

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ
ЦНИГРИ

Для служебного пользования

Экз. № 68

КРИТЕРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Труды ЦНИГРИ

Выпуск 173

МОСКВА — 1983

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ
ЦНИГРИ

Для служебного пользования

Экз. № _____

КРИТЕРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Труды ЦНИГРИ

Выпуск 173

МОСКВА — 1983

В сборнике рассмотрены критерии прогнозирования золотого оруденения применительно к месторождениям главных формационных типов, описаны их позиция, структура, размещение и генезис оруденения. Приведены примеры месторождений с полициклическим оруденением и применяющиеся в этом случае критерии прогноза. Перечислены также некоторые проблемы, связанные с разработкой и систематикой критериев.

Редакционный совет

В. А. Нарсеев (председатель), **А. И. Кривцов**, **И. Б. Флеров**, **Б. И. Прокопчук**,
Б. П. Макаров, **И. Я. Польшин**, **Л. В. Карапушкина** (отв. секретарь)

Ответственный редактор **Н. И. Бородаевский**

Н. И. Бородаевский

ОСОБЕННОСТИ КРИТЕРИЕВ ПРОГНОЗА НА ПРОМЫШЛЕННОЕ ЗОЛОТОЕ ОРУДЕНЕНИЕ

Вопрос о критериях крупномасштабного прогноза является остро актуальным в связи с проблемой повышения эффективности геолого-разведочных работ. Поэтому и возникла необходимость собрать примеры применяемых на практике критериев этого рода для золоторудных месторождений — типоморфных или своеобразных в геологическом и промышленном отношениях.

Статьи для сборника в большинстве заказывались, и в процессе их обсуждения выяснилось, что критерии прогноза понимаются неоднозначно и используются по-разному. Это в известной мере можно объяснить неодинаковой степенью изученности рудных полей и различием в степени надежности и точности критериев, которые выдвигаются на разных стадиях геологоразведочных работ. Кроме того, в рамки понятия многие геологи включают поисковые признаки, т. е. фактический материал по золотоносности и сопутствующим ей явлениям. Эти данные, в первую очередь, должны учитываться при прогнозах, но этим их прогнозное значение и ограничивается.

В связи с указанным появилась необходимость уточнить содержание термина «критерии прогноза». Мы подразумеваем под этим понятием обобщающий вывод, полученный при анализе установленной изучением или разведкой (либо вытекающей из совокупности геологических фактов) закономерности размещения золотого оруденения. Соответственно такому толкованию термина построена большая часть сводных таблиц в сборнике.

Следует добавить, что в большинстве статей приведены главным образом новые критерии, вытекающие из материалов авторов, а уже применявшиеся, известные критерии не упоминаются.

Обзор сводных таблиц и перечней локальных критериев прогноза, приведенных в статьях, в первую очередь, наводит на мысль о необходимости в дальнейшем разработать их более строгую систематику, не ограничиваясь обычным делением на группы стратиграфических, литологических, структурных и др. критериев. Дело в том, что значение одних и тех же критериев, которые входят в такие группы, очень меняется в зависимости от масштаба и характера объектов прогноза.

В сборнике рассматриваются в основном так называемые локальные (или крупномасштабные) критерии; как известно общие (или региональные) критерии чаще предназначены для прогнозирования значительных по размерам территорий — рудных районов и рудных узлов; локальными же критериями определяется положение месторождений и

рудных тел в структурах рудных полей. Но конечной целью прогнозов является выявление рудных полей и месторождений с промышленным оруденением, которое в общем случае определяется другими условиями и признаками, нежели рудная минерализация в целом. В первом приближении минерализацию вообще позволяют прогнозировать формационные критерии; промышленное же оруденение требует, в первую очередь, применения структурных, минералогических и геохимических критериев, обусловленных спецификой формирования интрузивных или вулканических комплексов.

Материалы сборника позволяют ознакомиться с условиями и приемами разработки и использования прогнозных критериев, а также оценить возникающие при этом затруднения.

Одной из таких проблем можно считать вопрос о моно- или полицикличности оруденения, в зависимости от чего самым существенным образом меняются подход к прогнозированию, а также надежность и однозначность критериев. В общем случае, несомненно, критерии должны разрабатываться на примерах чистого моноциклического развития, а признаки полицикличности или полигенности должны приниматься в расчет.

Возможно, при прогнозировании еще на стадии региональных металлогенических исследований должны выделяться морфологические группы рядов рудоносных формаций: стратифицированные, в несогласиях, в контактах плутонов, в разломах и других секущих структурах; в зависимости от принадлежности к этим группам конкретной рудоносной формации можно на ранних стадиях исследования и изучения месторождения определить моно- или полигенный характер оруденения.

Вместе с тем нельзя не отметить и большого разнообразия применяемых критериев, основывающихся на самых различных, часто на первый взгляд малозначительных, особенностях размещения оруденения. Следует упомянуть об оригинальности и законченности многих приемов прогноза, излагаемых авторами статей, в частности В. П. Цетлиным, Н. А. Фогельман, М. М. Константиновым и другими. Возможно, в дальнейшем при разработке критериев понадобится разделять их на группы по принадлежности к различным этапам формирования рудных полей, т. е. на категории доинтрузивного дорудного, рудного и послерудного, эпигенетического этапов. Такая группировка может намного облегчить дальнейшее ранжирование критериев.

Систематика локальных прогнозов необходима, поскольку практически очень важно прогнозировать состав и типы руд и их распределение, технологические свойства и т. д. Заметим, что по совокупности данных на хорошо изученных рудных полях все эти запросы промышленности удается удовлетворить уже сейчас, и, следовательно, должна ставиться цель — усовершенствование существующих и разработка новых критериев.

Хотя в большинстве примеров материалами для разработки критериев явились месторождения, разведанные или разрабатывающиеся на большой глубине, в сборнике характеризуются условия прогнозирования месторождений на разных стадиях их освоения.

Описаны следующие группы месторождений: вулканогенные золото-серебряные и серебряные; плутоногенные золоторудные (жилые и вкрапленные в вулканогенно-осадочных и осадочных породах), осадочно-эксталяционные; вулканогенные золото-полиметаллические и колчеданные.

Таким образом, в отношении критериев прогнозирования рассмотрены почти все главные группы, дающие основные типы промышленных месторождений. Возможность разработки прогнозных критериев по перечисленным группам далеко неодинакова; наиболее разработаны критерии для жильных и прожилково-вкрапленных месторождений плутоногенного и вулканогенного характера.

*Ч. Х. Ариффулов, Д. Г. Ажгирей,
С. А. Светлов, Т. А. Блинова*

СТРУКТУРНЫЕ КРИТЕРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВКРАПЛЕННО-ПРОЖИЛКОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА РУДНЫХ ПОЛЯХ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Многочисленно описанные ранее рудные поля охарактеризованы авторами с привлечением новых данных по документации карьеров и горных выработок, что позволяет предложить новую трактовку закономерностей локализации оруденения и, соответственно, дополнительные критерии прогнозирования.

1. Геологическая позиция и строение

Рудное поле расположено в пределах восточной части возвышенностей Южного Тамдытау на участке виргации (по П. Ф. Иванкину, 1982 г.) Тамдытау-Нуратинского продольного глубинного разлома типа зоны смятия и сопряжения его субширотных ветвей с зоной поперечного разлома «скрытого» типа. Субширотные ветви продольного разлома являются структурами первого порядка для района и представлены крутопадающими зонами рассланцевания с развитием складок скалывания, углеродистых милонитов, прожилково-жильной кварцевой минерализации и вкрапленности сульфидов. В этих зонах (шириной до 1-2 км) чередуются тонколистоватые углеродисто-слюдистые динамосланцы и клиновидно-линзовидные блоки менее рассланцованных слоистых пород. Другим ведущим структурным элементом являются пологие тектонические зоны и покровы, образующие на площади рудного поля крутой флексурный изгиб субмеридионального простирания и погружающиеся под углами 20-50° к востоку. Эти зоны рассечены крутопадающими поясами динамосланцев, для них также характерны интенсивное рассланцевание, макро- и микроскладки скалывания и волочения, будинаж пород и ранних кварцевых жил.

Пологие тектонические зоны в пределах рудного поля, разветвляясь по падению и простиранию, образуют систему линзовидных блоков (линз-будин) слабонерассланцованных пород, являющихся рудными «ловушками». В них протекали процессы дорудного гидротермального метаморфизма, создавались благоприятные условия для последующих хрупких деформаций и образования систем золото-кварцевых жил.

Золотое оруденение на рудном поле вмещают метаморфизованные и метасоматически измененные углеродистые песчаники, алевролиты и сланцы, которые в низах разреза ассоциируют с кремнистыми сланцами. Терригенные породы перекрываются с несогласием толщей карбонатных отложений D-C₁ с горизонтом гравелитов в основании (рис.).

Терригенные песчаниково-сланцевые породы подверглись интенсивным полиметаморфическим преобразованиям (региональному и контактовому метаморфизму); по Б. Я. Хоревой, месторождение приурочено к периферической части термально-купольной структуры, к области биотитовой субфации метаморфизма; по С. Д. Шеру (1973), оно находится над слепым выступом гранитоидного массива. По нашим наблюдениям, этим процессам предшествует дислокационный метаморфизм с устойчивыми минеральными ассоциациями альбит-серицит-кварцевого, альбит-хлорит-серицит-кварцевого и серицит-кварцевого состава; во всех разностях метаморфизованных пород содержатся дисперсная вкрапленность и прожилково-сгустковые обособления углеродистого вещества. Структура сланцев граноленидобластовая, в менее рассланцованных породах устанавливаются реликтовые бластоалевропсаммитовые структуры. С этапом динамометаморфизма связывается формирование систем, согласных со сланцеватостью жильных зон, а также седловидных и фестончатых жил в замках складок скалывания и волочения. По геофизическим данным, в рудном районе на глубинах до 5 км расположены крупные массивы гранитоидного состава, а непосредственно под месторождением, на глубинах 1,5-2 км — фланговая часть Сардаринского батолита.

Дайки, развитые на рудном поле, группируются в пояса близширотного и северо-восточного простираний. В пределах самого месторождения фиксируются лишь единичные дайки. А. Т. Бендиком (1969) и другими геологами установлены дайки кварцевых альбитофиров, плагиофиров, сферолит-порфириров, сиенитовых и диоритовых порфириров, монцонит-порфириров, керсантитов, спессартитов. Большую часть даек, являющихся внутриминерализационными, все исследователи связывали с герцинским орогенным этапом (C₃—P₁).

Складчатая структура рудного поля проявлена в виде широтной горст-антиклинали «шатрового» типа, осложненной на крыльях грабен-синклинальными складками. Субширотные раннеорогенные складчатые структуры осложнены позднеорогенными брахиформными складками (синформами и антиформами) с субмеридиональной ориентировкой шарниров.

Месторождение локализовано в крупном линзовидном блоке пологоскладчатой толщи, окаймленном на флангах широтными крутопадающими зонами динамосланцев (Центральной и Южной), а со стороны кровли и подошвы — пологими тектоническими зонами рассланцевания и складчатости. Блок нарушен системой крутых северо-восточных оперяющих разрывов («вязких»), образовавшихся в результате взбросо-сдвиговых перемещений по Южной зоне динамосланцев.

Золоторудная минерализация представлена двумя минеральными типами: золото-шеелит-кварцевым и золото-арсенопирит-кварцевым; по времени формирования они разделены внедрением даек и сопровождаются различными околожильными изменениями: ранняя минерализация — кварц-калишпатовыми, поздняя — кварц-альбитовыми. По нашему мнению, оба типа можно отнести к единому вольфрам-золоторудному комплексу, выделенному В. А. Хорватом (1979) и связывающемуся им с этапом раннеорогенной активизации (C₂—P₁) и становлением батолитов гранодиорит-гранитной формации.

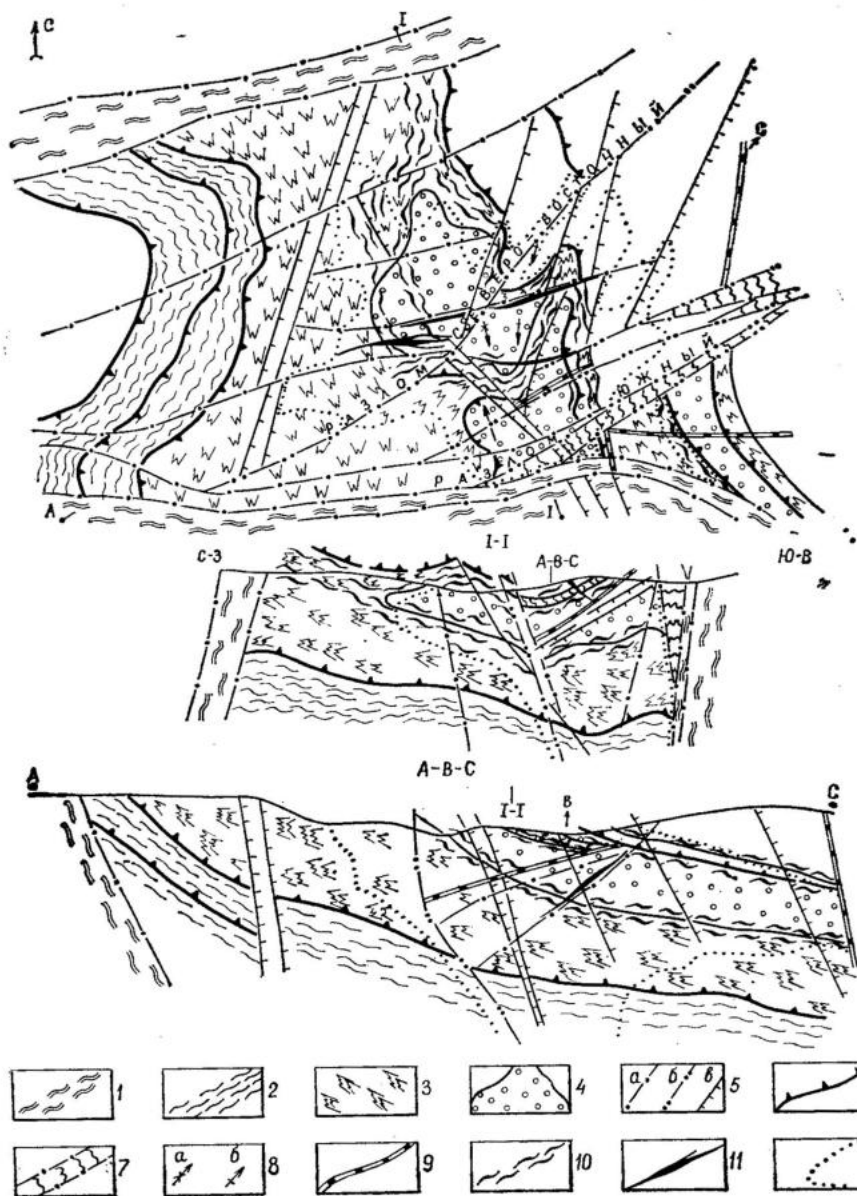


Рис. Схема геологического строения центральной части рудного поля:
 1 — крутопадающие зоны расщепления; 2 — динамосланцы нижнего «яруса» тектонического покрова; 3 — средний «ярус» покрова, характеризующийся интенсивным проявлением складок скальвания и волочения; 4 — блок-будины слабо-расщепленных пород; 5 — разломы продольные (а), диагональные (б), поперечные (в); 6 — надвиги; 7 — зоны приразломной складчатости и милонитизации; 8 — оси брахиформных складок синклинальных (а), антиклинальных (б); 9 — дайки; 10 — пологие жилы и прожилки кварца этапа динамометаморфизма; 11 — крутопадающие кварцевые жилы, сопровождающиеся кварц-калшпатовыми метасоматитами; 12 — контуры распространения «площадных» флогопит-калшпатов-кварцевых метасоматитов

2. Структурные особенности месторождения

Структуру месторождения определяет сложный каркас мощных крутых и пологих тектонических зон динамосланцев и связанных с ними оперяющих разрывов, который обусловил высокую анизотропию разреза рудовмещающих пород по вертикали и горизонтали, комбинированный характер рудных зон и их многоярусное размещение. Главная из них («Южная зона») ограничивает месторождение с юга и от нее ответвляется несколько северо-восточных оперяющих разрывов. Разлом Северо-Восточный разделяет основные рудные залежи, разлом Южный отделяет последние от соседнего участка; он представлен мощной зоной эшелонированных трещин скола с углеродистыми милонитами и сопровождается приразломной складчатостью, брекчированием и будинажем. В брекчиях часто встречаются обломки раннего кварца, метасоматитов и жильных пород, а их цементом служит друзовидный и халцедоновидный кварц. Мощные тела брекчий на крутопадающих участках разломов указывают на сбросовый характер послерудных движений. В пределах месторождения фиксируется также система крутых субмеридиональных разломов с углеродистыми милонитами и свитами пологих кварцевых жил и прожилков. Они обычно блокированы северо-восточными разломами, причем на пересечениях резко увеличивается мощность катаклазитов с сульфидной минерализацией, цементирующей обломки кварцевых жил. Меридиональный разлом западного фланга имеет сквозной характер и сопровождается окварцеванием, аналогично Южному разлому. Субмеридиональные разломы на участках сгущения сопровождаются мелкими брахиформными складками, образуя поперечную зону складчато-разрывных деформаций.

Картирование карьера выявило ярусное трехчленное строение системы пологих зон тектонического покрова, широкое развитие которых отмечалось ранее. Нижние части карьера сложены углеродисто-слюдистыми динамосланцами, бластофиллонитами с зонами микробудинажа и линзами углеродисто-кремнистых сланцев и окварцованных известняков. Реликтов слоистости здесь практически не сохранилось.

Мощность нижней подзоны тектонитов (подзона недифференцированного ламинарного потока) составляет около 300 м; она подстилает продуктивную часть месторождения. Средняя подзона представлена чередованием микролитонитов углеродисто-слюдистых и углеродисто-слюдисто-кварцевых пород. Их характеризуют складки волочения и скалывания с меридиональной ориентировкой шарниров размерами до десятков сантиметров. Более крупные лежащие изоклинальные складки образуют блок-пластины, обтекаемые динамосланцами и прослеживающиеся на десятки метров. В них отчетливо проявлена зависимость рассланцевания пород от литологии. Условно средний ярус можно определить как подзону дифференцированного ламинарного потока (мощностью 400-500 м).

Верхний ярус зоны надвигов (мощностью не менее 500 м) является главной рудовмещающей структурой месторождения; его характеризуют линзовидные крупные блоки или блок-будины (Северный и Южный), разделяющиеся зоной сланцеватых пород. Последняя на северо-востоке сочленяется с узкой зоной рассланцевания, соответствующей верхней границе покровной структуры. Южный блок разорван Южным разломом и его продолжение обнажено на соседнем участке. Выклинивание Северного блока в северо-западном борту карьера обусловлено сочетанием пологих зон рассланцевания и также сопровожда-

ется интенсивным развитием пологих кварцевых жил. Вмещающие породы выше пологой зоны тектонитов характеризуются слабым или умеренным послойным рассланцеванием.

3. Гидротермально-метасоматические образования и морфоструктурные особенности месторождения

Характеристика метасоматитов и жильных образований приводится в многочисленных опубликованных работах. Наши представления в основном близки к схеме С. Д. Шера и И. М. Юдина (1971 г.), поэтому здесь приведем лишь дополнительные сведения о ранних этапах минералообразования, на которых возникали основные концентрации золота и формировались главные морфоструктурные особенности месторождения.

Этап динамометаморфизма, связанного с заложением зон интенсивного рассланцевания, сопровождается синкинематичной кварцево-жильной минерализацией. Минеральный состав динамосланцев и рассланцованных пород альбит-карбонат-хлорит-серицит-кварцевый; структуры гранолепидобластовые; характерна повышенная углеродистость (до нескольких процентов). Кварцевые жилы и прожилки ориентированы по сланцеватости или под острыми углами к ней, наиболее мощные из них контролируются локальными надвигами с углеродистыми милонитами. Кварцевые жилы нередко участвуют в складках скалывания и волочения и образуют кварцевые будины, ориентированные по сланцеватости. Структура метаморфогенного кварца аллотриоморфнозернистая, зерна удлиненные по сланцеватости, с извилистыми (сутурными) границами; в зонах более поздних метасоматических изменений наблюдается переход к более изометричным формам зерен и равновесному характеру их границ.

Распределение кварцевых жил согласно со строением тектонического покрова, что подтверждает синкинематичный генезис кварца пологих жильных зон месторождения, сформировавшихся на этапе динамометаморфизма.

Ранняя сульфидная минерализация, представленная пирротином, халькопиритом и пиритом, контролируется сланцеватостью. Сульфиды ассоциируют с углеродистым веществом и обильными выделениями лейкоксена. В линзах карбонатных пород наряду с пирротином и халькопиритом присутствует сфалерит. Ранний возраст минерализации подчеркивается коррозией и замещением сульфидов шеелитом и кварцем. Минерализация этапа динамометаморфизма не имеет промышленного значения.

Этап прогрессивного (флогопит-калишпат-кварцевого) метасоматоза завершается продуктивной прожилково-жильной золото-шеелит-кварцевой минерализацией и околосильными калишпат-кварцевыми метасоматитами. Флогопит-биотитовые изменения, имеющие площадной характер, большинством исследователей связывались с контактовым метаморфизмом (их называли контактовыми роговиками). Наши наблюдения, однако, показывают, что порфиробласты, связанные с контактовым метаморфизмом, накладываются на сформированный ранее флогопит-калишпат-кварцевый базис. В верхних частях месторождения контуры метасоматитов следуют особенностям строения верхней подзоны покрова и крутопадающим разломам; с глубиной определяющим фактором их развития становятся крутопадающие разломы.

Прогнозные критерии для объектов с орудением вкрапленного типа

Категория критериев	Установленные геологические факты и закономерности	Прогнозные критерии	Объекты прогнозирования
I. Стратиграфо-литологические	Оруденение локализовано в разрезе вулканогенно-терригенных пород, обогащенных углеродистым веществом, а перекрывающие карбонатные породы слабо минерализованы	Широкое распространение углеродистых вулканогенно-терригенных пород и перекрывающих их мощных карбонатных отложений	Регион
II. Тектонические	Рудное поле приурочено к области виргации глубинного разлома, характеризующегося проявлением продольных крутопадающих и поперечных пологих зон расщелачивания	Сопряжение продольных зон расщелачивания с поперечными пологими надвигами	Рудный район, рудное поле
III. Метаморфические	Прожилково-кварцевая минерализация и дислокационный метаморфизм фации зеленых сланцев в пологих и крутопадающих тектонических зонах, структурно взаимосвязанных	Контуры распространения кварцевых жил в породах фации зеленых сланцев дислокационно-го метаморфизма	Рудный район
IV. Магматические	Месторождение отстоит на 1,5--2 км от края скрытого массива гранитоидов; на современном эрозионном срезе проявлены лишь внутриминерализационные дайки	Зональные соотношения рудных концентраций и дайковых поясов; последние локализируются на периферии рудного поля; внутриминерализационный возраст даек	Рудное поле, месторождение
V. Структурные	Структуру рудного поля определяют: крупный флексурный изгиб тектонического покрова, виргация продольных крутопадающих зон расщелачивания. Отчетливо проявлена зона поперечных складчато-разрывных дислокаций с углеродистыми катаклазитами в крутопадающих разломах	Крупные флексуры надвиговых зон на участках виргации продольных структур и развитие диагональных оперяющих разломов с углеродистыми милонитами. Поперечные зоны складчато-разрывных дислокаций с брахиформным типом складок и крутопадающими разломами	Рудное поле, месторождение

VI. Метасоматические и минерало-геохимические	Широкое проявление ранней кварцево-жильной минерализации и площадных флогопит-каллишпатовых метасоматитов этапа гранитизации¹ К контурам ранних метасоматитов приурочены околожильные кварц-каллишпатовые метасоматиты площадного типа (додайковые) и последующие кварц-альбитовые метасоматиты, соответствующие с прожилками золото-шешелитового и золото-арсенипиритового состава Неконтрастная минерало-геохимическая зональность, обусловленная многоярусным и «комбинированным»² строением рудных зон	Наложение «площадных» флогопит-каллишпатовых метасоматитов на пологие кварцево-жильные зоны, связанные с динамометаморфизмом Наличие разновозрастных кварц-каллишпатовых и кварц-альбитовых околожильных метасоматитов с золото-шешелит-кварцевой и золото-арсенипирит-кварцевой жильно-прожилковой минерализацией	Месторождение Месторождение, рудное поле Месторождение, рудное тело
VII. Морфоструктурные	Морфология асимметричных конусовидных рудных залежей в основных чертах определяется структурами этапа динамометаморфизма. На верхних горизонтах преобладают пологие жильные зоны, а на глубоких — крутопадающие, линейные штокверки вдоль диагональных разломов	Крупные залежи приурочены к блокам-будицам слабосланцеванных пород	Рудное тело

¹ Не смешивать с околожильными метасоматитами близкого состава.

² Т. е. с сочетанием крутых и пологих зон.

Динамометаморфические текстуры наследуются метасоматитами, структуры последних определяют развитие новых минеральных парагенезисов. Динамосланцы замещаются гранолепидобластовым агрегатом кварц-калишпат-флогопитового состава, а менее рассланцованные породы преобразуются в гранобластовые тонкозернистые агрегаты калишпат-кварцевого состава с предельно равновесными границами зерен. По породам, содержащим карбонаты и хлорит, образуются эпидотовые и актинолитовые разности метасоматитов.

В контуре флогопит-калишпат-кварцевых пород распространены околожильные кварц-калишпатовые метасоматиты, проявляющиеся особенно интенсивно в связи с мощными крутопадающими жилами широтного простиранья. Они приурочены преимущественно к слабодисланцованным блок-будинам (центральная часть месторождения) и характеризуются высокими содержаниями золота. С глубиной большая часть их выклинивается.

Нами установлены постдинамометаморфические деформации ранних кварцевых жил, связанные с более поздними тектоническими движениями. В кварце появляются узкие переплетающиеся зоны грануляции по всей мощности жил, к которым и приурочены вкрапления самородного золота, шеелита и крупнокристаллического арсенопирита. Содержание золота во флогопит-калишпат-кварцевых метасоматитах составляет лишь десятки доли г/т, в кварцевых жилах оно выше.

Этап кварц-золото-сульфидной минерализации, сопровождающийся альбитовыми околожильными изменениями и отделенный от предыдущих внедрением даек, подробно рассматривается в ранних работах Ю. Г. Зарембо (ЦНИГРИ). Проявление минерализации не меняет морфологических особенностей месторождения, повышается лишь золотоносность руд за счет второй продуктивной золото-арсенопирит-кварцевой ассоциации.

Рудные залежи месторождения представлены кварцево-жильными штокверками асимметричной конусовидной формы (Брагин, Блинова, 1978), определяющей комбинацией северо-восточных крутопадающих и пологих зон минерализации. На верхних горизонтах (верхняя подзона покровной структуры) преобладают пологие жильно-прожилковые зоны; на нижних (ниже границы распространения крупных «жестких» блок-будин) — крутопадающие жильно-прожилковые зоны субширотного северо-восточного простиранья.

В заключение приведем перечень критериев прогноза на оруденение вкрапленного типа (табл.), вытекающих из рассмотренных особенностей строения месторождения и рудного поля и дополняющих ранее предложенные С. Д. Шером (1973) и другими исследователями.

ЛИТЕРАТУРА

Бендик А. Т. Геологическая позиция и условия формирования Мурунтауского рудного поля в общей схеме геологии района. В кн.: Рудные формации и основные черты металлогении золота в Узбекистане. Ташкент, «ФАН», 1969, с. 150—164.

Брагин И. К., Блинова Т. А. Закономерности размещения и строения золотоносных штокверков на рудном поле Западного Узбекистана. Труды ЦНИГРИ, вып. 133, 1978, с. 103—110.

Хорват В. А. Оrogenные золоторудные комплексы и формации Западного Узбекистана. В сб.: Металлогения оrogenных этапов развития Тянь-Шаня. Тезисы докладов IX Всесоюзного металлог. совещания. Ташкент, «ФАН», 1979, с. 122—124.

Шер С. Д. Вопросы разработки поисковых критериев и признаков на примере месторождения штокверкового типа. В кн.: Принципы и методика составления металлогенических и прогнозных карт рудных полей и районов. М., «Недра», 1973, с. 54—61.

КРИТЕРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЖИЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА РУДНЫХ ПОЛЯХ УРАЛА

Рудный район описывался ранее Н. К. Высоцким, И. И. Чупилиным (1940 г.), Н. И. Бородаевским и С. Д. Шером (1950 г.), Г. М. Вировлянским (1952 г.), В. М. Яновским (1966 г.). В последнее десятилетие (1970-1982 гг.) на рудном поле были вскрыты фланговые участки и глубокие горизонты. Исследования последних, выполненные авторами статьи, позволили выдвинуть новые критерии прогноза.

I. Геологическое строение района

Рудный район приурочен к Кочкарско-Айдырлинской металлогенической зоне и охватывает приподнятый блок Брединского прогиба, граничащего на западе с Восточно-Уральским поднятием (рис. 1).

В районе выделяются две структурно-фациальные зоны, в строении которых участвуют два структурных этажа: ордовикско-позднепалеозойский и мезозойский, причем первый соответствует полному развитию ордовикско-позднепалеозойской эвгеосинклинали, а второй — платформенной стадии ее развития.

Восточная зона охватывает Кособродский антиклинорий Брединского прогиба, *Западная* — Кочкарский антиклинорий Восточно-Уральского поднятия.

В Восточной зоне прогиба различаются несколько антиклиналей четвертого порядка и Кособродская синклиналь. Антиклинальные структуры сложены эффузивами, имеют север-северо-восточное простирание осей и наклонены к западу; к их ядрам приурочиваются массивы раннекаменноугольных плагиогранитов.

Западная зона поднятия расчленяется на ряд удлинённых брахиантиклиналей с одноименными массивами позднепалеозойских гранитов; они имеют значительную ширину (до 15 км), разделяясь узкими (до 4 км) грабен-синклиналями, выполненными терригенными отложениями нижнего карбона. Ядра линейных синклинальных складок сложены отложениями сланцевой ($C_1t_2-V_1$), сланцево-карбонатной (C_1V_1) и карбонатной (C_1V_3-n) толщ.

В качестве разломов первого порядка выделяются Джабык-Карагайско-Пластовский на западе и Челябинский на востоке. О позднепалеозойском возрасте движений по последнему разлому свидетельствуют разгнейсование и катаклиз приуроченных к нему верхнепалеозойских гранитоидов; он служит также западным ограничением области мезозойских грабенов, выполненных отложениями триаса-юры.

В сочленении Восточно-Уральского поднятия с одноименным прогибом расположены небольшие тела пород перидотитовой формации. Габбровая формация представлена дайками габбро-диабазов, диоритов и кварцевых диоритов, синхронных с вулканитами андезитового состава S_1-D_1 (Бородаевская и др., 1977).

К габбро-диорит-гранодиоритовой формации среднедевонского-раннетурнейского возраста принадлежат массивы гнейсо-плагиогранитов и Кособродский массив плагиогранитов и кварцевых диоритов. К более позднему времени относятся массивы плагиогранитов адамеллит-плагиогранитной формации, сформированные в раннюю стадию орогенного этапа, — Пластовский (Левитан, 1976).

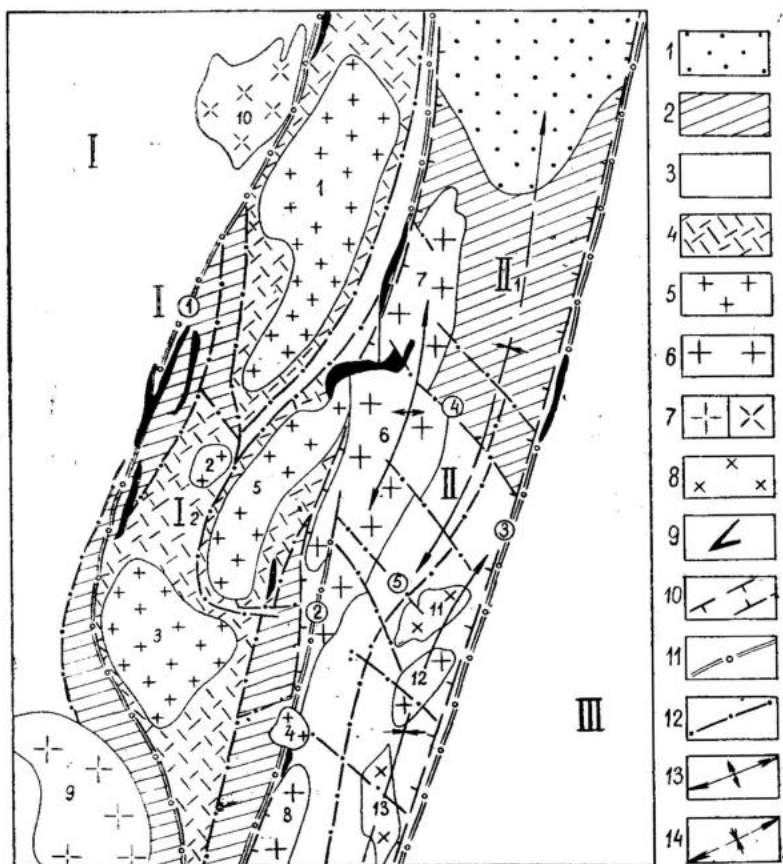


Рис. 1. Геолого-структурная схема рудного района:
 I — Восточно-Уральское поднятие; I₁ — мегасинклинорий; I₂ — мегантиклинорий (Западная структурно-фациальная зона); II — Восточно-Уральский прогиб; II₁ — мегасинклинорий (Восточная структурно-фациальная зона); III — Зауральское поднятие;
 1—3 — структурные ярусы: 1 — верхнепалеозойский; 2 — среднеордовикско-нижнетурнейский и среднетурнейско-намюрский (объединенные); 3 — ордовикско-нижнедевонский; 4 — ниже-среднепалеозойская гнейсо-сланцевая толща; 5—9 — интрузивные комплексы: 5 — позднепалеозойские калиевые граниты; 6 — раннекаменноугольные плагиограниты; 7 — раннекаменноугольные граносиениты: сиениты (а), граносиениты (б); 8 — средне-позднедевонские гранодиориты; 9 — серпентиниты; 10 — границы структурно-формационных зон первого порядка; 11 — разломы, ограничивающие структурно-фациальные зоны: 1 — Кумлякско-Светлинско-Стрелецкий; 2 — Пластовско-Чернореченский; 3 — Карталинско-Челябинский; 12 — разломы, ограничивающие блоки: 4 — Тихоновский, 5 — Семеновский; 13—14 — осевые линии складчатых структур: 13 — положительных; 14 — отрицательных. Массивы гранитоидов (цифровые обозначения на рисунке): 1 — Варламовский; 2 — Демаринский; 3 — Санарский; 4 — Каменно-Санарский; 5 — Борисовский; 6 — Пластовский; 7 — Коелгинский; 8 — Чернореченский; 9 — Степнинский; 10 — Ключевский; 11 — Портнягинский; 12 — Центральный; 13 — Каменский

Завершается магматизм формированием позднеорогенных интрузий гранитной формации Восточно-Уральского поднятия.

Наиболее ранние проявления метаморфизма представлены зелено-каменными изменениями палеозойских (S-D₁) эффузивных пород. Локально развита гранитизация, предшествовавшая Пластовским интрузиям и отчасти одновременная с ними.

На рудном поле наблюдаются процессы березитизации, охватывающей плагиограниты и дорудные дайки, и поздний метаморфизм эпидот-амфиболитовой фации, проявившийся в образовании «табашек».

2. Геологическая позиция и комплексы горных пород рудного поля

Рудное поле приурочено к северному склону поперечного поднятия, ограниченного с севера крупным разломом северо-западного простирания. Главные северо-западные разломы этого простирания, ограничивающие рудное поле с юга и с севера, вмещают дайки всех развитых на рудном поле жильных пород, а также (в своих юго-западных продолжениях) дайки жильных серий Кособродского массива, т. е. они характеризуют структурный план позднегеосинклинального этапа, частично унаследованный и в более позднее время (рис. 2).

Пластовский массив плагиогранитов и вмещающие его более древние плагиогнейсы играли роль локализатора трещиноватости, развившейся в связи с воздыманием его центральной части. В крупном блоке между северо-западными разломами основные, в настоящее время разрабатывающиеся рудные тела сосредоточены в меридиональной полосе шириной 4,5 км.

Западная часть рудного поля сложена гнейсами и гнейсо-гранитами, которые в центре сменяются массивными, слабопорфировидными плагиогранитами. Залегание последних в целом подчинено общей пликативной структуре толщи плагиогнейсов, образующих брахиантиклинальные складки близмеридионального простирания.

К древнему разлому на западе рудного поля, разграничивающему области интенсивной гранитизации (на востоке связанной с Пластовским массивом плагиогранитов, а на западе — с Борисовским массивом нормальных гранитов), приурочена зона моноклинально залегающих гнейсов.

На севере плагиограниты и гнейсы массива по тектоническому контакту граничат с ультрабазитами, прорезанными дайками габбро, диоритовых порфиров и гранодиорит-порфиров.

Более 2000 даек мощностью от первых сантиметров до 20 м, образующих пояса сгущения, слагают около 13% площади рудного поля.

На основании наблюдений над пересечениями даек и даек с рудными жилами принята следующая схема расчленения жильных пород.

А. Дайки, генетически связанные с массивом плагиогранитов (D₃-C₁).

1. Дайки первого этапа (собственно дайковая серия массива): плагиогранит-аплиты, плагиогранит-пегматиты.

Б. Дайки, парагенетически связанные с массивом плагиогранитов (C₁?)

II. Дайки второго этапа: 1 — дорудная серия: плагиогранит-порфиры I, лампрофиры (керсантиты, спессартиты); 2 — послерудная серия: плагиогранит-порфиры II, фельзиты, жильные габбро, спессартиты, лампрофиры (керсантиты).

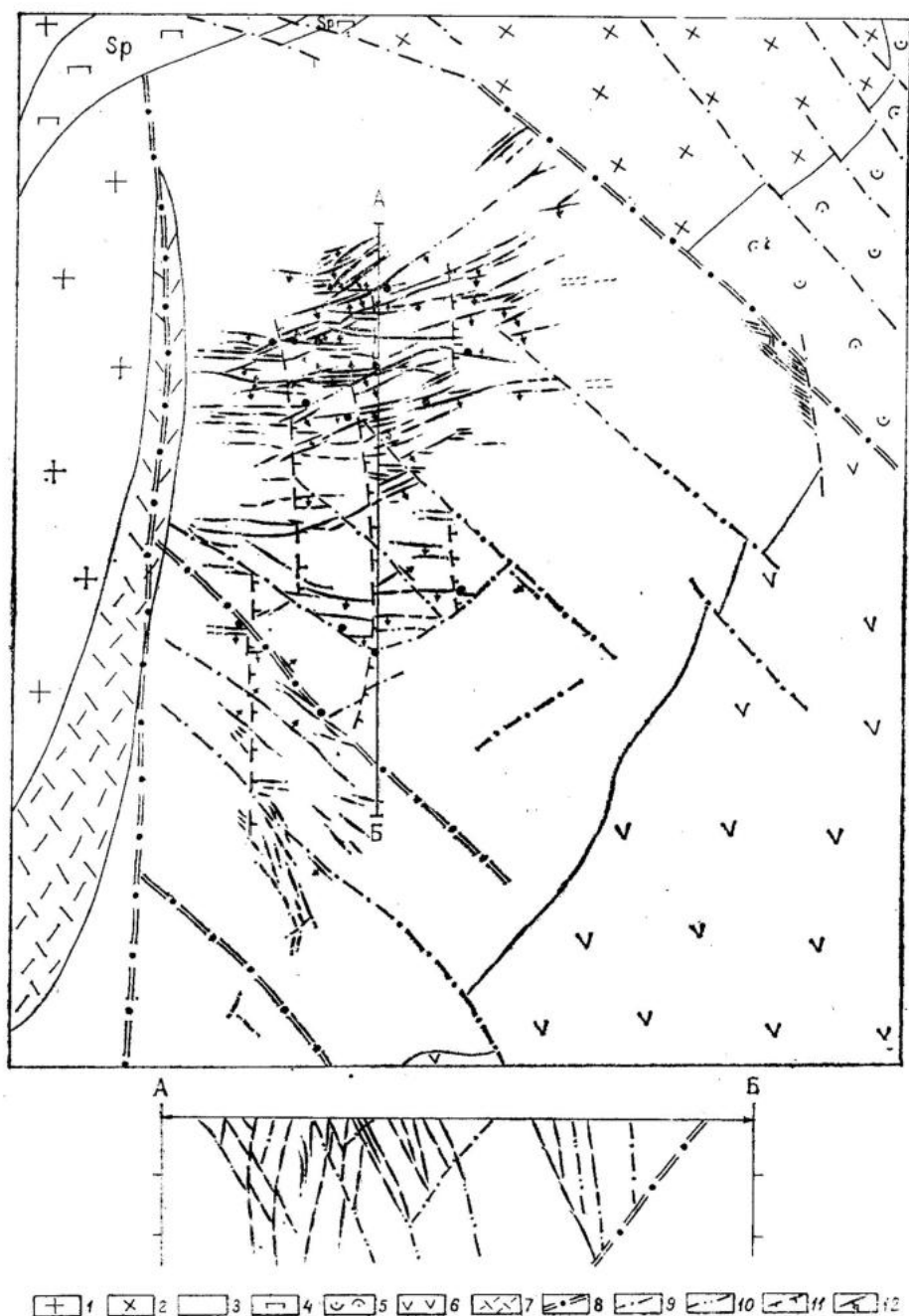


Рис. 2. Геолого-структурная схема рудного поля:

1 — двуслюдяные, биотитовые, лейкократовые граниты Борисовского массива (Pz_3); 2 — гранодиориты, кварцевые диориты, плагиограниты Коелгинского массива (D_3-C_1); 3 — плагиогранито-гнейсы, полосчатые плагиограниты, плагиограниты Пластовского массива; 4 — гипербазиты; 5 — краснокаменные эффузивы трахибазальт-андезит-липаритовой формации ($C_{IV_3}-n$); 6 — порфиры и туфы базальтового и андезито-базальтового состава (S_1-D_1); 7 — гнейсы и кристаллические сланцы (Pz_{1-2}); 8—11 — разломы: 8 — разграничивающие крупные блоки; 9 — второстепенные рудоконтролирующие; 10 — рудовмещающие; 11 — послерудные; 12 — рудные кварц-сульфидные жилы

В. Дайки, генетически связанные с эффузивами сухарышской свиты (C_1V_2-n): андезиты-дациты, кварцевые порфиры, плагиоклаз-кварцевые порфиры.

Г. Дайки, генетически связанные с формацией калиевых гранитов (Pz_3): мелкозернистые биотитовые граниты, аплиты, пегматиты, аляскиты.

По мнению одного из авторов (Н. И. Бородаевского), серии пестрых даек представляют основные базальтоидные и андезитовые и частично более кислые орогенные дорудные субвулканические образования.

Дорудные и послерудные серии даек представлены породами кислого и основного состава, внедрявшимися в антидромной последовательности. Дайки обеих серий не выдержаны по составу и структурам. Петрохимическая характеристика, по Н. А. Ершовой и А. А. Черемисину (1975 г), позволяет считать их большую часть производными одного и того же гранитоидного очага, а основные дайки — производными более глубокой магмы базитового состава (они характеризуются общей повышенной суммой щелочей, низкой железистостью темноцветных минералов, калиево-натриевым и калиевым типом щелочности). По составу породы этих даек наиболее близко соответствуют лампрофитам ряда малхит-спессарит-керсантит.

Каждая серия начинается внедрением даек кислого состава — плагиогранит-порфиров; они сменяются во времени более основными дайками кварцево-диоритового и диоритового состава, а завершаются дайками субщелочных габброидов и габбро-диоритов (керсантиты, спессариты).

Расхождение описанной схемы последовательности с таковой Н. И. Бородаевского обусловлено принятым им допущением о том, что значительная часть ранних дорудных даек сложена субвулканическими породами C_1 . Соответственно кварц-арсенопиритовые жилы и золото-мышьяковое оруденение связываются либо с очагом магмы, давшей комплекс даек пестрого состава, либо (по схеме Н. И. Бородаевского) с глубинными базальтоидными очагами периода раннеорогенной активизации.

3. История формирования структуры рудного поля и закономерности размещения даек и жил

Структура рудного поля сформировалась в 4 этапа.

1) *Ранний додайковый этап* представлен двумя системами трещин:

а) прототектоническими, подчиненными элементам внутреннего строения массива плагиогранитов и его кровли, б) вызванными штамповой тектоникой при внедрении остаточного расплава.

2) *Дайковый этап*. Реставрация поля напряжения по элементам залегания ранних даек показывает, что в блоке плагиогранитов, ограниченном северо-западными разломами, развивалось субширотное сжатие (σ_3 — азимут падения 286° , $<8^\circ$), поскольку ось наибольшего нормального напряжения (σ_1) ориентирована горизонтально в близмеридиональном направлении.

Поздний подэтап характеризуется значительным расширением деформаций к северу (примерно на 2 км), причем унаследование направлений трещиноватости раннего подэтапа отмечается лишь для даек северо-западного направления.

На рудном поле дайки группируются в протяженные дугообразные пояса шириной от 100 до 300 м, простирание которых изменяется от се-

веро-западного в $280-290^\circ$ на западе через строго широтное до северо-восточного в $70-80^\circ$ на востоке. Их падения в северной части рудного поля направлены к северу, в южной (от широты Рождественской жилы) — к югу.

Объемы даек в поясах составляют до 32-38%, при среднем в северной части рудного поля около 13%. На сдвиговый характер деформаций вмещающих их трещин указывают кулисы трещин скола, обусловившие при последующем растяжении коленообразные уступы контактов даек. В северной части рудного поля уступы наблюдаются по системам левосторонних кулис скола, а в южной части — по правосторонним кулисам скола.

Дайки северо-восточного простирания в центральной и западной частях площади образуют неотчетливые пояса или иногда служат перемычками между широтными поясами даек. Характерное простирание их северо-восточное ($50-70^\circ$), падение к юго-востоку с крутыми углами ($70-90^\circ$).

Дайки северо-западного направления развиты в южной и восточной частях рудного поля.

Реставрация поля напряжений по сопряженным системам даек показывает, что ориентировка осей нормальных напряжений закономерно меняется на северном и южном участках рудного поля: в северной части σ_3 ориентирована в юго-западных румбах под углами $50-60^\circ$, а на юге — в северо-западных, что указывает на вертикальное направление активных усилий снизу вверх. Поэтому деформации этого подэтапа можно связывать с поперечным изгибанием, а развитие трещиноватости — с развитием складки поперечного изгиба в жестком блоке.

3) *Рудный этап* полностью наследует план деформации предшествующего этапа. Рудные жилы развиты по всей площади — от Главного рудоконтролирующего разлома на севере до Осейского разлома на юге; на севере — это северо-восточные и широтные жилы, на юге в основном северо-западные и широтные крутопадающие, а также изредка северо-восточные жилы.

Особенностью этапа является заложение протяженных крутопадающих разломов восток-северо-восточного простирания с падением на юго-восток (угол 70°), сопровождающихся беззитами и контролирующими сульфидно-кварцевые жилы. Это Главный рудоконтролирующий разлом, Центральный и меньшие по масштабам разломы жил Красной, Звездинских и восточного фланга южной части рудного поля.

Разломы северо-западного направления развиты в основном в южной и в юго-восточной частях. Они имеют азимут простирания $320-310^\circ$ с падением на северо-восток ($<60-80^\circ$), редко на юго-запад ($<75^\circ$) и часто наследуют направления зон сгущения даек, сопровождаясь зонами рассланцевания, жильным и прожилково-вкрапленным арсенопиритовым оруденением.

4) *Этап послерудных даек* вначале полностью наследует трещинный каркас дайкового этапа; позднее план деформации подчиняется формированию западной Борисовской брахиантклинальной структуры, которую сопровождали системы меридиональных ступенчатых сбросов, выполненных самыми поздними дайками лампрофиров. Завершает формирование структуры развитие последайковых и послерудных пологих надвигов и сбросов северо-восточного и северо-западного простираний, субширотных надвигов.

Анализ полей напряжений каждого из основных этапов формирования структуры позволяет предположить единство причин их развития в связи с воздействием усилий снизу, возникавших в процессе

подъема магмы, сопровождавшемся внедрением даек. Ранее многими исследователями для объяснения деформаций разных этапов привлекался механизм регионального сжатия и растяжения.

4. Метаморфизм, гидротермальные изменения и вопросы генезиса оруденения

Этап предрудных даек первой антидромной серии завершается березитизацией и формированием кварцево-сульфидных жил с золотом. Рудный процесс «закрывается» внедрением поздних даек второй антидромной серии и формированием западной купольной структуры с калиевыми гранитами в ядре. Внедрение гранитов сопровождалось широким проявлением метаморфизма, наложившегося на плагнограниты, дайки и рудные жилы. Площадные изменения пород выражаются в грануляции, биотитизации, микроклинизации плагногранитов и кислых разностей даек и в биотитизации, грануляции, амфиболизации, клинопоизитизации и микроклинизации даек среднего и основного состава, а также в грануляции кварца рудных жил.

Таким образом, метасоматические процессы на рудном поле можно разделить на два крупных цикла: предрудный, завершающийся формированием рудных жил, и послерудный, сопровождающий региональный метаморфизм.

Соответственно, можно выделить две большие группы жил: рудные и послерудные. Рудные жилы сложены гранулированным кварцем с переменным количеством сульфидов. Послерудные жилы разнообразны по минеральному составу. Среди них выделяются: а) кварц-альбитовые и кварц-микроклиновые жилы, сложенные крупнозернистым и гигантозернистым стекловидным кварцем, часто дымчатой окраски; б) кварцевые жилы с крупнолистоватым биотитом и оторочками грейзенизации мощностью до 10 см; в) жилы стекловидного кварца, белого или молочно-белого, с крупнозернистым пиритом, карбонатом, турмалином и более редкими рутилом, биотитом, актинолитом, эпидотом, хлоритом, мусковитом; г) жилы кварц-карбонатного состава, сопровождающиеся незначительной карбонатизацией и хлоритизацией вмещающих пород, с друзами кварца и карбоната с пиритом и ангидритом. Порядок перечисления соответствует последовательности образования, установленной по пересечениям.

Гранулированный серый рудный кварц переполнен вкраплениями арсенопирита, пирита и отчетливо отличается от позднего безрудного массивного кварца содержанием первичных двухфазовых и сложных жидких включений с углекислотой. Кроме того, в нем обычны вторичные газовые включения поздней стадии — метаморфогенной минерализации. Гомогенизация первичных включений осуществляется при температуре 405—290°.

На участках замещения рудных жил стекловидным кварцем нередко отмечается повышенная золотоносность вмещающих пород; на отдельных участках переотложение золота имеет большие масштабы с образованием рудных столбов (жила Успенская).

Таким образом, формирование кварцевых жил месторождения носит полихронный и полигенный характер.

По масштабам оруденения можно выделить две группы рудных тел: 1) восток-северо-восточного и северо-западного простираний и 2) в широтных разломах, сопряженных с первыми.

Рудные тела восток-северо-восточного и северо-западного простираний приурочены к бортам упоминавшегося поперечного поднятия в

Предпосылки и критерии прогнозирования жильного оруденения

Установленные геологические факты и закономерности и вытекающие из них критерии прогнозов	Что определяют критерии прогноза
Антиклинорное поднятие в пределах прогиба с широким развитием вулканоплутонических комплексов и гранитоидов адалмелит-плагногранитной формации, приуроченное к зоне поперечного глубинного разлома. Наличие элювиальных россыпей и шли-ховых ореолов золота	Позицию и контуры рудного района
Сочленение структурно-фациальных зон прогиба и поднятия — глубинный разлом, контролирующий интрузии плагногранитов адалмелит-плагногранитной формации раннеорогенного этапа	Границы рудного узла
Наличие брахиантиклинальных структур с ядрами плагногранитов в ограниченном северо-западными разломами блоке плагногранитного массива с дайками «пестрого» состава	Позицию рудного поля и его границы
Зона сгущения даек широтного и восток-северо-восточного простираний в северном обрамлении и широтного и северо-западного простираний в южном обрамлении склад-ки поперечного изгиба; к контактам части даек приурочены кварцевые жилы	Размещение и контуры месторождений и рудных зон
Сопряженные разломы северо-восточного и широтного простираний на севере и се-веро-западного, широтного и, реже, северо-восточного простираний на юге Зоны гидротермально измененных пород и тонких кварцевых прожилков (книжная отдельность плагногранитов)	Размещение и морфологию рудных жил, склонение жил и ранних (синхронных) рудных столбов Наличие промышленных рудных тел
Наличие обильной арсениpiritовой минерализации на верхних горизонтах и на фланговых участках месторождения Смена пирита арсениpiritом в составе жил (неконтрастная минералогическая зо-нальность). Минеральный состав жил, изменяясь в зависимости от их структурного по-ложения, сохраняется постоянным	Интервалы мышьякового оруденения Интервалы промышленного оруденения
Амфиболитизация, хлоритизация, карбонатизация в околожилных зонах, сопровожда-ющие участки развития послерудных кварцевых и кварц-карбонатных жил	Участки с регенерированным оруденением. Позд-ние метаморфогенные рудные столбы
Первичные геохимические ореолы висмута, мышьяка, свинца, вольфрама, золота Зоны повышенного прохождение и зоны поглощения радиоволн в межскважинных участках	Предрудные и внутрирудные разломы и зоны про-ницаемости при геохимических поисках Положение рудных тел (соответственно сульфид-но-кварцевых или кварц-сульфидных)

массиве и часто наследуют направления даек и дайковых поясов, имея длину в сотни метров. Рудные тела в северо-западных разломах развиты на юге; им часто сопутствует прожилково-вкрапленное оруденение.

Рудные тела второй группы (в широтных разломах) сопровождаются рассланцеванием вмещающих пород на участках их сопряжений с восток-северо-восточными и северо-западными разломами. На севере жилы при этом имеют северное падение, на юге — южное.

Обычно наиболее ценными и протяженными рудные тела оказываются в лежащих боках разломов восток-северо-восточного простирания на севере и северо-западного простирания на юге.

Жилы первой группы сложены линзами кварца длиной 20-50 и 50-100 м, иногда более 100 м, доля линз длиной менее 20 м незначительна; жилы второй группы состоят из линз длиной 20-50 м и значительна доля линз длиной до 20 м.

По времени формирования и связи с гидротермальным и метаморфическим процессами, как уже указывалось, можно выделить два типа рудных столбов: ранние, связанные с гидротермальным рудным процессом, и поздние — метаморфогенные.

Поздние рудные столбы (связанные с метаморфогенно-гидротермальным переотложением золота) относительно редки, но несут резко контрастное оруденение. В их составе обильны метаморфические минералы (карбонат, актинолит, хлорит, сине-зеленая роговая обманка), наложенные на ранее сформированные кварц-арсенопиритовые жилы. Размеры столбов небольшие, но они отличаются значительной протяженностью по падению.

Для размещения и морфологии рудных жил характерны: их однотипное пологое склонение к востоку, обусловленное ориентировкой средней оси поля напряжений этого этапа; наращивание новых жил происходит по их падению, а общее падение рудной системы направлено круто к западу, что согласуется с общим падением дайковой системы в этом же направлении — в сторону скрытого магматического очага — источника даек и активных усилий, создавших поле напряжений.

На основе закономерностей в распределении промышленного оруденения и продуктивных жил, а также геологической позиции рудного поля в таблице приводятся критерии оценки и прогноза золотого оруденения.

ЛИТЕРАТУРА

Бородаевская М. Б., Кривцов А. И., Ширай Е. П. Основы структурно-формационного анализа колчедановых провинций. М., «Недра», 1977.

Левитан Г. М. О начале орогенного этапа в герцинидах Урала. Докл. АН СССР, 1976, т. 230, № 4, с. 916—919.

КРИТЕРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЛЯ РУДНОГО ПОЛЯ (СРЕДНЯЯ АЗИЯ)

Месторождение, расположенное на северных склонах Таласского хребта, детально изучено и может служить эталоном для разработки комплекса поисковых критериев на золотое оруденение, приуроченное к гранитоидным батолитам Северного Тянь-Шаня. Такая попытка и предпринята в статье.

