

стичен биндгеймиту (см.таблицу).

### Результаты расчета дебаеграммы биндгеймита

Ут-6		Биндгеймит АСТМ-18-687			Ут-6			Биндгеймит АСТМ-18-687	
l	$d_{a/n} \cdot \text{Å}$	$d_{a/n} \cdot \text{Å}$	$l/l_0$	hkl	l	$d_{a/n} \cdot \text{Å}$	$d_{a/n} \cdot \text{Å}$	$l/l_0$	hkl
-	-	5,97	6	111					
5	3,35	-	-	-	1	1,667	-	-	-
-	-	3,15	4	311	9	1,578	1,58	14	622
10	3,03	3,01	100	222	3	1,509	1,51	6	444
2	2,88	2,88	2	320	1	1,448	-	-	-
7	2,63	2,61	18	400	1	1,321	-	-	-
-	-	2,40	6	331	2	1,306	1,31	4	800
3	2,04	2,04	2	510,431	1	1,288	-	-	-
-	-	2,01	2	511,333	7	1,203	1,20	4	662
8	1,853	1,85	25	440	6	1,166	1,17	4	840
3	1,743	1,77	2	530	1	1,107	-	-	-
					7	1,066	1,07	2	844
					7	1,004	1,008	2	666

плюс еще шесть линий  
 $a_0 = 10 \cdot 43$   $a_0 = 10 \cdot 47$

Примечание. Условия съемки: Аппарат УРС-20,  $Fe_{\alpha\beta}$  30 кв. 10 ма, камера РКД-57.3 мм.

Параметр элементарной ячейки  $a_0 = 10 \cdot 43$  Å. Рентгеновская плотность, рассчитанная для биндгеймита, отвечающего формуле  $Pb_2Sb_2O_6(O.OH)$  составляет 9,02 г/см<sup>3</sup>.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Высоцкий Н.К. Месторождения платины Исковского и Нижне-Тагильского районов на Урале // Геол.комитета, нов.сер., 1913, вып.62. - С.276.
2. Колтовский Г. Серебряные рудники в дачах Нижне-Тагильских заводов // Горный журнал-1838, №3. - С.420.
3. Минералы: Справочник / Под ред. Ф.В.Чухрова, Э.М.Бонштедт-Куплетской. - М.:Наука, 1967, т.2, №3. - 676 с.

УДК 552.161

А.Б.Макаров

### ПРОЖИЛКОВАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ КИРДИНСКОГО ШТОКВЕРКОВО-ГРЕЙЗЕНОВОГО ВОЛЬФРАМ-МОЛИБДЕНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В СРЕДНЕМ ЗАУРАЛЬЕ

Штокверковые месторождения характеризуются чрезвычайно широко проявленной прожилковой рудной и жильной минерализацией, которая собственно и представляет основной объем рудного вещества. Вопросы стадийности ее образования, зональности, количественной оценки ореолов прожилковатости являются важнейшими как для познания генезиса подобных месторождений, так и для оценки масштабов оруденения.

Одним из благоприятных объектов для изучения прожилковой минерализации является Кирдинское вольфрам-молибденовое месторождение, выявленное в 1985 г. в Зауральском поднятии при проведении поисковых работ на магнетитовое оруденение (С.И.Бирючев и др.).

На изученной в ряде буровых профилей зональности системы интрузив-надинтрузивная зона отчетливо можно проследить смену рудной и жильной минерализации, отражающую смену обстановки рудоотложения (щелочное взаимодействие → кислотное выщелачивание → кислотно-основное взаимодействие).

Кирдинское вольфрам-молибденовое месторождение локализовано в экзо- и эндоконтакте одноименного позднепалеозойского массива лейкогранитов с широко развитой прожилково-вкрапленной, прожилковой и вкрапленной рудной минерализацией, представленной в эндоконтакте массива преимущественно молибденитом, а в наложенных на терригенно-вулканогенные и интрузивные вмещающие породы нижнего палеозоя рудных зонах - молибденитом и шеелитом. Оруденение образует близизометричный, слабо вытянутый в СЗ направлении шток-верк.

Широко проявленные в пределах месторождения метасоматические процессы представлены пропилитами, известковыми скарнами с пирротин-магнетитовым оруденением; лейкогранитный массив окружен широким ореолом кварц-биотитовых метасоматитов [5]. Метасоматиты грейзеновой формации и сопряженное вольфрам-молибденовое оруденение локализованы в эндо- и экзоконтактной части Кирдинского лейкогранитного массива позднепалеозойского возраста. Наиболее молодыми метасоматитами, связанными с зонами тектонических нарушений, являются листвениты-березиты и аргиллизиты [4].

