

О ТЕКТОНИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ СКАРНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРИМОРЬЯ

Н. А. Прок

Район месторождения по структуре относится к наиболее сложной в тектоническом отношении области Сихотэ-Алиня. Сложность его структуры обусловлена многократным проявлением складчатых, разрывных и магматических процессов, имевших место почти непрерывно от верхнего палеозоя до палеогена включительно.

Площадь рудного поля сложена верхнепермскими и верхнетриасовыми (?) толщами осадочно-эффузивных пород, прорванными штоками гранитоидов и дайками различного состава. В контактовой зоне небольшого штокообразного интрузива плагиогранитов мелового возраста развиты крутопадающие пласто- и линзообразные скарново-рудные тела, развивающиеся по кремням, биотитовым роговикам, известнякам.

По степени дислоцированности толщ, наличию структурных несогласий и взаимоотношению интрузивных образований со стратиграфическими единицами все развитые в районе структуры подразделяются на два яруса — складчатый фундамент (образования перми, триаса, юры, нижнего мела) и вулканогенный чехол (верхний мел — палеоген). Отложения обоих ярусов имеют в общем единый структурный план, но многочисленными разрывными нарушениями, заложенными на разных этапах формирования складчатой структуры рудного поля, они разбиты на отдельные блоки.

Оруденение локализуется преимущественно в породах первого яруса, а приуроченность месторождения к пересечению нарушенных зон обусловила широкое развитие в его пределах тектонических нарушений и трещин. Из всего их многообразия выделяется серия, образующая сложно построенную зону повышенной трещиноватости СВ простирания длиной более 1,5 км, в пределах которой залегают рудные тела месторождения. Указанная зона оказала большое влияние на локализацию оруденения и явилась рудоподводящей и распределяющей структурой.

Согласно выделенным Ф. И. Вольфсоном [1955] структурным типам скарновых месторождений, рудные тела можно отнести к располагающимся в тектоническом контакте гранитоидов и карбонатных пород.

Особенно интересно изучение трещиноватости пород, вмещающих оруденение. Были произведены замеры элементов залегания тектонических трещин и трещин отдельности в осадочно-эффузивных породах

рудовмещающего горизонта и гранитоидах. Анализ роз-диаграмм (рис. 1) и диаграмм ориентировки трещин показывает, что в породах развиваются трещины, согласные слоистости пород (СВ простирание, пологие и крутые), крутопадающие диагональные (близмеридиональные и близширотные) и крутопадающие трещины, нормально секущие складки.

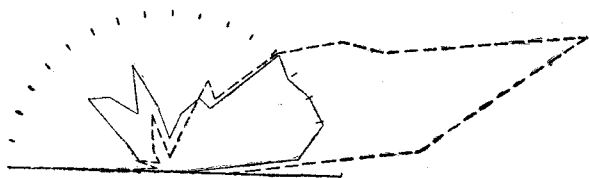


Рис. 1. Роза-диаграмма ориентировки трещин отдельности (сплошная) и тектонических трещин (пунктир) во вмещающих породах

В пределах рудной зоны месторождения преобладают две си-

стемы трещин СВ простирания с пологим падением на ЮВ и крутым на СЗ и менее развиты трещины иных направлений. Скарновые зоны и рудные тела приурочены в основном к трещинам СВ простирания крутого падения, т. е. согласно с залеганием вмещающих пород. По трещинам СЗ направления формировались наиболее ранние кварцевые и шеелит-кварцевые прожилки. В породах висячего бока рудной зоны развиты преимущественно СЗ, близмеридиональные и близширотные трещины. Кроме того, здесь выявлены три тектонических нарушения, которые вместе с двумя системами трещин СВ простирания, развитыми в пределах рудной залежи, представляют зону повышенной трещиноватости пород.

В интрузивных образованиях не отмечается закономерностей в ориентировке трещин, которые в основном связаны с механической активностью магмы. Иногда такая ориентировка обусловлена трещиноватостью вмещающих пород (близка к ней) и отражает влияние унаследованных структурных элементов в моменты остывания магмы. В целом же здесь развиты системы трещин, характерные для всей площади рудного поля.