1. Геологическая позиция и структура рудного поля

Рудный узел находится в западной части субширотной цепочки каледонских гранитоидных батолитов, протягивающейся через весь Северный Тянь-Шань. Он приурочен к краевой северной части крупного интрузива гранитоидов, относящегося к формации батолитов пестрого состава позднекембрийско-раннеордовикского возраста, и вытянут вдоль глубинного разлома, отделяющего батолит от вулканогенно-осадочных отложений рифей-вендской эвгеосинклинальной зоны. С юга и северо-запада его ограничивают системы дугообразных нарушений, причленяющихся к глубинному разлому (рис. 1). В северной части одноименного рудного узла ограничивающие разрывы контролируют размещение интрузивных тел базитов, большей частью скрытых и фиксирующихся по интенсивным магнитным аномалиям; южная часть изобилует останцами рифейских карбонатно-терригенных отложений кровли. Наложенный на гранитоиды грабен (по южному обрамлению рудного узла) выполнен вулканогенной и красноцветной молассой раннего-среднего ордовика, контактово-метаморфизованной около небольших штоков позднеордовикских микроклиновых гранитов.

Более 90% площади рудного узла занимают интрузивные породы — граниты, гранодиориты, диориты и габбро, принадлежащие к единой, сформировавшейся в гомодромной последовательности серии пород; центральная часть рудного узла сложена гранитами (65%), а его периферия — диоритами и габбро (25%), в промежутке между этими зонами располагаются гранодиориты (см. рис. 1). В контурах батолита широко распространены дайки, являющиеся его жильной серией и ориентированные по нормали к дугообразному разлому, ограничивающему рудный узел с юга.

Концентрический характер расположения выходов разновидностей интрузивных пород и тенденция к радиальному размещению даек, а также наличие систем дугообразных разрывов, ограничивающих рудный узел, позволяют предположить, что последний приурочен к локальной, сравнительно небольшой купольной структуре батолита (площадью 250 км²), вытянутой в северо-западном направлении.

Рудное поле объединяет месторождение и многочисленные сближенные проявления золотой, мышьяковой и медной минерализации, сконцентрированные в краевой южной части упоминавшегося купола в пределах узкой (2,5-3 км) полосы, вытянутой на 10 км вдоль разлома, который в этом месте меняет простираение (см. рис. 1). Площадь рудного поля сложена кварцевыми диоритами, крупными ксенолитами и провесами кровли — позднепротерозойскими гранитами и гранитизированными карбонатно-терригенными отложениями среднерифейского возраста. Последние преобразованы в сланцы кварц-слюдисто-амфибол-

полевошпатового состава и кварц(карбонат)-микроклин-пироксеновые породы амфиболитовой фации метаморфизма.

Отчетливо выделяются две разновидности кварцевых диоритов — мелкозернистые полосчатые породы и более крупнозернистые массивные диориты, обычно слагающие скальные выходы. Последние занимают небольшие по размерам участки в северной части рудного поля.

Полосчатые диориты на контактах с отторженцами образуют постепенные переходы к кристаллическим сланцам, близки к ним по составу и, вероятно, имеют метасоматическое происхождение. Среднезернистые диориты — однородные массивные породы призматически-зернистой, иногда офитовой структуры, видимо, имеют магматическую природу.

Особенностью кварцевых диоритов является наличие в их составе до 15-20% слабоупорядоченного микроклина — в сростании с кварцем и плагиоклазом, в интерстициях зерен последнего и в форме секущих полосчатость прожилков. Прожилковый микроклин, возможно, связанный с наложенным, оторванным по времени калиевым метасоматозом, присутствует в подчиненном количестве. С выводом о первичном характере большей части микроклина согласуются небольшие колебания содержания K_2O (3,6-4,2%) и отношения K_2O/Na_2O (1,4-1,7) в кварцевых диоритах.

Обе разновидности кварцевых диоритов характеризуются преобладанием калия над натрием и суммой щелочей 5,5-7,5% при содержаниях $SiO_2=57-62\%$, т. е. имеют калиевую петрохимическую специализацию и принадлежат к субщелочному типу пород.

Среди жильных пород выделяются две разновозрастные группы. К ранней относятся многочисленные дайки кварцевых диоритовых порфиритов, гранодиорит-порфиров и спессартитов, приуроченные к субмеридиональным и северо-западным разрывам и представляющие жильную серию батолита. Диабазовые порфириты поздней группы даек, связанной с ордовикским вулканизмом, развиты вдоль разлома в северном борту грабена (рис. 2).

Разлом представлен серией сближенных субпараллельных крутопадающих нарушений, ограничивающих распространение отторженцев рифейских сланцев, и, вероятно, принадлежит к характерным для структурного плана рифейского фундамента северо-западным разрывам (см. рис. 1). При образовании гребневидного купола указанный разлом подновлялся, разрастаясь по простираннию и приобретая за счет своего нового северо-восточного сегмента дугообразную форму; при этом отдельные ветви разлома ограничивали блоки гранитоидов с различной насыщенностью дайками (см. рис. 2), а в более позднее время вдоль них в некоторых местах развились узкие грабены, выполненные ордовикскими вулканогенно-осадочными отложениями.

Висячем боку разлома развиты три системы опирающихся разрывов — субмеридиональных, северо-восточных и северо-западных; некоторые из них выполнены дайками и кварцевыми жилами.

На рудном поле известно несколько рудопроявлений, большей частью представленных одиночными кварцевыми жилами с низкими содержаниями золота. Наиболее золотоносны кварцевые жилы участков, расположенных в висячем боку северной ветви разлома, в блоке с многочисленными дайками (см. рис. 2).

Рудное тело Главного рудного участка прослеживается по вертикали на значительном расстоянии, переходя в лежащий бок северной ветви Ичкелетауского разлома. Минерализация других участков на глубине в несколько десятков метров выклинивается. Положение Главного

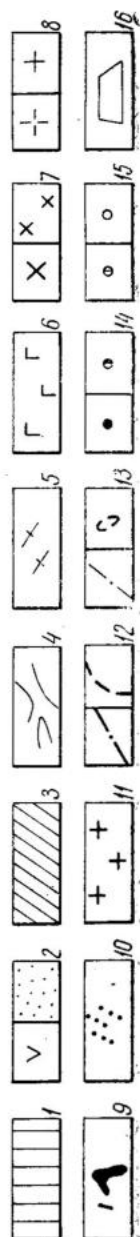
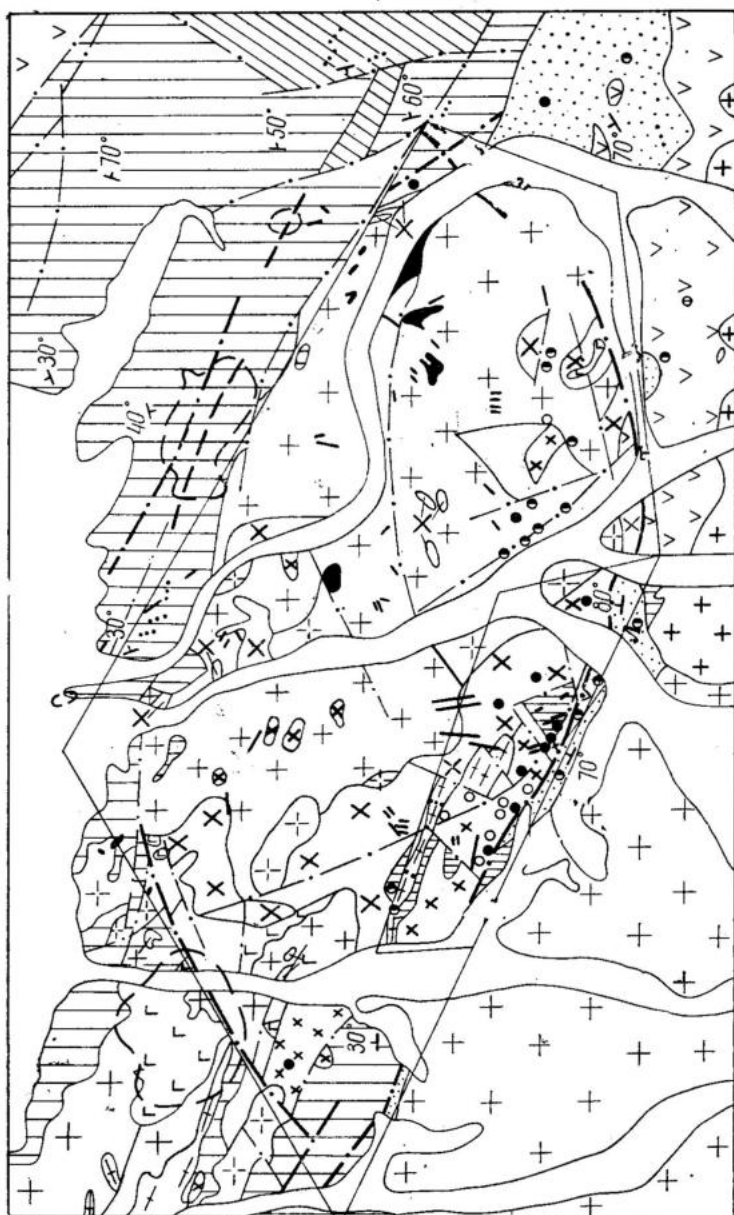


Рис. 1. Схематическая структурно-формационная карта рудного узла:

1 — карбонатно-терригенные отложения верхнепротерозойского структурного этажа; 2 — вулканогенная и красноцветная моласса (O_{1-2}); 3 — красноцветная, вулканогенная моласса (D_{2-3}); 4 — четвертичные отложения; 5—8 — магматические формации: 5 — гранит-мigmatитовая ($PR_3?$); 6 — гипербазит-габбровая ($См_3?$); 7 — гранитоидных батолитов пестрого состава (субщелочные кварцевые диориты «магматические» и «метасоматические» $См_3-O_1$); 8 — гранитоидных батолитов пестрого состава (гранодиориты и граниты $См_3-O_1$); 9 — дайки и штоки жильной серии батолитов ($См_3-O_1$); 10 — дайки диабазовых порфиров (O_{1-2} и D_3); 11 — дайки микроклиновых гранитов (O_3); 12 — региональные и глубинные разломы (по геофизическим данным); 13 — локальные разломы и положительные магнитные аномалии с интенсивностью 2 мЭ и более; 14 — проявления золотой и медной минерализации; 15 — проявления свинцовой и мышьяковой минерализации; 16 — контуры рудного узла и поля

участка контролируется северо-восточным оперением разлома, которое представляет собой кулисную систему кварцевых жил, переходящих по падению в «стволовое» тело метасоматического кварца, падающее под углом $70-80^\circ$ в северо-западном направлении. Оно имеет довольно выдержанную мощность, резко уменьшающуюся на глубине, и служит как бы основой рудной залежи, в контур которой входят также сопровождающие это тело многочисленные мелкие кварцевые жилы и прожилки. Морфологию залежи усложняют многочисленные северо-западные левосторонние сместители с амплитудами до 20 м.

На Главном участке известны две дайки — дорудных кварцевых диоритовых порфиров и внутрирудных гранодиорит-порфиров. В первой из даек развиты прожилки деформированного кварца с сопровождающими их калишпатовыми метасоматитами, с продуктивной минерализацией и повышенными содержаниями золота. Вдоль ее контакта залегает небольшое рудное тело, по падению прилегающее к главной залежи. Дайка гранодиорит-порфиров сечет центральную часть рудного тела и жилы золотоносного кварца. При этом в последнем, очевидно, при термическом воздействии газовой-жидкие включения вскрываются; на таких участках наблюдаются небольшие скопления переотложенного золота. В контурах дайки установлены прожилки лишь слабозолотоносного недеформированного кварца с вкрапленностью полиметаллических сульфидов.

Золотое оруденение концентрируется преимущественно в жилах при их залегании среди «метасоматических» кварцевых диоритов; среди кристаллических сланцев залегают лишь небольшие рудные тела с низкими содержаниями золота (см. рис. 2).

2. Минеральный состав и генезис золотого оруденения

Жильный кварц в среднем составляет 10-30%, а вкрапленность рудных минералов в нем — не более 1%. Преобладают весьма тонкие (менее 0,05 мм) частички золота, что обуславливает полное отсутствие ураганных проб. Для руд характерно весьма высокое соотношение $Au:Ag > 6$. Преобладающая проба золота 950.

На месторождении установлены девять минеральных ассоциаций, перечисляемых в порядке образования: 1) золото-тетрадимит-висмутин-кварцевая; 2) шеелит-молибденитовая; 3) кварц-арсенопирит-пиритовая; 4) кварц-арсенопиритовая; 5) кварц-карбонат-халькопиритовая; 6) кварц-карбонат-галенитовая; 7) кварц-буланжеритовая; 8) ранняя кварц-карбонатная; 9) поздняя кварц-карбонатная.

Две первые ассоциации принадлежат ранней продуктивной стадии минерализации, в которую образуются кварцевые жилы и прожилки с золотом. Золото (самородное или изредка в форме теллуридов)

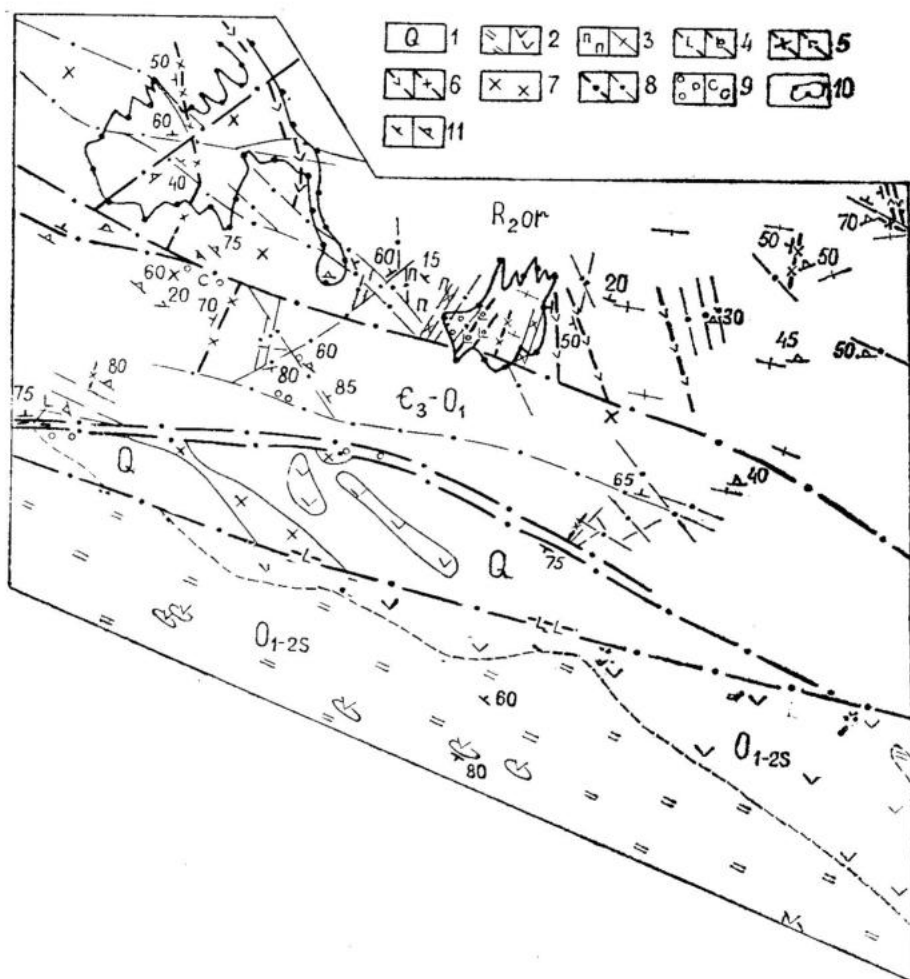


Рис. 2. Геологическая карта месторождения:

1 — четвертичные отложения; 2 — отложения сусамырской свиты ($O_{1-2}-S$): красноцветные алевролиты, андезитовые, диабазовые порфириты и их туфы; 3 — отложения ортотауской свиты (R_{2or}): кварц-микроклин-пироксеновые породы и кварц-слюди-сто-амфибол-полевошпатовые сланцы, диорито-гнейсы; 4 — дайки диабазовых порфиритов и их амфиболизированные разности (O_{1-2}); 5 — дайки гранодиорит-порфиров и спессартитов; 6 — дайки кварцевых диоритовых порфиритов и аплитов; 7 — субвещелочные кварцевые диориты («метасоматические»); 8 — крупные и локальные разрывные нарушения; 9 — каолинит-гидрослюдисто-карбонатные и кварц-карбонат-серичитовые метасоматиты; 10 — контур минерализованных пород; 11 — элементы залегания слоев, разрывных нарушений и полосчатости в диоритах, сланцах

приурочено к участкам деформации молочно-белого крупнозернистого кварца, приобретающего тонкозернистое сложение и прозрачность. В прозрачном кварце обычно встречаются зерна адуляроподобного калиевого полевого шпата и все рудные минералы ассоциации; до 25% золоти́н находится в сростании с висмутином или, реже, с тетрадимитом, что определяет тесные положительными корреляционные связи золота с теллу́ром, висму́том и кремнеземом.

Шеелит-молибденитовая ассоциация наблюдается спорадически в жилах молочно-белого кварца; пластинчатые выделения молибденита при этом замещают золото и тетрадимит. Оруденение ранней ста-

дин, судя по результатам гомогенизации газово-жидких включений, образовалось при высоких температурах.

Четыре последующие минеральные ассоциации, относящиеся к полиметаллической стадии рудоотложения, образуют многочисленные кварц-сульфидные и карбонатно-сульфидные жилы и прожилки, сложенные мелкозернистым кварцем с друзовидными пустотками, насыщенным сульфидами (до $p-10\%$ в отдельных сегментах прожилков). Жилы сопровождаются широкими (до 3-4 м) ореолами каолинит-серицит-карбонатных изменений; они слабозолотоносны и характеризуются резким превышением (на 1-2 порядка) серебра над золотом. На участках ранних золотоносных жил с большими количествами халькопирита и галенита иногда наблюдаются, по-видимому, переотложенное более низкопробное (815) золото и комплекс сульфовисмутитов серебра, свинца и меди.

Кварц-буланжеритовая ассоциация проявлена незначительно, в виде просечек в ранних кварцевых жилах; в сростании с буланжеритом наблюдалось переотложенное низкопробное (685) золото зонального строения.

Завершающие процесс ассоциации кварц-карбонатной стадии — крустификационно-полосчатые прожилки карбоната и кварца с каолинитом, пиритом и марказитом, халцедоном и цеолитами — приурочены к разрывам северо-западного направления. Их околожилные ореолы сходны с таковыми жил полиметаллической стадии, но отличаются большим развитием каолинита и гидрослюда.

Главная фаза золотого оруденения (золото в ассоциации с минералами висмута и теллура) попадает в возрастную вилку между дайками кварцевых диоритовых порфириров и гранодиорит-порфириров. Можно предположить, что оруденение и кварцевые диориты батолита имеют общий источник. Об этом свидетельствуют их тесная пространственная связь, развитие в пределах купольной структуры, которая, вероятно, была благоприятной для поступления глубинных кремне-щелочных потоков и золота, а также возрастное положение оруденения между двумя сериями даек батолита, проявляющимися исключительно в пределах рудных участков.

Особенности состава и последовательность формирования минерализации (весьма высокопробное золото в ассоциации с минералами висмута и теллура), присутствие шеелит-молибденитовой ассоциации, образовавшейся после золотого оруденения, калишпатовый состав метасоматитов, сопровождающих золотое оруденение, и высокая температура образования последнего являются отражением тесной парагенетической связи золотого оруденения с кварцевыми диоритами.

Во второй этап отлагается минерализация трех последних стадий рудоотложения, сопровождавшихся существенным перемещением рудного вещества с образованием низкопробного золота на фоне привноса гидротермальными растворами серебра, мышьяка, меди, свинца и небольших количеств золота. Минерализация второго этапа установлена в дайках гранодиорит-порфириров. Она имеет более широкое распространение, чем золотое оруденение, — развивается и в наложенном на гранитоиды батолита грабене, находящемся на южном обрамлении рудного узла. В грабене установлены многочисленные слабозолотоносные жилы, сложенные недеформированным кварцем и карбонатом с медной, свинцовой и мышьяковой минерализацией с повышенными содержаниями серебра и сопутствующим комплексом каолинит-серицит-карбонатных изменений. В то же время в отложениях грабена отсутствуют какие-либо признаки ранней золотоносной теллур-висмутовой минера-

лизации и сопровождающих ее метасоматитов. На существование второго этапа рудоотложения указывает и широкое развитие на месторождении метасоматитов, вероятно, образовавшихся в связи с андезит-базальтовым вулканизмом после главной фазы золотого оруденения.

3. Критерии прогнозирования

В соответствии с проявлением двух разновозрастных этапов оруденения следует различать две группы критериев прогнозирования.

А. Раннее оруденение:

- 1) краевые части крупных батолитов пестрого состава, примыкающих к глубинным разломам, разграничивающим зоны мио- и эвгеосинклинального развития;
- 2) локальные купола и выступы в контурах батолитов;
- 3) сложный состав батолитических масс с гомодромными рядами дифференциатов от габбро до преобладающих гранитов;
- 4) наличие субщелочных кварцевых диоритов с калиевой петрохимической специализацией магматического и метасоматического генезиса в составе пород батолита;
- 5) участки с большим количеством даек кварцевых диоритовых порфиритов и гранодиорит-порфиров;
- 6) крутопадающие разломы с системами оперяющих разрывов, служащие ограничениями батолита;
- 7) жилы метасоматического кварца с минералами висмута и теллура и оторочками калишпатовых метасоматитов.

Б. Позднее оруденение:

- 1) структуры наложенных грабенов (их ограничения) с проявлением вулканитов основного состава (O_{1-2});
 - 2) гидротермальные изменения типа аргиллизации с развитием каолинит-серицит-карбонатных метасоматитов;
 - 3) наличие кварцево-карбонатных прожилков крустификационного строения с серебряно-полиметаллической минерализацией.
- Поздняя, связанная с эффузивным магматизмом (O_{1-2}) золотая минерализация в большинстве случаев не дает промышленных месторождений, но поскольку в некоторых случаях ее проявления контролируются теми же элементами структуры, которые определяют размещение рудных тел раннего оруденения, следует учитывать возможность такого унаследования и каждый раз анализировать наблюдающуюся структурную обстановку с этих позиций.

Следует также отметить, что некоторые критерии могут иметь различное значение в зависимости от того, в каком масштабе они используются. Так, например, в условиях описанного района многочисленные останцы кровли в полях кварцевых диоритов указывают на потенциально благоприятную обстановку для проявления золотоносности, однако, с другой стороны, они неблагоприятны для локализации промышленных рудных тел.

КРИТЕРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СЕРЕБРЯНОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ВУЛКАНИЧЕСКИХ ОБЛАСТЯХ

Рудное поле с золото-серебряным оруденением расположено в пределах мелового вулканического прогиба, протянувшегося в меридиональном направлении вглубь мезозойд геосинклинального комплекса более чем на 300 км. К главным структурным элементам прогиба в этом районе относятся раннемеловая грабен-синклиналь и линейная зона позднемеловых вулканических пород, залегающая вдоль ее западной окраины (рис. 1).

Грабен-синклиналь в раннемеловую эпоху представляла собой мобильную, интенсивно опускавшуюся область, в пределах которой в аптальбское время отложилась мощная (4-5 км) толща континентальных, преимущественно осадочных пород. В позднемеловое время они были дислоцированы и прорваны оловоносными гранитами. По результатам анализа региональных гравиметрических данных Л. В. Морозова (1973 г.) выделяет субширотную глубинную структуру, определившую положение раннемеловой грабен-синклинали. Наибольшие площади распространения пород раннемелового возраста, представленных эффузивами, приурочены к восточному борту грабен-синклинали, где золото-серебряное оруденение не установлено. На западном ее борту, где развито золото-серебряное оруденение, они имеют более ограниченное распространение, возможно вследствие частичного размыва, и перекрыты несогласно залегающими позднемеловыми эффузивами.

Зона позднемеловых вулканогенных пород — вторая региональная структура — контролируется близмеридиональным глубинным разломом длительного развития. В пределах зоны широко распространены субвулканические и гипабиссальные интрузивные породы, слагающие свиты даек и штоки.

Рудное поле располагается на сопряжении двух региональных структур, в восточной периферической части грабен-синклинали, частично перекрытой позднемеловой вулканической зоной.

На пересечении субмеридионального разлома, характеризуемого повышенными градиентами поля силы тяжести, с крупноамплитудными разрывами северо-восточного и северо-западного простираний расположена купольная структура, сложенная комплексом пород кислого состава, включающим преимущественно субвулканические и покровные образования липаритов, их пепловые и витрокластические туфы и игнимбриты (Бабкин и др., 1974). Расположенное в ее центральной части вулканическое жерло выполнено субвулканическим телом крупнопорфировых трахилипаритов (невадитов), обрамленным пологопогружающимися и переходящими в субгоризонтальное залегание покровами мелкопорфировых и афировых липаритов, туфов, игнимбритов (рис. 2).

Разрез месторождения имеет трехчленное строение. В основании разреза залегают кислые породы эффузивного облика, состоящие из фенокристаллов кварца и светлого, иногда со слабым зеленоватым оттенком, плагиоклаза и микрофельзитовой стекловатой основной массы с осколками кварца, альбита и табличками решетчатого микроклина, которые ориентированы по флюидалности. На их неровной поверхности залегают афировые липариты также с флюидалной текстурой, ориентировка которой указывает на погружение подошвы горизонта к северу.

