Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LV, вып. 2, 1968 г.

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РУДООБРАЗОВАНИЯ НА ДЕПУТАТСКОМ ОЛОВОРУДНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Ю. В. Лир

В пределах Депутатского рудного поля (Северо-Восток Якутской АССР) развиты терригенные отложения верхнеюрского возраста, представленные глинистыми сланцами и песчаниками. Осадочная толща образует синклинальную складку близширотного простирания, к северному пологопадающему крылу которой приурочены рудные тела собственно Депутатского месторождения. Сланцево-песчаниковые породы прорываются Депутатской интрузией гранитоидного состава, один из выходов которой установлен юго-западнее месторождения. В центральной части месторождения контакт интрузивного массива вскрыт буровой скважиной на глубине 377,4 *м*. На месторождении установлены многочисленные дайки диабазов и диабазовых порфиритов [Индолев, 1966], кварцевых порфиров и лампрофиров. Простирание даек северо-восточное и широтное, реже северо-западное, падение крутое на север и на юг. По отношению к оловянному оруденению дайки основного и кислого состава являются дорудными, положение же лампрофиров остается неясным. При формировании Депутатского интрузива сланцы и песчаники подверглись контактовому метаморфизму. По степени интенсивности метаморфических процессов выделяются три зоны, каждая из которых кольцом окаймляет предыдущую: 1) зона интенсивного окварцевания, турмалинизации, серицитизации, иногда грейзенизации; 2) зона окварцевания, хлоритизации, серицитизации; 3) зона слабого окварцевания и серицитизации (рис. 1).

По минеральному составу руд месторождение относится к типичным представителям касситерит-силикатно-сульфидной формации, причем из железистых силикатов широко распространены как турмалин, так и хлорит.

В пределах месторождения наиболее детально изучены Западный и Центральный участки. На Западном участке преобладают рудные тела северо-западного простирания (300—335°), на Центральном — северо-восточного (40—75°). На обоих участках развиты и близширотные рудные тела самостоятельные и приуроченные к оперяющим трещинам. Заслуживает также упоминания группа близмеридиональных и север-северо-западных рудных тел, сосредоточенных на северо-восточном фланге Центрального участка. Падение большинства рудных тел крутое (70—90°), обычно в южные, реже в северные румбы.

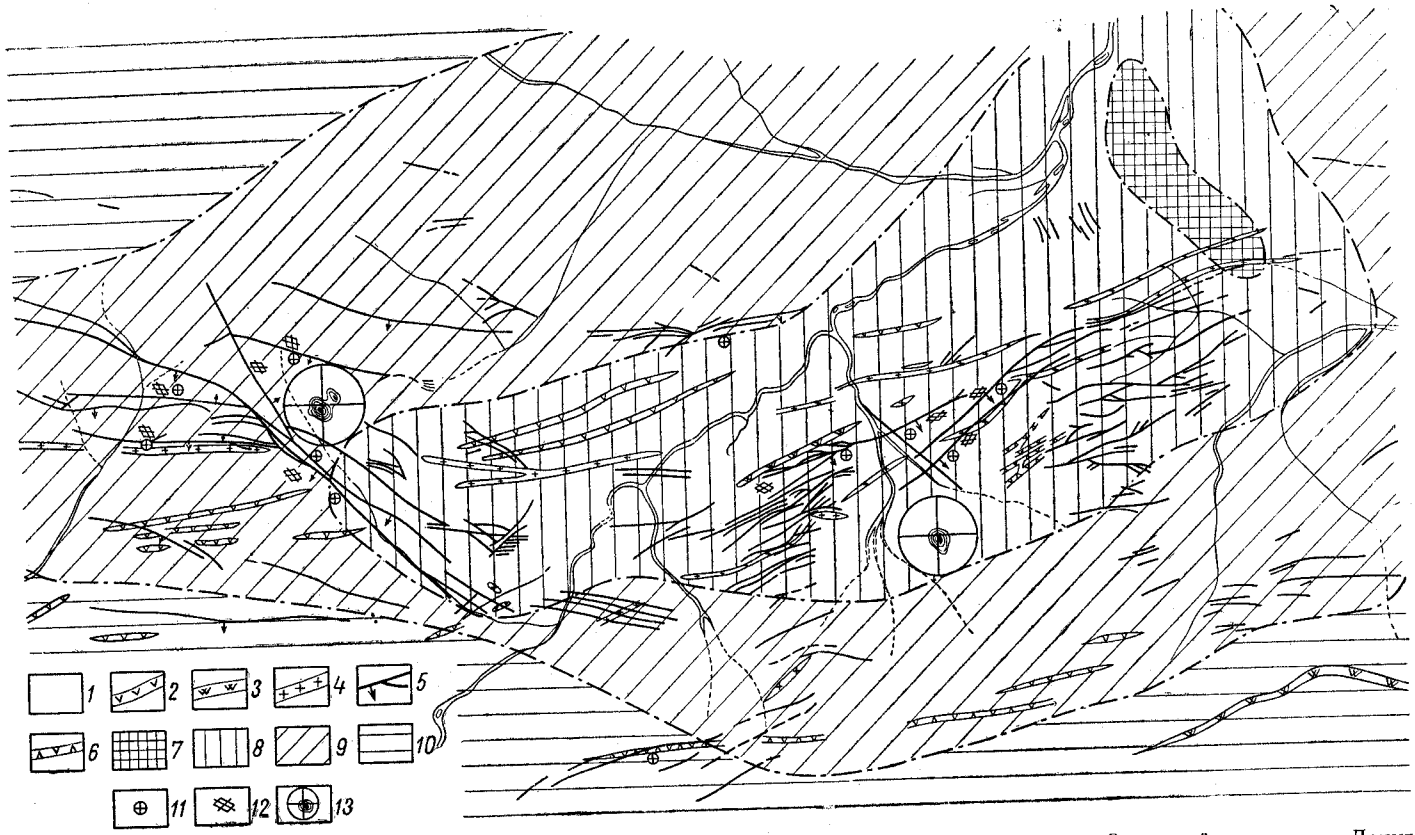


Рис. 1. Геолого-структурная схема центральной части Депутатского рудного поля (Центральный и Западный участки Депутатского месторождения):