Скарново-рудные зоны, дайковые и жильные образования месторождения контролируются системами трещин, которые по времени заложения можно объединить в две группы: 1) дорудные трещины (доскарновые), вмещающие интрузивные массивы и различные по составу дайки; 2) рудные трещины предрудного и собственно рудного этапов формирования структуры рудного поля.

Современная структура рудного поля сформировалась в результате длительных и сложных геологических процессов. Основные системы нарушений, контролирующие локализацию малых интрузий и оруденения, относятся к поздним этапам герцинской — началу киммерийской фазам складчатости. Позднейшая тектоническая деятельность (альпийской и ларамийской фаз) выражалась не только в образовании новых, но и неоднократном подновлении ранее заложенных нарушений, что привело к совмещению в одних и тех же трещинных структурах различных серий дайковых пород и рудной минерализации.

В формировании структуры рудного поля намечается несколько этапов и каждый характеризуется определенными тектоническими условиями. Начальный этап относится к позднему палеозою, когда отложения рудного поля подвергались складчатым деформациям, и в результате напряжений СЗ ориентировки породы были смяты в складки СВ простирания. При этом возникали надвиги и многочисленные безамплитудные нарушения, представленные системой близпараллельных трещин, выполненных милонитами и маломощными дайками фельзитов. По-

роды между трещинами рассланцованы, дроблены, сильно трещиноваты. Разрывные структуры второго этапа в основном унаследовали направления ранее заложённых тектонических трещин. В условиях растяжения этого участка земной коры и приоткрывания ранее заложённых трещин происходило внедрение спессартитов. В места пересечения СЗ и СВ зон повышенной трещиноватости внедрились гранодиориты и дайки диоритовых порфиритов. Неправильная форма даек, наличие апофиз, отсутствие заметных смещений, резкие контакты с вмещающими породами и соответствие противоположных стенок трещин свидетельствуют о том, что перед внедрением трещинных интрузий этого этапа вместилище их трещины лишь приоткрывались. Дайки приурочены к двум системам трещин различного простирания и сопровождаются ответвлениями. Значит, данный участок испытывал растяжение в двух направлениях.

Дайки были сгруппированы по азимутам простирания. В каждой группе произведен подсчет их мощностей. Число даек СЗ простирания примерно одинаково с дайками СВ простирания, но суммарная мощность первых больше, что позволяет говорить о преобладании растяжения в СВ направлении. Число и мощности даек иных направлений незначительны. В это же время происходили процессы ороговивания вмещающих пород, а конец этапа характеризуется приоткрыванием трещин, главным образом, СВ простирания, предшествовавшим скарнообразованию. Роль трещин при скарнообразовании изучалась в участках неполного развития метасоматоза. Здесь визуально можно выделить трещины, от которых начинается метасоматическое замещение.

Положение скарнов, вытянутых вдоль перемежающихся пород горизонтов, обусловлено их образованием по контактам как интрузивных, так и осадочных пород с известняками. По известнякам образуются однородные скарновые тела пироксенового состава с примесью граната, волластонита, эпидота, клиноцоизита, амфибола. Эти тела имеют неправильную форму и мощность от нескольких сантиметров до 20—30 м. Роговики превращаются в массивные и пятнисто-полосчатые скарны и скарнированные роговики, состоящие из пироксена, граната, амфибола, кварца и плагиоклаза. Изредка наблюдается слабое скарнирование гранодиоритов непосредственно на контакте с известняками. Наряду с реликтовыми минералами (плагиоклазом, биотитом, кварцем), присутствуют новообразования пироксена, эпидота, сфена, актинолита.

В одних и тех же исходных породах можно видеть различные по морфологии скарны, образование которых только с точки зрения литологических особенностей вмещающих пород не может быть объяснено. Наряду со скарновыми телами неправильной формы, часто встречаются скарны жилородные, развивающиеся в нарушенных участках пород. Замеры элементов залегания скарнированных зон в местах выклинивания скарновых тел показывают, что они приурочены к северо-восточным, близширотным и близмеридиональным трещинам, причем преобладают северо-восточные с падением на северо-запад 50—80°, т. е. согласные с залеганием вмещающих пород. Отмеченные трещины доскарновые. Тектонические подвижки в зоне повышенной трещиноватости пород привели к широкому проявлению процессов скарнирования. Мощность метасоматических образований равняется первым десяткам сантиметров, редко достигает 2—3 м. В случае сближения отдельных зон жильных скарнов их мощность возрастает до 10 м и более. Таким образом, размещение скарнов в пространстве, их морфология и строение определяются не только литологией, но подчиняются предшествующей тектонической проработке определенного участка рудного поля.