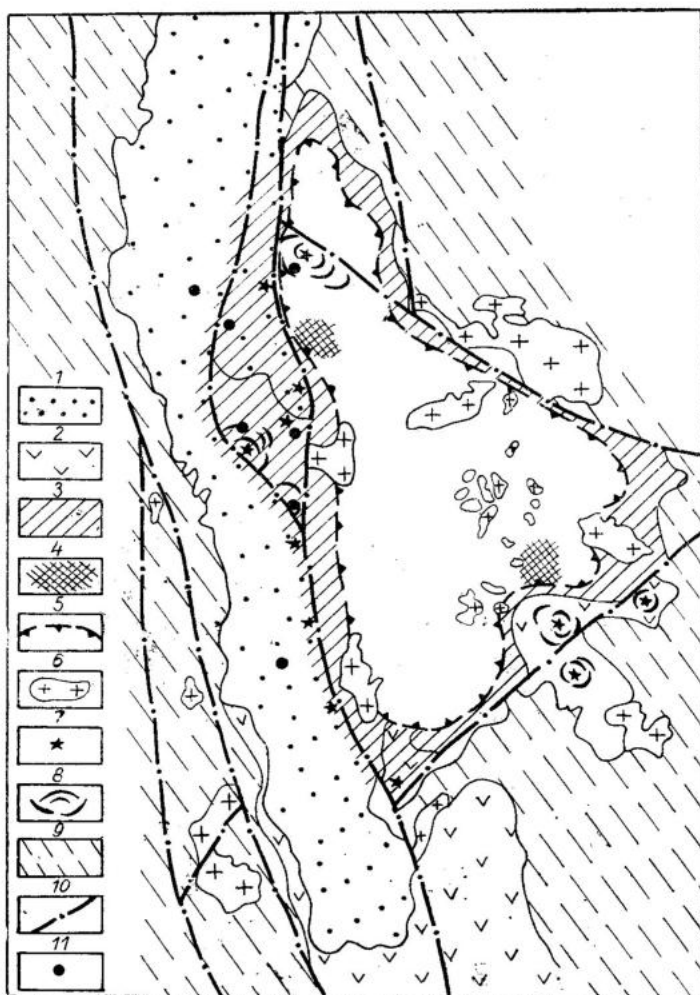


Рис. 1. Позиция рудного поля в региональных структурах:
 1 — верхнемеловые липариты, выполняющие меридиональный прогиб; 2 — верхнемеловые андезиты; 3 — краевые фации углесто-терригенной свиты; 4 — участки угленакопления; 5 — границы впадины; 6 — верхнемеловые гранодиориты; 7 — центры раннемеловых вулканов; 8 — вулкано-купольные структуры; 9 — основание вулканитов триасового возраста; 10 — разломы; 11 — золото-серебряные проявления

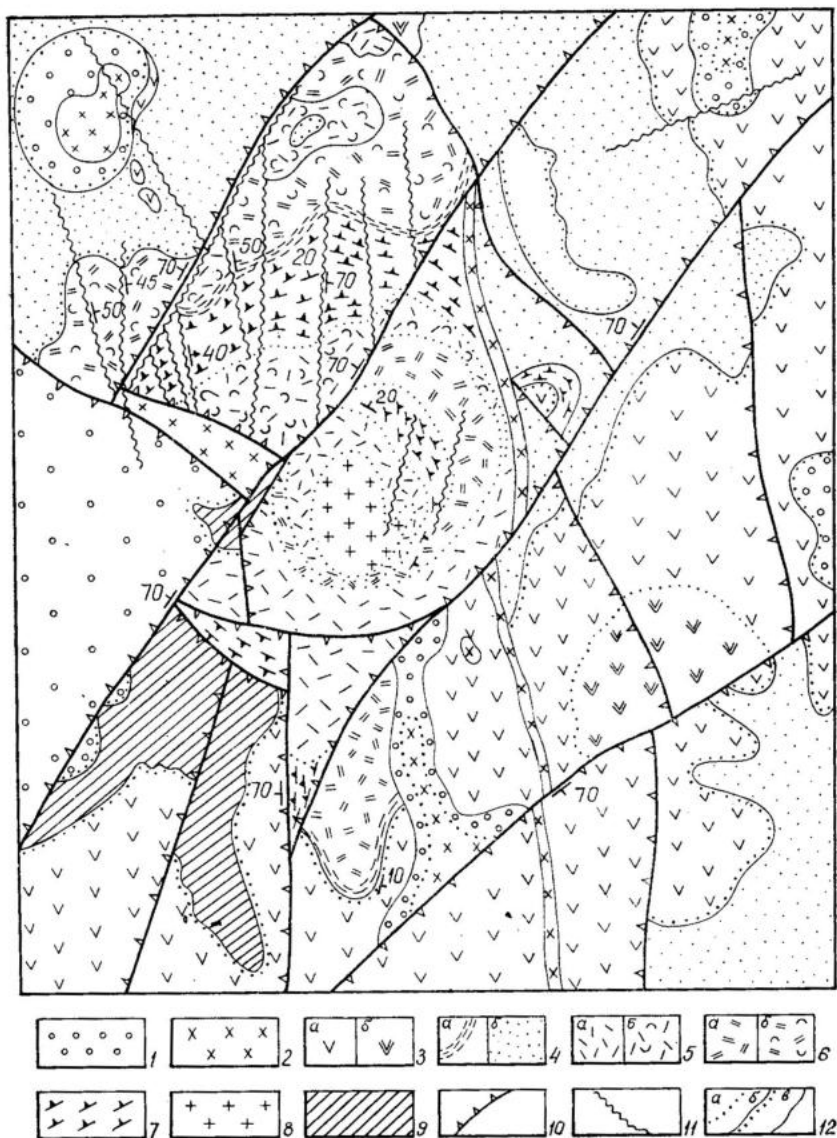


Рис. 2. Геолого-структурная схема рудного поля:
 1—3—верхнемеловые: 1 — липариты и их туфы, 2 — невадиты, 3 — андезиты покровных (а) и субвулканических (б) фаций; 4—6—раннемеловые: 4 — аргиллиты (а) и алевролиты (б), 5 — мелкопорфировые липариты (а) и их туфы (б), 6 — флюидальные афировые липариты (а) и их туфы (б); 7 — элементы флюидальности; 8 — раннемеловые трахилипариты (невадиты); 9 — алевролиты триаса; 10 — разломы; 11 — рудные тела; 12 — границы фациальные (а), стратиграфические (б), интрузивные (в)

Выше «пятнами» залегают различные туфы кислого состава (от псаммитовых до пепловых) с маломощными прослоями алевролитов. Субвулканическое тело крупнопорфировых трахилипаритов постепенно сменяется порфировыми липаритами флюидалной текстуры, а те, в свою очередь, по мере удаления сменяются флюидалными афировыми липаритами, вмещающими рудные тела. Со сменой фаций флюидалность липаритов выполаживается — от 30-50° вблизи субвулканического тела до 10-20° на удалении от него, в частности в рудоносной части купольной структуры. Возникновение последней относится к этапу раннемелового вулканизма и по типу она относится к вулканическим куполам истечения (Лучицкий, 1971).

В более поздние периоды купольная структура продолжала развиваться. На раннемеловых вулканитах кислого состава с небольшим (5—10°) угловым несогласием залегают раннемеловые углисто-алевролитовые толщи, которые (хотя и в более пологих углах падения) маркируют купольную структуру. По мере приближения к центру купола резко уменьшается мощность этих отложений; окончательное оформление купола произошло позднее отложения углисто-алевролитовых толщ и связано, вероятно, с внедрением гранитоидов, существование которых на глубине 1200—1500 м подтверждено структурными скважинами.

Купольная структура разбита серией разломов северо-восток-близмеридионального и северо-западного простираний сбросо-сдвигового характера со значительными амплитудами перемещений, которые разделяют рудное поле на ряд в различной степени рудоносных блоков. Общими признаками синвулканической активности этих разломов являются: различия в разрезах вулканитов для блоков, разделяемых разломами; гофрировка флюидалности липаритов вблизи разрывов; широкое развитие в разломах эксплозивно-брекчиевых образований. Последние залегают в форме ветвящихся по восстанию даек (длиной до 900 м, мощностью до 60 м) и столбообразных тел, достигающих в поперечнике нескольких десятков метров и прослеживающихся иногда по вертикали на 300 м.

Брекчиевые породы пространственно ассоциируют с рудоносными образованиями и представлены несколькими разновидностями. Наиболее распространены черные пелитовые и алевролитовые разности, известные под названием туффизитов. Как отмечает Н. А. Фогельман (1968), данный термин введен Э. Клоосом в 1941 г. специально для подобных образований, которые по представлениям этого исследователя перемещались снизу вверх под большим давлением, проникая в узкие трещины как газово-туффизитовая эмульсия.

Б. И. Берман (1973) предполагает большую роль мобилизации газовыми эманациями вещества осадочных и вулканогенно-осадочных пород в подобных образованиях, предлагая называть их «мобилизитами». Это объяснение позволяет понять большое сходство между мобилизитами и алевролитами по составу и постепенное их исчезновение с глубиной.

Внешне это черные углистые породы, состоящие из тонкого пелитоморфного материала, в котором иногда заключены остроугольные или угловато-округлые обломки вмещающих пород различной крупности. Обладая большой инъекционной активностью, туффизиты зачастую образуют текстуры течения, принимаемые за слоистость. Тонкий пелитоморфный материал образует дайкообразные апофизы во вмещающие породы, а также проникает в них по сети тонких трещин.

Вследствие наложения на туффизиты гидротермальных изменений, брекчирования и окварцевания они часто трудноотличимы от алевропеп-

литов, но их выделение важно, поскольку туффзиты часто маркируют рудоносные структуры и, вероятно, способствуют выделению рудной минерализации, определяя положение рудных столбов.

Ряд крупноамплитудных разломов северо-восточного и северо-западного простираний, как отмечалось, разделяет купольную структуру на блоки. К крупному сбросу близмеридионального простирания приурочена рудная зона, в строении которой отчетливо выделяются элементы дорудной тектоники и разрывы синрудного этапа. Дорудный этап характеризуют мощные полосы трещиноватости и дробления пород с простиранием $10-20^\circ$ и крутым (70°) падением на запад. Основной тектонический шов зоны, представленный бурой неминерализованной тектонической глиной трения мощностью от первых дециметров до 1,5 м, прослеживается на изученном интервале зоны в ее висячем боку; с обеих сторон, как правило, его сопровождают полосы дробленных, рассланцованных или развальцованных пород мощностью 0,5-2 м. В 30-50 метровой полосе со стороны лежащего бока основного шва зоны, параллельно ему, широко проявлены протяженные сколовые трещины с зеркалами и бороздами скольжения, свидетельствующие о сбросовом характере перемещений. В направлении к центру зоны их количество и протяженность уменьшаются. Общая амплитуда сбросовых перемещений в дорудный этап оценивается по смещению горизонта алевропелитов в 200 м.

В рудный этап в пределах зоны происходило приоткрывание как дорудных, так и, по-видимому, синрудных трещин с образованием сравнительно протяженных «стволовых» жил кварцевого и кварц-адулярового состава, иногда с родонитом. Текстура их обычно брекчиевидная (с обломками от долей см до 0,3 м, причем мелкие обломки наиболее округлены). Контакты жил неровные, извилистые, но в большинстве случаев четкие, приваренные.

В сечении рудной зоны устанавливаются, как правило, 1-2, реже 3 жилы, тяготеющие к центральной части и располагающиеся кулисообразно. От них отходит в стороны сетка маломощных оперяющих и субпараллельных прожилков аналогичного состава.

В плане рудная зона образует дугу, обращенную выпуклостью к востоку, а в разрезе она имеет клиновидную форму с сужением на глубину. По падению общая мощность зоны (а также мощность жильных тел) закономерно уменьшается с появлением большего числа субпараллельных и оперяющих трещин; относительное количество обломков породы в жилах также уменьшается, размеры их возрастают и обломки приобретают форму остроугольных отторженцев без заметных следов перемещения. С глубиной рудные жилы все больше и больше «прижимаются» к основному рудоконтролирующему шву зоны.

Таким образом, если первой особенностью рудного поля можно считать наличие длительно развивающейся купольной структуры, а второй — развитие крупных синвулканических сбросов, развивающих ее на блоки, то третья существенная особенность оруденения — локализация его в крупном сбросе, что предопределяет большие мощности и сложное строение формирующихся при этом рудных тел.

Широкое развитие имеют также рудные тела в разломах синрудного заложения без признаков дорудного формирования. Строение их весьма разнообразно: однородные плитообразные тела существенно кварц-родонитового состава; жилообразные простые тела ритмично-полосчатого строения; сложные, с нечеткими контактами тела гиганто-брекчиевого строения; полосы субпараллельных, ветвящихся и пересекающихся прожилков. Все эти элементы строения рудных зон изменя-

ются преимущественно от одной зоны к другой и сменяются по простиранию одной и той же зоны.

Многостадийное формирование рудных тел позволяет уточнить возрастные соотношения рудовмещающих разрывов. Выделяются стадии: кварц-хлорит-полиметаллическая (с сереброносным галенитом); продуктивная адуляр-кварцевая с самородным серебром, его сульфосолями и акантитом; серебро-родонит-кварцевая; сульфидно-карбонатная. Развитие рудовмещающих структур во времени четко маркируется проявлением родонита в жильном выполнении: первые две стадии связаны с активностью рудовмещающего сброса и субпараллельных ему близмеридиональных трещин, а две последние — с развитием сопряженных северо-западных разрывов.

Общий контур промышленного оруденения по своей конфигурации конформен северному крылу купольной структуры и полого погружается к северу. Внутри этого контура в плоскости рудных тел отмечается ряд обогащенных «струй», отвечающих положению рудных столбов эллипсовидной формы, ориентировка длинных осей которых соответствует общему погружению промышленного контура. Наряду с этими достаточно крупными участками концентрации богатых руд, выделяются небольшие по масштабам, выклинивающиеся на протяжении нескольких метров рудные «гнезда», заключающие очень высокие концентрации серебра.

Важным критерием, определяющим локализацию рудных столбов месторождения, следует считать пространственное совмещение разновременных минеральных ассоциаций в долгоживущих рудоносных структурах. Так, например, если кварц-хлорит-полиметаллическая и кварц-адулярная минеральные ассоциации не дают высоких содержаний серебра при их автономной локализации, то пространственное их совмещение, наложение аргентит-адулярной минерализации на хлорит-полиметаллическую имеет своим следствием формирование богатых руд. Увеличивается промышленная значимость и серебро-родонит-кварцевой ассоциации в случае ее наложения на хлорит-сульфидный субстрат, что особенно наглядно проявляется, поскольку рудовмещающие структуры, заключающие эти ассоциации, сопряжены под острыми углами. Причина состоит, видимо, в электрохимическом воздействии сульфидов на серебросодержащие комплексные соединения (Сахарова, Лобачева, 1967), вызывающем их разрушение и выделение серебро-аргентитового парагенезиса.

В качестве структурных критериев, определяющих положение рудных столбов, по результатам анализа распределения минерализации на продольных и вертикальных проекциях рудных тел могут быть названы области сопряжения под острыми углами рудовмещающих разрывов и области волнообразного изгиба их поверхности.

Образованию рудных столбов способствует также пульсирующий характер отложения руд в пределах одной стадии минерализации. Наличие многочисленных локальных тектонических импульсов и подвижек при отложении руд и, вследствие этого, интратрудное брекчирование, многократная смена однотипных минеральных парагенезисов, ритмично-полосчатые текстуры руд, отложившихся в одну стадию минерализации, служат благоприятными критериями формирования рудных столбов.

В связи с этим жилы и участки рудных зон с различными текстурами и структурами, сложенные одними и теми же минеральными ассоциациями, в различной степени рудоносны.

Присутствие в зонах четких дорудных швов с глиной трения яв-

ляется отрицательным критерием, поскольку в этом случае по ним в основном происходит разрядка слабых внутриминерализационных тектонических импульсов.

В качестве благоприятных минералогических критериев могут быть указаны также: пересечения рудной зоной тел «туффизитов» с большим количеством углистого вещества; заметные скопления раннего флюорита в рудных столбах, что, возможно, является признаком концентрации на таких участках фторсодержащих соединений, с которыми золото и серебро мигрировали в рудоносных растворах.

Опираясь на приведенные данные и материалы по другим сходным полям с месторождениями серебра в вулканических областях, можно констатировать следующие их особенности.

1) Формирование в отчетливо выраженной обстановке тектонического растяжения (сочетания купольных структур с крупноамплитудными региональными сбросами).

2) Крупные сбросы являются как рудоконтролирующими, так и рудовмещающими структурами.

3) Как следствие этого, рудные тела представлены преимущественно минерализованными зонами дробления большой мощности.

4) В некоторых случаях установлены скрытые на глубине интрузивы гранодиоритового состава, которым придается структурообразующая роль.

5) Оруденение часто экранируют эффузивные и глинисто-углистые толщи.

Критериями прогнозирования рудных полей описанного типа (в совокупности с выдвигавшимися ранее) являются: 1) приуроченность к вулканическому поясам, возникшим в этапы тектоно-магматической активизации окраин континентов; 2) размещение в блоках континентальной коры увеличенной мощности; 3) связь со сквозными поперечными структурами, наследующими древние блокоограничивающие разломы фундамента; 4) поднятия фундамента вулканических поясов; 5) наличие завершающих фаз липаритовой и андезит-липаритовой формаций, характеризующихся увеличением общей щелочности и соотношения K/Na ; 6) вулканические серии, для которых характерно резкое изменение первичных соотношений Ag/Au ; 7) наличие скрытых интрузий гранитоидов в основании вулканических поясов; 8) поля ар-гиллизитов и пропилитов с признаками окварцевания, проявлений скарнирования и грейзенизации.

В полиформационных рудных районах месторождения серебра приурочиваются к внешним зонам зональных рядов рудных формаций $Cu-Mo-Pb-Zn-Au-Ag$ и к областям лито- и гидрохимических аномалий Pb, Zn, Sb и Ag .

ЛИТЕРАТУРА

Бабкин П. В., Калинин А. И., Стружков Ф. Э. Новый тип рудных тел золото-серебряного месторождения. Докл. АН СССР, 1974, т. 216, № 3, с. 619—621.

Берман Б. И. Криптовулканическая мобилизация и ее роль в создании рудоносных комплексов. «Советская геология», 1973, № 4, с. 24—36.

Лучицкий И. В. Основы палеовулканологии. Т. I. М., «Наука», 1971.

Сахарова М. С., Лобачева И. К. Электрохимическое исследование процессов отложения золота на сульфидах. «Геология рудных месторождений», 1967, № 4, с. 46—55.

Фогельман Н. А. Тектоника мезозойского сводового поднятия Забайкалья и закономерности размещения в его пределах золоторудных месторождений. Труды ЦНИГРИ, вып. 84, 1968.

ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ КРИТЕРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОРУДЕНЕНИЯ И РУДНЫХ СТОЛБОВ ДЛЯ РУДНЫХ ПОЛЕЙ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПОЯСА

Рудное поле расположено в Корякско-Центрально-Камчатском вулканогенном поясе, сформировавшемся в неоген-четвертичное время на верхнемеловом геосинклинальном основании, смятом в складки северо-западного и близмеридионального простираний. Оно приурочено к северо-восточной части вулканической постройки, которая контролируется сочленением северо-восточного, северо-западного и субмеридионального нарушений, отражающих скрытые разломы фундамента, и имеет в основании форму овала размером 13×18 км². Характерно концентрически зональное размещение вулканитов при периклинальном залегании эффузивов. Углы падения колеблются от 15° в прикальдерной части до 5° на периферии палеовулкана.

Вулканическая постройка сложена преимущественно двупироксеновыми андезито-базальтами при подчиненном значении переходных разностей — от гиперстеновых базальтов до биотит-роговообманковых липарито-дацитов. Широко распространены жерловые фации, а также штоки, дайки и экструзии базальтов и липарито-дацитов, трассирующие радиальные и дуговые разломы. Эти породы относятся к единому ряду и, вероятно, отражают последовательную кристаллизационную дифференциацию. Они относятся к образованиям базальт-андезит-дацит-липаритового магматического комплекса верхнемиоцен-плиоценового возраста.

Глубинные разломы ограничивают относительно поднятый северо-восточный сектор палеовулкана, в центральной части которого выделяется опущенный эллипсовидный участок размером $2,5 \times 3,5$ км², вмещающий наиболее крупные субвулканические тела; он рассматривается как кальдера (Щепотьев и др., 1978).

Вдоль длинной оси кальдеры развита система сближенных, веерообразно расширяющихся в северо-восточном направлении разрывов, длиной около 8 км. Отдельные разрывы фиксируются ветвящимися дайками и нарушениями с интенсивным развитием глиноподобных пород.

1. Структура рудного поля

Рудное поле приурочено к поднятому северо-восточному сектору палеовулкана и характеризуется структурой, обусловленной комбинацией радиальных и дуговых синвулканических разломов.

Адуляр-кварцевые и карбонат-кварцевые жилы с золото-теллуридным оруденением сконцентрированы на трех основных участках, причем два первых участка, заметно обособленные на поверхности, на глубине 100 метров объединяются. На рудном поле преобладают разломы северо-восточного и северо-западного направлений, в меньшей мере развиты субмеридиональные и субширотные. Наиболее многочисленны системы трещин отрыва и малоамплитудных сбросо-сдвигов северо-восточного простирания, сконцентрированные в ранее упоминавшейся зоне разрывов. В юго-западной части палеовулкана она имеет ширину 200-500 м, в пределах кальдеры — около 1 км, далее к северо-востоку на рудном поле зона расширяется до 3 км. Углы падения раз-

ломов 70-90°, иногда на рудном поле разломы падают под углом 45-60° к центру палеовулкана. Мощность зон отдельных разломов не превышает 10 м. Разломы часто выражены в рельефе крутыми уступами стенок высотой до 5-7 м или глубокими 3-5 м отрицательными формами. Амплитуды перемещения по разломам невелики — до 10-50 м. В зонах разрывов наблюдаются брекчии, иногда сцементированные кварцем, и милониты с зеркалами скольжения.

В разломах северо-восточного простираения сосредоточены основные золоторудные тела рудного поля. Многие из них первоначально представляли собой радиальные трещины палеовулкана, выполненные дайками и вписывающиеся в общую центриклинальную структуру; позднейшими подвижками по разрывам северо-восточного направления они были вовлечены в новую тектоническую структуру — зоны разрывов северо-восточного направления.

Северо-западные нарушения менее многочисленны и фиксируются на северо-восточном фланге. Они хорошо прослеживаются несмотря на небольшие мощности (1—2 м) и протяженность, являясь обычно малоамплитудными (до первых десятков метров) дугowymi сбросами. Северо-западные разрывы не вмещают жильных тел и часто являются послерудными.

Разрывы субширотного и субмеридионального направлений служат опорами по отношению к вышеописанным и связаны с унаследованием фрагментов радиальных и дугowych разломов палеовулкана. Они фиксируются как непротяженные трещины скола и отрыва и представлены зонами интенсивной трещиноватости пород, иногда вмещающими жильные тела. Гидротермально измененные породы и золотоносные жилы находятся в тесной связи с дайками андезитов, андезитобазальтов и диоритовых порфириров северо-восточного простираения. Структуры, контролировавшие размещение даек и жил, развивались по близкому и унаследованному плану.

Внутри рудного поля кварцевые жилы и дайки размещаются по периферии основного эксплозивного центра и сконцентрированы в уплощенных симметричных рудно-магматических пучках (рис. 1), ветви которых полого склоняются на глубину в юго-западном направлении к основному жерлу палеовулкана (Гузман, 1982).

2. Морфология рудных тел и особенности строения рудовмещающих структур

Сложное сочетание разноориентированных разрывов в условиях неоднократного подновления трещин в предрудный и рудный этапы обусловило многообразие морфологических типов рудовмещающих структур, которые представляют собой разрывные нарушения типа малоамплитудных сбросов, трещин скалывания и отрыва. Учитывая незначительные амплитуды смещения по большинству сбросов, различия между ними и трещинами скола весьма условны. Сколовые трещины характеризуются значительной протяженностью, сравнительно прямой конфигурацией, наличием милонитов различной мощности с хорошо выраженными зеркалами скольжения. Почти во всех зонах отмечается как субгоризонтальная ориентировка борозд на зеркалах скольжения, так и наклонная (от пологих до крутых углов наклона 60-80°). С рудовмещающими зонами сколового типа связаны основные рудные тела месторождения.

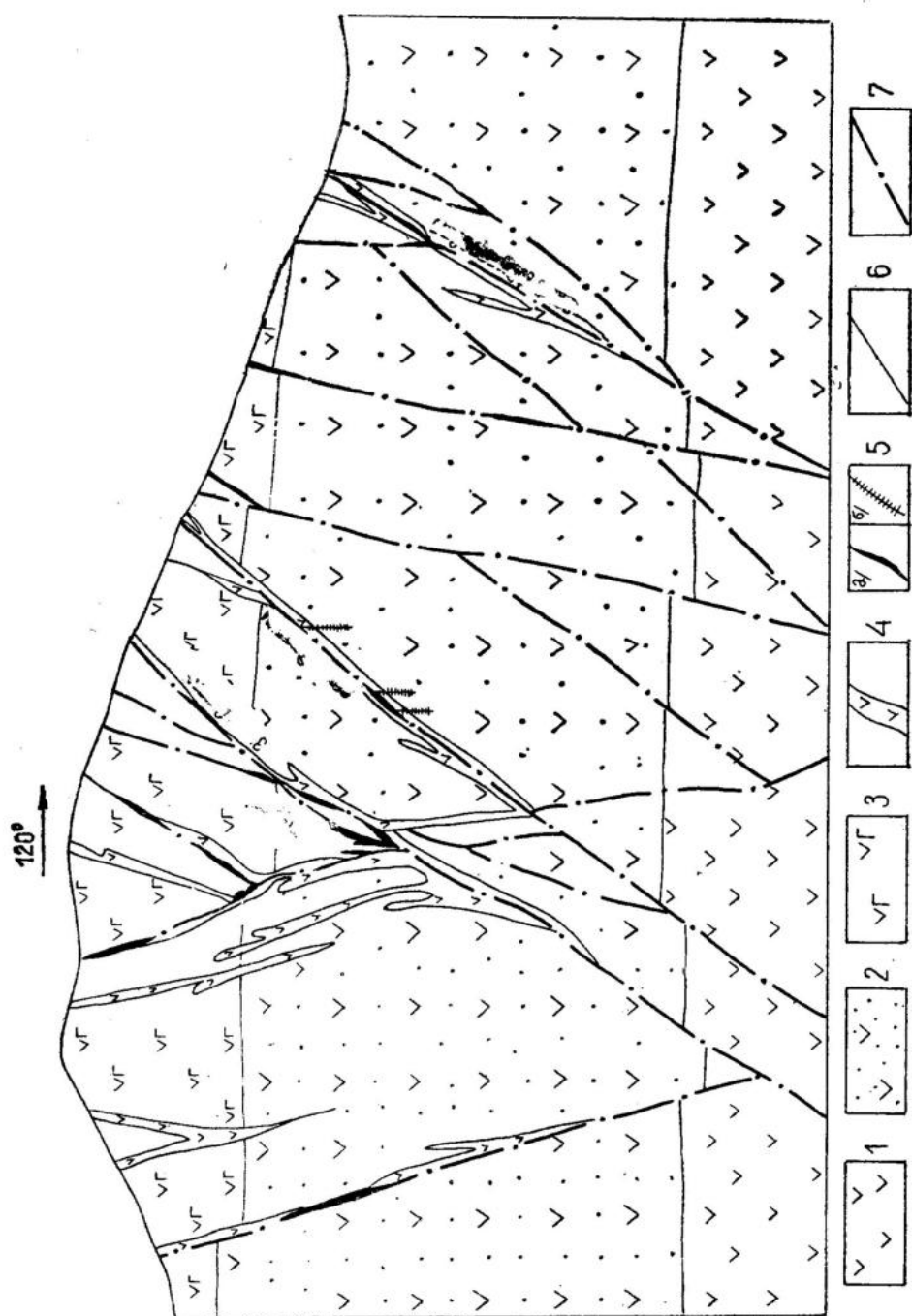


Рис. 1. Схематический геологический разрез центральной части месторождения:
 1 — андезито-базальты и их туфы; 2 — андезиты и их туфы; 3 — базальты, андезито-базальты и их туфы; 4 — дайки
 андезитов, андезито-базальтов; 5 — адуляр-кварцевые жилы (а) и прожилки (б); 6 — геологические границы; 7 — раз-
 рывные нарушения

Трещины отрыва являются как радиальными и дуговыми разрывами, так и периферическими отрезками оперяющих сбросов и сколов. Для всех рудных тел, приуроченных к данным трещинам, характерны сложная конфигурация, многочисленные изгибы, апофизы и ветвление, а также структуры типа «конского хвоста». Результативная картина морфологии рудовмещающих зон часто представляет собой сложное сочетание трещин скалывания и отрыва.

Рудовмещающие структуры фиксируются тектоническими зонами дробления и повышенной трещиноватости пород, часто с глиной трения на плоскостях скольжения, многочисленными дайками, линзами и прожилками адуляр-кварцевого, кварц-карбонатного состава; разрывные нарушения тяготеют к контактам даек или пересекают их (см. рис. 1). Золотосодержащие жилы выполняют лишь небольшие участки разрывов.

Рудные тела представляют стержневые кварцевые жилы, сопровождающиеся серией апофиз и прожилковым окварцеванием; часты взаимные переходы жил в зоны прожилков, характеризующихся сложной морфологией: сериями линз, четок, прожилков, иногда расположенных кулисообразно. Обычно усложняются окончания жил, причем характерны постепенное, начиная с горизонта 1000 м, расширение по восстановлению объема жильных тел и быстрое увеличение количества жил и прожилков к горизонту 1330 м.

Наиболее широко развиты малоамплитудные сбросы и трещины скола с крутым падением в юго-восточных и северо-западных румбах (рис. 2), значительного протяжения по падению и простиранию, часто вмещающие оруденение.

Менее многочисленны пологопадающие под углами 40-65° на северо-запад оперяющие трещины отрыва субмеридиональной ориентировки (простирание 10-20°), заключенные между описанными рудовмещающими зонами. Их протяженность не превышает первых сотен метров, а оруденение характеризуется незначительными масштабами. Отдельные линзы кварца висячем боку разрывов, особенно на участках сочленения с основными зонами, являются достаточно богатыми.

Субвертикальные маломощные (до 0,1-0,3 м) трещины отрыва северо-восточного и субширотного простираний, выполненные жилами и зонами прожилкования, оперяют основные рудоносные зоны. Для них характерны малые протяженность и мощность, быстрое выклинивание, расщепление на серию проводников и т. д.; однако содержание золота в них высокое и достаточно равномерное. Характерны также почти полное отсутствие гидротермальных изменений вмещающих пород и широкое развитие в числе жильных минералов кальцита и цеолитов. Причленяясь к основным структурам зоны, они образуют острый угол как в плане, так и в разрезе, что может быть обусловлено образованием их при сбросо-сдвиговых перемещениях. При этом подвижки относятся к наиболее поздней стадии рудного процесса, что и обусловило как особенности вещественного состава, так и практически полное отсутствие гидротермальных изменений.

