоторые черты сходства с месторождениями касситерит-силикатной формации и содержит, кроме основных компонентов – олова и вольфрама, значительные запасы меди, индия, серебра и других металлов. При всем многообразии установленных на Правоурмийском месторождении текстур и структур руд, доминируют катакластические разновидности, хотя и имеют место текстуры и структуры метасоматического замещения и жильного выполнения. В предлагаемом исследовании не ставилась задача количественно оценить степень распространенности тех или иных текстур и структур, а предполагалось по текстурным и структурным особенностям руд и рудовмещающих метасоматитов приблизиться к пониманию генезиса месторождения. За основу приведенной классификации взят «Определитель текстур и структур руд» [4].

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основу исследования текстурных особенностей руд и рудовмещающих метасоматитов положены наблюдения в поверхностных и подземных горных выработках (редкие коренные обнажения, канавы, расчистки, штольни, рассечки, буровые квершлагги), штупных пробах и керне буровых скважин. Всего использовано порядка 250 наблюдений. Изучение структурных взаимоотношений минералов, слагающих рудные жилы и рудовмещающие метасоматиты, осуществлялось с использованием оптических микроскопов в прозрачных и полированных шлифах, для чего были изготовлены 340 прозрачных и 80 полированных шлифов. В отдельных случаях для диагностики мелких выделений минералов, образующих структуры распада твердых растворов, использовался микронзондовый анализ.

КРАТКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Правоурмийское вольфрам-оловянное месторождение ($50^{\circ}26'08''\text{N}$; $134^{\circ}14'58''\text{E}$) [17] расположено в центральной части Хабаровского края (Россия) в пределах Баджалского террейна юрской аккрецион-

ной призмы [5] в западной части Баджалского рудного района (рис. 1). Месторождение локализовано в 4 км от восточного контакта Верхнеурмийского массива гранитоидов апт-сеноманского возраста и представлено мощной, протяженной зоной сидерофиллитовых метасоматитов, приуроченной к висячему контакту субширотной дайки гранит-порфиров среди кристаллокластических риолитов Урмийского лакколита (рис. 2). В ядерной части зоны сосредоточен кулисно построенный линейный штокверк, полого погружающийся в восточном направлении и являющийся основным рудоконцентрирующим элементом месторождения [9, 12]. Рудные тела сложены густой сетью крутопадающих кварц-топазовых, сидерофиллит-кварц-топазовых, монотопазовых и кварц-турмалиновых жил и прожилков с обильной вкрапленностью рудных минералов среди сидерофиллитовых метасоматитов. Преобладающая масса топазсодержащих жил в разрезе имеет S-образную форму и сопровождается быстро выклинивающимися маломощными оперяющимися прожилками. В местах наибольшего сгущения рудных жил сидерофиллитовые метасоматиты, заключенные между отдельными жилами, превращены в кварц-топазовые и монотопазовые изме-

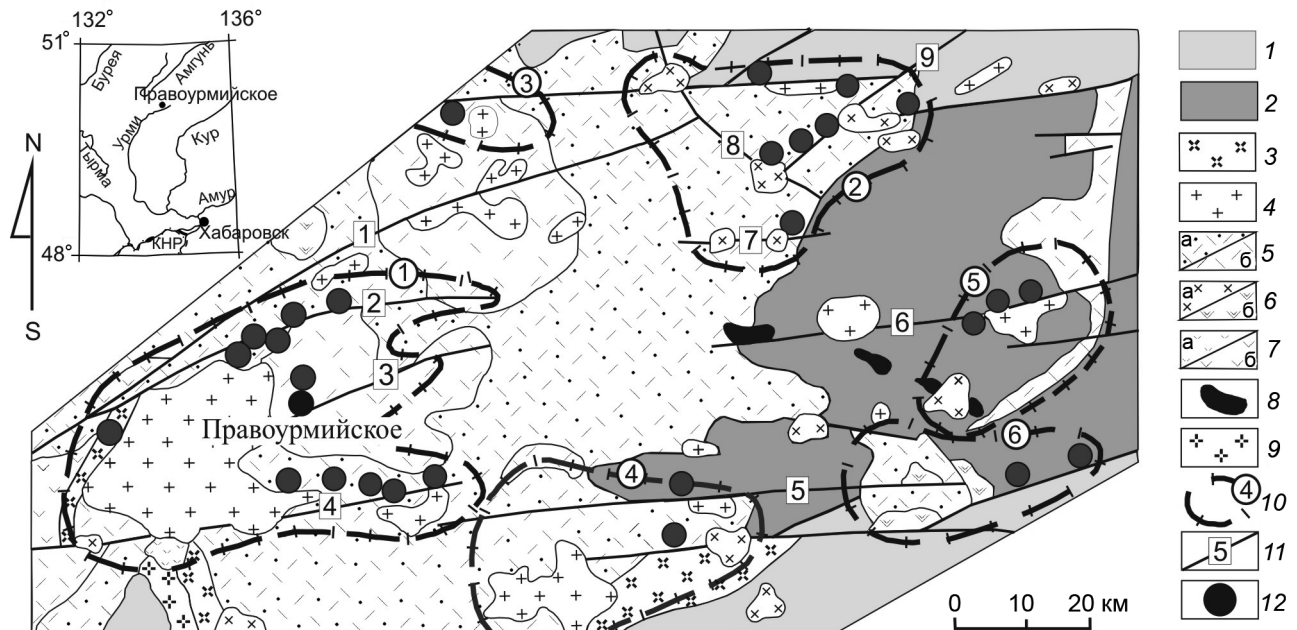


Рис. 1. Геологическая схема Баджалского рудного района (по [7] с изменениями автора).

1 – мезозойские терригенные отложения; 2 – палеозойские терригенно-кремнистые отложения; 3 – метаморфизованные породы Буреинского массива; 4, 5 – ранне-позднемереловой баджалский магматический комплекс (105–90 млн лет): 4 – биотитовые лейкократовые граниты, 5 – риолиты, риодациты: а – покровные, б – экструзивные; 6 – трахиандезиты (а) и габбро-монзонит-диориты, граниты (б) позднемереловой силинского магматического комплекса (92–89 млн лет); 7 – андезиты (а), преимущественно гранодиориты (б) раннемереловой лакского магматического комплекса (~115 млн лет); 8 – щелочные базальты и пикриты раннемереловой даянского магматического комплекса (~125 млн лет); 9 – палеозойские гранитоиды; 10 – рудные узлы: 1 – Верхнеурмийский, 2 – Верхнебаджальский, 3 – Талиджакский, 4 – Ярапский, 5 – Сютюингский, 6 – Якуньский; 11 – разломы: 1 – Баджалский, 2 – Ось Баджала, 3 – Правоурмийский, 4 – Верхнесынчугинский, 5 – Колбаканский, 6 – Сютюингский, 7 – Холодный, 8 – Азуритовый, 9 – Гранитовый; 12 – месторождения и рудопроявления.