1 — сланцево-песчаниковая толща верхнеюрского возраста; *2* — дайки пород основного состава; *3* — дайки лампрофиров; *4* — дайки кварцевых порфиров; *5*—рудные тела; *6* — зоны дробления; *7* — кварц-мусковитовые и кварц-топаз-мусковитовые грейзены; *8* — интенсивно турмалинизированные, окварцованные и серицитизированные породы; *9* — хлоритизированные, окварцованные и серицитизированные породы; *10* — слабоокварцованные и серицитизированные породы; *11* — поднятое крыло рудовмещающего разлома; *12*—ромб деформаций, указывающий направление предрудных смещений в плане; *13* — диаграммы элементов залегания осадочных пород (по И. А. Ерофееву)

Все главные рудовмещающие структуры представляют более или менее мощные зоны скалывания. На отдельных интервалах рудные тела проявлены как линейные штокверки, т. е. зоны прожилкования, в которых, однако, большая часть прожилков сохраняет простирание, параллельное простиранию рудного тела в целом. К особому типу относится серия близмеридиональных и север-северо-западных жил, выполняющих короткие трещины отрыва. На основании пространственной ориентировки и приуроченности к определенным генетическим типам рудовмещающих структур рудные тела могут быть объединены в следующие группы:

1. Рудные тела в трещинах отрыва (простирание близмеридиональное, падение крутое на запад и восток).

2. Рудные тела, приуроченные к трещинам и трещинным зонам скалывания: а) диагональные (северо-восточные и северо-западные); б) близширотные; в) близширотные в оперяющих трещинах.

Процесс минералообразования на месторождении подразделяется на стадии: 1) кварц-турмалиновую, 2) касситерит-силикатно-кварцевую, 3) сульфидную, 4) сульфидно-карбонатную, 5) карбонатную. В кварц-турмалиновую стадию мелкокристаллический касситерит выделялся в небольшом количестве в ассоциации с турмалином и кварцем. Касситерит-силикатно-кварцевая стадия характеризуется следующим комплексом минералов: турмалин, кварц, хлорит, касситерит, флюорит, арсенопирит. В сульфидной стадии главным минералом является пирротин, с которым ассоциируются халькопирит, сфалерит, арсенопирит, кварц. Ведущие минералы сульфидно-карбонатной стадии — карбонаты — манганан керит и мангансидерит, из сульфидов — пирит, марказит, сфалерит, халькопирит, галенит. В карбонатную стадию отлагался кальцит, часто в ассоциации с гипсом и пиритом.

Для внутреннего строения рудных тел выполнения характерны полосчатые (симметрично-полосчатые, многократно-полосчатые), а также брекчиевые, местами друзовые и кокардовые текстуры.

Как уже отмечалось, месторождение приурочено к северному пологопадающему крылу близширотной синклинальной складки. Она формировалась в ранний этап развития структуры месторождения (этап складчатых деформаций) под воздействием близмеридионально-направленного сжатия. Как правило, пластическая деформация пластов на крыльях складки переходит в разрывную деформацию, поэтому, изучая разрывы в слоистых толщах, необходимо сопоставлять их со складчатыми деформациями, что позволяет относить разрывы либо к соскладчатым, т. е. обусловленным теми же причинами, что и складчатость, либо к наложенным на складчатость, т. е. сформированным при ином плане деформации.

Широко проявленные на Депутатском месторождении дорудные разрывы, нередко фиксированные дайками кварцевых порфиров, развиты преимущественно в четырех направлениях. Диагональные разломы вместе с оперяющими их широтными трещинами, а также близширотные трещинные зоны характеризуются отчетливыми признаками трещин скалывания (смещение блоков пород вдоль этих разломов, значительная протяженность по простиранию и на глубину при относительной прямолинейности). Наблюдения показывают, что направления движения блоков вдоль диагональных разломов вполне согласованны. Так, по данным И. Я. Некрасова [1960], вдоль северо-восточных зон северо-западные крылья смещены к юго-западу на первые десятки метров (левые сдвиги). По И. А. Ерофееву, вдоль северо-западных нарушений северо-восточные крылья смещены к юго-востоку (правые

сдвиги). Вместе с симметричным расположением разломов относительно оси синклинали, взаимными пересечениями северо-восточных и северо-западных разрывов эти факты свидетельствуют о примерно меридиональном расположении оси сжатия (так же, как при складкообразовании), что позволяет относить разломы к сопряженным соскладчатым трещинным зонам скалывания.

Как показывает приведенная выше группировка минерализованных зон и жил, рудные тела также четко приурочены к направлениям древних соскладчатых тектонических нарушений. Это свидетельствует о близости планов деформации этапа складчатости и предрудного этапа [Вировлянский, 1964]. Рассмотрим подробнее условия заложения рудовмещающих трещин и трещинных зон.