Третий этап формирования структуры рудного поля фиксируется образованием штоков и даек гранит-порфиров и гранодиорит-порфиров, которые внедрялись по трещинам тех же направлений, что и в предыдущем этапе. В это время возможно проявление крупных зон дробления в висячем боку зоны повышенной трещиноватости СВ простирания.

В рудообразовании наиболее важен в отношении возникновения рудных трещин этап развития структуры месторождения, наступающий после образования дорудных даек. Заложение рудоносных трещин может быть одновременным со складчатостью, с этапами сжатия между образованием различных даек и с этапами сжатия между дайко- и рудообразованием [Великий, 1961]. Но главное значение для рудоотложения имеют не ранние деформации, а предрудные, когда период растяжения сменяется сжатием и вызывает образование новых и подновление ранее заложенных трещин.

В пределах данного рудного поля рудные тела контролируются теми трещинными структурами, заложение которых произошло на этапе формирования структуры между дайко- и скарно-рудообразованием.

Новые вспышки трещинообразования, происходившие под действием сжимающих усилий, вызвали подновление трещин СЗ и СВ простираний, которые участвовали в формировании рудоконтролирующих структур. В центре рудного поля трещинами СЗ простирания контролируются ранние кварцевые, шеелит-сульфидные и шеелит-кварцево-сульфидные прожилки.

На контакте 4 и 5 пачек верхней перми трещинные структуры СВ простирания последовательно выполнены кварц-шеелитовыми и сульфидными рудами, давшими месторождение, а согласное с простиранием складчатости положение этой зоны повышенной трещиноватости позволяет сказать, что она возникла при образовании складок, до внедрения гранодиоритового массива. Морфологически это крупная трещинная зона надвигового типа, опережающаяся двумя системами трещин СВ простирания. Крутопадающие на СЗ трещины являются сколовыми, а пологопадающие на ЮВ — отрывными, но в настоящее время они имеют характер сколовых. Это вызвано изменением характера ранее возникших систем трещин при дальнейшем развитии структуры. Сколовые трещины могут приоткрываться, как трещины отрыва, и вновь превращаться в сколовые. И трещины отрыва при повторных подвижках и приоткрываниях могут приобретать морфологию сколовых [Лукин, Кушнарев, Чернышев, 1955; Рыбалов, 1955]. В этот же этап была заложена зона повышенной трещиноватости СЗ простирания, а также трещины близмеридионального и близширотного простираний.

Работами М. М. Тетяева [1940], Г. М. Вировлянского [1956], А. Е. Карякина [1957] и других исследователей показано, что в момент рудообразования происходит общее расширение среды. Ф. И. Вольфсон [1955] считает, что рудные тела образуются в обстановке сжатия.

Основная масса кварцевого и шеелит-кварцевого оруденения связана с трещинами СВ простирания с падением на ЮВ и СЗ, в меньшей степени развиты тела иных направлений. Выполнение трещин рудным материалом происходило одновременно и в условиях растяжения. Для подтверждения этого положения изучались морфология трещин и их выполнение, характер контактов, текстурные особенности, взаимоотношения минеральных тел с вмещающими трещинами, учет мощностей серии параллельных тел, взаиморасположение рудных тел. На расширение стенок трещин указывают мелкие жилки того же состава, что и основные рудные тела (рудные жилы развиваются в виде параллельных систем), зональное расположение минералов от стенок жил к центру (шеелит-

кварц с сульфидами-шеелит), прямое подобие контактов, взаимное пересечение жил, выполненных одним и тем же минеральным материалом (рис. 2). Значит, приоткрывание трещин происходило приблизительно