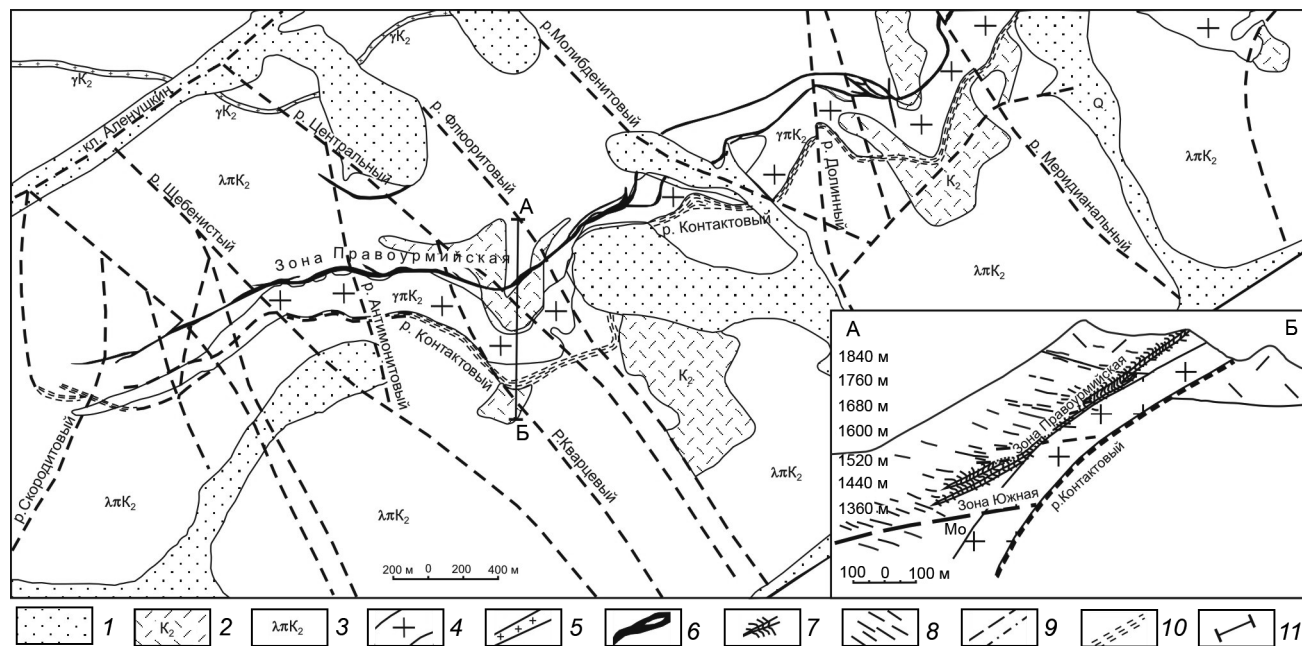


Рис. 2. Геологическая схема и схематический разрез Правоурмийского месторождения (по [9] с изменениями автора).

1 – аллювиальные и ледниковые отложения; 2 – покровы порфировидных риодацитов; 3 – экструзивные кристаллокластические риолиты; 4 – дайка гранит-порфиров; 5 – дайка мелкозернистых гранитов; 6 – рудоносная зона; 7 – рудоносный штокверк; 8 – пологозалегающие трещины отдельности с рассеянной прожилковой минерализацией; 9 – разрывные нарушения; 10 – зона рассланцевания; 11 – линия разреза.

тричные метасоматические тела, характеризующиеся максимальной концентрацией рудного вещества. На глубоких горизонтах месторождения буровыми скважинами вскрыты различно ориентированные рассеянные маломощные кварц-полевошпатовые прожилки с молибденитом и небольшим количеством шеелита, вольфрамита, касситерита и минералов висмута [11]. В приводораздельных частях рудного поля в составе рудной зоны широко распространены слабоолонозные жилы и прожилки кварц-турмалинового состава с обильным халькопиритом, сульфостаннатами меди и железа и ксеногенным касситеритом. В восточной, наименее эродированной части месторождения рудоносный штокверк прослеживается по маломощным (2–5 мм до нитевидных) прожилкам эпидот-хлоритового состава, сопровождающимися аналогичными изменениями вмещающих кристаллокластических риолитов. Здесь появляется в заметных количествах пирротин, сфалерит, реже – галенит; редкий касситерит имеет ксеногенный облик.

Простираение рудной зоны – восток-северо-восточное, падение – северо-западное. Причем, на верхних горизонтах месторождения падение зоны достаточно крутое (до 56°), а на глубоких горизонтах зона выполаживается и угол падения уменьшается до 35° . При этом изменяются и углы падения вся-

чего контакта Правоурмийской дайки гранит-порфиров, являющейся рудоконтролирующей структурой месторождения: на верхних горизонтах они имеют падение $\sim 50\text{--}55^\circ$ на северо-запад, а на глубоких горизонтах – до 80° .

Рудные тела постмагматических месторождений чаще всего образуются в результате выполнения трещинных полостей, либо метасоматического замещения вмещающих пород, либо в результате совмещения обоих процессов. На Правоурмийском месторождении эти процессы получили полное воплощение, что нашло отражение в многообразии текстурных и структурных рисунков руд и рудовмещающих метасоматитов.

ТЕКСТУРЫ РУД

Сидерофиллитовые метасоматиты, вмещающие жилы и прожилки рудоносного штокверка, образованы в результате метасоматического воздействия рудобразующих растворов на кристаллокластические порфиновые риолиты Урмийского лакколита. В качестве порфировых выделений в исходных породах выступают кристаллокласты кварца, плагиоклаза и полевого шпата в тонкокристаллической и стекловатой основной массе. В результате метасоматоза происходит замещение основной массы, плагиоклазов

и полевых шпатов агрегатом микрогранобластового кварца и тонкочешуйчатого сидерофиллита и образуется лилово-коричневая порода с *массивной текстурой*, в которой сохраняются зерна первичного кварца, придающие ей порфиновый облик. В непосредственной близости от жил и прожилков рудного штокверка в этих метасоматитах появляются отдельные зерна арсенопирита (часто идиоморфные) и гнезда халькопирита. Порода приобретает *вкрапленную текстуру*.

Вкрапленные текстуры широко распространены в жилах, прожилках и кварц-топазовых метасоматитах, слагающих промышленные оловянные руды месторождения, где в кристаллической массе жильных минералов устанавливаются вкрапленники касситерита, вольфрамит, халькопирита и арсенопирита. В изометричных телах кварц-топазовых метасоматитов вкрапленники рудных минералов достигают значительных размеров, что приводит к появлению *пятнистой текстуры* (рис. 3 А).

На месторождении широкое распространение получили *прожилковые и прожилкообразные текстуры*. На глубоких горизонтах рассеянный рудный штокверк представлен редкими маломощными (0.3–1.0 см) прожилками кварц-полевошпатового состава с убогой молибденовой минерализацией среди слабо измененных кристаллокластических риолитов (рис. 3 Б). Прожилки имеют четкие границы с вмещающими породами без заметных изменений последних. Зальбанды их сложены калиевым полевым шпатом (адуляром), центральные части – кварцем, совместно с которым отлагался молибденит. В малых количествах здесь установлены шеелит, касситерит, висмутин, висмут самородный. Еще реже встречается вольфрамит [10]. В пределах оловянного интервала маломощные жилы (до 2.0 см) и оперяющие прожилки (0.3–0.8 см) кварц-топазового и сидерофиллит-кварц-топазового состава с вкрапленностью касситерита, арсенопирита и вольфрамиты установлены как в призальбандовых частях штокверка, так и в апофизах мощных жил внутри него, особенно в участках слабой насыщенности жильно-прожилковой минерализацией. С появлением более мощных (> 5 см) жил развиваются *прожилкообразные текстуры*, образованные сочетанием жил выполнения с метасоматическим замещением жильными минералами вмещающих пород вдоль их зальбандов, в результате чего жилы теряют четкие очертания и появляются постепенные переходы от жил выполнения к вмещающим сидерофиллитовым метасоматитам (рис. 3 В).

Последовательное отложение минералов в тектонических трещинах приводит к образованию *полосчатых текстур*. На глубоких горизонтах место-

рождения прожилки с молибденовой минерализацией сложены последовательно отлагавшимися адуляром, кварцем, молибденитом (рис. 3 Б). В мощных жилах оловянного горизонта отдельные полосы сложены кварц-топазовым материалом и арсенопиритом. Появление турмалиновых жил и прожилков связано с повторным приоткрыванием рудовмещающих трещин, что способствовало поступлению новых порций растворов и отложению новых минеральных ассоциаций в осевых или зальбандовых частях ранее сформированных жил, что еще более подчеркивает их полосчатое строение (рис. 3 Г).

Частным случаем полосчатых текстур является достаточно редкая *крустификационно-полосчатая*. Обычно это участки жил, сформированные в зияющих полостях, где на стенках трещин вначале происходило образование идиоморфных кристаллов кварца с топазом (или без), на которые нарастал крупночешуйчатый сидерофиллит, а остальное пространство заполнялось мелкокристаллическим агрегатом жильных и рудных минералов (рис. 3 Д). В маломощных оперяющих трещинах на стенках вначале кристаллизовался мелкочешуйчатый сидерофиллит, а после него отлагались жильные и рудные минералы (рис. 3 В). Отмечаются как симметрично-, так и несимметрично-полосчатые текстуры.