Трещины отрыва. Типичными представителями этой группы разрывов являются трещины, к которым приурочены касситерит-кварц-турмалиновые с флюоритом жилы на северо-восточном фланге Центрального участка. Контакты жил с вмещающими породами резкие, обычно извилистые и изломанные. Мощность варьирует от 0,1 до 1,5 *м*. Каких-либо признаков смещения блоков пород вдоль этих разрывов не устанавливается. Заполнение трещин минеральным веществом происходило в ранние (продуктивные) стадии минералообразования, что привело к образованию богатых, но не выдержанных по мощности и простиранию жил. Сульфидная минерализация в них отсутствует, но местами жилы пересекаются без смещения халькопирит-пирротиновыми прожилками северо-восточного простирания.

Ориентировка, особенности формы и минеральный состав жил, приуроченных к трещинам, позволяет считать, что они образованы в условиях близмеридионально ориентированного сжатия. Однако для полной характеристики плана деформации предрудного этапа необходимо изучить весь комплекс трещинных деформаций, т. е.: 1) установить, что рудовмещающие трещины по времени своего возникновения относятся именно к предрудному этапу; 2) выявить их генезис; 3) определить характер и направление смещений блоков пород вдоль этих трещин, причем именно тех смещений, которые происходили при заложении трещин.

Трещины и трещинные зоны скалывания. Наиболее ценный материал для решения перечисленных вопросов удалось получить при изучении хорошо разведанных диагональных и широтных рудоносных трещинных зон. Эти минерализованные зоны наследуют тектонически ослабленные направления, возникшие еще в этап складчатых деформаций, но трещины, к которым непосредственно приурочены рудные тела, оформились именно в предрудный этап. Об этом свидетельствуют повсеместные пересечения даек рудными жилами и прожилками, в том числе, представляющими ранние продукты гидротермальной деятельности.

Многочисленные наблюдения подтверждают отнесение этих предрудных разломов к трещинам скалывания. Они протяженные и в плане достаточно прямолинейные, на зальбандах постоянно фиксируются прямые признаки перемещений в виде борозд и штрихов на зеркалах скольжения. Убедительным аргументом является также наличие закономерно ориентированных оперяющих трещин, причем характер минерального выполнения главнейших оперяющих трещин и основных разломов идентичен.

В связи с отсутствием в разрезе надежных маркирующих элементов определение направления смещений блоков вдоль диагональных разломов возможно лишь на основе косвенных данных, прежде всего

ориентировки, характера строения и особенностей локализации оперяющих трещин. Конечно, из всего комплекса оперяющих минерализованных трещин для анализа деформаций предрудного этапа могут быть использованы только те, которые связаны с основными разломами одновременностью заложения, а не возникли в результате позднейших движений. Критериями для установления синхронности заложения основных и оперяющих трещин могут служить, во-первых, наличие закономерной связи между направлениями предрудных движений блоков вдоль тех или других трещин, во-вторых, заполнение основных и оперяющих трещин минеральными комплексами ранних стадий гидротермального процесса.

Наиболее крупные из оперяющих разрывов — трещинные зоны скалывания, к которым нередко приурочены достаточно мощные и протяженные рудные тела. Кроме того, в горных выработках устанавливается целый ряд мелких минерализованных оперяющих трещин, для которых в ряде случаев удается расшифровать их первичную природу. Среди них наблюдаются явные трещины скалывания, которые в плане направлены либо параллельно главным рудоносным трещинам, либо отходят от них под острым углом в близширотном направлении, а в вертикальном разрезе круто падают навстречу основному рудному телу или в том же направлении, но под большим углом (рис. 2, *I*). Другая группа трещин, ориентированных в плане в направлении, обычно близком к меридиональному, характеризуется признаками трещин отрыва (рис. 2, *II, а, б*). Реже наблюдаются пологопадающие трещины отрыва с падением в ту же сторону, что и основные рудные тела (рис. 2, *II, в—д*). В соответствии с известным правилом ориентировки оперяющих трещин относительно основных разломов [Вольфсон, 1955] все сказанное позволяет определить направление предрудных смещений по диагональным разломам: вдоль северо-восточных трещинных зон имели место левые сдвиги (против часовой стрелки), вдоль северо-западных — правые сдвиги (по часовой стрелке).

Диагональные зоны в общем плане достаточно выдержаны по простиранию, но приуроченные к ним жилы обнаруживают частые искривления, волнистость как по простиранию, так и по падению. Смещения предрудного этапа по таким волнистым разломам обусловливают появление чередующихся в плане и в разрезе раздувов и пережимов, т. е. рудное тело приобретает линзующийся, четковидный характер. Это явление представляет двоякий интерес. Во-первых, к раздувам нередко приурочены крутопадающие широтные оперения сколового типа, в то время как близмеридиональные оперяющие трещины отрыва тяготеют к пережимам. Пространственная разобщенность оперяющих трещин различного генезиса объясняется тем, что на участках приоткрывания волнистого разлома возникают условия, благоприятные для образования оперяющих трещин скалывания, поскольку такие участки позволяют проявиться подвижкам в плоскости трещин. Там же, где основная трещина притерта, сколовые оперения возникнуть не могут, но зато существуют условия растяжения, обеспечивающие развитие оперяющих трещин отрыва [Чернышев, 1955]. Во-вторых, чередование по простиранию раздувов и пережимов носит закономерный характер: раздувы, как правило, отклоняются от средней линии простирания к меридиану, как в северо-восточных, так и северо-западных рудных телах. Между собой они соединяются обычно менее мощными участками, отклоняющимися по простиранию к линии восток — запад. В тех случаях, когда рудное тело выполнения обладает хорошо проявленным зональным строением, зона, сложенная минералами ранних стадий всегда отли-