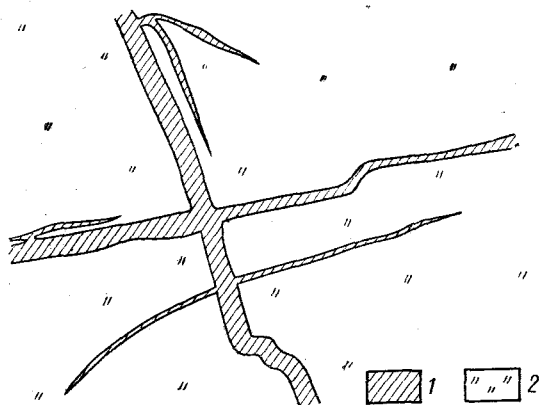


Рис. 2. Одновременно пересекающиеся жилы арсенопирит-шеелит-кварцевого состава (1) в биотитовых роговиках (2)

одновременно в двух направлениях. Хорошим подтверждением растягивающих тектонических напряжений при скарново-рудном метасоматозе служит положение отторгнутых известняков и завороты метасоматической полосчатости скарнов (рис. 3, а). Места пересечений и сопряжений трещин двух направлений оказались благоприятными для образования крупных линзообразных рудных тел.

Основная ориентировка тел — северо-восточная, поэтому можно считать, что наибольшее растяжение происходило перпендикулярно этому направлению. Но существование жил СЗ ориентировки говорит о приоткрывании трещин в двух направлениях. Преобладало северо-западное растяжение, так как количество и мощности тел СВ простираения значительно превышают все остальные.

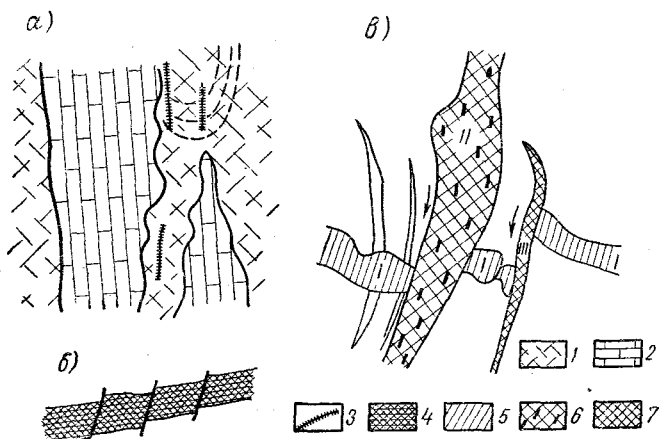


Рис. 3. Внутриминераллизационные сбросы разного масштаба при рудном а и скарновом б метасоматозах и жилообразование в (смещение кварц-шеелит-молибденитовой жилы I, кварц-сульфидной II и более позднее смещение кальцитовой жилой III):

1 — скарны; 2 — известняки; 3 — кварцевые прожилки; 4 — сульфидные руды с шеелитом; 5 — кварц-шеелит-молибденитовая жила; 6 — кварц-сульфидная жила; 7 — кальцитовая жила

Дайковый и рудный этапы отражают различные стадии формирования рудного поля, но они имеют сходный характер деформаций, и образование даек и рудных тел происходит в условиях двустороннего растяжения, одно из которых преобладает. Со следующим этапом развития структуры связываются движения вдоль ослабленных зон, вызвавшие небольшие перемещения отдельных блоков пород в пределах рудного поля и приоткрывание трещин СЗ простираения, выполненных дайками пироксен-плаггиоклазовых порфиров небольшой мощности. Затем последовало отложение сульфидов.

Тектоническая обстановка образования скарново-рудных тел сохраняется в период жильного рудообразования. На рис. 3, в показаны

внутриминерализационные сбросы. Смещения жилы I не являются послерудными, так как на всем протяжении жилы II (сместителя) наблюдается сульфидная минерализация. На сбросовой характер этих смещений указывает серия трещин растяжения в зонах нарушений, выполненных рудным кварцем. Образование брекчиевых структур говорит о развитии смещений в свободных условиях, на фоне растяжения участка, когда возникают именно сбросы.