Главными рудовмещающими структурами являются две зоны, образующие единую сопряженную систему сколовых нарушений, причем для одной из зон характерно главным образом «слепое» оруденение. При кажущейся простоте и слабой волнистости рудоносных зон, в целом, отмечаются значительные изгибы с тенденцией к постепенному искривлению плоскостей обоих разрывов как по простиранию, так и по падению: так, например, простирание упомянутой зоны на центральном участке изменяется от 28—30° до 35-55° и даже до субширотного

или субмеридионального. Характерно также изменение угла падения от $65-75^\circ$ до 90° и даже обратного падения (до 65°) на глубоких горизонтах, на участке приращения первой зоны ко второй. По латерали обратное (к северо-западу) падение отмечено и на более высоких уровнях северо-восточного фланга структуры; однако постепенно зона становится вертикальной или падает под углом 70° на юго-восток. Линия перегиба рудовмещающей структуры полого, с углом $20-30^\circ$, погружается к юго-западу. Для обеих зон характерны многочисленные

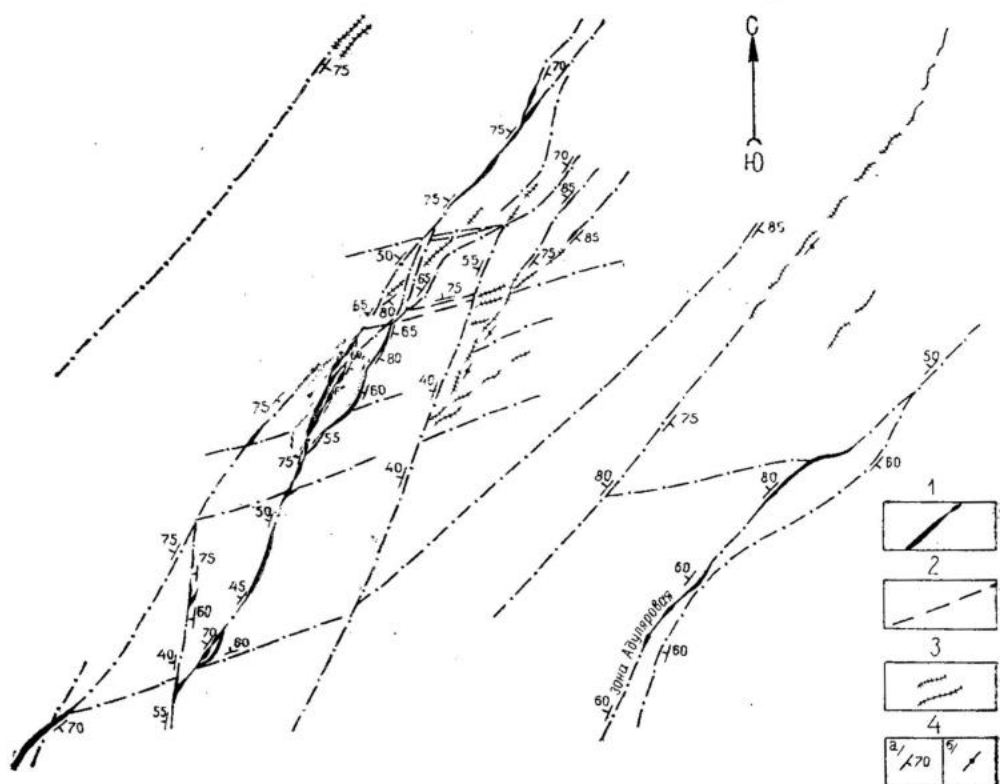


Рис. 2. Геолого-структурная схема месторождения на горизонте 1210 м: 1 — адуляр-карбонат-кварцевые жилы; 2 — разрывные нарушения; 3 — цеолит-карбонат-кварцевые прожилки; 4 — элементы залегания: наклонные (а) и субвертикальные (б)

трещины и апофизы, отходящие как от всячего, так и от лежащего бока основной структуры. Они возникали и возобновлялись многократно; породившие их деформации носили сложный пульсирующий характер и разрешались сбросами и сбросо-сдвигами (правосторонними в первой зоне и левосторонними во второй). При этом сбросо-сдвиговые перемещения предшествовали образованию наиболее крупных золотоносных апофиз, и наибольшее число оперений отмечается на участках искривления зоны, а также в области сопряжения основных структур (см. рис. 2). При относительно пологих (менее 65°) углах падения оперяющие трещины фиксируются чаще в всячем боку.

3. Особенности локализации рудных тел

В пределах главных рудоносных зон с глубиной наблюдается слияние отдельных непротяженных рудных тел в общую пологосклоняющуюся ленту оруденения, осложненную в верхних частях крутопадающими рудными столбами (рис. 3). Общая протяженность рудных лент во много раз больше их ширины, а по вертикали достигает 500 м. В отдельных рудных столбах, длина которых не превышает 200 м, отмечается совмещение продуктивных минеральных ассоциаций. Контуры рудных тел обычно совпадают с кварцевыми жилами, а при широком развитии оперяющих трещин становятся причудливыми; их промышленные границы определяются по данным опробования. Зона сопряжения встречнопадающих структур (см. рис. 1, 3) обусловила расположение жильных тел и связанной с ними минерализации в виде пологих лент. Оруденение размещается, в целом, выше зоны сочленения и сконцентрировано в интервалах изменения углов падения от субвертикальных до пологих, на участках резкого ветвления рудоносных структур.

В пределах второй зоны в рудной ленте, склоняющейся под углом 10° к юго-западу (см. рис. 3), в верхних ее частях фиксируются 5 рудных столбов с углами склонения $35-40^\circ$, сменяющимися по восстанию углами до 90° .

Характерно асимметричное распределение содержаний золота: наибольшие концентрации отмечаются близ верхней «висячей» кромки бананцев, на центральных участках столбов с резкими переходами от богатых к рядовым рудам. В северо-восточном направлении смена богатого оруденения на рядовое более постепенна. Асимметрия распределения, по-видимому, связана с экранирующим влиянием крупных апофиз, линии причленения которых часто совпадают с границами рудных столбов.

Положение отдельных бананцев определяется их локализацией в трещинных полостях, образованных в местах локальных изгибов рудоносной структуры, часто фиксируемых участками причленения крупных апофиз субмеридионального простирания или поперечных трещин субширотного направления.

Рудные тела, приуроченные к «перемычкам» (трещинам отрыва), часто оконтуриваются с нескольких сторон линиями их сочленений с основными структурами. Последние играют важную роль в появлении резко обогащенных золотом «струй» и бананцев внутри контура бедных и рядовых руд, обусловленных экранированием рудоносных растворов зонами дробления и милонитизации.

Рассмотрение особенностей локализации рудных тел описываемого рудного поля и других проявлений золота показывает, что основными факторами концентрации оруденения являлись: зоны сочленений плоскостей встречнопадающих рудоносных структур, совпадающие с участком их резкого разветвления; локальные изгибы рудовмещающих трещин как по простиранию, так и по падению; участки причленения апофиз и других дизъюнктивов. Зоны сочленений встречнопадающих рудовмещающих структур, фиксирующихся сходящимися на глубину пучками жил и зон прожилкования, являлись, по-видимому, основными факторами в локализации оруденения не только для данного рудного поля, но и для других рудных полей Камчатки. Все эти факторы могут быть использованы как при прогнозировании новых рудных тел в пределах рудовмещающих структур, так и при оценке руд-

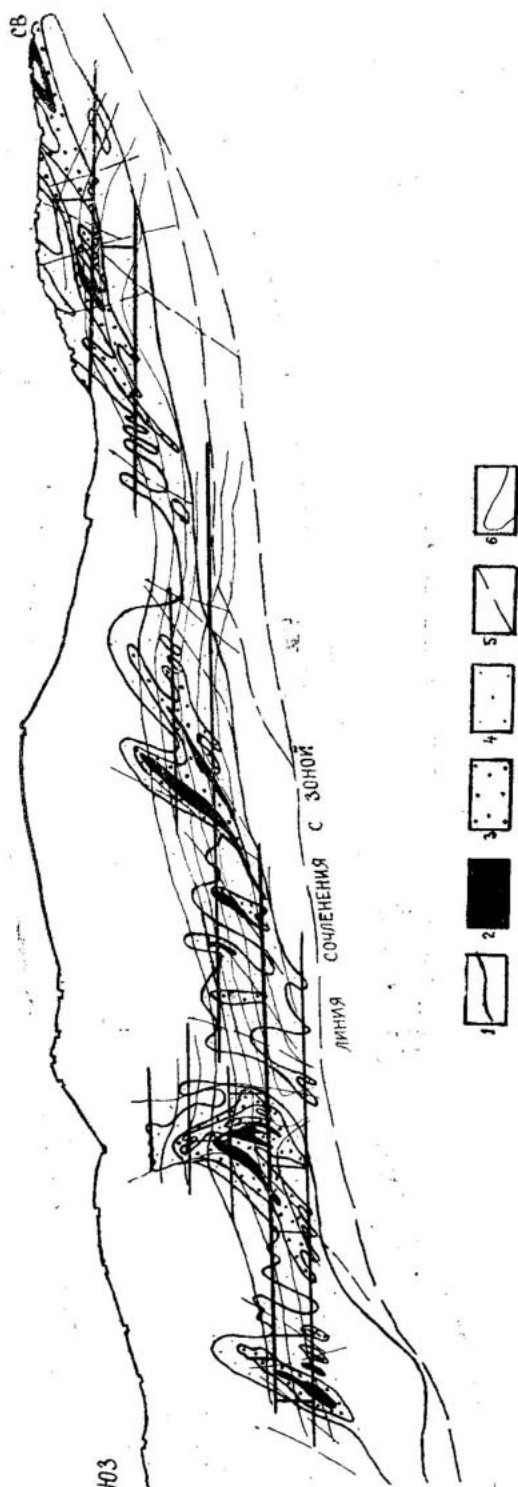


Рис. 3. Продольная проекция рудомещающей зоны на вертикальную плоскость:
 1 — границы участков оруденения различной интенсивности; 2 — богатые руды; 3 — бедные руды; 4 — бедные руды; 5 — линии сочленения с основными, оперяющимися и сопряженными разрывами; 6 — изолянт лежащего бока рудомещающей зоны

Структурные критерии прогноза золото-серебряного оруденения для Центральной Камчатки

Установленные геологические факты и закономерности	Основанные на них критерии	Объект прогноза
Золотая минерализация приурочена к палеовулкану в месте пересечения скрытых разломов фундамента. Вулканы дифференцированы. Характерны субвулканические тела в дуговых и радиальных разломах	Специфические палеовулканические структуры непрерывной андезит-базальтовой формации	Рудный узел
Рудопроявления сконцентрированы на периферии эксплозивного центра со штоком сложного состава	Золотое оруденение приурочено к прикарднерным участкам, секторным блокам на склонах и периферии, к блокам, насыщенным дайками, ограничения которых обусловлены сочетанием осевых, радиальных и дуговых разломов	Рудное поле
Сходящиеся на глубину системы рудных жил и даек полого склоняются к центру палеовулкана	Уплотненные пучки падающих навстречу даек и жил (вероятно, рудно-магматические) определяют контуры участков с деформированным оруденением	Месторождение
Промышленное оруденение приурочено к парам сопряженных долговязых разломов сложной морфологии (маломасштабные сбросы, трещины скалывания и отрыва)	Рудные тела размещаются в изгибах и ветвлениях рудонесущих дизъюнктивов, выше линий сочленения их с сопряженными встречнопадающими разрывами	Рудное тело
Богатые участки рудных тел локализируются в усложненных отрезках дизъюнктивов	Рудные столбы приурочены к резким изгибам дизъюнктивов по простиранию и падению в интервалах причленения оперяющих апофиз и поперечных разрывов и чаще располагаются в верхних частях рудных тел, в их висячем боку	Рудный столб

ного поля в целом. Предлагаемые геолого-структурные критерии прогноза перечислены в таблице. Они должны использоваться в сочетании с другими критериями.

ЛИТЕРАТУРА

Гузман Б. В. Особенности локализации оруденения на одном из месторождений золото-серебряной формации. В сб.: Геология, минералогия, геохимия, методы поисков, разведки, обогащения и анализа рудных полезных ископаемых (тезисы докладов). ЦНИГРИ, 1983, с. 56.

Щепотьев Ю. М., Петренко И. Д., Вартанян С. С. Особенности геологического строения рудного поля в палеовулканической структуре. Труды ЦНИГРИ, вып. 133, 1978, с. 29—40.

*А. А. Стороженко, Р. О. Берзон,
М. Л. Шерман, В. А. Лопатин,
И. К. Стороженко*

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЗИЦИИ И СТРУКТУРЫ РУДНЫХ ПОЛЕЙ И КРИТЕРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СУЛЬФИДНО-ВКРАПЛЕННОГО ОРУДЕНЕНИЯ В МЕТАМОРФОГЕННЫХ ТОЛЩАХ

Месторождение входит в состав рудного узла, который расположен в присводовой части центрального антиклинория — структуры первого порядка миогеосинклинальной области Енисейского кряжа. Эта область ограничена продольными и поперечными тектоническими зонами разломов глубинного заложения и осложнена более мелкими разломами прямолинейных, дуговых и кольцевых очертаний.

Рудный узел размещен в сегменте одной из неполно-кольцевых структур, установленной при дешифровке аэрофотоснимков. С северо-запада, северо-востока и юго-востока он ограничен массивами гранитоидов, а с юго-запада и востока — и разломами (рис. 1).

В строении сложнодислоцированного рудовмещающего терригенно-карбонатного комплекса, представленного отложениями кординской и горбилонской свит позднего протерозоя, участвуют темно-серые и зеленовато-серые тонкозернистые известковистые кварцево-сланцевые сланцы с прослоями и линзами слюдястых кварцитов и мраморизованных известняков, а также амфиболовых, кварцево-сланцевых гранатовых и углеродистых слюдясто-кварцевых сланцев. Общая мощность отложений составляет более 2 км.

Золотое оруденение рудного узла локализовано в породах кординской свиты вблизи контакта слюдясто-кварц-карбонатных пород с углеродсодержащими слюдясто-кварцевыми сланцами, в зоне с широким развитием пирротина, которая отчетливо прослеживается магнитометрией.

Структурная обстановка локализации оруденения в разных частях рудного узла изменяется в зависимости от морфологии складок и сочетаний элементов пликативной и дизъюнктивной тектоники. На западном фланге рудного узла оруденение приурочено к послойным зонам нарушений в крутопадающем крыле складки северо-восточного простиранья. Эти нарушения тяготеют к контактам кварцево-сланцевых

карбонатных пород с углеродистыми сланцами, что обуславливает своеобразный «структурно-стратиграфический контроль оруденения»: рудная зона в своих очертаниях повторяет конфигурацию горизонта углеродистых сланцев (рис. 2). Вдоль нее, в замковой части второстепенной синклинали, рассеченной системой веерообразных разломов,

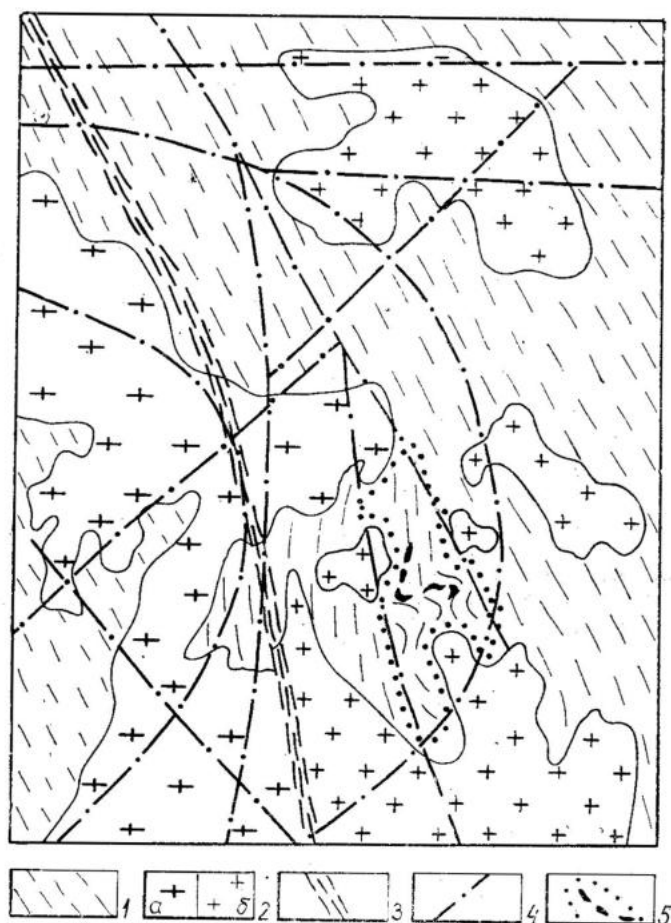


Рис. 1. Схема строения района (составлена по материалам ПГО Красноярскгеология):

1 — метаморфизованные карбонатно-терригенные породы верхнего протерозоя; 2 — граниты верхнего протерозоя: гранито-гнейсы мигматит-гнейсо-гранитовой формации (а), биотитовые граниты батолитовой формации (б); 3 — зона глубинного разлома; 4 — тектонические зоны по данным космofотоснимков; 5 — рудный узел (внутри контура толстыми штрихами показано положение главных проявлений золотого оруденения)

размещается рудопоявление. Расположенное восточнее месторождение локализуется в северном крыле антиклинали, которое смято в лежащие складки высоких порядков, нередко с почти горизонтальным положением осевых плоскостей. Рудные тела пластообразной формы локализованы здесь как в крыльях, так и в замках опрокинутых и лежащих складок (рис. 3). Рудное тело рассматриваемого участка, являю-

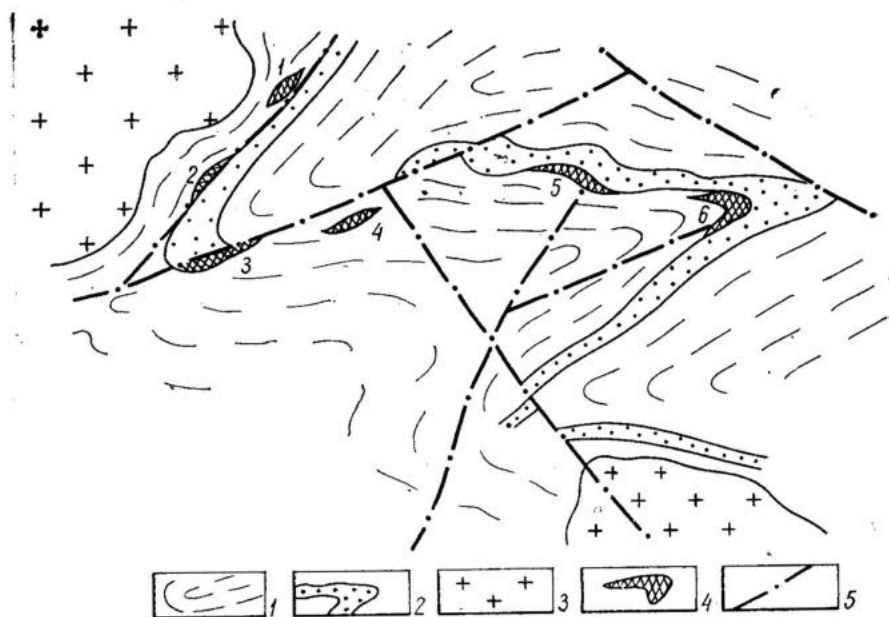


Рис. 2. Схема строения главной рудоносной зоны (составлена по материалам ПГО Красноярскгеология):

1 — известковистые кварцево-сланцевые сланцы, кварциты, мраморизованные известняки; 2 — горизонт черных углеродистых сланцев; 3 — граниты; 4 — положение главных проявлений золотого оруденения (1—6); 5 — разрывные нарушения

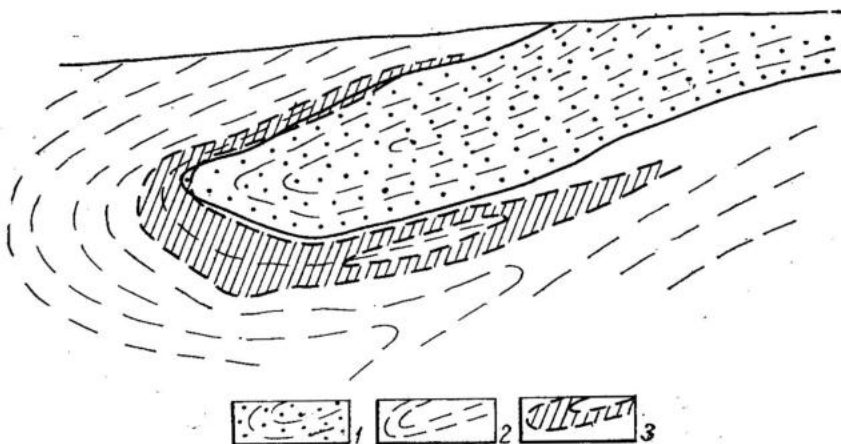


Рис. 3. Схематический разрез месторождения (составлен по материалам ПГО Красноярскгеология):

1 — углеродистые кварцево-сланцевые сланцы; 2 — известковистые кварцево-сланцевые сланцы, кварциты, мраморизованные известняки, 3 — рудное тело, представленное вкрапленным золото-сульфидным оруденением

щегося частью месторождения, залегает в замке антиклинальной складки, круто погружающейся на восток. Оно имеет в плане серповидную форму с большим раздувом в замке складки и с постепенным выклиниванием на крыльях.

Рассматриваемое месторождение типично для золото-сульфидной формации вкрапленного оруденения. Границы оруденелых участков нечеткие и устанавливаются по данным опробования, хотя рудным телам свойственно относительно равномерное содержание золота.

Первичные неокисленные руды представлены тонкой рассеянной вкрапленностью сульфидов в известковистых кварцево-слюдистых породах, реже в черных слюдисто-кварцевых сланцах. Набор рудных минералов довольно однообразен: повсеместно и часто в значительных количествах распространены пирротин, арсенопирит, пирит и антимонит. Гораздо реже встречаются халькопирит, сфалерит, галенит, блеклая руда, самородная сурьма. Количество рудных минералов колеблется, но редко превышает 10-12% от рудной массы.

Наиболее широко распространен пирротин; в рудных телах он развит в виде изометричных зерен с неровными контурами, подчиненными нерудным минералам, иногда образующим небольшие скопления. Характерно, что близ центральных участков рудных тел, где обильно проявлена арсенопиритовая и, особенно, антимонитовая минерализация, наблюдается пирротин второй генерации, с которым ассоциирует самородное золото.

Кристаллы и зерна арсенопирита (0,2-1,2 мм), составляющие 2-7% и присутствующие только в контурах рудных тел, содержат включения других рудных и нерудных минералов и часто характеризуются скелетными формами. Обычно арсенопирит тесно ассоциирует с пирротинном второй генерации и мелкими зернами золота.

Пирит распространен широко независимо от положения рудных зон; чаще он насыщает безрудные участки углеродистых слюдисто-кварцевых сланцев. Антимонит образует мельчайшие включения в пирротине второй генерации и арсенопирите или слагает тонкие прожилки, реже он образует линзовидные скопления мощностью до 1 м. Золотоносность, как правило, невысокая.

Золото на месторождении преимущественно мелкое (до 0,005-0,05 мм), реже наблюдаются золотины более крупных размеров. Его включения округлой и неправильной форм наблюдаются в пирротине второй генерации, арсенопирите или вблизи них в кварце и в других нерудных минералах, редко в антимоните.

Редкими минералами в рудах являются шеелит, джемсонит, гудмундит, киноварь, бертьерит и другие.

Расчет корреляции между мышьяком, сурьмой и золотом по выборке из 93 керновых проб месторождения показал следующее: коэффициент корреляции между сурьмой и золотом +0,17; между мышьяком и золотом +0,62; между мышьяком и сурьмой +0,32. Следовательно, продуктивной ассоциацией на месторождении является золото-арсенопиритовая, что подтверждается данными минераграфического изучения руд. Расчет коэффициентов корреляции золота с петрогенными элементами, проведенный по данным многочисленных силикатных анализов керновых проб рассматриваемого участка, ни в одном случае не показал значимых результатов.

Метасоматические процессы в связи с образованием руд выразились в окварцевании, серицитизации и интенсивной карбонатизации

пород. Для карбонатов метасоматических зон несколько снижено содержание магнезиальной и железистой составляющих по сравнению с карбонатами неминерализованных пород.

Существенной чертой является чрезвычайно широкое развитие линейных кор выветривания вдоль разломов; при этом породы и руды превращаются в глинистые агрегаты с сохранением рисунка структур и текстур исходных пород. Глубина распространения окисленных руд достигает 300 м. Для них типичны содержания золота, повышенные почти вдвое по сравнению с первичными рудами.

Вопросы генезиса месторождения пока не получили однозначного толкования. Это связано как с общей недостаточной изученностью региона, так и с неоднозначностью трактовок более широких аспектов металлогении золота Енисейского кряжа. Многие исследователи этого региона (В. А. Обручев, П. С. Бернштейн, Н. В. Петровская, Л. В. Ли и др.) золотое оруденение генетически связывают с гранитоидным магматизмом. При этом сколько-нибудь существенная роль сингенетичной с осадками золотоносности и региональных метаморфических процессов при рудообразовании ими полностью исключается. В частности, Л. В. Ли пришел к выводу о том, что региональный метаморфизм «... не приводит к существенному изменению первоначального содержания золота в метаморфизируемых породах» и поэтому «...связь рудных концентраций золота с процессами регионального метаморфизма является невозможной» (Ли, Шохина, 1974, с. 408—409; Ли, 1981). Вместе с тем В. Г. Петров (1974; 1976) придает ведущее значение сингенетическому золоту пород и, по мнению этого исследователя, золотоносные (в частности кварцево-жильные) месторождения Енисейского кряжа образовывались при участии поровой породной воды диффузионно-метасоматическим путем; генетическую связь рудообразования с интрузиями гранитов В. Г. Петров полностью отрицает. Ю. П. Бовин (1981) приходит к выводу о том, что при образовании золотоносных тел главными являлись процессы перераспределения первичных концентраций золота в осадочных породах, приводящие к выносу его совместно с кремнеземом в разломные зоны.

Имеющиеся материалы позволяют нам дать следующую трактовку: вкрапленные золото-сульфидные руды, локализованные в сложной складчатой структуре, осложненной разрывными нарушениями, образовывались, по-видимому, на орогенном этапе развития региона. При рудообразовании определенную роль играли массивы гранитоидов, которые создавали в течение длительного времени геотермический градиент, способствовавший развитию гидротермального процесса. При этом гидротермальные растворы могли иметь и метаморфогенное происхождение. Перемещаясь вдоль тектонически ослабленных зон, в том числе и по крыльям складок в направлении ядерных частей последних, они скапливались на участках перегибов пластов, пропитывая большие объемы пород, которые в результате растяжения приобрели повышенную трещиноватость и пористость. Особенно благоприятные условия для притока гидротерм и рудоотложения создавались под экранами из пачек углеродистых слюдисто-кварцевых сланцев, которые также играли роль осадителя.

При современной изученности месторождения пока нет определенных данных об источнике золота в рудном процессе. Им могли служить как сингенетичная золотоносность терригенного комплекса протерозоя, насыщавшая золотом гидротермы различного происхождения, так и горячие растворы собственно магматогенного генезиса. Ведущее значение последних Р. О. Берзон считает маловероятным.

При прогнозировании месторождений описываемого типа в числе главных геологических критериев можно рассматривать следующие.

1) Приуроченность оруденения к древним терригенным толщам миогеосинклинальной складчатой области, вмещающей крупные массивы орогенных гранитоидов.

2) Пространственное сочетание оруденения с породами, претерпевшими метаморфизм стадии зеленых сланцев в составе единой региональной зональной метаморфической колонны.

3) Определенная зависимость в пространственном размещении оруденения от глубинных разломов северо-западного простирания, по отношению к которым золоторудные месторождения располагаются на некотором удалении.

4) Существенная роль в размещении гранитоидных интрузий и оруденения принадлежит субширотным глубинным разломам, которые в совокупности с северо-западными разломами определяют блоковое строение района.

5) Вкрапленное сульфидное оруденение локализуется в связи с гранитоидными массивами, а именно в экзоконтактовых зонах последних (обычно на расстоянии 2-5 км), и приурочивается к метаморфизованным породам высоких ступеней зеленосланцевой фации.