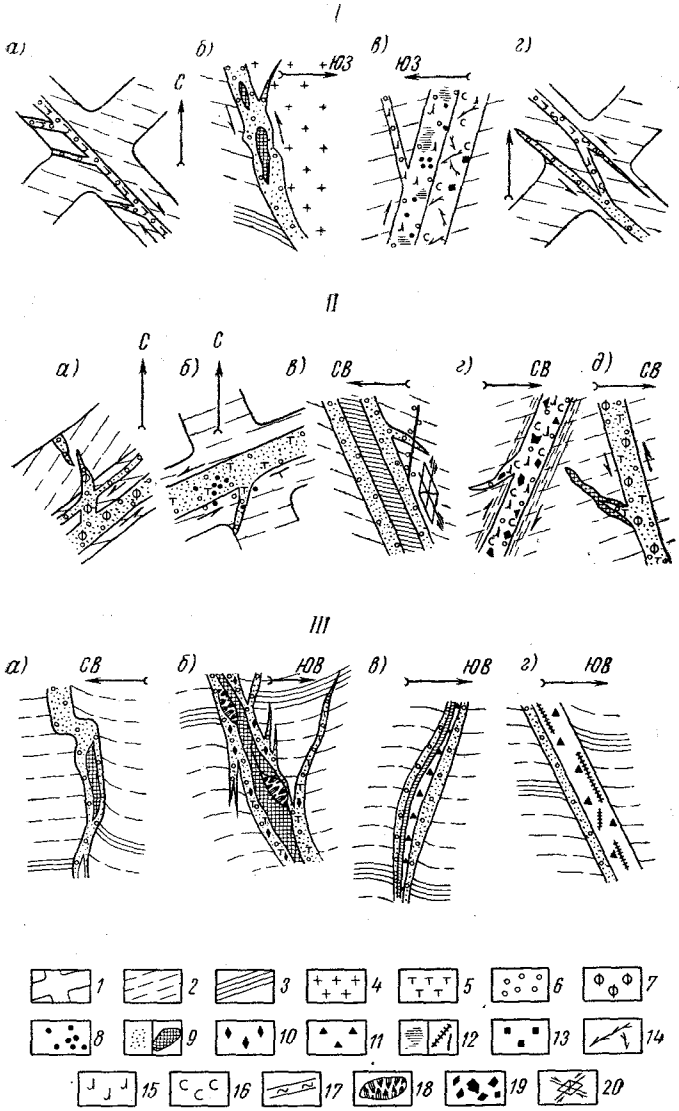


Рис. 2. Зарисовки кровли, стенок и забоев подземных горных выработок, иллюстрирующие тектонические условия возникновения рудовмещающих трещин:

I — оперяющие трещины скалывания предрудного этапа: *а, г* — план, *б, в* — разрез; *II* — оперяющие трещины отрыва предрудного этапа: *а, б* — план, *в—д* — разрез; *III* — прямые признаки взбросовых подвижек предрудного этапа — смещения пропластков сланцев вдоль рудолокализующих трещин:

1 — подземные горные выработки; *2* — песчаники; *3* — сланцы; *4* — дайки кварцевых порфиров; *5* — турмалин; *6* — кварц; *7* — флюорит; *8* — касситерит; *9* — пирротин (вкрапленная минерализация и массивные скопления); *10* — арсенопирит; *11* — сфалерит; *12* — карбонаты (массивные скопления и прожилки); *13* — пирит; *14* — гипс; *15* — гидроокислы железа; *16* — сульфаты меди и железа; *17* — глинка трения; *18* — друзовые полости; *19* — брекчии вмещающих пород; *20* — направление предрудных смещений и ромб деформаций, иллюстрирующий условия возникновения оперяющих трещин отрыва и скалывания

чается большей мощностью на участках более меридионального простирания. На более широтных интервалах она заметно уменьшает свою мощность, вплоть до полного выклинивания. В отдельных случаях более мощные участки рудных тел бывают практически разобщены, кулисообразно заходят друг за друга и соединяются маломощными оперяющими трещинами скалывания.

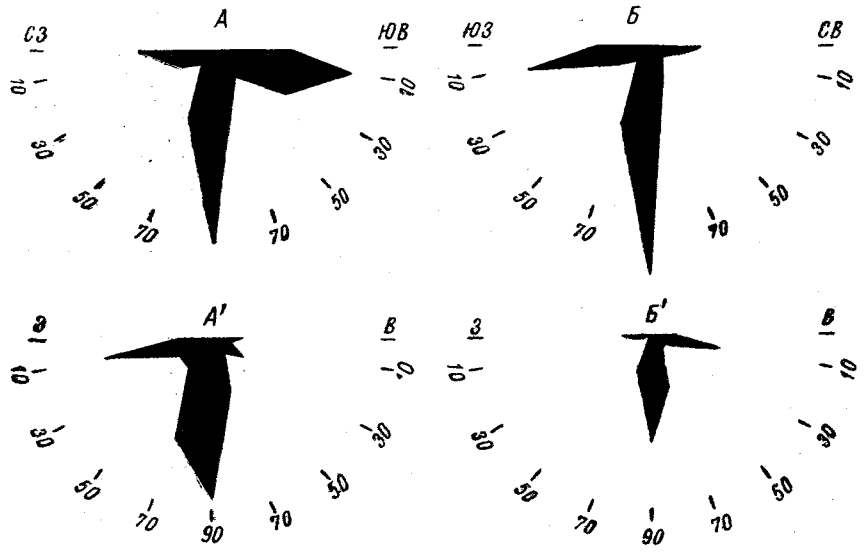


Рис. 3. Розы-диаграммы углов падения штрихов и борозд на зальбандах жил Западного *А*, *А'* и Центрального *Б*, *Б'* участков. *А* — северо-западные жилы, *Б* — северо-восточные жилы, *А'* и *Б'* — жилы в широтных оперяющих трещинах скалывания