Еще реже встречаются *друзовые текстуры*. Обычно они представлены мелкими идиоморфными кристаллами кварца или топаза, нараставшими на стенки трещин, а пространство между ними заполнено рыхлыми продуктами экзогенного разложения руд и вмещающих пород. Подобные текстуры чаще обнаруживаются в участках рудных жил, выходящих на дневную поверхность.

Чрезвычайно широко в рудах месторождения распространены катакластические текстуры, представленные, в основном, *брекчиевой и брекчиевидной* разновидностями. *Брекчиевые текстуры* установлены как на промышленном, так и на расположенном выше слабо эродированном и малопродуктивном на олово интервале рудной зоны. И если на промышленном интервале *брекчиевая текстура* обусловлена массой угловатых обломков сидерофиллитовых метасоматитов, заключенных в кварц-топазовом жильном выполнении, то на верхних, слабо продуктивных горизонтах эта текстура представлена обломками арсенопирита или кварц-топазового жильного материала в мощных кварц-турмалиновых жилах (рис. 3 Е). Часто параллельно с *брекчиевыми* встречаются *брекчиевидные текстуры*. На горизонте продуктивного оловянного оруденения в участках развития мощных гидротермально-метасоматических жил кварц-топа-

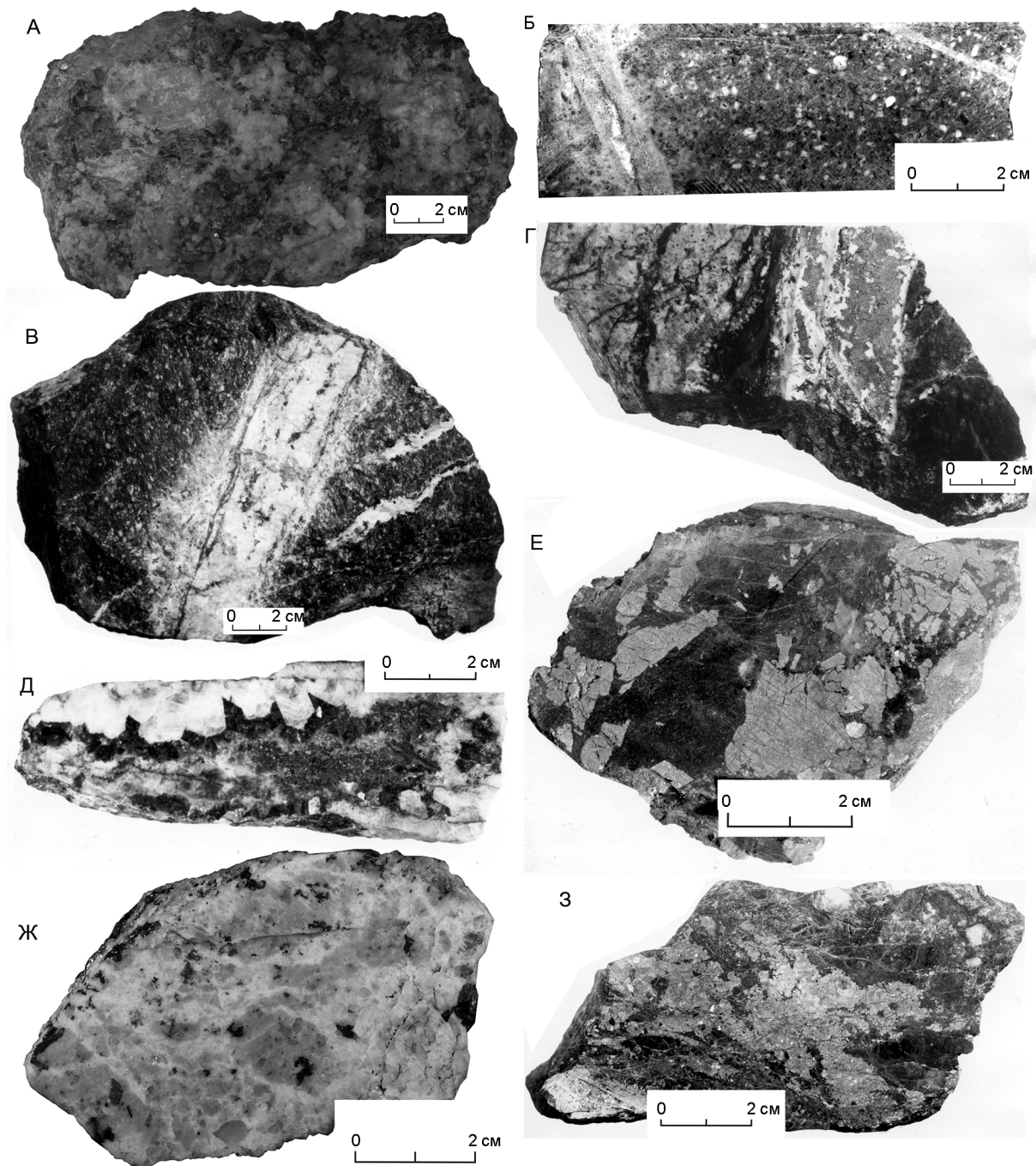


Рис. 3. Текстуры руд.

А – выделения касситерита в флюорит-кварц-топазовой жильной массе. Пятнистая текстура; штуф. Б – кварц-полевошпатовые прожилки в слабо измененном кристаллокластическом риолите. По оси прожилка – чешуйки молибденита. Прожилковая и полосчатая текстура. Буровой kern. В – комбинированная (выполнение + метасоматическое замещение) кварц-топазовая жила с тонкими прожилками турмалина в призальбандовой части и просечками медных минералов по центру жилы. Оперяющие кварц-топазовые прожилки с мелкими гнездами касситерита и крустификационными оторочками сидерофиллита вдоль зальбандов. Прожилкообразная и прожилковая текстуры. Штуф. Г – жила кварц-топаз-турмалин-арсенопиритового состава; чередование кварц-топазовых и арсенопиритовых выделений придают жиле полосчатый облик. У зальбанда группируются прожилки турмалина. Полосчатая текстура. Штуф. Д – нарастание крупночешуйчатого сидерофиллита на зональные кристаллы кварца. Крустификационно-полосчатая текстура. Штуф. Е – угловатые обломки арсенопирита сцементированы кварц-турмалиновым жильным материалом. Брекчиевая текстура. Штуф. Ж – обломки сидерофиллитовых метасоматитов, превращенные в кварц-топазовые метасоматиты, сцементированные кварц-топазовым жильным материалом. Брекчиевидная текстура. Штуф. З – обломки арсенопирита и кварц-топазового жильного материала с признаками замещения в кварц-турмалиновом цементе. Брекчиевидная текстура. Штуф.

зового состава они представлены обломками сильно осветленных сидерофиллитовых метасоматитов размером от 2–5 до 25 см, сцементированных жильно-прожилковым материалом (рис. 3 Ж). Границы обломков нечеткие из-за метасоматической переработки рудообразующими растворами и угадываются лишь по слабому лиловому оттенку, который обусловлен микроскопическими чешуйками сидерофиллита, захваченными зернами вновь образованных минералов. Выше по разрезу в мощных кварц-турмалиновых жилах обломки сидерофиллитовых метасоматитов, кварц-топазовых жил и арсенопирита подвергнуты заметной коррозии и руды также приобретают *брекчиевидную текстуру* (рис. 3 З).

СТРУКТУРЫ РУД

Разнообразие структур руд Правоурмийского месторождения обусловлено как особенностями рудообразующих флюидов, так и характером и длительностью преобладающих тектонических напряжений. Микроскопическое изучение руд и рудовмещающих метасоматитов позволило выделить следующие группы структур: зернистые или кристаллически-зернистые, коррозионные, метазернистые, кристаллобластические и катакlastические.