Изучение структурных особенностей месторождения и минерального состава грейзенов на редкометальных объектах Среднего Зауралья позволило выделить три фации: грейзенизированных гранитов, кварц-мусковитовых грейзенов и околотрещинных грейзенов, образующих метасоматическую зональность [3].

Наиболее ранняя, распространенная в нижней части разреза месторождения фация грейзенизированных гранитов выделена в пределах апикальных частей Кирдинского лейкогранитного массива и имеет близкое к площадному распространение. Изменения выражаются в развитии альбита по полевым шпатам и их слабой мусковитизации. Кроме того, в лейкогранитах формируется небольшое количество гнезд флюорита, мусковита, кварца, пирита, реже - молибденита. Сопряженные зонки прожилкового оруденения представлены мало-мощными прожилками и просечками, сложенными серым слабопрозрачным кварцем с мелкочешуйчатым мусковитом, гнездами пирита и флюорита. Молибденит здесь приурочен к зальбандам, образует мелкие гнезда, чешуйки и вкрапленность (рис. 1, а, б).

Сменяющие по вертикали фацию грейзенизированных гранитов кварц-мусковитовые грейзены приурочены к апикальной части (кровле) лейкогранитного массива. Это зеленоватые мелко-среднезернистые поро-

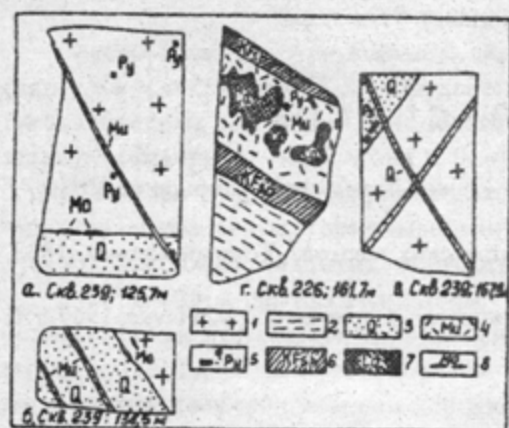


Рис. 1. Зарисовки образцов с прожилковой минерализацией. Вмещающие породы:

- 1 - лейкограниты, 2 - кварц-биотитовые сланцы; прожилковая минерализация: 3 - кварц, 4 - мусковит, 5 - пирит, 6 - каолипат, 7 - кальцит, 8 - молибденит

ды, сложенные сероватым кварцем с гнездами и прожилками зеленоватого мусковита и редкими зернами флюорита. Контакты между фациями постепенные, в грейзенизированных гранитах наблюдается более интенсивная мусковитизация, частые прожилки серого кварца с редкими зернами пирита и молибденита.

Фация околотрещинных грейзенов развивается в связи с возникновением зон повышенной трещиноватости и дробления во вмещающих породах в период внедрения лейкогранитного массива и последующей гидротермальной проработкой с формированием в стадию рудоотложения и жильную стадию разнообразной минерализации.

Интенсивность проявления околотрещинных грейзенов определяется удаленностью от кровли массива. Наиболее мощные зоны выделены в непосредственной близости от них, а в верхних частях разреза месторождения околотрещинные грейзены сменяются зонами с жильной минерализацией.

Формирование рудной минерализации, сопряженной с метасоматитами грейзеновой формации и жильной минерализации связывается с завершающими стадиями становления Кирдинского

лейкогранитного массива.

Прожилковая минерализация в самом лейкогранитном массиве локализуется, вероятно, в открытых полостях трещин контракции. Прожилковые зоны здесь обычно представлены серым слабопрозрачным кварцем, содержащим зеленоватый мелкочешуйчатый мусковит, гнезда пирита и флюорита. Мощности таких прожилков достигают первых сантиметров. Распределение рудных минералов в них различное - молибденит обычно приурочен к зальбандам кварцевых прожилков, образуя мелкие гнезда, чешуйки и вкрапленность, но иногда встречается и в пустотках в кварце, совместно с мусковитом. Границы таких прожилков обычно извилистые, реже - прямые, однако обычно довольно резкие (см. рис. 1, а, б). Иногда они пересекаются тонкими прожилками более позднего кварца (рис. 1, г).

Главные минералы прожилков в грейзенизированных гранитах - кварц, мусковит, флюорит и пирит.

*Кварц* под микроскопом гранобластовый, иногда с волнистым погасанием, постоянно ассоциирует с мусковитом. Из элементов-примесей в нем постоянно встречаются (5 проб, г/т): титан (30-50), хром (20-50), медь (10-15); спорадически - молибден (3-20), бериллий (0,5-3), никель (3-5) и марганец (10-30).