Полевые наблюдения над пространственно-волнистыми разломами [Белоусов, 1952; Лукьянов, 1965; Shainin, 1950], а также эксперименты на моделях [Белоусов и Гзовский, 1964] показали, что трещинные зоны скалывания в своем развитии проходят несколько стадий. Вначале в зоне будущего разрыва возникает ряд кулисообразно расположенных мелких трещин, затем они, сближаясь концами, сливаются в единый сложнопостроенный шов, по которому и происходит основное смещение. По-видимому, формирование крупных диагональных зон на Депутатском месторождении также началось с возникновения серий кулисообразных «зародышевых» трещин, которые затем соединялись с образованием мощных тектонических швов. Наиболее приоткрытые в ранние стадии минерализации «зародышевые» трещины концентрировали основную массу минералов этих стадий, а их закономерное расположение в пределах зон разломов (с отклонением от средней линии простирания к меридиану) подтверждает установленную выше схему предрудных сдвиговых перемещений.

Массовые замеры углов падения штрихов и борозд на зеркалах скольжения в диагональных зонах отчетливо выявляют два максимума ориентировки, из которых максимум пологопадающих штрихов соответствует сдвиговым перемещениям предрудного этапа (рис. 3). Штрихи распространены на контактовых поверхностях жил и вмещающих пород, но не встречаются на поверхностях контактов внутрижильных зон разного состава.

Все эти данные позволяют определить положение осей основной деформации предрудного этапа: короткая ось *C* горизонтальна и направлена близмеридионально, большая ось *A* ориентирована горизонтально и примерно в широтном направлении, оси *B* соответствует линия пересечения сопряженных диагональных сдвигов, т. е. она расположена грубо вертикально с небольшим склонением к югу.

Однако приведенная схема не полностью характеризует сложные условия предрудных деформаций. Во-первых, волнистость и линзующийся характер диагональных рудных тел устанавливается не только по простиранию, но также и по падению. Отсутствие непрерывных вертикальных разрезов не позволяет детально изучить особенности явления. Однако некоторые данные — ориентировка пологих трещин отрыва (см. рис. 2, *II, в—д*) и крутопадающих сколов, характер искривлений трещин по падению (см. рис. 2, *III, а*), смещение пропластков сланцев вдоль рудолокализующих трещин (см. рис. 2, *III, а—г*) и др.— позволяют считать, что в суммарном движении блоков вдоль диагональных разломов, помимо сдвиговой составляющей, определенную роль играло и вертикальное перемещение — опускание лежачих крыльев и воздымание висячих, что соответствует взбросам. Кроме того, в случае простого сдвига склонения пологих максимумов штрихов и борозд (рис. 3) не наблюдалось бы. В свою очередь, незначительная величина угла склонения последних позволяет считать, что относительная роль вертикальной составляющей, по сравнению с горизонтальной, была гораздо меньшей. Амплитуды предрудных взбросов были невелики и, во всяком случае, значительно меньше амплитуд сдвигов.

На месторождении развиты мощные и протяженные зоны скалывания близширотного простирания. Их взаимные пересечения с диагональными рудными телами, переход приуроченных к ним жил из близширотных трещин в северо-западные и северо-восточные при сохранении характера минерального выполнения убедительно свидетельствуют о том, что они также заложены в предрудный этап деформаций. Немногочисленные, главным образом косвенные данные позволяют считать, что предрудные подвижки по близширотным трещинным зонам отвечают по своему характеру взбросам, вероятно, незначительной амплитуды. Вместе с тем, вдоль разломов имели место и небольшие сдвиги, связанные с отсутствием перпендикулярной ориентировки широтных зон к направлению сжимающих усилий. Даже небольшое отклонение от нормали приводило к разложению сжимающей силы по правилу параллелограмма и появлению широтной сдвиговой составляющей.

Приведенные данные свидетельствуют об объемной деформации предрудного этапа. Такая деформация условно описывается двумя эллипсоидами, из которых эллипсоид дополнительной деформации повернут на 90° вокруг оси *C* относительно эллипсоида основной деформации. В нашем случае ось *A* дополнительной деформации расположена примерно вертикально, ось *B* горизонтальна и ориентирована широтно, ось *C* сохраняет свое положение.

В широтных оперяющих сколах закономерная (с отклонением к линии восток-запад) ориентировка более мощных участков в искривленных по простиранию разломах, приуроченность к ним северо-западных и северо-восточных оперяющих трещин, пологое, близкое к горизонтальному расположение штрихов и борозд, отмечающих предрудные движения — все свидетельствует о том, что предрудные подвижки были согласованы с движениями блоков по основным диагональным сдвигам и укладываются в схему ромба деформации (см. рис. 1). Наблюдениями в горных выработках, прослеживающих по простиранию

жилы в широтных оперяющих трещинах, устанавливается многопорядковый характер последовательных оперений: главные диагональные разломы оперяются близширотными трещинами, которые, в свою очередь, оперяются трещинами северо-западного (Западный участок) и северо-восточного (Центральный участок) простирания.

Зоны и трещины скалывания, а также трещины отрыва, возникшие в результате деформаций предрудного этапа, явились той основой, на которой в последующий, рудный этап сформировались главнейшие рудные тела месторождения.

Основным моментом, характеризующим тектоническую обстановку этапа рудоотложения, является господство условий растяжения. Последние обеспечивали раскрытие трещин, заложенных в предрудный этап в обстановке сжатия, и отложение в них минерального вещества. Преимущественная северо-западная, северо-восточная и близширотная ориентировка главных рудных тел свидетельствует о том, что наибольшее растяжение имело место в меридиональном направлении. Вместе с тем, близмеридиональные жилы и прожилки указывают на одновременное проявление и широтного растяжения. Условия растяжения, доминировавшие в этап рудоотложения, подтверждаются целым рядом наблюдений.