К группе зернистых или кристаллически-зернистых могут быть отнесены установленные в рудах аллотриоморфно- и гипидиоморфнозернистые, гребенчатые, радиально-лучистые и порфиroidные структуры. *Зернистые структуры*, в основном, характерны для рудных жил выполнения, соответствующих продуктивной стадии минерализации. При этом преобладают *структуры аллотриоморфнозернистые*, сложенные равномернoзернистым агрегатом топаза и флюорита, интерстиции между которыми выполнены кварцем и касситеритом (рис. 4 А). Гораздо реже встречаются *гипидиоморфнозернистые структуры*, образованные отдельными кристаллами топаза с элементами кристаллографической огранки, заключенными в аллотриоморфной мелкозернистой массе кварца и топаза. Чаще такие структуры устанавливаются в жилах и прожилках малопродуктивной на олово поздней кварц-турмалиновой минеральной ассоциации. Здесь нередко можно встретить хорошо ограненные удлиненные кристаллы турмалина в аллотриоморфнозернистом агрегате кварца (рис. 4 Б). В маломощных кварц-топазовых прожилках зальбанды часто сложены чешуйками зеленовато-бурого сидерофиллита, нараставшими на стенки трещины, что привело к образованию *гребенчатой структуры*. *Радиально-лучистые структуры* обнаружены на верхних горизонтах месторождения, на участках развития мощных кварц-турмалиновых жил, где встречаются

радиально-лучистые агрегаты тонкоиглочатого турмалина совместно с медными минералами в массе кварцевого турмалинита (рис. 4 В). Подобные радиально-лучистые структуры иногда наблюдаются в агрегатах позднего хлорита на слабо эродированных участках восточного фланга месторождения.

Следующую группу структур представляют метазернистые, среди которых можно выделить *лепидогранобластовую*, часто с элементами *порфиroidной*, и *аллотриоморфнометазернистую*.

Лепидогранобластовая структура характерна для рудовмещающих сидерофиллитовых метасоматитов. Во внешнем обрамлении рудоносной зоны кристаллокластические риолиты подвергались слабой сидерофиллитизации, выраженной в образовании пятнистых выделений микрочешуйчатого сидерофиллита, альбита, редких зерен флюорита и микрогранобластового кварца по мезостазиу риолитов (рис. 4 Г). При приближении к рудному штокверку у его зальбандов, на участках, слабо насыщенных прожилками, порода сложена мелкозернистыми агрегатами метасоматического кварца, флюорита и обильными чешуйками сидерофиллита (рис. 4 Д). Здесь сохраняются зерна первичного кварца кристаллокластических риолитов и появляются редкие идиоморфные кристаллы арсенопирита с гребенчатыми оторочками гранобластового кварца и флюорита, в результате чего порода приобретает *порфиroidную структуру* (рис. 4 Е).

Аллотриоморфнометазернистая структура обычно устанавливается в блоках и обломках сильно измененных сидерофиллитовых метасоматитов, заключенных между мощными рудными жилами и превращенных во флюорит-кварц-топазовый метасоматит с гнездами арсенопирита, касситерита и, гораздо реже, халькопирита. Обычно это участки развития брекчиевидных текстур.

Группу коррозионных представляют *скелетные* и *пламеневидные структуры*. *Скелетные структуры* можно наблюдать в агрегатах поздней кварц-турмалиновой минеральной ассоциации, где происходит замещение центральной части идиоморфных кристаллов турмалина халькопиритом, либо халькопиритом с сульфостаннатами (рис. 4 Ж). *Пламеневидная структура*, как один из видов коррозионных структур, часто устанавливается в продуктах той же кварц-турмалиновой ассоциации как результат замещения ранее выделившегося халькопирита более поздними сульфостаннатами (рис. 4 З). К этому же морфологическому виду относится структура, возникшая в результате замещения раннего леллингита, сохраняющегося в виде реликтов в ядрах отдельных зерен арсенопирита (рис. 5 А).

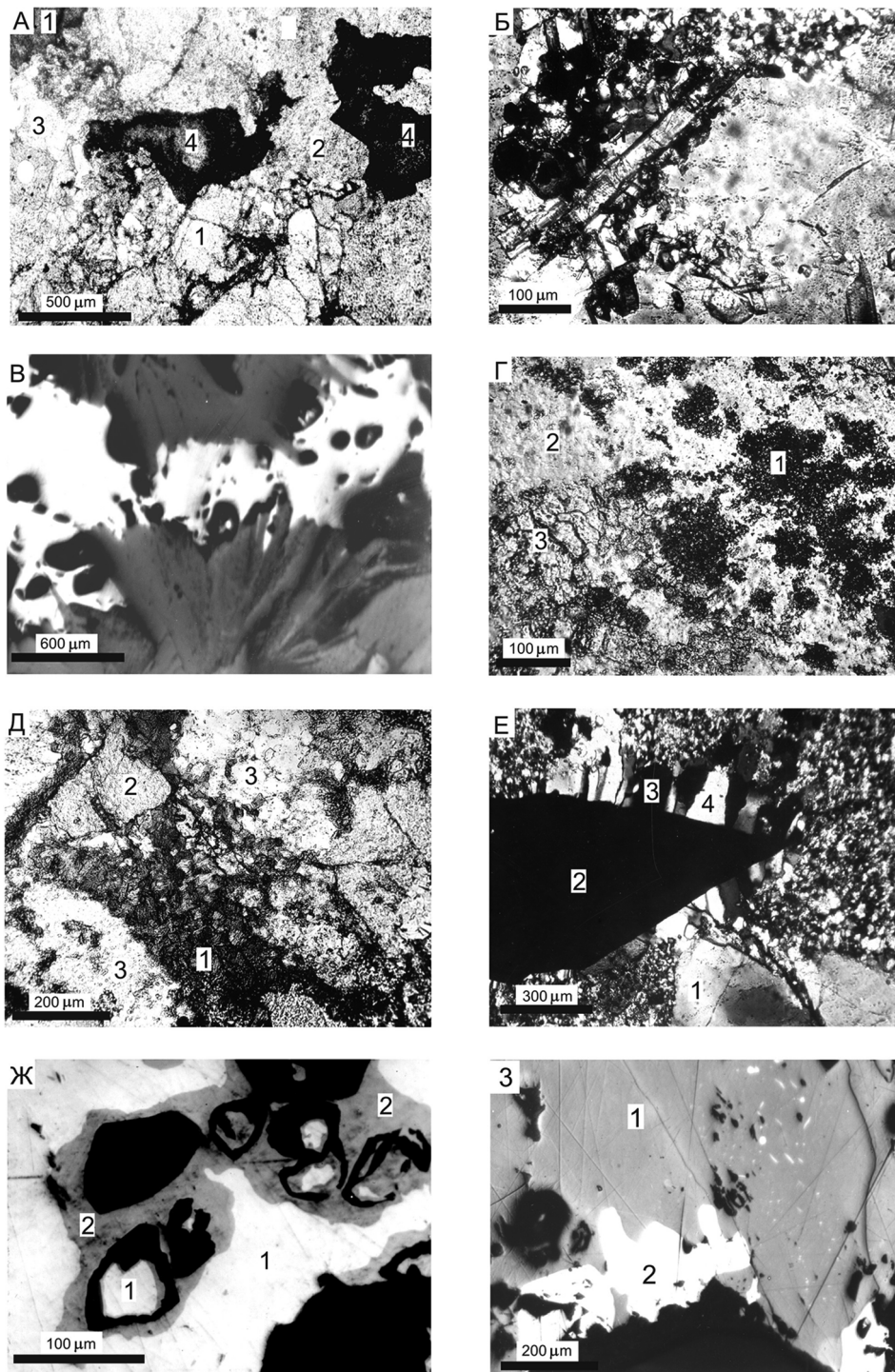


Рис. 4. Структуры руд и рудовмещающих метасоматитов.