*Мусковит* прожилков в грейзенизированных гранитах образует отдельные чешуи, небольшие гнезда, розетки, а также самостоятельные прожилки. По данным рентгеноструктурного анализа принадлежит полимиту  $2M_1$ ,  $1M$ , отмечается и смесь этих полимитов. Термическим анализом на кривых нагревания фиксируется широкий корытообразный экзотермический эффект в области 600 град С с потерей веса 2,2-2,4 %. Состав элементов-примесей в мусковите (3 пробы, г/т): медь (10-20), цинк (30), свинец (5-20), молибден (3-100), бериллий (10-1000), хром (10-70), никель (3-20), марганец (5-300), титан (70-150). Спорадически отмечаются барий (100), вольфрам (50), скандий (30).

*Флюорит* в шлифах прозрачен, крупные кристаллы и скопления кристаллов имеют бесцветную внутреннюю часть, а в периферии происходит интенсивное - до темно-фиолетового - окрашивание кристаллов. Образует вкрапленность и мелкие гнезда в составе разноориентированных прожилков и просечек.

*Пирит* обычен для прожилков в грейзенизированных гранитах; образует вкрапленность, иногда гнезда небольших размеров. Кристаллы пирита изометричные, реже - уплощенные и удлиненные, грани в большинстве случаев гладкие.

Изучение элементов-примесей в пиритах из кварц-пиритовых, кварц-пирит-молибденовых и пиритовых прожилков в грейзенизированных гранитах показало наличие (5 проб, г/т): меди (10-20), цинка (30-50), молибдена (1-50), хрома (50-150), никеля (5-100), кобальта (3-100), бария (100-150), серебра (0-2), бериллия (0-100), титана (0-50).

*Молибденит* встречается преимущественно в зальбандах прожилков, где образует обогащенные зонки из листоватых кристалликов. Элементы-примеси в молибдените из кварцевого прожилка (г/т): медь - 10, свинец - 5, серебро - 3, хром - 200, никель - 10, кобальт - 7, титан - 30, кадмий - 500, скандий - 20. По данным количественного спектрального анализа (ИГН АН Казахстана) в молибдените из кварцевого прожилка в гранитах содержание рения 2,2 г/т.

Наиболее поздними минералами прожилков в грейзенизированных гранитах являются кальцит и хлорит.

*Кальцит* образует внутренние части прожилков, жил, часто с включениями и гнездами флюорита. Жилы слагаются гранобластовыми зернами размером 0,3-0,5 мм с двойниками и тройниками.

*Хлорит* встречается только совместно с молибденитом, является рудосопровождающим минералом. Прожилки серого кварца с молибденитом постоянно несут парагенезис кварц+флюорит+кальцит+хлорит, последний обычно ассоциирует с молибденитом. Окраска хлорита бледная синевато-зеленая, слабо плеохроирует, обладает низким двупреломлением (0,04-0,05) и по этим признакам относится к клинохлору.

Кварц-мусковитовые грейзены распространены локально, непосредственно в кровле лейкогранитного массива. Это монокварцевые породы с зеленоватым чешуйчатым мусковитом, вкрапленностью и мелкими гнездами молибденита, зернами пирита и флюорита.

Прожилковая минерализация здесь представлена прожилками серого кварца с зеленоватым мелкочешуйчатым мусковитом и вкрапленностью молибденита (1-5%). Реже встречаются чисто

мусковитовые и пирит-молибденитовые, молибденитовые просечки.

В пределах ореола развития фации околотрещинных грейзенов прожилковая рудная и жильная минерализация значительно разнообразнее. На удалении от лейкогранитов, чаще всего в сланцах и скарнах, появляется шеелит в составе прожилков кварцевого и полевошпат-кварцевого состава в ассоциации с пиритом, пирротинном и флюоритом. Прожилки, в которых совместно встречаются шеелит и молибденит, отмечаются в единичных случаях.

Развитие метасоматитов и прожилковой минерализации определяется здесь трещиноватостью различных направлений. Доминирующими являются крутопадающие трещины с ориентировкой, близперпендикулярной поверхности лейкогранитного массива, пересекающие реликтовую слоистость и сланцеватость вмещающих пород. Реже отмечаются трещины и зоны жильной минерализации других направлений.

Суммарные мощности зон трещиноватости и гидротермальных изменений составляют от 2-3 до 40 м при углах падения 45-50°, более интенсивно они проявлены в пределах СВ фланга месторождения, где образуют серию субпараллельных зон с мощностью отдельных зон до 30 м.