1. В трещинах скалывания продуктами гидротермальной минерализации (начиная с самых ранних) выполнены не только более мощные участки, приоткрытые в результате относительных смещений стенок трещин при их заложении, но и участки малой мощности, где в условиях сжатия не могли сохраниться открытые полости. При этом пустотки, на стенках которых нарастают хорошо образованные кристаллы кварца, турмалина, касситерита, флюорита, сидерита, гипса и других минералов, часто бывают приурочены не только к раздувам, но и к пережимам. Присутствие в друзах минералов всех стадий, начиная от турмалина, касситерита и кончая гипсом, последовательное отложение их в том порядке, в котором они перечислены выше, свидетельствует о сохранении условий растяжения на протяжении всего этапа минералообразования.

2. Только в условиях растяжения могло сформироваться жильное выполнение одного и того же состава во взаимно-пересекающихся и Т-образно сопрягающихся трещинах различных направлений. При этом, как правило, никаких смещений одной системы жил и прожилков вдоль другой не наблюдается (рис. 4, *а*).

3. В рудных телах месторождения широко распространены брекчиевые и брекчевидные текстуры (рис. 4, *б*). В составе обломков брекчий устанавливаются турмалинизированные и хлоритизированные песчаники и сланцы, кварц-турмалиновые и кварц-хлоритовые с касситеритом агрегаты, цементируемые пирротином, иногда обломки сульфидных руд, окруженные карбонатным цементом. В широко распространенной кварц-пирротиновой ассоциации раздробленные кварцевые зерна цементируются и разъедаются пирротином. Присутствие минеральных ассоциаций более ранних стадий в составе обломков брекчий и сложение цемента поздними минералами позволяет квалифицировать эти текстуры как брекчии растяжения, возникающие в условиях общего расширения среды.

4. Признаком расширения трещин в обстановке растяжения является и тот факт, что в пределах минерализованных зон дробления жила выполнения, обычно приуроченная к осевой части зоны, сопровождается более мелкими жилами и прожилками, примерно параллельными ей.

5. Проявления зонального строения жил с грубо параллельным расположением зон различного состава также свидетельствует о господстве условий растяжения в период минералообразования [Вировлянский, 1964].

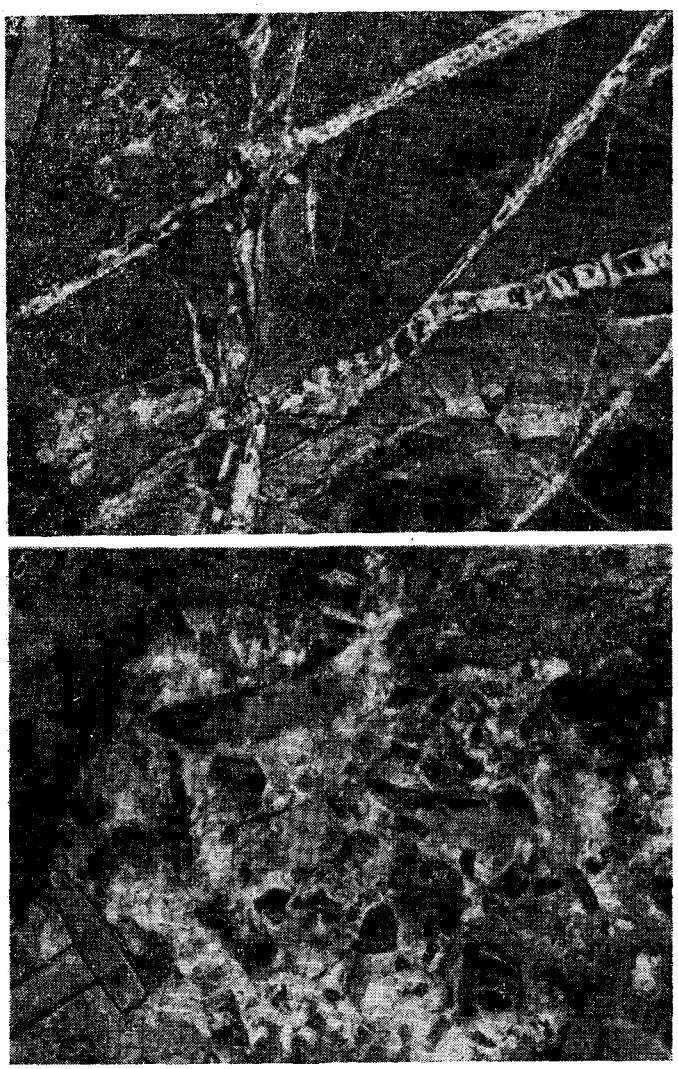


Рис. 4. Признаки формирования рудных тел в условиях растяжения: *а* — взаимное пересечение разноориентированных кварц-пирротиновых прожилков; *б* — брекчия хлоритизированных и сульфидизированных песчаников с карбонатным цементом

Наряду с простым раздвиганием стенок трещин нередко происходили их небольшие относительные перемещения, синхронные с отложением минералов. Они имели небольшую амплитуду и характеризовались опусканием висячего блока относительно лежачего, т. е. представляли собой нормальные сбросы (рис. 5, *I*, *а*—*в*). Об этом свидетельствует, в частности, ориентировка штрихов и борозд трения на зерка-

лах скольжения. В отличие от штрихов трения, относящихся к предрудному этапу и направленных почти горизонтально, штрихи этапа рудоотложения фиксируются не только на контактовых поверхностях жил и вмещающих пород, но и на внутрижильных контактах, т. е. на