А – зернистый агрегат топаза (1) и флюорита (2), интерстиции между которыми выполнены кварцем (3) и касситеритом (4). Аллотриоморфнозернистая структура. Прозрачный шлиф, без анализатора. Б – идиоморфные кристаллы турмалина в зернистом кварц-топазовом агрегате. Гипидиоморфнозернистая структура. Прозрачный шлиф, с анализатором. В – халькопирит в агрегате радиально-лучистого турмалина. Радиально-лучистая структура. Полированный шлиф, без анализатора. Г – пятнистые выделения сидерофиллита (1) среди гранобластовых агрегатов кварца (2) и флюорита (3). Лепидогранобластовая структура. Прозрачный шлиф, без анализатора. Д – гнезда сидерофиллита (1) и зерна флюорита (2) среди микрогранобластового кварца (3) в сидерофиллитовом метасоматите. Лепидогранобластовая структура. Прозрачный шлиф, без анализатора. Е – в сидерофиллитовом метасоматите порфиры первичного кварца (1) и идиоморфные кристаллы новообразованного арсенопирита (2), на который нарастают гранобластовые зерна флюорита (3) и кварца (4). Порфировидная структура. Прозрачный шлиф, с анализатором. Ж – замещение турмалина халькопиритом (1) и муссонитом (2). Скелетная структура. Полированный шлиф, без анализатора. З – замещение муссонита (1) халькопиритом (2). В муссоните эмульсия халькопирита. Пламенивидная структура. Полированный шлиф, без анализатора.

Среди продуктов поздних минеральных ассоциаций, обогащенных медью, чрезвычайно широко проявлены *структуры распада твердых растворов* (микротекстуры). К этой группе структур относятся эмульсионная, каплевидная, звездчатая, мирмекитовидная, пластинчатая и решетчатая.

Эмульсионная структура представлена эмульсией халькопирита в борните (рис. 5 Б) или в сфалерите (рис. 5 В). Свообразным видом эмульсионной структуры можно считать довольно крупные *каплевидные* ламеллы сфалерита в халькопирите (рис. 5 Г). *Звездчатые структуры* достаточно редки и представлены мелкими звездчатыми выделениями сфалерита в халькопирите (рис. 5 Д). Каплевидные и звездчатые структуры характерны для халькопиритов, слагающих гнезда, просечки и линзочки в лежащем контакте рудоносной зоны на участках, примыкающих к дайке гранит-порфиров. *Пластинчатые* и *решетчатые структуры* возникают в зернах борнита за счет выделений халькопирита, отлагающегося по спайности борнита (рис. 5 Е). При этом кристаллобласти борнита часто сами являются продуктом распада в халькопирите. Наиболее распространенным видом структур распада твердых растворов являются *мирмекитовидные*, среди которых выделяются двухфазные и многофазные. Двухфазные образованы мирмекитовидными выделениями борнита или моусонита в халькопирите (рис. 5 Ж). Многофазные состоят из кристаллобластов борнита, моусонита, сфалерита в матрице халькопирита (рис. 5 З). Здесь в крупных выделениях сфалерита часто можно встретить эмульсию халькопирита. Достаточно часты в халькопирите мирмекитовидные выделения, состоящие из тесных сростаний борнита, моусонита и станноидита.

Многочратно меняющиеся тектонические напряжения привели к развитию *катакластических* структур. Главным образом катаклиз затронул хрупкие рудные и жильные минералы. Наиболее отчетливо это видно в строении зерен и агрегатов касситерита и арсенопирита, среди которых чрезвычайно широко распространены *гранокластические структуры* (рис. 6 А). Большой частью дробление не сопровождалось значительным перемещением обломков, но по трещинам в минералах происходило их замещение. Так, арсенопирит в зоне аэрации замещался скородитом (рис. 6 Б), а на более глубоких горизонтах – халькопиритом. Интенсивное замещение катаклазированного касситерита происходило при формировании жил и прожилков более позднего кварц-турмалинового парагенезиса. При этом по трещинам происходило его замещение станнином, халькопиритом, моусонитом, станноидитом (рис. 6 В). Катаклазированные зерна

топаза замещались образующимся с ним в одной парагенетической ассоциации, но более поздним кварцем (рис. 6 Г), а в зоне аэрации – глинистыми минералами.

Чрезвычайно редко в рудах месторождения встречаются коллоидные структуры, которые отмечаются среди продуктов кварц-турмалиновой минеральной ассоциации на слабо эродированных участках месторождения. Обнаруженные здесь почковидные выделения гематита в кварц-турмалиновом цементе имеют *концентрически-зональную структуру* (рис. 6 Д).

Особое место занимают коррозионные микротекстуры, которые встречены на участках рудных тел, выходящих на дневную поверхность, и отличаются слабой распространенностью на глубину. Здесь, в результате замещения первичных медных минералов (борнит, халькопирит, сульфостаннаты), образуются тонкие каемочки ковеллина, что приводит к появлению *реакционно-каемочной микротекстуры* (рис. 6 Е). В катаклазированных зернах арсенопирит по трещинам замещается халькопиритом, скородитом с образованием *сетчатой микротекстуры* (рис. 6 Б).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Разнообразие выявленных морфогенетических групп и морфологических видов текстур и структур руд и рудовмещающих метасоматитов (табл. 1, 2) свидетельствуют о длительной и сложной истории формирования Правоурмийского месторождения. При этом следует отметить, что наибольшее их разнообразие представлено в достаточно ограниченном вертикальном интервале, соответствующем интервалу промышленного оловянного оруденения и, в меньшей мере, расположенного выше, преимущественно медного, которое в значительной степени перекрывает оловянное. Здесь преобладают их катакластические разновидности, среди которых наиболее характерны брекчиевые и брекчиевидные текстуры и гранокластические структуры. В участках большой насыщенности жильными рудными образованиями заключенные между ними фрагменты вмещающих пород нацело замещаются жильным веществом с образованием крупнозернистой гранобластической структуры. Наряду с этим, в участках значительного приоткрывания трещин (формирование полостей с пустотами) происходит образование крустификационно-полосчатых текстур, а последовательное отложение жильного материала и повторное приоткрывание трещин приводит к формированию полосчатых текстур. Все это свидетельствует, что рудный интервал – это область наиболее длительных и интенсивных тектонических процессов, обусловивших неоднократное подновление зоны рудоотложения.