6) Вкрапленное оруденение контролируется складчатостью и соподчиненными ей разрывами и совмещено в пространстве с горизонтами углеродистых сланцев. Рудные тела пластообразной формы располагаются в ядрах складок высокого порядка.

7) Характерными текстурами руд являются складчатые и плоччатые текстуры реликтовой слоистости и массивное мелкозернистое сложение с тончайшей вкрапленностью сульфидов, равномерно пропитывающих породы. Сопутствующими оруденению гидротермальными изменениями являются серицитизация, окварцевание и карбонатизация.

8) Золото тесно ассоциирует с вкрапленными арсенопиритом и (в меньшей степени) пирротином и пиритом. Иногда его повышенные концентрации характеризуют тонкие кварцево-сульфидные прожилки с арсенопиритом, пиритом и пирротином.

9) Проявления вкрапленного золото-сульфидного оруденения сопровождаются контрастными геохимическими комплексными ореолами мышьяка, сурьмы и золота.

10) Определенное значение для выявления вкрапленного оруденения могут иметь элювиальные россыпи, так как в рудах содержится, наряду с тонким, и крупное золото, способное накапливаться в россыпях.

ЛИТЕРАТУРА

Бовин Ю. П. Тектоно-метаморфические этапы Заангарья Енисейского края и их роль в формировании золотого оруденения. В сб.: Генетические модели эндогенных рудных формаций. Т. 2. Новосибирск, 1981, с. 92—94.

Ли Л. В. Основные черты рудообразования в докембрии Енисейского края. В сб.: Металлогения докембрия. Иркутск, 1981, с. 261—263.

Ли Л. В., Шохина О. И. Поведение золота при процессах прогрессивного регионального метаморфизма пород докембрия Енисейского края. «Геохимия», 1974, № 3, с. 402—410.

Петров В. Г. Золото в опорных разрезах верхнего докембрия западной окраины Сибирской платформы. Новосибирск, «Наука», 1976.

Петров В. Г. Условия золотоносности северной части Енисейского края. Новосибирск, «Наука», 1974.

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ГЕОЛОГИИ ОДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ТЕРРИГЕННЫХ ТОЛЩАХ И ОСНОВАННЫЕ НА НИХ КРИТЕРИИ ПРОГНОЗА ВКРАПЛЕННОГО ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНОГО ОРУДЕНЕНИЯ

Рудный район является своего рода эталоном для установления закономерностей размещения и критериев прогнозирования золотого оруденения в терригенных толщах Западной Калбы. Исследованиями Е. А. Алекторовой и авторов статьи установлены приуроченность этого оруденения к позднеорогенному этапу развития герцинид, а также трехчленное деление рудовмещающих песчано-сланцевых толщ карбона. Подтверждается установленное работами геологов КАЗИМСа (В. С. Шибко и др.) первостепенное значение стратиграфо-литологического контроля в локализации оруденения и установлена приуроченность наиболее концентрированных проявлений последнего к выделяемой впервые в районе верхнекаменноугольной толще позднеорогенной молассовой формации.

1. Геологическое строение Кызыловской рудной зоны

Структура рудного поля изучалась Н. И. Бородаевским, П. Ф. Иванкиным, Г. Б. Левиным, В. А. Нарсеевым, В. Н. Сорокиным, Ю. В. Чудиновым, В. С. Шибко, В. М. Яновским и другими исследователями, а также геологической службой Семипалатинской ГРЭ и комбината Алтайзолото (В. В. Масленников, В. Я. Микитченко, Ю. А. Овечкин и др.). В результате этих работ установилось довольно единодушное мнение о приуроченности прожилково-вкрапленного оруденения к лежащему боку широтного разлома, который большинством исследователей справедливо рассматривается как дорудный надвиг, определивший положение и строение Кызыловской рудной зоны. В. М. Яновский (1973)¹ внутри последней выделяет подзону динамосланцев, вмещающую промышленное оруденение.

В основу излагаемых ниже новых представлений о локализации оруденения легли данные геолого-структурного картирования: а) существенные различия в характере разреза и в особенностях тектонической переработки разновозрастных толщ карбона, слагающих терригенный этаж Западно-Калбинской складчатой зоны; б) палеонтологические данные, свидетельствующие о верхнекаменноугольном возрасте рудовмещающей толщи; в) выделение в этой толще литологически разнородных пачек, имеющих различное значение в локализации оруденения; г) реконструкция главного структурного элемента рудного поля — узкой наложенной впадины, выполненной верхнекаменноугольными отложениями, названной нами Кызыловским грабеном.

Основные закономерности локализации оруденения и критерии прогнозирования определяются положением зон вкрапленной минерализации в структуре Кызыловского грабена.

Кызыловский грабен выражен узкой (50-250 м) широтной полосой распространения пород бакрычской толщи вдоль Кызыловского надвига, к которому непосредственно прилегают локализованные в этой толще рудные зоны (рис. 1). Особенности грабен-синклинальной

¹ Яновский В. М. О положении гидротермальной минерализации в зоне регионального надвига Западной Калбы. Докл. АН СССР, 1973, т. 211, № 3, с. 672—674.

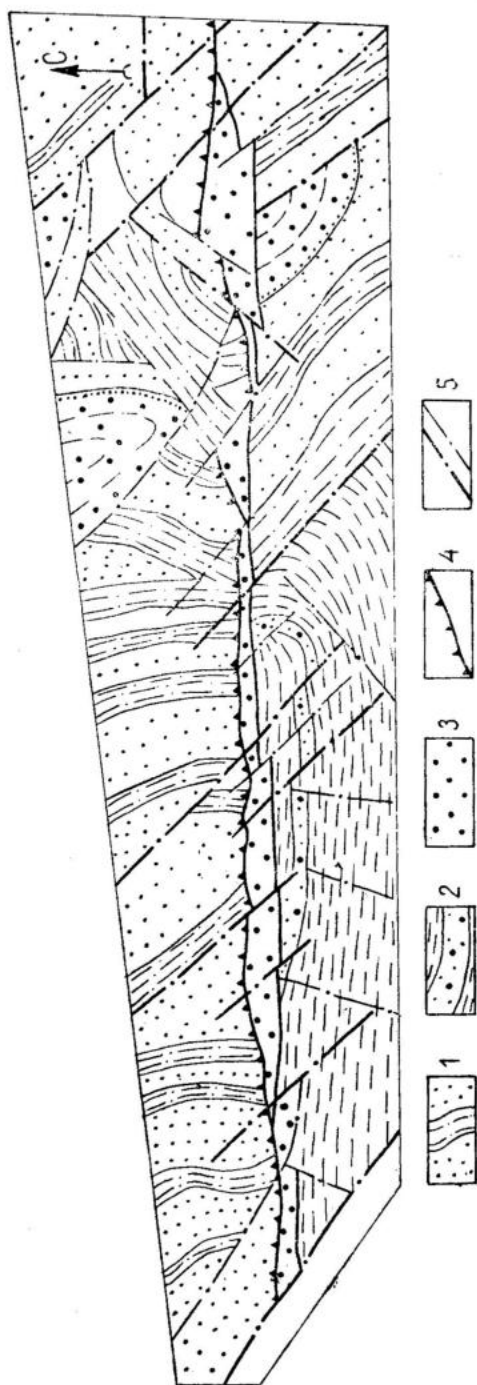


Рис. 1. Схема геологического строения Кызыловской рудной зоны:

1 — калдинская свита C_1 ; 2 — таубинская свита C_2 ; 3 — бакырчинская толща C_3 ; 4 — Кызыловский надвиг; 5 — прочные разрывные нарушения

структуры связаны с тем, что вскоре после заполнения впадины по ее северному борту произошло надвигание складчатой толщи нижнего карбона на верхнекаменноугольные породы бакырчикской толщи, которые при этом интенсивно сминались и рассланцовывались. На этом же этапе в зону надвига внедрились дайки преимущественно базальтоидного состава, предшествовавшие процессу рудообразования. В развитии последнего важную роль играли продолжающиеся тектонические подвижки по надвиговой зоне, что обусловило ее рудоконтролирующее влияние.

Одновременно с развитием надвига в предрудный этап заложились (или активно подновлялись) серии разломов северо-восточного и северо-западного простираний, пересекающие Кызыловский грабен и нередко смещающие шов надвига. В то же время они находятся с последним в сложном взаимодействии, часто вмещая дорудные дайки, а на некоторых участках как бы заменяя плоскость надвига в качестве главного рудоконтролирующего шва (участок карьера 3). Все главные рудные участки приурочены к узлам пересечения надвига указанными диагональными разломами, которые разделяют грабен на блоки с различным режимом предрудных движений и разным уровнем эрозионного среза. С одним из таких разломов северо-западного простирания связано осложнение южного борта грабена мульдой Дополнительной — на участке отвалов карьера 2; северо-восточное крыло мульды срезано указанным разломом, взброшено и эродировано.

Южный борт Кызыловского грабена ограничен круто падающим на север Южным широтным сбросом, представляющим своего рода реликт первоначальной структуры верхнекаменноугольной впадины, которая заложилась в условиях орогенного поднятия как типичный рифтогенный грабен, ограниченный с двух сторон сбросами. В процессе дальнейшего развития разлом северного борта превратился в надвиг, и Кызыловский грабен приобрел черты одностороннего рампа. Развитию значительной амплитуды надвигания, вероятно, способствовали слабый диагенез пород только что отложившейся верхнекаменноугольной толщи, а также ее конформное с плоскостью надвига залегание и наличие в ее составе углистых аргиллитов и алевролитов, по которым в основном и происходило скольжение. Южный широтный сброс при этом играл роль упора, около которого некомпетентные породы также могли подвергаться рассланцеванию. К нему закономерно примыкают оперяющие системы слабозолотоносных кварцевых жил, развитых в южном борту грабена, а на глубине, по-видимому, может быть приурочено и прожилково-вкрапленное оруденение.

На восточном фланге грабена бакырчикская толща почти полностью перекрыта надвинутыми толщами нижнего карбона, но под плоскостью надвига она установлена поисковым бурением (см. разрез на рис. 2).

В пределах грабена, по предварительным данным, устанавливается последовательная смена в разрезе 5 литологических пачек, слагающих бакырчикскую толщу верхнего карбона.

Нижняя туфогенно-песчаниковая пачка на поверхности обычно граничит с Южным сбросом, и ее мощность остается неустановленной. В составе пачки преобладают средне-мелкозернистые песчаники — аркозовые или туфогенные, часто углистые, обильны также прослои пепловых туфов липарит-дацитов или трахитов с витрокластической структурой и туфогенных песчаников. В подчиненном количестве присутствуют прослои углистых аргиллитов и алевролитов. Описанная пачка вмещает многочисленные слабозолотоносные

кварцевые жилы, проявлений же прожилково-вкрапленного оруденения в ней на рудном поле не установлено.

Вторая — нижняя аргиллит-алевролитовая пачка на поверхности обнажена только в Дополнительной мульде, где она подстилается первой пачкой аркозовых песчаников и перекрыта вышележащими мелкообломочными конгломератами третьей пачки. Пачка сложена переслаиванием углистых аргиллитов, алевролитов и аркозовых песчаников. Вторая пачка имеет важное значение для прогноза скрытого оруденения, поскольку ее породы по механическим свойствам и способности к рассланцеванию близки к наиболее насыщенной прожилково-вкрапленным оруденением верхней (четвертой) аргиллит-алевролитовой пачке.

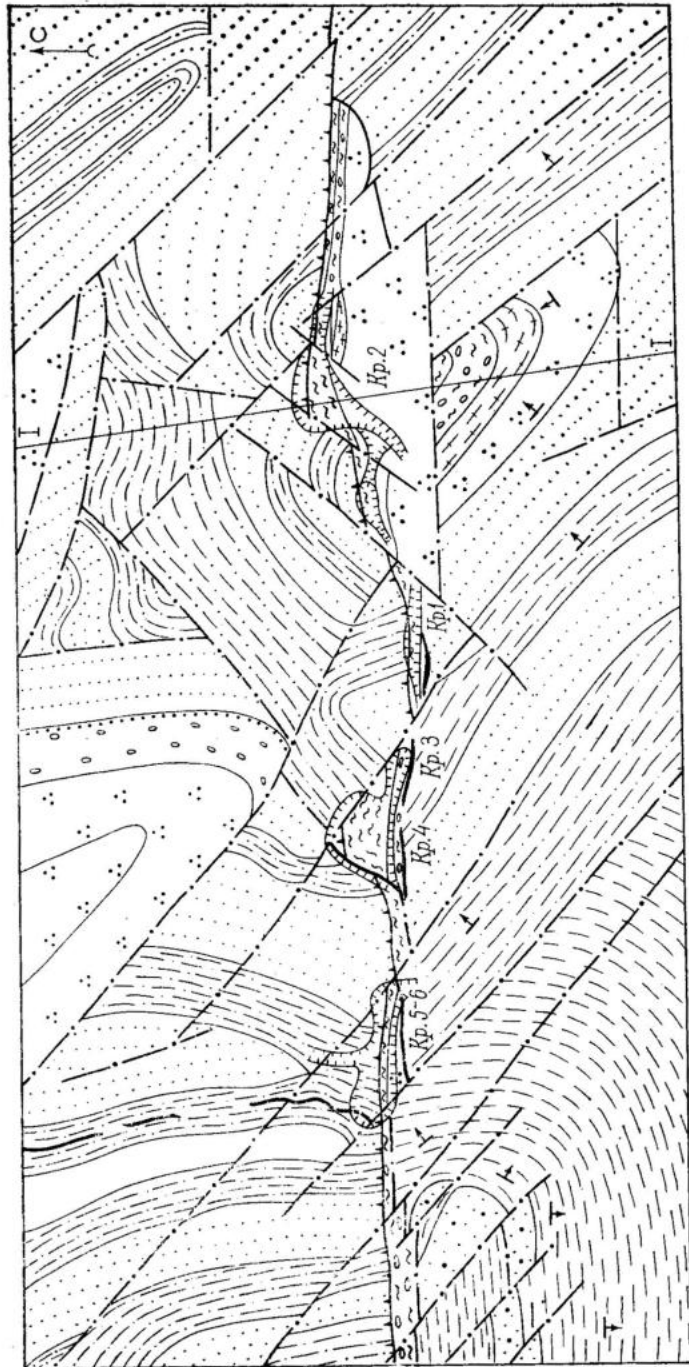
Третья — гравелит-конгломератовая пачка сложена гравелитами с углистым цементом, содержащими многочисленные прослои мелкообломочных конгломератов, осадочных брекчий и своеобразных «мусорных» пород крайне неоднородного гранулометрического состава. Нередки прослои углистых аргиллитов и алевролитов, и встречаются пропластки (2-7 см) каменного угля. В обломочных породах наблюдаются своеобразные текстуры синдиagenетического рассланцевания, выраженные в четкой параллельной ориентировке удлиненных обломков в гравелитах, конгломератах и осадочных брекчиях. Эта ориентировка всегда параллельна плоскости надвига, нередко располагаясь под косым углом к плоскостям напластования (рис. 3). Представляется несомненным, что подобные текстуры могли сформироваться лишь в том случае, если подвергавшиеся давлению породы были еще не полностью диагенезированы¹.

Четвертая — верхняя аргиллит-алевролитовая пачка связана с подстилающей пачкой постепенными переходами, характеризуясь таким же обилием углистого материала. В ее составе преобладают углистые аргиллиты и алевролиты с прослоями песчаников и гравелитов, количество которых резко увеличивается на западном фланге Кызыловского грабена. При этом на всем протяжении грабена в пачке прослеживаются одни и те же маркирующие горизонты, обогащенные сидеритовыми конкрециями и фосфористыми стяжениями. Постоянно присутствуют маломощные (до 10 см) пропластки каменного угля; в аргиллитах содержатся наиболее обильные отпечатки верхнекаменноугольной флоры.

В зоне надвига породы пачки интенсивно рассланцованы, будинированы, превращены в графитистые динамосланцы и вмещают все известные на рудном поле рудные тела прожилково-вкрапленного типа. Таким образом, устанавливается, что определенный стратиграфический горизонт, представленный пачкой существенно углистых пород, претерпевших смятие в зоне надвига, и является рудовмещающей «подзоной динамосланцев» Кызыловской рудной зоны.

Мощность описанной «рудонесной» пачки, по-видимому, не превышала 40-50 м, но в сложных структурных узлах в связи с развитием в ее пластичных породах дизгармонической складчатости нагнетания мощность удваивается и даже утраивается (участки карьеров 4 и 2), что положительно сказывается на концентрации прожилково-вкрапленного оруденения.

¹ Описанное явление наблюдается и в породах других пачек бакурычнской толщи, в частности в аркозовых песчаниках, чем последние текстурно отличаются от массивных песчаников нижнего карбона.



Разрез по линии I-I

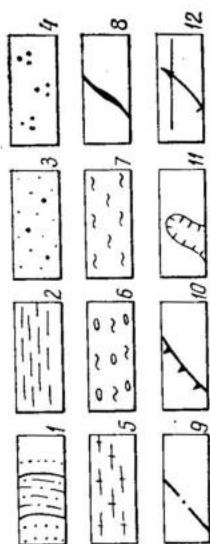
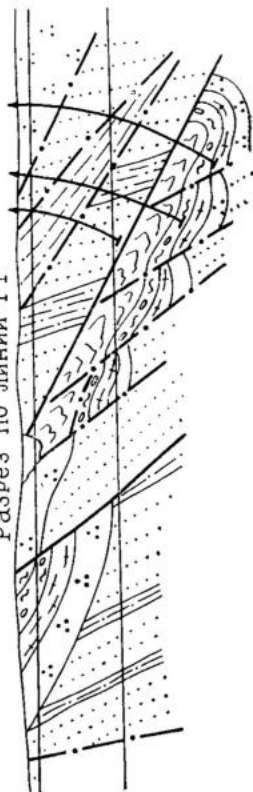


Рис. 2. Геологическая карта восточного фланга Кызыловской рудной зоны: калбинская свита C_1 : 1 — песчаники разнозернистые вулканомиктовые с прослоями и линзами гравелитов и мелкогалечных конгломератов с подчиненными пачками (мощностью 10—15 м, редко до 100—200 м) ритмичного переслаивания углисто-кремнистых алевролитов и алевропесчаников; таубинская свита C_2 ; 2 — чередование мощных горизонтов песчаников полимиктовых, часто углистых, иногда вулканомиктовых и углистых алевролитов и аргиллитов; 3 — базальные конгломераты с песчаным цементом, переходящие в гравелиты и полимиктовые песчаники; бақырчикская толща C_3 : 4 — первая пачка — песчаники аркозовые, часто углистые, иногда с существенно пепловым цементом, пепловые туфы кислого состава, прослои алевролитов и аргиллитов; 5 — вторая пачка — углистые аргиллиты и алевролиты с прослоями аркозовых песчаников; 6 — третья пачка — конглобрекции, гравелиты с углистым цементом, прослои и линзы мелкогалечных конгломератов; 7 — четвертая пачка — углистые аргиллиты и алевролиты с прослоями гравелитов и мелкогалечных конгломератов; 8 — дайки; 9 — разрывные нарушения; 10 — Кызыловский надвиг; 11 — расчистки; 12 — скважины

Пятая — верхняя конгломератовая пачка сложена конгломератами прибортовой фации, которые спорадически распространены только вдоль северного борта грабена. Конгломераты состоят из округлых или совершенно угловатых глыб массивных вулканомиктовых песчаников нижнего карбона, слагающих прилегающий к грабе-

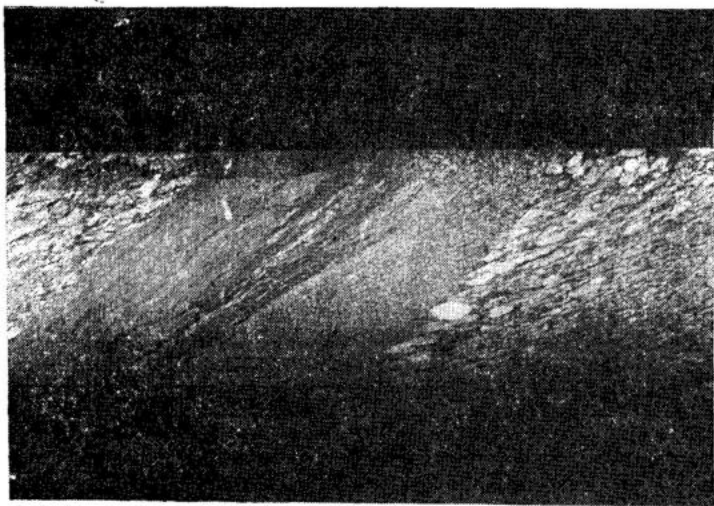


Рис. 3. Ориентировка обломочного материала при синдиagenетической сланцеватости в прослоях гравелитов третьей пачки бақырчикской толщи C_3 под углом к плоскостям напластования (скважина 353)

ну приподнятый блок всяческого бока. Округлая форма глыб (диаметром до 0,7-1 м) обусловлена первичной шаровой отдельностью размывавшихся песчаников. Песчаный цемент конгломератов совершенно не содержит углистого материала, чем он резко отличается от обломочных пород нижних частей разреза бақырчикской толщи; характерна также и более низкая литификация их цемента.

2. Критерии прогнозирования прожилково-вкрапленного оруденения

Приведенные данные о строении Кызыловского грабена и разреза бакырчикской толщи и связанных с ними закономерностях локализации золотого оруденения прожилково-вкрапленного типа позволяют обосновать следующие критерии прогнозирования — как для рудного поля, так и для рудного узла.

1) В связи с приуроченностью промышленного оруденения к верхней аргиллит-алевролитовой пачке бакырчикской толщи эту пачку можно считать главным рудовмещающим горизонтом Кызыловского грабена. На разных участках Кызыловской рудной зоны этот горизонт характеризуется различной «продуктивностью» в зависимости от фациальных изменений и дислоцированности его пород; эрозионного среза отдельных блоков, определяющих степень сохранности разреза; от амплитуды движений по надвигу, которая для различных его фрагментов неодинакова, и, наконец, от наличия диагональных рудоконтролирующих разломов.

2) На рудном поле перспективы глубоких горизонтов в значительной мере зависят от выявления бакырчикской толщи нижних «рудоносных» горизонтов и связанного с ними скрытого оруденения. Такая возможность, как упоминалось, в первую очередь предполагается для нижней аргиллит-алевролитовой пачки — в зонах дислокаций, связанных с тем или иным рудоконтролирующим разломом.

3) Для рудного узла (и района) оптимальное сочетание рудоконтролирующих факторов определяется развитием в зонах влияния магмо- и рудоподводящих разломов отложений «рудоносной» бакырчикской толщи верхнего карбона, которая картированием установлена на нескольких участках рудного узла (в основном в зоне, прилегающей к региональному Северо-Западному разлому и к сопряженным с ним нарушениям широтного простирания). Эти участки рассматриваются как перспективные на оруденение прожилково-вкрапленного типа.

Важное генетическое и поисковое значение имеет также вывод о том, что вопреки существовавшим ранее представлениям о чисто тектоническом генезисе «подзоны динамосланцев», вмещающей промышленное оруденение, о невозможности различить в ней детали разреза рудовмещающей толщи и элементы ее первичного залегания, а также о предполагаемом некоторыми исследователями синрудном нагнетании в нее эндогенного углерода данные проведенного картирования позволяют рассматривать эту рудовмещающую структуру как динамически преобразованную единицу стратиграфического разреза бакырчикской толщи верхнего карбона, состоящую из пород высокоуглеродистого (и даже существенно углистого) состава.

СТРУКТУРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕГО КОЛЧЕДАННОГО РУДНОГО ПОЛЯ В ЦЕНТРАЛЬНОМ КАЗАХСТАНЕ

Рудное поле находится в северо-восточной части Центрального Казахстана и представлено группой месторождений. Общие сведения о рудном поле и его месторождениях приведены в работах геологов Майкаинской ГРП, ЦКТГУ, а также А. Н. Тарана, Л. И. Яковлева, М. А. Яренской и других авторов, проводивших многолетние исследования. Предлагаемая статья основывается на материалах изучения разрывных структур, распределения элементов в рудных залежах и морфологии последних.

Пространственное положение рудного поля, по Л. И. Яковлеву, определяется его приуроченностью к области сочленения глубинных разломов северо-восточного и широтного простираний. Первые ограничивают структурно-формационную зону, вторые являются выражением проникающего глубоко в кору рудоконтролирующего разлома.

Рудное поле сложено вулканогенно-осадочными породами среднего ордовика (Михайлова, Щебуняев, 1982), которые снизу вверх подразделяются на три вулканогенные формации: недифференцированную (базальт-андезит-базальтовую), последовательно дифференцированную (липарит-дацит-андезит-базальтовую) и контрастную (липарит-базальтовую). Суммарная мощность пород рудного поля превышает 3 км.

Колчеданные и барит-полиметаллические руды приурочены к основанию последовательно дифференцированной формации — туфам и лавам андезитового и андезито-базальтового состава с прослоями яшм и туфогенно-осадочных пород. Выделяются ранний колчеданный и поздний барит-полиметаллический этапы оруденения (Яковлев, 1956; 1960; Яренская, 1974). По нашим данным, во время перерыва между этими этапами колчеданные руды сфалерит-халькопирит-пиритового состава размывались и в виде галек попадали в туфы. В надрудных туфах горизонта 220 месторождения «В» такие гальки задокументированы автором в 1977 г.

Существуют разные мнения относительно структуры описываемого рудного поля: по Л. И. Яковлеву (1960), месторождения приурочены к северо-западному крылу антикалинали, рассеченной системой прямолинейных рудоконтролирующих северо-западных и северо-восточных разломов. А. Д. Каипов и М. А. Яренская (Яренская и др., 1978) полагают, что главным элементом, контролирующим оруденение, является кальдера проседания, образовавшаяся непосредственно на месте вулканического аппарата центрального типа. Тектонические нарушения объединяются ими в концентрические радиальные системы, подчиненные структуре кальдеры.

Более достоверными нам представляются данные Д. А. Тимофеевского, А. П. Божинского (1937 г.) и Л. И. Яковлева, которые картировали рудное поле до появления многочисленных хозяйственных построек и отвалов. По их данным и по выполненному нами документированию выработок, радиально-дугообразные элементы структуры на рудном поле не проявлены. В частности, на месторождении Новое дугообразная в плане форма горизонта яшмоидов обусловлена ступенчатыми перемещениями по серии малоамплитудных параллельных сдвигов. Маловероятны и нарушения радиальной системы. Однако сама идея геологов

АН КазССР о наличии в центральной части рудного поля структуры проседания является верной.