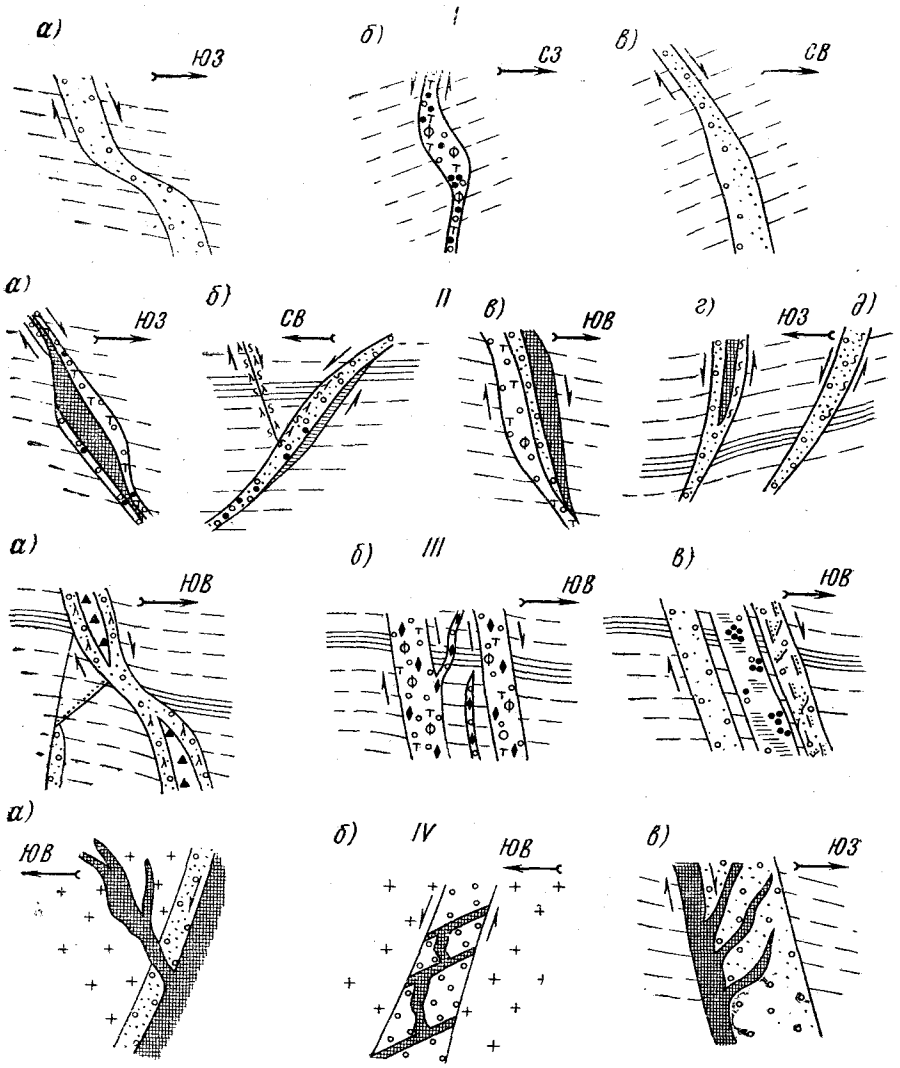


Рис. 5. Зарисовки кровли, стенок и забоев подземных горных выработок, иллюстрирующие тектонические условия этапа рудоотложения (условные обозначения см. рис. 2):

I — развитие одновозрастных минеральных комплексов как на полого-, так и на крутопадающих участках минерализованных трещин скалывания; *II* — бо́льшая мощность зон, сложенных относительно поздними минералами, на крутопадающих участках зонально построенных жил, свидетельствует о сбросовом характере смещений рудного этапа; *III* — прямые признаки нормального сбрасообразования в рудный этап — смещение пропластков сланцев с волочением их вдоль сместителя; *IV* — оперяющие трещины отрыва, возникшие при сбрасообразовании в этап рудоотложения

поверхностях раздела внутрижильных зон разного состава. Кроме того, они ориентированы по падению контакта, лишь незначительно отклоняясь от линии падения (см. рис. 3). В одном пункте, в стенке штоль-

ии Центрального участка, отмечена приуроченность шестоватых кристаллов кварца к бороздкам трения на поверхности контакта жилы кварц-турмалин-сульфидного состава и вмещающих песчаников. Удлиненные кристаллы кварца растут в плоскости контакта, как бы «залечивая» борозды трения. Этот факт точно датирует рудный возраст сбросовых подвижек.

Многократные брекчии растяжения фиксируют периодические возобновления сбросовых подвижек, которые обусловливали повторное дробление ранее отложенных минеральных масс и вместе с раздвиганием вкрест простирания обновляли пути циркуляции для новых растворов и создавали свободные пространства для отложения новых минералов. Впрочем, эти перманентно возобновляющиеся мелкие сбросы не всегда приводили к дроблению ранее возникшего жильного выполнения. Иногда вследствие опускания висячего блока происходило лишь возникновение новой полости вдоль оси жильного выполнения или вдоль контакта. Опускание висячего блока в таких случаях подтверждается большей мощностью зон, сложенных минералами более поздних стадий, на *крутопадающих* участках рудного тела, а наличие этого позднего жильного выполнения также и на относительно пологих и менее мощных участках говорит об одновременном раздвигании стенок рудовмещающей трещины (рис. 5, *II, а—г*).

Постоянно наблюдаются и прямые признаки малоамплитудных сбросов — смещение пропластков сланцев вдоль жил и прожилков с характерным «заворотом головы», т. е. с волочением их вдоль смесителя (рис. 5, *III, а—в*).