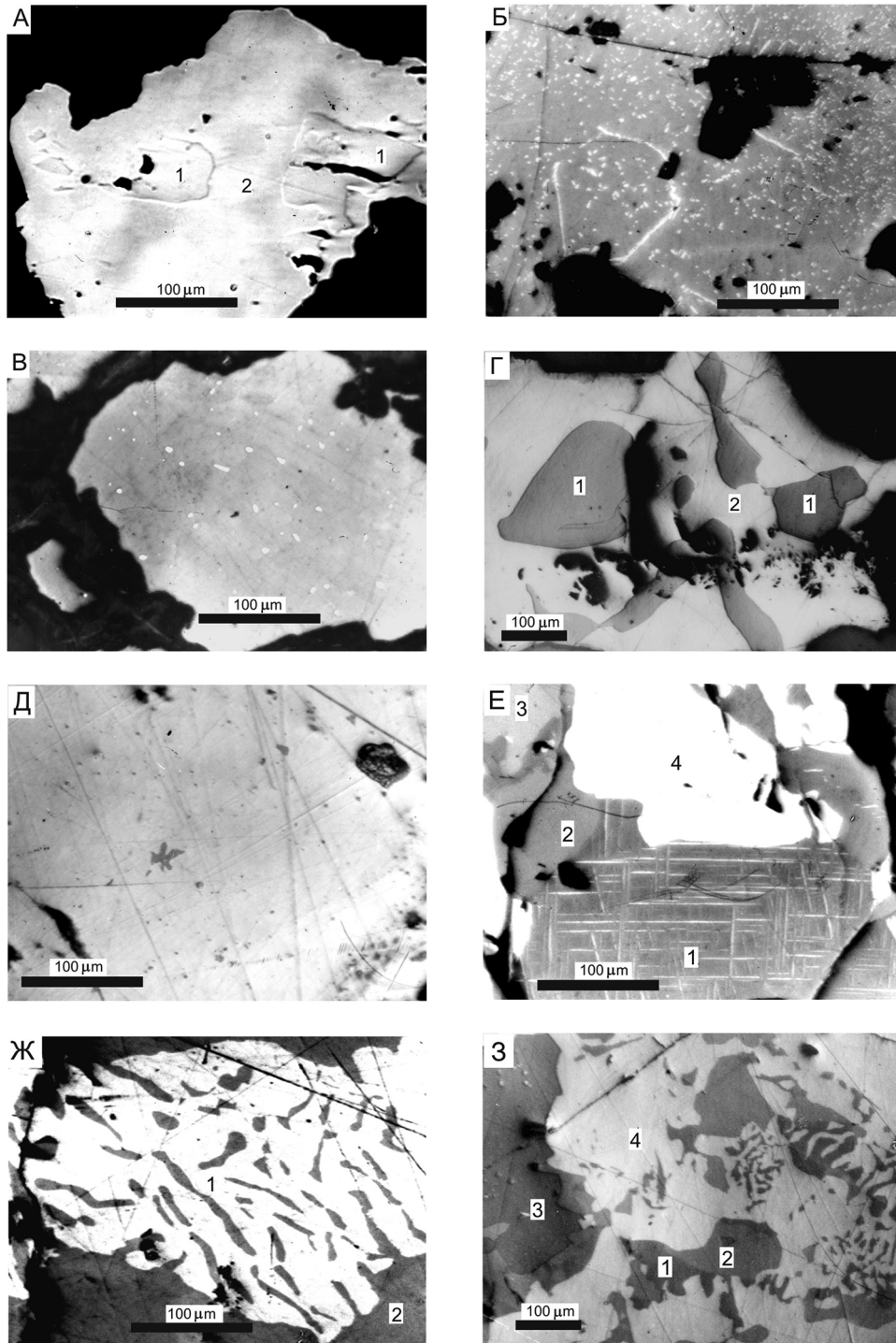


Рис. 5. Структуры руд и рудовмещающих метасоматитов (продолжение).

А – реликты леллингита (1) в арсенопирите (2). Пламеневи́дная структура. Полированный шлиф, без анализатора. Б – эмульсия халькопирита в борните. Отчетливо видны следы замещения турмалина. Эмульсионная структура распада твердого раствора с элементами скелетной. Полированный шлиф, без анализатора. В – эмульсия халькопирита в сфалерите. Эмульсионная структура распада твердого раствора. Полированный шлиф, без анализатора. Г – каплевидные выделения сфалерита (1) в халькопирите (2). Каплевидная структура распада твердого раствора. Полированный шлиф, без анализатора. Д – «звездочка» сфалерита в халькопирите. Звездчатая структура распада твердого раствора. Полированный шлиф, без анализатора. Е – выделения борнита (1), моусонита (2) и станноидита (3) в халькопирите (4). В борните решетка халькопирита. Решетчатая структура распада твердого раствора. Полированный шлиф, без анализатора. Ж – халькопирит (1) в моусоните (2). В халькопирите мирмекитовидные выделения моусонита. Мирмекитовидная структура распада твердого раствора. Полированный шлиф, без анализатора. З – борнит (1), моусонит (2) и сфалерит (3) в халькопирите (4). Многофазная структура распада твердого раствора. Полированный шлиф, без анализатора.

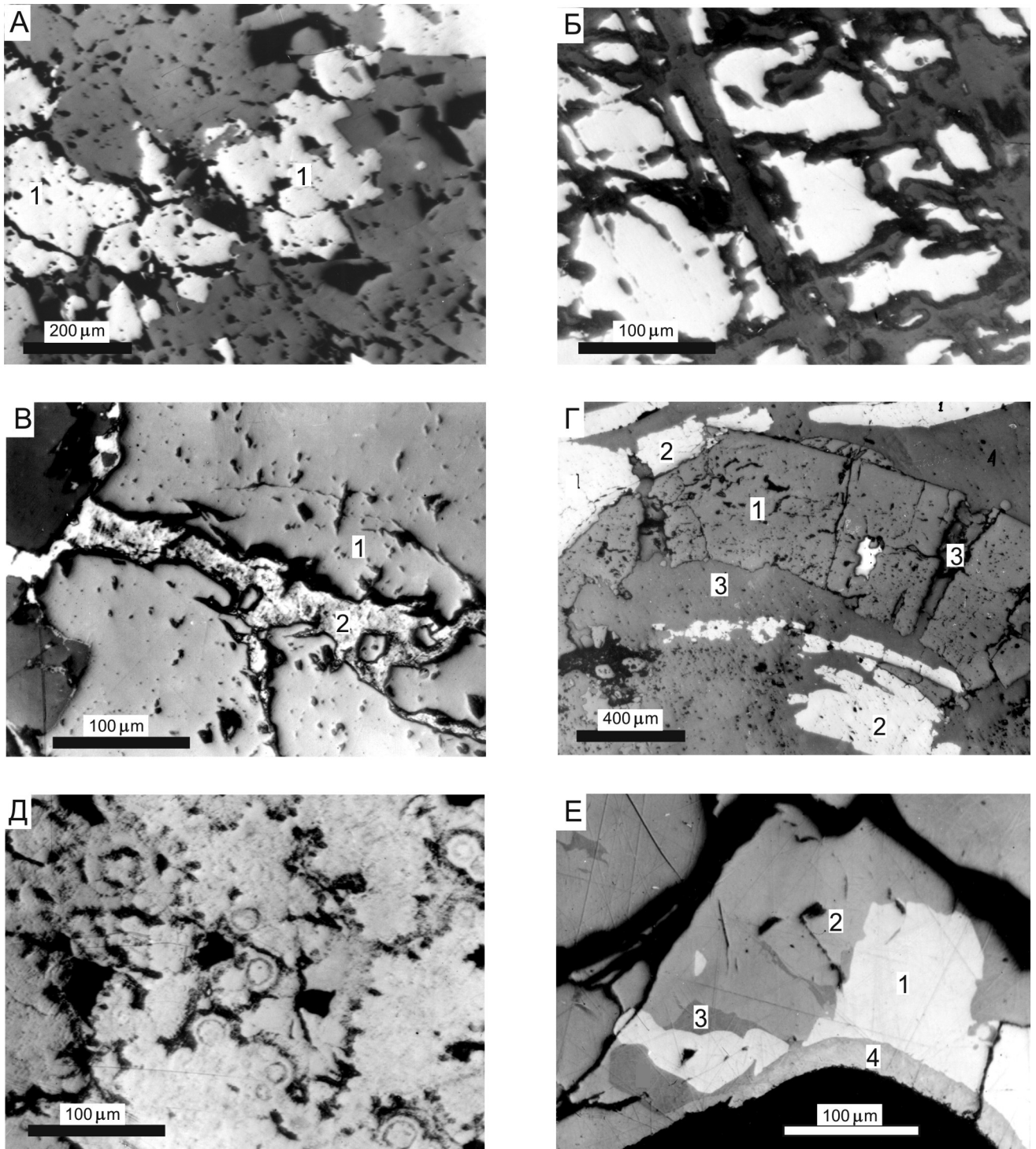


Рис. 6. Структуры руд и рудовмещающих метасоматитов (окончание).

А – катаклазированный касситерит (1) в кварц-топазовом жильном материале. Гранокластическая структура. Полированный шлиф, без анализатора. Б – катаклазированный арсенопирит по трещинам замещается скородитом. Гранокластическая структура. Полированный шлиф, без анализатора. В – по трещинам в катаклазированном касситерите (1) отлагается агрегат халькопирита и моусонита (2). Гранокластическая структура с элементами гранобластовой. Полированный шлиф, без анализатора. Г – катаклазированные топаз (1) и вольфрамит (2) замещаются кварцем (3). Полированный шлиф, без анализатора. Д – почковидные выделения гематита. Концентрически-зональная структура. Полированный шлиф, без анализатора. Е – замещение халькопирита (1) моусонитом (2), борнитом (3) и ковелином (4). Реакционно-каемочная структура (микротекстура). Полированный шлиф, без анализатора.

Таблица 1. Текстуры руд Правоурмийского месторождения и области их распространения.