Внутрирудная тектоника сбросового характера проявилась в последовательном приоткрывании ранее минерализованных участков и наложении рудной минерализации на ослабленные зоны, причем наблюдается это при различном минералообразовании, в том числе и при метасоматическом рудообразовании (рис. 3, б).

Для внутриминерализационной тектоники характерна унаследованность ранних структур, например, приуроченность оруденения к скарнам, которые дробились в результате внутрирудной тектоники, а позднее на них наложена рудная минерализация. Иногда наблюдаются явления, позволяющие говорить о четком разделении внутриминерализационной тектоники этапов скарно- и основного рудообразования. Но на незначительность таких процессов указывает то, что рудные тела не выходят за пределы скарнов и нет смещений с амплитудой более 1 м. На фоне преобладающих растягивающих напряжений наблюдаются небольшие смещения, отвечающие тектонической обстановке сжатия периода смены стадий минералообразования (рис. 4).

К позднему этапу формирования структуры рудного поля следует отнести послерудные тектонические подвижки, происходившие по трещинам СВ, СЗ, меньше — близширотного и близмеридионального простираний, к которым приурочены кварц-карбонатные и карбонатные прожилки, с весьма незначительными амплитудами перемещений по ним, носящими характер сбросов (рис. 3, в). Особенности этих трещин является смещение и пересечение ими дорудных и рудных структурных элементов. Данных о смещении послерудных нарушений нет. Значит, период формирования нормальных сбросов представляет поздний этап развития рудного поля. Сбросовой характер послерудных нарушений свидетельствует о существовании условий растяжения в это время.

Таким образом, в ходе тектонического развития рассмотренного рудного поля намечается несколько этапов, для которых характерно одностороннее боковое сжатие, и несколько этапов растяжения, проявившегося в различных направлениях. Этапы сжатия и растяжения чередуются между собой.

Характерной чертой тектонической обстановки различных этапов является развитие трещинных систем одних и тех же направлений. Это говорит о стабильности общего плана деформации при смене растягивающих и сжимающих напряжений. Каждый из последующих этапов

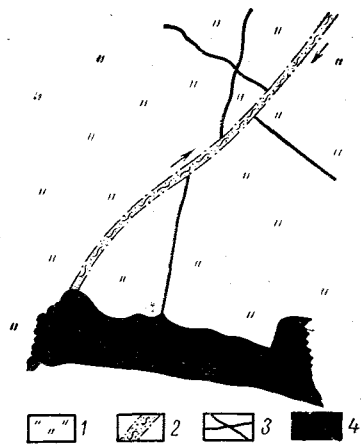


Рис. 4. Взбросовое внутрирудное смещение кварц-сульфидных прожилков:

1 — биотитовые роговики; 2 — тектоническое нарушение; 3 — кварц-сульфидные прожилки; 4 — руда

сжатия и растяжения проявлен слабее предыдущего, что выражается в величинах относительных смещений или степени раздвигания трещин.

Отдельные этапы (например, рудный) усложнены. Их можно разбить на несколько подэтапов. Для одних характерно боковое сжатие, для других — общее растяжение. Неоднократные подвижки и приоткрывания одних и тех же систем трещин приводят к наложению более поздней минерализации на раннюю. Для некоторых этапов выделено несколько систем трещин, что говорит о пространственной, а не плоской деформации.

ЛИТЕРАТУРА

Великий А. С. Структуры рудных полей. Изд-во ЛГУ, 1961.

Вировлянский Г. М. О тектонических условиях внедрения даек и формирования руд. Сов. геол., т. 50, 1956.

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

Карякин А. Е., Смирнова В. А. Структуры хрусталеносных полей. Недра, 1967.

Лукин Л. И., Кушнарев И. П., Чернышев В. Ф. О повторяемости направлений разновозрастных систем трещин. Тр. ИГН, вып. 162, № 17, 1955.

Тетяев М. М. Тектоника рудных полей жильного типа. Сов. геол., вып. 9, 1940.

Рыбалов Б. Л. О применимости эллипсоида деформации при изучении структуры рудных полей и месторождений. Тр. ИГН, вып. 162, № 17, 1955.