Наконец, местами малоамплитудные сбросы приводят к возникновению косоориентированных трещин отрыва внутри ранее сформированного жильного выполнения или даже выходящих во вмещающие породы. По мере раскрытия они заполняются минеральными ассоциациями последующих стадий (рис. 5, *IV, а—в*). Иногда при таких подвижках возникают оперяющие главный разлом мелкие трещинки, которые сразу же раскрываются и заполняются минеральным веществом. По-видимому, и в этап рудоотложения происходит заложение трещин, датированных соответствующим минеральным выполнением. Так, если в составе жилы выполнения, обычно развитой вдоль осевой части зоны, наиболее полно представлены продукты всех или почти всех стадий минерализации, то в сопровождающих ее более мелких жилах и прожилках распространены минералы одной-двух стадий. Вероятно, это объясняется тем, что формирование малоамплитудных нормальных сбросов происходит на протяжении всего этапа рудоотложения.

Таким образом, тектонические условия рудного этапа в целом характеризовались двусторонним растяжением в меридиональном и широтном направлениях. Однако анализ данных, касающихся распределения разностадийных минеральных комплексов, наводит на мысль, что в период рудоотложения при сохранении общего плана деформации имели место колебания в относительной роли меридионального и широтного растяжения. Действительно, минеральные комплексы ранних стадий приурочены в равной мере как к близмеридиональным трещинам отрыва, так и к диагональным и широтным зонам скалывания. Кварц-пирротиновая ассоциация в меридиональных трещинах отсутствует, но очень широко распространена в диагональных и широтных минерализованных зонах. Значит, в ранние стадии отложения руд широтное растяжение играло заметную роль, к началу же сульфидной (пирротиновой) стадии оно практически прекратилось.

Приведенные данные позволяют охарактеризовать план деформации этапа рудоотложения. В эллипсоиде основной деформации ось наибольшего растяжения *A* ориентирована примерно горизонтально в близмеридиональном направлении, малая ось *C* — примерно вертикальна, средней оси *B* соответствует линия пересечения сопряженных трещин скалывания, т. е. она примерно горизонтальна и направлена близширотно. Об объемном характере деформации свидетельствует проявление близширотного растяжения, в эллипсоиде дополнительной деформации малая ось сохраняет прежнее положение, большая и средняя меняются местами.

Однако некоторые наблюдения показывают, что приведенная схема не отражает всего комплекса деформаций этапа рудоотложения. Отметим наиболее характерные из них.

1. Штрихи трения, отмечающие внутрирудные подвижки, обычно отклоняются от линии падения контактовых поверхностей на 10—15° в ту или иную сторону. По-видимому, это является следствием существования, наряду с вертикальной, и некоторой горизонтальной составляющей смещений рудного этапа.

2. На фланге одного из рудных тел северо-восточного простирания (Центральный участок) жила существенно пирротинового состава распадается на ряд кулисообразно расположенных линз, в плане отклоняющихся от среднего простирания жилы к линии восток-запад. Выше было показано, что кулисообразное строение жил в плане можно связывать со сдвиговыми смещениями, а относительное расположение кулис позволяет определять направление этих сдвигов. В данном случае оно соответствует правому сдвигу, т. е. оказывается обратным перемещениям предрудного этапа.

3. В некоторых диагональных сульфидно-кварцевых прожилках наблюдалась косая по отношению к зальбандам ориентировка параллельно-шестоватых агрегатов жильного кварца. В северо-восточных прожилках они ориентированы на север-северо-восток, в северо-западных — на север-северо-запад. По данным Д. П. Григорьева [1961] и Е. П. Малиновского [1965], это свидетельствует о постепенном относительном смещении стенок трещин по мере их раскрытия и роста шестоватых агрегатов кварца. И в этих случаях ориентировка агрегатов указывает на проявление правых сдвигов малой амплитуды в период их роста.

Таким образом, сложные условия деформаций в период рудообразования поддаются расшифровке, если одновременно с изучением формы и взаимоотношений рудоносных разломов в крупном плане уделять внимание также и деталям внутреннего строения жил и прожилков.

ЛИТЕРАТУРА

Белоусов В. В. Тектонические разрывы, их типы и механизм образования. Тр. Геофиз. ин-та АН СССР, № 17 (144), 1952.

Белоусов В. В., Гзовский М. В. Экспериментальная тектоника. Недра, 1964.

Вировлянский Г. М. Закономерности формирования структуры рудных полей некоторых типов гидротермальных месторождений. Междунар. геол. конгр., XXII сессия. Докл. сов. геол. «Проблемы генезиса руд». Недра, 1964.

Вольфсон Ф. И. Структуры эндогенных рудных месторождений. В сб. «Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях». Изд-во АН СССР, 1955.

Григорьев Д. П. Онтогения минералов. Изд-во Львов. ун-та, 1961.

Индолев Л. Н. Дайки основных пород района Депутатского месторождения и вопросы их генезиса. В сб. «Труды XVII Научн. сессии Якут. ф-ла СО АН СССР», 1966.

Лукьянов А. В. Структурные проявления горизонтальных движений земной коры. Тр. Геол. ин-та АН СССР, вып. 136, 1965.

Малиновский Е. П. Структурные условия формирования жильных вольфрамитовых месторождений. Наука, 1965.

Некрасов И. Я. Основные черты минерализации Депутатского оловорудного месторождения. Тр. Ин-та геологии Якут. ф-ла АН СССР, № 7, 1960.

Чернышев В. Ф. О закономерностях в положении оперяющих трещин скалывания и разрыва. Тр. ИГН АН СССР, вып. 162, 1955.

Shainin V. E. Bull Geol. Soc. America, v. 61, 1950.