Морфогенетические группы	Морфологические виды	Область распространения
Массивные	Массивная	Рудовмещающие метасоматиты
	Вкрапленная	Околорудные метасоматиты; кварц-топазовые рудные жилы и прожилки.
Пятнистые	Пятнистая	Околорудные метасоматиты; кварц-топазовые жилы; изометричные тела кварц-топазовых метасоматитов продуктивного горизонта.
	Прожилковая	Молибденовый штокверк на глубоких горизонтах; оперяющие прожилки кварц-топазовых оловорудных жил; эпидот-хлоритовые прожилки верхних горизонтов.
Удлиненные	Прожилкообразная	Мощные жилы продуктивного оловорудного интервала.
	Полосчатая	Жила выполнения молибденового штокверка и промышленного оловорудного интервала.
	Крустификационно-полосчатая	В раздувах оловорудных жил; реже – в оперяющих трещинах.
Друзовые	Друзовая	В участках оловорудных жил, выходящих на дневную поверхность.
Катакластические	Брекчиевая	Интервал наиболее интенсивного оловянного оруденения; в меньшей степени – на интервале слабо продуктивной на олово турмалиновой минерализации.
	Брекчиевидная	Интервал наиболее интенсивного оловянного оруденения и слабо продуктивной на олово турмалиновой минерализации.

Наименьшую интенсивность таких процессов, которую можно рассматривать как фоновую, фиксирует распределение в рудном теле массивных текстур и порфировых (порфиroidных) структур, ограниченных распространением сидерофиллитовых метасоматитов. Они установлены на всем протяжении рудоносной зоны, но с глубиной их интенсивность затухает. Так, на глубоких горизонтах на интервале развития кварц-полевошпатовой минерализации с молибденитом сидерофиллитизация проявлена очень слабо. Макроскопически вмещающие породы здесь выглядят практически неизменными с сохранением массивной текстуры с элементами порфировой структуры вмещающих кристаллокластических риолитов, а слабая сидерофиллитизация устанавливается только под микроскопом.

Прожилковые текстуры руд с аллотриоморфно-зернистой структурой отмечают «переходную» между двумя вышеуказанными зонами. Они характерны для глубоких и слабо эродированных верхних горизонтов месторождения, а также оперяющих трещин в приконтактных частях рудного штокверка. В последнем случае отмечаются гребенчатые текстуры, представленные агрегатами чешуйчатого сидерофиллита, нарастающими на стенки трещин, центральная часть которых заполнена кварц-топазовым материалом с гнездами (до 0.5 см) касситерита.

Таким образом, решающим фактором специфики структур и текстур руд Правоурмийского месторождения, отражающих особенности его генезиса, очевидно выступает фактор тектонический. Кулисное строение рудного штокверка и морфология слагающих его рудных жил позволяют предположить формирование месторождения в условиях косого по отношению к простираанию зоны рудоотложения малоамплитудного сдвига-надвига при юго-восточном направлении преобладающих тектонических напряжений. При этом Правоурмийская дайка гранит-порфиров выступала в роли тектонического упора, в результате чего на верхних горизонтах месторождения она имеет падение на северо-запад под углом $\sim 50^\circ$, увеличивающееся с глубиной до 80° . Надвиговый процесс, проявленный на месторождении, явился причиной сучивания и приоткрывания трещин отдельности в кристаллокластических риолитах и обусловил образование S-образных трещин, которые вмещают рудные жилы. На участке перегиба рудной зоны и дайки гранит-порфиров породы испытывали наибольший стресс, в результате которого происходил их значительный катаклиз. Последующая цементация и частичное замещение обломков рудным веществом привели к образованию брекчиевых и брекчиевидных текстур и аллотриоморфнозернистых, реже гипидиоморфнозернистых структур.

Таблица 2. Структуры руд Правоурмийского месторождения и области их распространения.

Морфогенетические группы	Морфологические виды	Область распространения
Зернистые	Аллоотриоморфнозернистая	Жилы выполнения на всех интервалах рудной зоны.
	Гипидиоморфнозернистая	Чаще установлены в жилах и прожилках с турмалином, реже – в оловоносных кварц-топазовых жилах.
	Гребенчатая	В оперяющих прожилках продуктивного на олово интервала.
	Радиально-лучистая	Преимущественно в слабо продуктивных на олово кварц-турмалиновых жилах и прожилках, реже – в эпидот-хлоритовых прожилках; очень редко – в околосильных метасоматитах, сопровождающих эти жилы.
	Порфириовидная	В метасоматитах, вмещающих рудный штокверк; частично унаследованная.
Метазернистые	Лепидогранобластовая	Рудовмещающие метасоматиты.
	Аллоотриоморфно-метазернистая	В участках развития брекчиевидных текстур.
Коррозионные	Скелетная	В продуктах кварц-турмалиновой минеральной ассоциации.
	Пламенеvidная	Редкая; при замещении раннего леллингита арсенопиритом; при замещении медных минералов сульфостаннатами.
Распада твердых растворов (микротекстуры)	Эмульсионная	В продуктах кварц-турмалиновой минеральной ассоциации.
	Каплеvidная	
	Звездчатая	
	Мирмекитовидная	
	Пластинчатая	
Катакластические	Гранокластическая	В участках развития брекчиевых структур.
Коллоидные	Концентрически-зональная	Редкая; выделения гематита в мощных жилах кварцевых турмалинитов на верхних горизонтах месторождения.
Коррозионные (микротекстуры)	Реакционно-каемочная	В участках преимущественного развития медных минералов в зоне аэрации рудных жил.
	Сетчатая	Редкая; в катаклазированных гнездах арсенопирита в зоне аэрации.

Продолжающиеся слабые тектонические напряжения способствовали появлению в центральной части зоны гранокластических структур. К этому интервалу приурочено наиболее продуктивное оловянное оруденение. Очевидно, что в процессе становления месторождения периоды сжатия неоднократно сменялись периодами относительного покоя или слабого растяжения, сопровождавшимися поступлением новых порций рудоносных растворов. Особенно интенсивно растяжение проявилось после завершения отложения продуктивной оловянной минерализации. Во вновь образованных трещинах, преимущественно развитых по оловорудным жилам, происходило отложение турмалина в ассоциации с минералами меди. В этих рудах широко проявлены структуры распада

твердых растворов, причем чаще всего в качестве продуктов распада выступают сульфостаннаты меди и железа (моусонит, станноидит, станин) в матрице халькопирита, реже – борнита. Появление здесь сульфостаннатов, вероятно, происходило в результате частичной ремобилизации олова из ранее образованных оловорудных жил, хотя не исключено и поступление олово- и медьсодержащего раствора из остаточного магматического очага. Минерализация подобного типа на оловорудных месторождениях Японии отнесена к ксенотермальной [14]. Обилие структур распада твердых растворов среди продуктов этой стадии минерализации может косвенно указывать на ее высокотемпературный характер. В пользу такого предположения свидетельствуют температуры гомогени-

зации газовой-жидких включений (450–460°C) [3], а также результаты декрепитации, основной максимум которой, по неопубликованным данным В.Г. Крюкова, соответствует температурному интервалу 410–550°C. Экспериментальными данными доказано, что критической температурой существования твердого раствора халькопирита со станнином является $462 \pm 5^\circ\text{C}$, выше которой халькопирит может содержать в твердом растворе станин до 39 мас.%, в то время как ниже этой температуры – менее 3 мас.% [15].

На глубоких и самых верхних горизонтах стрессовый процесс был проявлен менее значительно. Здесь подавляющее развитие получили прожилковые текстуры и аллотриоморфнозернистые структуры жильного материала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обилие метасоматических и катакластических текстур и структур, установленных в метасоматических породах и рудах Правоурмийского месторождения, свидетельствуют о многоэтапной и многостадийной истории его формирования. При этом распределение различных генетических типов и морфологических видов текстур и структур в породах и рудах Правоурмийского месторождения крайне неравномерное. Так, во вмещающих рудный штокверк сидерофиллитовых метасоматитах преобладает массивная текстура с реликтовой порфировой и лепидогранобластовой структурами. На глубоких горизонтах месторождения, где проявлена молибденовая минерализация, преимущественно развиты прожилковые текстуры и аллотриоморфнозернистые структуры. Аналогичные текстурно-структурные особенности преобладают в эпидот-хлоритовых метасоматитах и жилах на самых верхних, наименее эродированных горизонтах месторождения.