По нашим данным, главным структурным элементом является вулканотектоническая депрессия трапецеидальной формы, ограниченная прямолинейными разломами (рис. 1). Ее юго-восточной границей является крутопадающая на северо-запад Главная рудоносная зона,

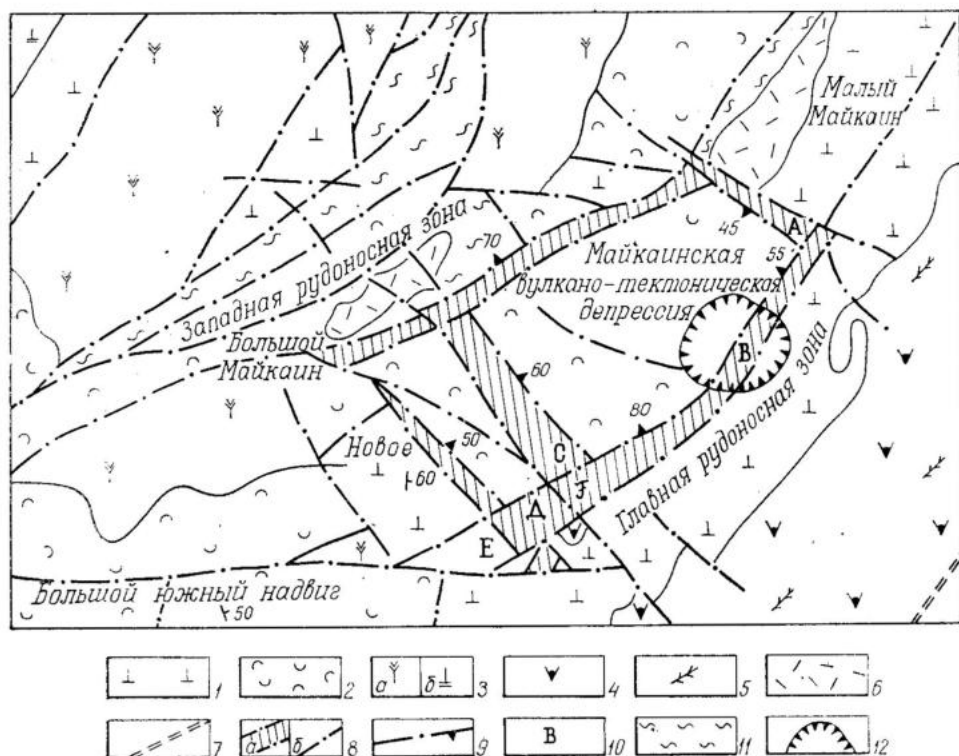


Рис. 1. Структурный план рудного поля (составлен автором с использованием материалов Л. И. Яковлева, А. Т. Щербуяева, А. Я. Ходоровского и др.): 1—3 — породы формаций: 1 — недифференцированной, 2 — последовательно дифференцированной, 3 — контрастной: кислые (а) и основные (б); 4 — субвулканические габбро-диабазы; 5 — дайки кислого состава; 6 — массивы метасоматических кварцитов; 7 — ось антиклинали; 8 — разломы: ограничивающие вулканотектоническую депрессию (а) и прочие (б); 9 — главные элементы залегания разломов; 10 — месторождения; 11 — метасоматические породы кварц-серицитового и кварц-серицит-хлоритового состава; 12 — карьер

а северо-западной границей — Западная рудоносная зона, падающая также на северо-запад. С северо-востока и юго-запада депрессия ограничивается прямолинейными разломами с пологим встречным падением. Центральный блок депрессии представляет собой клин, склоняющийся к северо-западу, сложенный образованиями последовательно дифференцированной формации; вмещающую раму слагают породы всех трех формаций. Отсутствие признаков извержений центрального типа в пределах депрессии (жерловые фации и прочее) указывает на то, что сама вулканическая постройка находилась за пределами депрессии, как полагает Л. И. Яковлев, на юго-востоке рудного поля, где

обнажаются субвулканические диабазы. Депрессия, очевидно, возникла за счет проседания пород ордовика на склоне указанной вулканической постройки с амплитудой проседания около 1 км. Происхождение депрессии провальное, а не взрывное.

Ограничивающие описанную депрессию нарушения контролируют размещение всех месторождений рудного поля и линейные зоны интенсивно рассланцованных метасоматитов. По Л. И. Яковлеву (1960), в этих зонах залегают оруденелые субвулканические дайки кислого состава. Мощность зон колеблется, не превышая десятков метров, но возрастает с глубиной и по латерали в северо-западном направлении, где преобразования подверглись породы более кислого состава. Месторождения локализованы как непосредственно в линейных зонах (Новое, «В»), так и в местах пересечения таких зон («D», «E» и др.).

Оценить первоначальные объемы и интенсивность проявления минерализации вряд ли возможно, так как для тектонических блоков различны уровни эрозионного среза. Нами за эталон принято месторождение «В», наиболее изученное и глубоко вскрытое. Здесь выделено несколько рудных тел линейно-удлиненной формы с соотношением длины линз к ширине от 50:1 до 20:1, очень редко до 3:1. Преобладают простые линзы, реже встречаются их сложные складчатые формы, характерные, например, для области сочленения Главной рудоносной зоны с северо-западной зоной месторождения «А» (см. рис. 1). Они являются следствием комбинированного влияния дорудной и послерудной тектоники. Помимо сбросовых дислокаций здесь наблюдаются и сдвиговые перемещения с «затаскиванием» руд в разрывы северо-западной зоны (район карьера месторождения «А»).

Все это свидетельствует о том, что и руды месторождения «В» подвергались интенсивным тектоническим преобразованиям. В направлении к юго-западу угол падения рудной зоны постепенно увеличивается до вертикального. Удлиненные в плане рудные тела месторождения «А» и «В» на глубине сходятся, образуя единую систему рудного пучка.

Закономерности распределения минерализации в объеме месторождения (рис. 2) позволяют дать характеристику зональности оруденения и наметить направление движения гидротерм.

Увеличение суммарных мощностей метасоматитов зоны выщелачивания и субвертикальная ориентировка удлинений их максимумов показывают, что главный рудоподводящий канал располагался в нижней, сужающейся части месторождения. В этом же направлении ориентированы удлиненные максимумы и минимумы содержаний меди, цинка и золота. О восходящем движении гидротермальных растворов свидетельствует также распределение содержаний урана и тория, установленное Н. Г. Сыромятниковым, Л. А. Трофимовой и М. А. Яренской. По-видимому, стволочная зона поступления гидротерм сочленялась с другими зонами, одновременными или более поздними, расположенными к ней под углом со стороны тела субвулканических габбро-диабазов. На это указывает один из изолированных максимумов мощностей кварцевых метасоматитов, ориентированный в юго-восточном направлении.

Конфигурацию изолиний распределения других параметров оруденения можно использовать для характеристики строения рудной зоны и зональности оруденения по простиранию и восстанию зоны. Наблюдается обратная корреляция (резкое несовпадение максимумов) между мощностью метасоматитов и мощностями серноколчеданных и полиметаллических руд. Для баритовых, барит-полиметаллических руд и кварц-хлорит-серицитовых метасоматитов наблюдается прямая корреляция.

ЮЗ

СВ

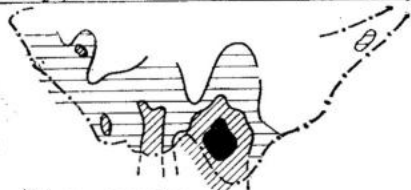
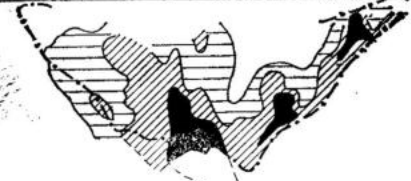
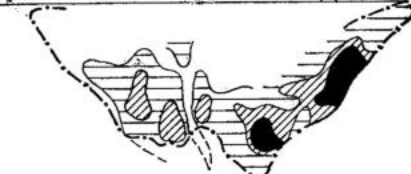
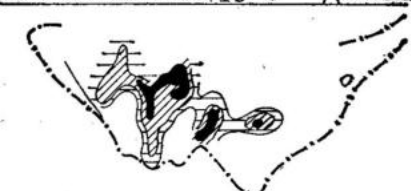
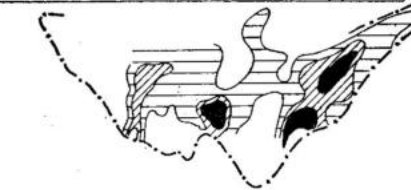
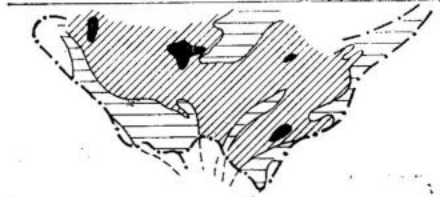
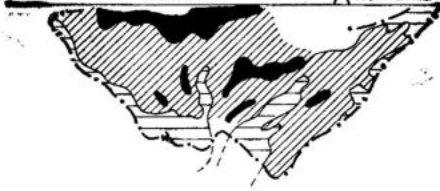
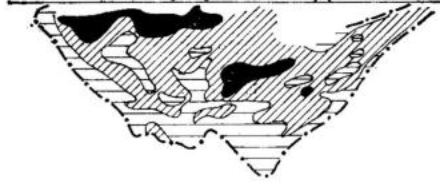
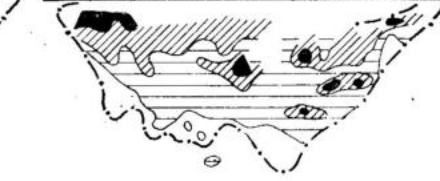
Кварцевые метасоматиты Δ шх. ВСПКварц-хлорит-серпентиновые метасоматиты Δ шх. ВСПСерноколчеданные руды Δ шх. ВСППолиметаллические руды Δ шх. ВСПБарит-полиметаллические руды Δ шх. ВСПБаритовые руды Δ шх. ВСПМедь Δ шх. ВСПЦинк Δ шх. ВСПСвинец Δ шх. ВСПЗолото Δ шх. ВСПСеребро Δ шх. ВСПСульфат бария Δ шх. ВСП

Рис. 2. Распределение мощностей метасоматитов, руд и концентраций рудных элементов на продольной вертикальной проекции рудных зон месторождения (значения параметра увеличивается в соответствии с увеличением густоты штриховки)

Серноколчеданные руды концентрируются в нижней части объемной фигуры месторождения, их максимумы тяготеют к зоне сочленения Главной рудоносной зоны с секущей северо-западной тектонической зоной в пределах месторождения «А». Полиметаллические и барит-полиметаллические руды концентрируются выше серноколчеданных, ближе к верхней части фигуры месторождения.

Более объективно указанные закономерности подчеркивает распределение элементов (см. рис. 2): золото и серебро концентрируются в самой верхней части месторождения, и максимумы их содержаний четко коррелируют, причем удлинения максимумов горизонтальны. Содержание и расположение максимумов свинца и цинка также совпадают.

В целом вертикальная зональность на месторождении «В» представляет собой классический тип зональности колчеданно-полиметаллических месторождений, отражая единую тенденцию в смене руд: железо—медь—свинец—золото, серебро (Рундквист, Неженский, 1975).

Зональность по мощности рудных тел в части распределения типов руд или элементов проявлена чрезвычайно неконтрастно. Более определенно расположено метасоматитов. В лежащем боку рудной зоны, как правило, наблюдаются кварцевые и кварцево-серицитовые метасоматиты, висячем же боку — кварц-хлорит-серицитовые, что особенно характерно для центральной части месторождения. Эти различия нивелируются в направлении выклинок: например, на юго-западе рудной зоны кварциты встречены с обеих ее сторон.

В целом мощности рудной зоны и ореола метасоматитов коррелируют, однако степень корреляции уменьшается к северо-востоку, где наблюдаются повышенные мощности руд.

Наиболее глубоко рудная зона подсечена в ее центре, где вскрыты серноколчеданные руды в чехле кварц-серицитовых метасоматитов. Судя по закономерному уменьшению мощности рудного тела, оно, как и рудная зона в целом, выклинивается несколько глубже.

Приведенные данные позволяют сделать вывод, что разведочными работами месторождение «В» оконтурено практически полностью. Рудная зона выклинивается с глубиной в резко сужающейся части его объемной фигуры на фоне увеличивающихся мощностей метасоматитов зоны выщелачивания, т. е. в прикорневой части, представленной серноколчеданными телами и бедными вкрапленными рудами небольшой мощности. В располагающейся выше центральной зоне мощностей рудных тел возрастает и в них наблюдаются все типы руд, а форма рудных тел усложняется. Верхнюю фронтальную зону, ныне отработанную, представляют два крупных разобщенных рудных тела, которые и разведывались как изолированные месторождения («А» и «В»). Судя по архивным данным, руды их были комплексными с золотом и серебром.

С учетом данных, приведенных выше для месторождения «В», фигуру которого можно принять за «идеальную», попытаемся охарактеризовать другие месторождения рудного поля.

Месторождение «С» разведано скважинами, окисленные руды полностью отработаны. Рудная зона, представленная двумя телами, контролируется сочленением Главной северо-восточной зоны с секущим северо-западным разломом и, соответственно, ее простираение резко меняется с северо-восточного на юго-западное. Руды колчеданные, с небольшой долей меди. Ориентировка удлинений максимумов золота, серебра и меди показывает, что корневая часть месторождения находилась на юго-западе, в районе месторождения «Д». Можно сделать вывод о том, что месторождение «С» расположено в приподнятом блоке, сильно эродировано и представлено прикорневой частью.

Месторождение «D» представлено линзовидным телом небогатых барит-колчеданно-полиметаллических руд, которые быстро переходят с глубиной в серноколчеданные. Объемная фигура коническая, с небольшим склонением к северо-востоку; отчетлив вертикальный ствол широко развитых метасоматитов зоны выщелачивания. Удлинение максимумов содержаний меди соответствует его ориентировке, максимумы благородных металлов, свинца и цинка направлены вглубь по склонению фигуры в сторону месторождения «C». Очевидно, мы имеем часть объемной фигуры, переходящую от прикорневой части к центральной.

Месторождение «E» представлено четырьмя рудными линзами с барит-колчеданно-полиметаллическими рудами. Фигура месторождения в вертикальном сечении коническая со склонением на северо-восток (в направлении месторождений «C» и «D»). Метасоматиты развиты очень слабо и удалены от руд; их мощность увеличивается в направлении к месторождению «D». Удлинения максимумов содержаний всех элементов ориентированы вглубь по склонению фигуры, также в северо-восточном направлении.

Месторождение Новое приурочено к секущей зоне северо-западно-го простирания. Оно оконтурено на глубине. Руды барит-колчеданно-полиметаллические и барит-полиметаллические слагают три линзовидных тела; метасоматиты почти не развиты. В лежащем боку нижнего тела располагаются слоистые яшмоиды. Фигура месторождения имеет элементы конического строения со склонением к юго-востоку в направлении месторождения «E». Удлинения максимумов содержаний всех элементов почти горизонтальны. Судя по характеру распределения минерализации на вертикальных проекциях, месторождения «E» и Новое являются бескорневыми; их объемные фигуры представлены скорее всего фронтальными зонами, а по особенностям склонения и по ориентировке максимумов удлинений их необходимо рассматривать вместе с близкими месторождениями «C» и «D», корневые части которых сохранились и фиксируют область поступления гидротерм.

Таким образом, каждое из месторождений рассмотренного узла представлено одной из частей «идеальной» объемной фигуры. Можно сделать вывод, что в совокупности месторождения «C», «D», «E» и Новое (и, по-видимому, «F») являются перемещенными блоками разных частей целостной объемной фигуры крупного объекта. Месторождение Новое, часть руд которого имеет признаки вулканогенно-осадочного генезиса (пологое залегание, тесная ассоциация со слоистыми яшмами, элементы ритмичного строения и др.), по-видимому, являлось фронтальной частью этого объекта, в настоящее время наименее эродированной.

Еще два месторождения в северной и западной частях рудного поля представлены небольшими серноколчеданными жильными телами, залегающими в массивах кварцевых и кварцево-серицитовых метасоматитов. Барит-полиметаллическая минерализация встречается очень редко, руды с глубиной быстро переходят во вкрапленность пирита, т. е. месторождения представлены прикорневыми зонами или областями транзита гидротермальных растворов.

Современное положение отдельных групп месторождений рудного поля, очевидно, обусловлено совокупным влиянием дорудных и послерудных разрывов. Главный момент проседания вулканотектонической депрессии предшествовал рудообразованию и ограничивающие ее разломы контролировали оруденение. Форма депрессии призматическая: ее сужающаяся часть направлена к северо-западу, где находился основной рудоподводящий канал, а в настоящее время в результате позд-

нейших блоковых движений выведены на поверхность крупные массивы метасоматитов зоны выщелачивания.

Послерудные перемещения привели к тому, что на современном эрозионном срезе наблюдаются разные уровни «идеальной» объемной фигуры. Наиболее сохранилось месторождение «В», остальные месторождения являются разобщенными блоками другого крупного объекта.

Приведенные данные позволяют обосновать критерии прогнозной оценки территории описываемого рудного поля.

1) Ведущим структурным критерием является приуроченность всех месторождений к трапециевидной структурной раме, ограничивающей вулкано-тектоническую депрессию. Положительно могут оцениваться перспективы зон разломов не только рамы, но и их продолжений за пределами рудного поля.

2) В результате послерудных блоковых перемещений все месторождения рудного поля сильно деформированы. Приняв объемную фигуру месторождения «В» за типовую модель, можно оценить другие месторождения с точки зрения их сохранности. Этот методический прием позволит правильно понять морфологию каждого месторождения, выяснить уровень его эрозионного среза и, следовательно, избежать ошибок при ведении разведочных работ. Например, для месторождения «В» необходимы поиски его перемещенной северо-восточной части, как бы «вырезанной» послерудными подвижками.

3) Перспективная оценка рудного поля и его периферии может быть дана с позиции воронкообразного расширения всей гидротермальной системы по восстанию. Это позволит предположить развитие симметричных зон оруденения в других частях рудного поля. В частности, в продуктивной формации на северо-западе рудного поля имеются гидротермально измененные породы и признаки минерализации. Здесь можно рассчитывать на оруденение, связанное с северной ветвью главной рудоподводящей системы.

ЛИТЕРАТУРА

Михайлова Н. Ф., Щербуняев М. П. Палеозойские конодонты Казахстана и их значение для металлогических построений. Изв. ВУЗов. Геология и разведка, 1982, № 9, с. 14—18.

Рундквист Д. В., Неженский И. А. Зональность эндогенных рудных месторождений. Л., «Недра», 1975.

Яковлев Л. И. Парагенетические минеральные ассоциации и динамометаморфизм руд одного из колчеданно-полиметаллических месторождений Центрального Казахстана. Труды НИГРИЗОлото, вып. 21, 1956, с. 46—82.

Яковлев Л. И. Главные особенности структуры и локализации колчеданно-баритово-полиметаллического оруденения Майкаинского рудного поля (Центральный Казахстан). Труды ЦНИГРИ, вып. 37, 1960, с. 95—122.

Яренская М. А. Минералогия колчеданно-баритово-полиметаллических руд месторождений Майкаин и Сувенир. Информационный сборник научно-исследовательских работ ИГН АН КазССР за 1973 г. Алма-Ата, «Наука», 1974, с. 94—96.

Яренская М. А., Таран А. Н., Щербуняев А. Т. Майкаин. — В кн.: Металлогения Казахстана. Рудные формации. Месторождения руд свинца и цинка. Алма-Ата, «Наука», 1978, с. 123—126.

ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА ОДНОМ ИЗ РУДНЫХ ПОЛЕЙ ЮЖНОЙ КИРГИЗИИ

Рудное поле, расположенное в месте, где широтные Алайские структуры испытывают поворот к северо-востоку, известно с 1933 г., когда были обнаружены в его пределах мышьяковая и кобальтовая минерализация. Последующие работы (1937-1944 гг.) привели к выводу о том, что более существенное значение здесь имеет золото.

Стратиграфические разрезы региона резко изменчивы вкострости. Г. С. Поршняковым (1973)¹ здесь выделяются вулканогенный, вулканогенно-известняковый, вулканогенно-кремнистый, известняковый и туфогенно-кремнистый типы разрезов, сформированные на геосинклинальном этапе развития региона (C_m-C_1). Их несогласно перекрывают олистостромовая формация (C_2m_2) и более поздние сероцветные и красноцветные молассы (C_3-P_1), выполняющие межгорные впадины.

Рудное поле вытянуто на 6 км в северо-восточном направлении между ограничивающими его разломами (рис. 1), параллельными северо-восточному простиранию поперечной рудоконтролирующей структуры. Оно приурочено к блоку с терригенно-карбонатным типом разреза среднего палеозоя в южной части Кальтабозского синклинория и находится на замыкании небольшого грабена, выполненного конгломератами среднего карбона (рис. 2). Юго-западной границей служат мезокайнозойские отложения, северо-восточной границей — разлом северо-западного простирания.

Наиболее древними являются углисто-кремнистые и углисто-глинистые сланцы с линзами битуминозных известняков и диабазов ландоверийского яруса (S_1), обнажающиеся близ северной и южной границ рудного поля. Гораздо шире развиты зеленато-серые алевролиты и песчаники олистостромовой формации с линзами и глыбами серых массивных известняков размером от первых метров до 1-2 км.

Ранее, на основании находок фауны в глыбах известняков, эти отложения подразделялись на три свиты — S_{1-2} , $S-D_1$ и C_1 . Однако они не имеют нормальных контактов, представляя единый олистостром предверхнемосковского возраста. В западной части поля эти отложения с резким угловым несогласием перекрывает молассовая толща верхнемосковского подъяруса C_2 , выполняющая грабен и представленная полимиктовыми конгломератами с существенно вулканическим цементом. Она залегает с падением на запад под углами 10—30°. Амплитуда опускания грабена составляет около 600 м.

Интрузивные породы, развитые в пределах рудного узла, принадлежат двум формациям. Первая формация представлена относительно крупными массивами гранодиоритов и кварцевых диоритов — Турукским и Джамансайским на севере, Каиндыджилгинским и Сарыбулакским на востоке, Ходжакеленским на западе, а также серией мелких тел. Эти массивы, относящиеся к габбро-диорит-гранодиоритовой формации, прорывают все толщи вплоть до $C_{1v}-C_{2b_1}$, а в сопредельных территориях — до верхнего карбона. Возраст гранитоидов, по данным большинства исследователей, определяется как C_3-P_1 . В центральных

¹ Поршняков Г. С. Герциниды Алая и смежных районов Южного Тянь-Шаня. Л., 1973.

частях всех массивов преобладают кварцевые диориты и гранодиориты с гипидиоморфнозернистой или пойкилитовой структурой; в периферических частях появляются более меланократовые (до диоритов) породы; на контактах с карбонатными породами иногда присутствуют монцитонитовидные разности.

По петрохимическим особенностям гранитоиды относятся к известково-щелочному ряду пород несколько повышенной щелочности калиево-натриевого типа. Содержание суммы щелочей немного выше, а TiO_2 ниже средних содержаний известково-щелочных пород по Р. Дэли.

Вторая группа гранитоидов представлена многочисленными мелкими телами и дайками, которые на рудном поле образуют северо-восточный пояс, согласный с простиранием ограничивающих его разломов.

Наиболее крупный массив имеет ширину 600 м при длине в 2 км и характеризуется извилистыми контактами и многочисленными провесами кровли. Он сложен порфировидными кварцевыми монцодиоритами сериально-порфировой структуры; в западной части массива в порфировых выделениях присутствуют зерна кварца причудливой скелетной формы. Основную ткань породы составляют удлиненные призмьы плагиоклаза, ксеноморфные зерна калишпата и кварца, удлиненные зерна бесцветного пироксена и (или) светло-зеленой роговой обманки и единичные листочки биотита.

Количество кремнезема — 62-63%, сумма щелочей — около 6,5%, что несколько выше средних содержаний по Р. Дэли. Породы имеют калиевую петрохимическую специализацию ($\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 1-2,4\%$).

Среди даек рудного поля выделяется несколько разновидностей, часть которых представляет апофизы упомянутого массива, с меньшей степенью раскристаллизации. Некоторые дайки сложены более основными породами с вкрапленниками бесцветного пироксена, плагиоклаза, актинолита и плагиоклаз-пироксен-хлоритовым базисом диабазовой структуры.

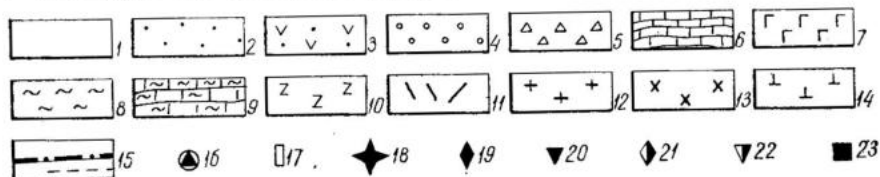
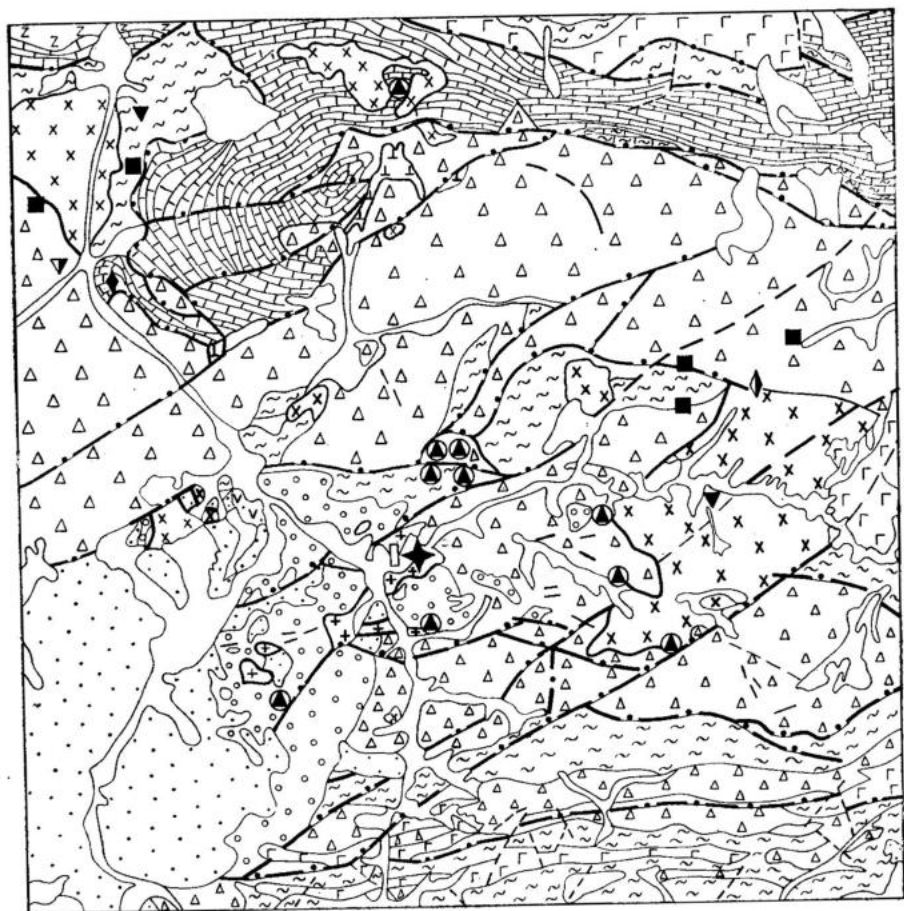
Особую группу составляют дайки восточной и северной периферии рудного поля с вкрапленниками плагиоклаза, биотита, сине-зеленой роговой обманки и единичными зернами кварца скелетной формы с гранофировой каймой; базис состоит из кварца и калишпата. По сравнению с упомянутым массивом эти породы при более основном составе ($\text{SiO}_2 = 58-60\%$) имеют большую щелочность и большее калиево-натриевое отношение и содержат меньше FeO и CaO .

Средний суммарный химический состав даек всех разновидностей идентичен составу массива, однако связи их с последним и между собой не ясны.

По минеральному и химическому составу гранитоиды малых тел и даек рудного поля аналогичны липарито-дацитам P_1 и ассоциирующим с ними дайкам. Нами, вслед за Т. А. Додоновой (1976 г.), они выделены в самостоятельную формацию субвулканических малых интрузий повышенной щелочности нижнепермского возраста.

В связи с интрузиями на рудном поле широко проявлены контакто-метаморфические (ороговикование терригенных пород и мраморизация известняков) и метасоматические изменения — скаполитизация, пироксенизация и скарнирование. Скарны образуют залежи в известняках и секущие жилы в других породах. Скарнирование сопровождается кальцитизацией пород и выделением кальцита в виде линз и неправильных гнезд.

Гидротермальные изменения связаны с рудным процессом и заключаются в карбонатизации пород вдоль зон повышенной трещиноватости и в развитии рассеянной халькопирит-пиритовой минерализации.



Возможно, околожилными являются оторочки гранат-пироксеновых скарнов вдоль мелких рудных жил. Гидротермальные образования наследуют структурный план предшествующих метасоматитов, что позволяет предполагать их временную близость и генетическое родство.