В нижней части эффузивно-сланцевого разреза в околотрещинных грейзенах преобладают молибденит-кварцевые прожилки с пиритом. Кварц прожилков обычно серого цвета, тонкозернистый, молибденит в прожилках приурочен к зальбандам. Элементы-примеси в кварце здесь имеют довольно узкий спектр (12 проб, г/т): медь (10-100), цинк (10-150), никель (10-50), титан (30-70). Спорадически отмечаются молибден (30-50), бериллий (1-15), хром (0,3-200) и марганец (3-7).

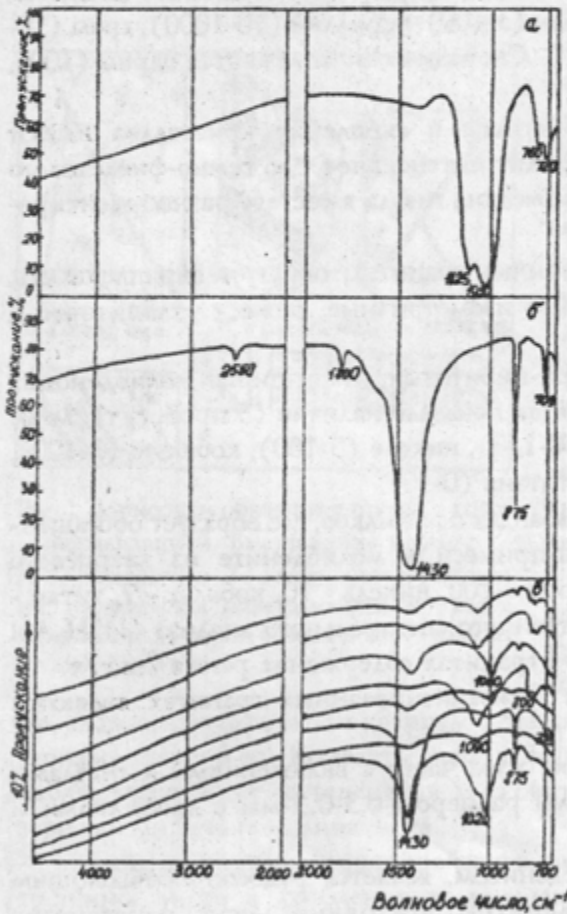


Рис.2. ИК - спектры прозрачных минералов из прожилков:  
а - калишпат, б - кальцит, в - флюорит

В средней части разреза в околотрещинных грейзенах прожилковая минерализация имеет более разнообразный состав. Это прожилки калишпат-флюорит-пиритового с молибденитом (розовый полевой шпат выполняет зальбанды, см. рис. 1 г), калишпат-кварцевые с мусковитом, пиритом, флюоритом, молибденитом, иногда с шеелитом, халькопиритом, кальцитом, реже - кварц-кальцитовые и кальцит-флюоритовые. Отмечаются и мономинеральные прожилки всех этих минералов и молибденита. Для последнего характерны несколько более высокие содержания рения, чем в грейзенизированных гранитах: 25 г/т (прожилков в кварцбиотитовых сланцах) и 11 г/т (прожилков молибденита в скарнах). Редко в прожилках отмечаются зерна берилла. Так, в калишпат-флюорит-пиритовом прожилке встречены «солнца» аквамарина, состоящие из тонких иголок голубого цвета.

Вблизи контакта лейкогранитного массива известны единичные находки вольфрамит (гюбнерита), что позволяет предполагать смену pH растворов, так как вольфрамит осаждается из кислых растворов, а шеелит и берилл - из щелочных. Осаждение молибдена в виде молибденита происходит при  $pH \approx 7$  при значительных концентрациях серы, при возрастании pH до  $\approx 7,3$  при резко повышенной концентрации в растворе кальция происходит осаждение вольфрама в виде шеелита.

Исследование ИК-спектров прозрачных минералов из прожилков выполнено В.И.Лихтенштейном (спектральная лаборатория УГГГА). ИК-спектры регистрировались с помощью спектрофотометра «Спекорд-71ик» в диапазоне от 650 до 4600  $cm^{-1}$ . Для калиевого полевого шпата (рис.2,а) отмечается интенсивная полоса поглощения при 1030  $cm^{-1}$  с высокочастотным плечом при 1125  $cm^{-1}$  и дублет при 760 и 720  $cm^{-1}$ , характерные для ИК-спектров каркасных силикатов.