Наибольшее разнообразие текстур и структур руд выявлено на интервалах промышленного оловянного и сменяющего его по восстанию медного оруденения. Здесь, в околожильных метасоматитах преобладают массивные, порфировые и пятнистые текстуры и лепидогранобластовые структуры, а в жилах – пятнистые, вкрапленниковые, полосчатые текстуры и аллотриоморфнозернистые и гипидиоморфнозернистые структуры жильного выполнения. Именно здесь в рудах получили широкое распространение катакластические текстуры и структуры, указывающие на проявление разнонаправленных тектонических напряжений, приводящих к образованию новых или активизации старых трещин, ранее выполненных рудным веществом. Поскольку катаклазу оказались подвержены минералы разновременных минеральных

ассоциаций, можно предположить, что динамические тектонические напряжения сопровождали весь период формирования месторождения, начиная от становления ранних кварц-полевошпатовых прожилков с молибденитом до поздних эпидот-хлоритовых минеральных ассоциаций с пирротинитом и минералами свинца и цинка, правда, с разной интенсивностью.

Смена во времени и по восстанию рудоносной зоны кварц-полевошпатовой минерализации с молибденитом продуктивной на олово вольфрамит-касситерит-топазовой, затем кварц-турмалиновой с медной нагрузкой и, наконец, завершающей эпидот-хлоритовой с полиметаллами и колчеданами демонстрирует не только изменение состава рудообразующих растворов, но и изменение их физико-химических параметров. Как подтверждение этого наблюдается смена во времени фторной минерализации на борную, широкое распространение в рудах гранобластических структур в результате перекристаллизации и появление микротекстур распада твердых растворов в медьсодержащих минералах, а также структур замещения ранних минералов поздними.

Особо следует отметить, что в «чистом» виде описанные выше текстуры и структуры встречаются чрезвычайно редко. Чаще всего в одних и тех же участках отмечаются сочетания двух и более видов текстур: крустификационно-полосчатая, прожилково-полосчатая, пятнисто-полосчатая и другие. Аналогичные сочетания выявлены и при изучении структур, где в группе метазернистых установлены лепидогранобластовая (метастазис метасоматита) с элементами порфириовидности (порфиры «риолитового» кварца с гранобластовыми оторочками и идиоморфные кристаллы арсенопирита). В группе зернистых образований часто устанавливается совместное присутствие гребенчатых и аллотриоморфнозернистых, либо гипидиоморфнозернистых структур. Среди структур распада твердых растворов обычно наблюдается сочетание эмульсионных, решетчатых и пластинчатых (халькопирит в борните, сульфостаннаты в халькопирите либо в борните и др.).

Совмещение в рудных телах различных генетических типов и морфологических видов текстур и структур свидетельствует о длительной истории становления месторождения в обстановке разнонаправленных тектонических напряжений.

Настоящее исследование выполнено при финансовой поддержке проекта ОФИ № 13-05-13043 офи-м и проекта ДВО РАН № 12- III-A-08-148.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бетехтин А.Г., Генкин А.Д., Филимонова А.А., Шадлун Т.Н. Текстуры и структуры руд. М.: Госгеолтехиздат, 1958. 435 с.

2. Бетехтин А.Г., Генкин А.Д., Филимонова А.А., Шадлун Т.Н. Структурно-текстурные особенности эндогенных руд. М.: Недра, 1964. 598 с.
3. Гоневчук В.Г., Кокорин А.М., Коростелев П.Г., Радкевич Е.А. Глубинность оловянного оруденения Дальнего Востока // Глубинные условия эндогенного рудообразования. М.: Наука, 1986. С. 248–257.
4. Исаенко М.П. Определитель текстур и структур руд. М.: Недра, 1983. 261 с.
5. Кемкин И.В. Геодинамическая эволюция Сихотэ-Алиня и Япономорского региона в мезозое. М.: Наука, 2006. 257 с.
6. Кокорин А.М., Гоневчук В.Г., Кокорина Д.К. Арсеньевское месторождение // Крупные и суперкрупные месторождения полезных ископаемых. Стратегические виды рудного сырья Востока России. М.: ИГЕМ РАН, 2006. Т. 3, кн. 2. С. 565–586.
7. Огнянов Н.В. Геология оловорудных районов и месторождений Хингано-Охотской оловоносной области // Геология оловорудных месторождений СССР / Ред. С.Ф. Лугов. Т. 2, кн. 1. М.: Недра, 1986. С. 340–399.
8. Павловский А.Б., Митрофанов Н.П., Бутова Т.А. Источники и рудноформационные особенности крупных месторождений и высококачественных оловянных руд // Отеч. геология. 1998. № 4. С. 21–27.
9. Родионов С.М. Металлогения олова Востока России. М.: Наука, 2005. 327 с.
10. Родионов С.М., Гоневчук В.Г., Кокорин А.М., Коростелев П.Г., Семеняк Б.И. Месторождение Тигриное // Крупные и суперкрупные месторождения полезных ископаемых. Стратегические виды рудного сырья Востока России. М.: ИГЕМ РАН, 2006. Т. 3. Кн. 2. С. 613–626.
11. Семеняк Б.И., Пахомова В.А., Залищак Б.Л., Коростелев П.Г. Некоторые особенности молибденовой минерализации Правоурмийского месторождения (Приамурье) // Тихоокеан. геология. 1997. Т. 16, № 4. С. 102–110.
12. Семеняк Б.И., Родионов С.М., Гоневчук В.Г., Коростелев П.Г., Кокорин А.М. Оловянно-вольфрамовые грейзены, штокверки и кварцевые жилы. Правоурмийское месторождение // Геодинамика, магматизм и металлогения Востока Азии. Владивосток: Дальнаука, 2006. С. 611–619.
13. Шнайдер А.А., Малышев Ю.Ф., Горошко М.В., Романовский Н.П. Комплексная минерализация крупных рудных месторождений Дальнего Востока (Россия) // Геология руд. месторождений. 2011. Т. 53, № 2. С. 158–174.
14. Lee M.S., Takenouchi S., Imai H. Syntheses of stannoidite and mawsonite and their genesis in ore deposits // Econ. Geol. 1970. V. 70. P. 834–843.
15. Moh G. Tin-containing mineral systems. Part II: Phase relations and mineral assemblages in the Cu-Fe-Zn-Sn-S system // Chem. Erde. 1975. V. 34. P. 1–61.
16. Seltmann R. Sub-volcanic minor intrusions in the Altenberg Caldera and their metallogeny // Metallogeny of collisional orogens. Prague: Czech Geol. Surv., 1994. P. 198–206.
17. Sinclae W.D., Gonevchuk G.A., Korostelev P.G., Semenyak B.I. et al. World distribution of tin and tungsten deposits // Geol. Surv. Canada. Open file 5482, 2011.

Рекомендована к печати В.Г. Гоневчуком

B.I. Semenyak

Textural-structural features of ores of the Pravourmiisky deposit as reflection of its genesis conditions (Khabarovsk Region, Russia)

The textural-structural features of ores and ore-enclosing metasomatites of the Pravourmiisky tungsten-tin deposit are discussed. The zonation elements in the distribution of different genetic types and morphological kinds of textures and structures have been revealed in the ore zone vertical section. It was established that the greatest diversity with prevalent cataclastic textures is characteristic of the middle (along the section) interval of the ore zone where the main industrial tin mineralization of greisen type is concentrated. Upwards the section, this mineralization is replaced by the quartz-tourmaline one dominated by the copper ore charge with a wide development of structures (microstructures) of the solid solution decay, testifying to the high-temperature conditions of ore emplacement. The diversity of the ore textural-structural features is caused by a long history of development of the deposit structure that was formed under conditions of the small-amplitude fault-thrust fault when the periods of compression were repeatedly changed by the periods of a comparative quiet or a weak tension.

Key words: tungsten-tin mineralization, textures, structures, genesis, Pravourmiisky deposit, Khabarovsk Region.