У карбонатов (рис.2,б) отмечаются полосы, характерные для кальцита: наиболее интенсивная полоса при  $1430\text{ см}^{-1}$ , резкие узкие полосы при  $875$  и  $709\text{ см}^{-1}$  и слабые полосы при  $1800$  и  $250\text{ см}^{-1}$ .

Зарегистрированные слабые полосы поглощения во флюоритах, по-видимому, принадлежат смешанным минералам - кальциту, кварцу, калишпату (рис.2,в) и не зависят от окраски флюоритов.

В верхней, надрудной, части разреза месторождения фиксируются прожилки преимущественно цеолитового, карбонатного и кварц-пиритового состава. Цеолитовая минерализация связывается нами с завершающими стадиями процессов грейзенизации, протекающими, возможно, уже с участием вадозной воды метеорного происхождения [1]. Она занимает наиболее высокое положение по вертикали вскрытого разреза Кирдинского месторождения и образует прожилки, корочки, выполняющие полости трещин крутого падения преимущественно в метасоматических породах основного состава.

Цеолиты представлены двумя разновидностями: шабазитом и стильбитом.

**Шабазит** наблюдается в виде зернистых агрегатов на плоскостях трещин крутого падения ассоциации с пиритом. Мощность подобных прожилковидных выделений - первые миллиметры. Шабазит прозрачный, окрашен в светло-бурый, коричневатый цвет, обладает стекляннным блеском. Размер зерен в прожилках - 1-2 мм. Основные рефлексы: 1,809; 2,49; 2,91; 3,19; 4,28; 5,59; 9,8 Å.

**Стильбит** также развивается в виде прожилков, несколько более мощных - до первых сантиметров. Характерен парагенезис с мелкими гнездами темно- и светло-фиолетового флюорита и молибденита. Стильбит прозрачный, светло-желтого цвета со стекляннным блеском. В прожилках образует лучистые сноповидные агрегаты. Основные рефлексы на рентгенограмме: 1,308; 1,562; 1,597; 2,06; 2,79; 3,07; 3,24; 4,13; 4,83; 9,34 Å.

Относительно рудного штокверка цеолитовая минерализация занимает вполне определенное положение, локализуясь либо выше него (шабазит), либо в самой верхней части (стильбит).

Процессы формирования прожилковой минерализации на Кирдинском штокверково-грейзеновом вольфрам-молибденовом месторождении в целом соответствуют главным стадиям образования месторождений грейзеновой рудной формации [2]. Отметим, что образование молибденита и вольфрамитов по этим данным протекает в интервале температур  $350-300\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $1,0-0,5$  кбар, карбонатов -  $150-100\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $0,5-0,2$  кбар.

Зональность прожилковой минерализации на Кирдинском месторождении определяется фациальной зональностью метасоматитов грейзеновой формации. Некоторые прожилковые минералы могут иметь промышленное значение, в частности, флюорит [6], поэтому при разведочных работах на подобных месторождениях необходима их комплексная оценка.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Барабанов В.Ф. Гидротермальные жилы и проблема растворов, их образующих // Вестник АГУ. 1975.-N4.-С.67-79.
2. Геолого-генетические и физико-химические основы модели грейзеновой формации / Коротаев М.Ю., Лаумулин Т.М., Скублов Г.Т. и др. -Новосибирск: ВО «Наука», 1992.-320 с.
3. Макаров А.Б. Условия формирования и роль метасоматической зональности в оценке редкометаллового оруденения Среднего Зауралья //Металлогения складчатых систем с позиций тектоники плит. Тез.докл. Всероссийского металлогенич.сов. - Екатеринбург, 1994.-С.308-309.
4. Макаров А.Б. Метаморфизм, метасоматоз и оруденение в породах палеозойского фундамента Среднего Зауралья //Геология метаморфических комплексов: Межвуз.науч.темат.сб.-Екатеринбург: УПГА,1996.-С.51-57.
5. Макаров А.Б., Карагодин С.С., Рысин В.А. Метаморфизм и метасоматоз в экзоконтакте верхнепалеозойских гранитных массивов Среднего Зауралья //Геология метаморфических комплексов: Межвуз. науч. темат. сб. - Свердловск: СГИ, 1990.-С.81-87.
6. Макаров А.Б., Самсонов А.В., Талалай А.Г. Флюорит в редкометалльных месторождениях Урала: распределение, оценка возможного извлечения. Руды штокверково-грейзеновых месторождений Урала - возможный источник флюорита //Инф.-темат.сб. «РФ». - Екатеринбург: ИГ РИА, 1995, N4.-С.4-9.