Вследствие приуроченности рудного поля к поперечной структуре северо-восточного простираения, разломы, ограничивающие грабен, одновременно контролируют распространение субвулканических интрузий, интенсивные метасоматические и гидротермальные изменения и оруденение. Нарушения более высоких порядков, вмещающие рудные жилы, образуют две сопряженные системы — протяженные «стволовые» трещины северо-восточного простираения и субширотные трещины скола, обе с крутыми падениями в северных или южных румбах. Менее развиты северо-западные нарушения, параллельные разлому. Наиболее поздними субмеридиональными сбросами небольшой амплитуды рудное

Рис. 1. Схематическая геологическая карта рудного района (составлена Г. М. Левитаном, Н. А. Ершовой на основе материалов В. Л. Клишевича, П. Д. Резвого, В. В. Смирнова):

1 — аллювиальные, делювиальные, колювиальные, пролювиальные, ледниковые отложения (Q); 2 — красноцветные конгломераты, гравелиты, песчаники, глины с прослоями известняков, мергелей, гипсов, алевролиты, аргиллиты (в низах разреза прослои и линзы углей — MZ—KZ); 3 — лавы андезитов, дацитов, риолитов, их туфы — ходжакеленская свита; алевролиты и песчаники известковистые с линзами и прослоями мергелистых известняков; мергели — дастарский горизонт (красноцветная моласса и порфировая формация, C₃—P₁); 4 — песчаники грубослоистые с прослоями косослоистых алевролитов; конгломераты полимиктовые, вулканомиктовые (сероцветная моласса); 5 — алевролиты, песчаники, часто вулканомиктовые, с линзами и прослоями гравелитов, линзами органично-детритовых известняков, глыбами зернистых известняков (в верхах разреза кремни, кремнистые сланцы с прослоями и линзами известняков, гравелитов, конгломератов — олистостромовая формация, C₁); 6 — известняки грубо- и тонкослоистые (карбонатная формация, D—C_{1v}); 7 — спилиты, диабазы, диабазовые порфиры, базальтовые порфиры, иногда с линзами известняков, туфы различных пород, кремнистые песчаники, кремни, алевролиты — яшская и араванская свиты (спилит-квартофировая недифференцированная формация, D₁—2); 8 — кремни, кремнистые, глинистые, реже углистые и известковистые сланцы, иногда алевролиты, редко линзы эффузивов (кремнистая удаленно-вулканогенная формация, S₁—2); 9 — известняки, доломиты, кремнистые сланцы, диабазы, C_m 1—3; 10 — метаморфические сланцы кварц-альбит-серпичитовые, хлорит-серпичитовые, мигматиты (формация метаморфических сланцев, PR₃); 11 — дайки диабазовых и диоритовых порфиритов, кварцевых порфиров; 12 — субвулканические интрузии гранодиоритовых и диоритовых порфиритов повышенной щелочности; 13 — гранодиориты, кварцевые диориты, диориты; 14 — серпентиниты; 15 — разрывные нарушения — достоверные и предполагаемые; 16—23 — минеральные типы золоторудных проявлений: (16—19) — комплексных золотосодержащих: 16 — полиметаллические с серебром, 17 — сурьмяные, 18 — золото-теллуридно-арсенидно-мышьяковые, 19 — мышьяковые; (20—21) — золото-кварцевых: 20 — полиметаллически-сульфидные, 21 — пирит-арсенипиритовые; 22 — золото-скарновых (полиметаллически-сульфидные); 23 — золото-сульфидных прожилково-вкрапленного типа

поле разбито на ряд блоков, ступенчато погружающихся в западном направлении.

Рудные тела представлены тремя основными морфологическими типами. Преобладают относительно маломощные кварц-карбонатные жилы, часто ветвящиеся. Второй тип представлен линзообразными, пласто- и трубообразными телами, образующимися в местах пересечений рудоподводящих каналов с горизонтами и линзами известняков и известковистых алевролитов, заключенных в олистостроме. Для таких участков пересечений характерно образование скарноидов. Интенсивность наложенного на скарны и скарноиды оруденения убывает в стороны от секущей трещины, что приводит к образованию рудных тел, ограниченных по падению кровлей и подошвой пластов карбонатных пород. Третий тип представляют залежи на пересечении рудными жилами олистолитов известняков, залегающих среди алевролитов, приурочивающиеся к придонным частям олистолитов. Рудная минерализация в телах двух последних типов имеет вкрапленный и гнездово-вкрапленный характер.

В рудах выделяются следующие минеральные ассоциации: 1) кварц-пирит-арсенипиритовая; 2) арсенидная скуттерудит-леллингитовая; 3) полиметаллические: а) сфалерит-халькопирит-пирротиновая с галенитом и пиритом, б) халькопирит-галенит-сфалеритовая, в) халькопирит-галенит-сфалеритовая с пирротинитом и блеклой рудой; 4) золото-теллуридная с халькопиритом и галенитом; 5) пирротин-гудмундит-жемсонит-карбонатная: а) пирротин-гудмундит-карбонатная с



Рис. 2. Схематическая геологическая карта рудного поля (масштаб 1:10 000):
 1 — четвертичные отложения; 2 — среднекаменноугольные конгломераты ороговикованные, скарнированные, окварцованные; 3 — нижнекаменноугольные алевролиты с известковистыми горизонтами и глыбами известняков, ороговикованные известковистые породы скарнированные и мраморизованные; 4 — интрузивные образования комплекса субвулканических малых интрузий — гранодиорит-порфиры и кварцевые диоритовые порфиры; 5 — рудные жилы

джемсонитом, галенитом и самородной сурьмой, б) пирротин-джемсонит-карбонатная с галенитом, гудмундитом и самородной сурьмой; 6) карбонатная, 7) касситеритовая (возможно наиболее ранняя).

Продуктивная золото-теллуридная ассоциация имеет ограниченное распространение и пространственно приурочена, главным образом, к арсенидным и полиметаллическим халькопирит-пирротиновым рудам. Небольшое количество золота и теллуридов отмечается на двух участках. В состав ассоциации входят самородное золото, калаверит, сylvанит, тетрадимит, висмутин, самородный висмут и, иногда, халькопирит и галенит.

Самородное золото в свободном состоянии или в сростании с теллуридами золота, серебра и висмута образует включения и прожилки в выделениях скуттерудита, леллингита, реже пирротина и арсенопирита. Проба золота, определенная Л. А. Николаевой (ЦНИГРИ) методом пробирных игл, составляет от 925 (внутренние зоны) до 930-940 (внешние зоны) промилле. Содержания золота и серебра в мономинеральных пробах рудных минералов приведены в таблице.

Содержания золота и серебра в мономинеральных пробах рудных минералов

Минералы	Место взятия	Содержание, г/т	
		золото	серебро
Арсенопирит	Жила 15	18,34	37,93
Арсенопирит	Жила 7	5,54	9,35
Скуттерудит	Жила Лестничная	830,0*	
Саффорит (леллингит)	Залежь 2	2210,0*	
Данаит	Жила 1	0,0*	
Пирротин	Залежь 54	4,0*	
Пирит	Жила 1	5,4*	
Пирит	Жила 44	4,0*	
Халькопирит	Жила 7	9,0*	
Сфалерит	Врез 21	10,4	1020,4
Джемсонит	Врез 21	3,3	842,3

* Пробы А. В. Пуркина

Намечаются некоторые элементы эндогенной зональности месторождения. Так для полиметаллической ассоциации характерна смена сверху вниз по падению рудных тел галенита и сфалерита на халькопирит и пирротин, а пирротин-гудмундит-джемсонит-карбонатная ассоциация имеет существенно гудмундит-пирротиновый состав при наложении на халькопирит-пирротиновую и пирротин-джемсонитовую — на галенит-сфалеритовую минерализацию.

На примере двух жил прослеживается минеральная зональность по простиранию: на восточных флангах развиты, главным образом,

минералы арсенидной ассоциации, а также пирротин, халькопирит, самородное золото и теллуриды; в западном направлении постепенно уменьшается количество арсенидов и теллуридов, и руды приобретают существенно джемсонит-галенит-сфалеритовый состав, отличаясь повышенной сереброносностью.

На крайних западных участках поля В. В. Смирновым отмечалось повышенное содержание олова в рудах, и имели место единичные находки касситерита и станнина. Положение и возраст оловоносной ассоциации остались пока неясными.

В обобщенном виде зональность выглядит следующим образом. Наиболее высокие и менее эродированные участки месторождения слагаются преимущественно сурьмусодержащими серебро-свинцово-цинковыми рудами с подчиненным количеством сульфидов мышьяка и железа. Ниже по падению постепенно затухает пирротин-гудmundит-джемсонитовая минерализация, и параллельно с изменением минерального состава полиметаллической ассоциации галенит и сфалерит сменяются пирротинном и халькопиритом. На самых глубоких уровнях месторождения наблюдаются руды преимущественно пирит-арсенопиритового состава, со спорадическими выделениями минералов арсенидной ассоциации. Продуктивная золото-теллуридная ассоциация пространственно тяготеет к рудам арсенидного и арсенопирит-халькопирит-пирротинового состава.

Месторождение представляет собой новый для Средней Азии тип оруденения золото-карбонатной формации, связанный с субвулканическими малыми интрузиями повышенной щелочности пермского возраста. Для него характерны: резкое преобладание карбоната над кварцем в жильном выполнении; скарновый тип дорудных метасоматических изменений; широкий спектр рудных элементов с совмещением кобальтовой, мышьяковой, золотой, серебряной, оловянной минерализации; тесная пространственная ассоциация золотоносной минерализации с арсенидами никеля и кобальта.

Близкие по типу проявления золоторудной минерализации известны в южной части рудного района, в узле, где развит и аналогичный комплекс субвулканических малых интрузий повышенной щелочности.

Сходными с описанным месторождением по геологической позиции и минерализации являются рудопоявления скарновой кобальт-золоторудной формации хребта Улахан-Тас в Северо-Восточной Якутии (И. Я. Майстер, 1982 г.).

Основными критериями крупномасштабного прогноза месторождений этого типа в пределах Южного Тянь-Шаня могут служить следующие.

- 1) Наличие субвулканических малых интрузий повышенной щелочности с калиевой петрохимической специализацией, прорывающих терригенно-карбонатные образования.

- 2) Пересечение зон орогенных молассоидных прогибов поперечными «сквозными» разломами преимущественно северо-восточного простирания.

- 3) Широкое развитие предрудного скарнирования.

- 4) Наличие комплексных геохимических и шлихо-геохимических ореолов золота, серебра, мышьяка, кобальта, олова.

ЗНАЧЕНИЕ ЗОЛОТОНОСНЫХ МЕТАСОМАТИТОВ, СОПУТСТВУЮЩИХ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНЫМ МЕСТОРОЖДЕНИЯМ, В КАЧЕСТВЕ КРИТЕРИЕВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

На месторождениях золото-серебряной формации Северо-Востока СССР в последние годы А. А. Сидоровым и другими авторами были установлены проявления собственно золотого (золото-сульфидного) оруденения в подстилающих рудовмещающие эффузивы флишеидных толщах триаса (Сидоров, Гончаров, 1979; Гончаров, Сидоров, 1979). Изучение метасоматитов, относящихся к этому типу, на одном из рудо-проявлений, выполненное автором статьи, позволяет наметить пути использования их минералогических и геохимических особенностей при прогнозных оценках рудных полей.

Рудное поле с метасоматитами указанного типа залегает в толще зеленых сланцев северо-восточного простирания, смятой в изоклинальные складки, крутопадающие к востоку под углом около 55° . Породы толщи прорваны субсогласными дайками риолитов и невадитов, которые тяготеют к шарнирам изоклинальных складок.

Рудное поле представляет собой блок, ограниченный с севера и юга широтными разломами и расчлененный сериями крутопадающих зон рассланцевания и трещиноватости близмеридионального простирания. На западном фланге поля такие зоны сближены и имеют восточное падение под углом $80-85^\circ$; на восточном фланге их падение также восточное, но более пологое ($60-70^\circ$).

Строение меридиональных зон кулисное; наблюдается их выклинивание на флангах, там где они встречаются с широтными разломами.

Разломы широтного простирания представлены зонами кулисообразных, круто падающих к северу трещин, сколового характера с бороздами и зеркалами скольжения, указывающими на преобладание сдвига над сбросом. Отдельные трещины в зонах разломов выполнены углистым материалом и сульфидами; амплитуды подвижек по ним достигают нескольких метров. Суммарные амплитуды перемещений по разломам вероятно значительны.

Меридиональные зоны западного фланга месторождения представлены интенсивно рассланцованными метаморфическими породами с наложенной трещиноватостью и дроблением; максимальные мощности наблюдаются в их центральных частях, на флангах же (где преобладает дробление) мощность зон во много раз меньше. Зоны восточного фланга представлены дроблением и трещиноватостью массивных пород; их мощности меньше, чем на западном фланге.

Субмеридиональные зоны разломов образовались в два этапа: интенсивного рассланцевания вначале и дробления с образованием трещин на втором этапе. Нарушения второго этапа наследуют направление ранних, но они шире по площади и слабее по интенсивности.

Широко распространены также разломы и трещины северо-восточного простирания, представленные мощными (до десятков метров) зонами трещиноватости. Наибольшее распространение они имеют на восточном фланге рудного поля и, вероятно, образовывались в связи с подвижками по широтным разломам.

Минерализация рудного поля, по данным Б. С. Андреева и Н. Е. Саввы (1978), относится к двум этапам — редкометальному и зо-

лоторудному. Каждый из них подразделен А. М. Гавриловым (ЦНИГРИ) на три стадии, представленные одной или несколькими ассоциациями минералов.

По данным геохимических наблюдений Г. Я. Абрамсона и С. А. Григорьева, выделяются две ассоциации химических элементов, входящих в состав рудных минералов: медь, вольфрам, олово, молибден, висмут; цинк и мышьяк, золото, сурьма, серебро, свинец. Формы ореолов химических элементов каждой из этих ассоциаций сходны, а размеры ореолов близки; между химическими элементами разных ассоциаций такой закономерности не наблюдается. По характеру пространственного распространения и корреляционным взаимоотношениям во второй геохимической ассоциации элементов установлена тесная связь золота и мышьяка и сурьмы, свинца и серебра.

При общем большом сходстве геохимической и минералогической схем стадийности А. М. Гаврилов относит минералогические сереброносные галенит-сфалеритовую и цинкениит-джерсонитовую ассоциации к редкометалльному этапу, что расходится с геохимическими данными, свидетельствующими об иной последовательности минералообразования.

С субширотными и сопряженными с ними зонами окварцевания связана вся рудная минерализация редкометалльной стадии, представленная минералами молибдена, вольфрама, меди, цинка, висмута. Форма выделения этой минерализации — вкрапленники и тонкие прожилки. Стадия начинается с развивающегося в широтных разломах, особенно на участках пересечения с дайками невадитов, интенсивного окварцевания. Рассланцованные невадиты почти нацело замещаются кварцем, количество которого по мере удаления от даек уменьшается, исчезая через 40-50 м.

К зонам рассланцевания и трещиноватости меридионального простирания приурочена минерализация золоторудного этапа, сформировавшаяся в две стадии — продуктивную золоторудную и заключительную золото-серебряную.

Минерализация продуктивной стадии, представленная кварцем, серицитом, карбонатом, пиритом, арсенопиритом, золотом и другими минералами, развита преимущественно на западном фланге рудного поля, а золото-серебряная минерализация с антимонитом, галенитом, сфалеритом, сульфосолями свинца, сурьмы, серебра, самородным золотом, мышьяком, кварцем и другими минералами приурочена к меридиональным зонам трещиноватости и дробления, наследующим зоны рассланцевания, вмещающие минерализацию предыдущей стадии. Состав минеральных ассоциаций второй стадии меняется: на западном фланге она представлена жилообразными телами кварц-антимонитового состава; восточнее количество антимонита в жилах уменьшается, и в то же время увеличивается количество минералов свинца, цинка, серебра; наконец, на восточном фланге минерализация заключительной стадии локализована в жилах и жилообразных телах кварц-сульфидного состава с относительно простой морфологией. Эти крутопадающие минерализованные зоны кулисного строения с расплывчатыми контактами, пересекая дайки, приобретают жилообразный облик и четкие контакты.

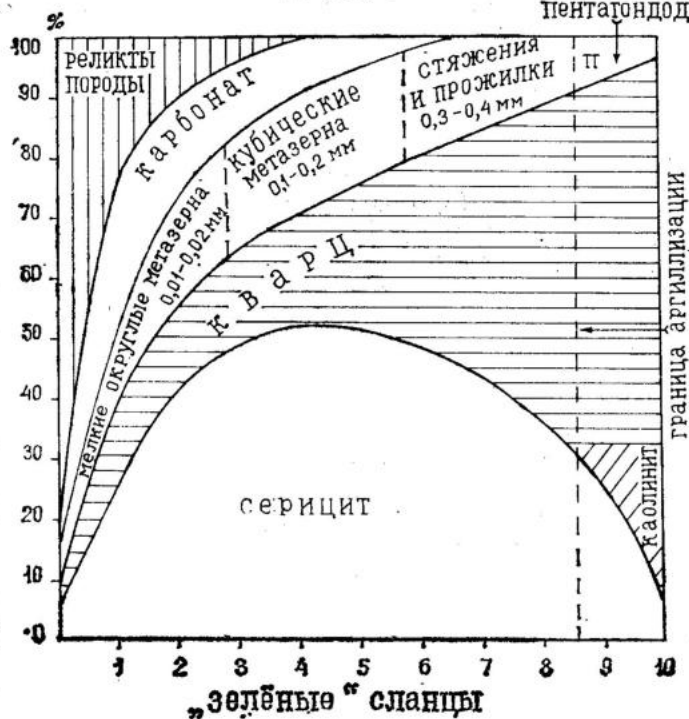
На западном фланге поля жилы и прожилково-брекчиевые зоны с кварц-антимонитовой ассоциацией приурочены к центральным частям золоторудных тел, составляя примерно 0,2% от их мощности. Четкие контакты жил и крустификационные текстуры свидетельствуют о выполнении открытых полостей.

Рудные тела первой стадии (рис. А) в поперечном сечении зональ-

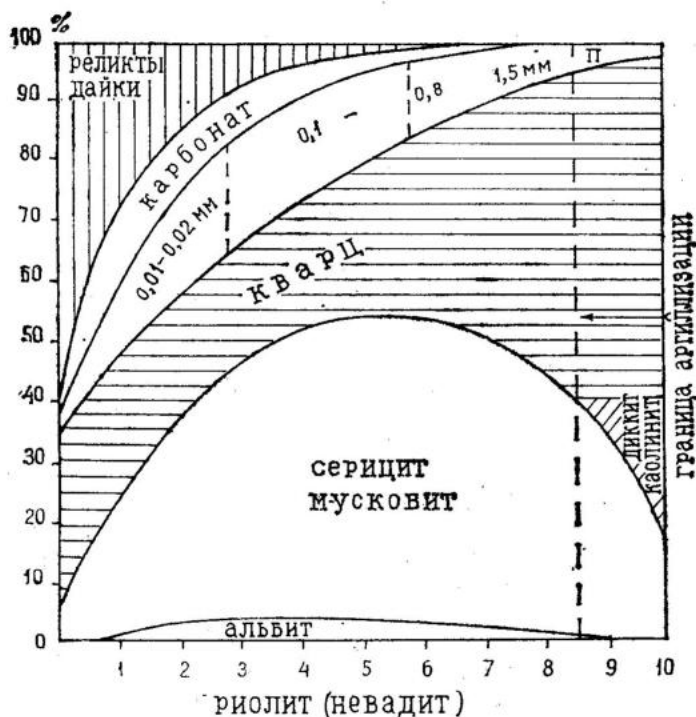
контакт минера-
лизованной зоны

ядерная (внутренняя)
часть зоны

пентагондодекаэдр



А



Б

Рис. Метасоматические колонки в зеленых сланцах и риолитах

ны: от внешней периферической части рудного тела к внутренней (центру) в метаморфических сланцах количество серицита уменьшается (от 60 до 6%); количество кварца увеличивается к центру (от 18 до 70—78%); суммарное количество пирита и арсенопирита также увеличивается к центру (от первых процентов до 35—40%); максимум карбоната приурочен к контактам; антимонит, как указывалось выше, выделяется в кварцевых жилах и прожилках, сосредоточенных в средних частях рудных тел.

Интересно поведение пирита, который в периферической части рудных тел представлен мелкими (0,01-0,02 мм) округлыми зернами, а ближе к центру — вначале мелкими (0,1-0,2 мм) кристаллами кубического габитуса, а затем более крупными (0,3-0,4 мм) кубами и в центральных участках — кубами и пентагондодекаэдрами размером 0,5—0,8 мм, а также стяжениями зерен, иногда образующими прожилки. Количество пирита при этом меняется от 16,5 до 37—40%. Арсенопирит, которого в 2—3 раза меньше, чем пирита, также увеличивается в размере зерен и количественно к середине рудных тел.

Густая вкрапленность пирита и арсенопирита, очевидно, образовалась за счет железа темноцветных минералов, и поскольку все золото продуктивной стадии сосредоточено в этих сульфидах, руды, возможно, следует считать метасоматическими.

В рудных минералах заключительной стадии золото хотя и содержится, но в меньших количествах, чем в пирите и особенно в арсенопирите продуктивной стадии. В связи с этим центральная часть рудных тел, где локализована кварц-антимонитовая минерализация, наименее золотоносна.

Дайки риолита, измененные предрудным метасоматозом продуктивной стадии (рис. Б), состоят на 35-45% из вкрапленников кварца, практически не подвергшегося изменениям; биотита, почти нацело замещенного агрегатами кварц-серицитового, серицит-карбонатного и серицит-карбонат-пиритового состава; реликтов порфировых выделений калишпата (ортоклаза), преобразованного более чем на 50% в тонкозернистый агрегат каолинита, серицита, мусковита, плагиоклаза. Характерны развитие сагенитовых решеток в биотите при замещении его серицитом и образование сферолитов из мусковита в краевых частях вкрапленников ортоклаза и плагиоклаза. При разложении ортоклаза наряду с мусковитом выделяется значительное количество эпидота в виде скоплений округлой формы. В результате метасоматической переработки порода представляет собой слюдисто-кварц-сульфидный агрегат с реликтами порфировых вкрапленников полевых шпатов. По отношению к неизменной породе увеличивается суммарное количество светлых слюд в зонах изменения (от 15 до 60%), кварца (от 25 до 65%), карбоната (от 0,5 до 21,5%), пирита (от 1,5 до 15%). В наиболее измененных участках даек пирит укрупняется до 0,8-1,5 мм и представлен преимущественно пентагондодекаэдрами. Арсенопирит появляется только на участках интенсивного изменения порфиров в виде вкрапленности игольчатых кристаллов или их сноповидных скоплений. Избыток калия, получающийся в процессе метасоматоза, концентрируется в экзо- и эндоконтактах всякого бока даек в виде прожилков и скоплений диккита.

Изменение различных пород в ходе гидротермального рудообразования продуктивной стадии представляет собой среднетемпературный метасоматоз типа березитизации. Типовая метасоматическая колонка березитов в рудных телах усложнена минерализацией заключительной стадии, сформированной в подновленных трещинах (см. рис.).

Синхронность образования в районе золото-серебряного и золотого оруденения и наличие в золотых рудах минерализации золото-серебряной стадии позволяют считать метасоматическое золотое оруденение в зеленых сланцах корневой частью проявлений золото-серебряной формации, характерных для верхнего структурного этажа; А. А. Сидоров относит их к единому формационному ряду.

В зависимости от химического состава метаморфических сланцев сульфидность золотого оруденения может быть различной. В породах с повышенным содержанием темноцветных минералов и низким содержанием кремнезема (45-55%) сульфидность золотых метасоматических руд будет максимальной. В породах с повышенным содержанием кремнезема (65-75%) и низким содержанием темноцветных минералов можно ожидать малое количество сульфидов и выделение свободного золота, приуроченного к калишпат-кварцевым метасоматитам.

Эта закономерность характерна не только для мезокайнозойских вулканических областей, но и для районов герцинской тектоно-магматической активизации, сопровождающейся вулканической деятельностью в зонах глубинных разломов.

Закономерная связь метасоматического золотого и золото-серебряного оруденения с зонами глубинных разломов в районах двухъярусного строения может считаться одним из основных критериев перспективной оценки золотоносных регионов.

ЛИТЕРАТУРА

Андреев Б. С., Савва Н. Е. Самородный мышьяк золоторудного месторождения Чукотки. Докл. АН СССР, 1978, т. 238, № 5, с. 1207—1210.

Сидоров А. А., Гончаров В. И. О прогрессивном развитии гидротермального рудообразования (на примере месторождений Востока СССР). «Геология рудных месторождений», 1979, № 3, т. XXI, с. 19—26.

Гончаров В. И., Сидоров А. А. Термобарогеохимия вулканогенного рудообразования. М., «Наука», 1979.

Особенности критериев прогноза на промышленное золотое оруденение. Бородаевский Н. И. Труды ЦНИГРИ, вып. 173, 1983.

Дается определение понятия «критерии прогнозирования», под которыми подразумевается та или иная установленная и обоснованная фактическим материалом закономерность размещения оруденения, в особенности в ее пространственном геологическом выражении. Указано также на очевидную необходимость разработки новой систематики критериев, которая должна учитывать не редкие для золоторудных месторождений случаи их полигенности и полицикличности.

УДК 553.411(575)

Структурные критерии прогнозирования вкрапленно-прожилкового оруденения на рудных полях Средней Азии. Арифуров Ч. Х., Ажгирей Д. Г., Светлов С. А., Блинова Т. А. Труды ЦНИГРИ, вып. 173, 1983.

Рассмотрены новые закономерности геологического строения и условий локализации золотого оруденения, а именно: наличие многоэтажных пологих надвиговых зон и связь рудоотложения с условиями миграции углерода и с образованием специфических метасоматитов. Авторы выдвигают новые критерии для прогнозов полигенного оруденения. Табл. 1, илл. 1, библи. 4.

УДК 553.411(470.55/57)

Критерии прогнозирования жильного оруденения на рудных полях Урала. Бородаевский Н. И., Черемисин А. А. Труды ЦНИГРИ, вып. 173, 1983.

По данным геологических исследований рассмотрены особенности геологической позиции, структуры и генезиса оруденения одного рудного поля, и предлагаются новые критерии для прогнозирования и оценки полей со сложным строением и полициклическим оруденением. Табл. 1, илл. 2, библи. 2.

УДК 553.411.06(575.2)

Критерии прогнозирования для рудного поля (Средняя Азия). Сорокин В. Н., Ломакина Г. В. Труды ЦНИГРИ, вып. 173, 1983.

На своеобразном по геологическому строению рудном поле (Средняя Азия) установлена полицикличность золотого оруденения, и на основе описания структурных особенностей даются критерии прогнозов. Илл. 2.

УДК 553.412

Критерии прогнозирования серебряного оруденения в вулканических областях. Константинов М. М. Труды ЦНИГРИ, вып. 173, 1983.

Рассмотрены особенности геологической позиции серебряного оруденения Охотско-Камчатского вулканогенного пояса, и приведены дополнительные критерии регионального прогнозирования. Илл. 2, библи. 5.

УДК 553.411(571.651)

Геолого-структурные критерии прогнозирования оруденения и рудных столбов для рудных полей вулканического пояса. Щепотьев Ю. М., Гузман Б. В., Степнов Э. П. Труды ЦНИГРИ, вып. 173, 1983.

Детально описаны рудовмещающие структуры и структурная зональность, послужившая основой для разработки структурных критериев при прогнозировании рудных тел, рудных столбов и рудных полей с оруденением золото-серебряной формации. Табл. 1, илл. 3, библи. 2.

УДК 553.411(571.51)

Особенности геологической позиции и структуры рудных полей и критерии прогнозирования сульфидно-вкрапленного оруденения в метаморфогенных толщах. Стороженко А. А., Берзон Р. О., Шерман М. Л., Лопатин В. А., Стороженко И. К. Труды ЦНИГРИ, вып. 173, 1983.

По данным предварительной характеристики геологической позиции и структурных особенностей выдвигаются региональные и локальные критерии прогнозирования рудных полей с прожилково-вкрапленным оруденением в углистых толщах. Илл. 3, библи. 5.

УДК 553.411(574)

Новые данные по геологии одного месторождения в терригенных толщах и основанные на них критерии прогноза вкрапленного золото-сульфидного оруденения. Фогельман Н. А., Павлова В. Е. Труды ЦНИГРИ, вып. 173, 1983.

На основании установленной приуроченности прожилково-вкрапленного сульфидного оруденения к горизонту сланцев верхнего карбона авторы выдвигают для считавшегося хорошо изученным рудного района совершенно новые критерии прогнозирования. Илл. 3, библи. 1.

УДК 553.411.07(574.3)

Структурно-морфологические особенности золотосодержащего колчеданного рудного поля в Центральном Казахстане. Цетлин В. П. Труды ЦНИГРИ, вып. 173, 1983.

Описаны вулканоплутоническая структура рудного поля с колчеданным оруденением и разбивающие его на блоки послерудные нарушения. На основании изученных закономерностей, распределения в них рудных минералов и морфологии рудных залежей устанавливается взаимосвязь их разобщенных частей, и выдвигаются новые критерии прогнозирования. Илл. 2, библи. 6.

УДК 553.411(575.2)

Особенности локализации золотого оруденения на одном из рудных полей Южной Киргизии. Ершова Н. А., Левитан Г. М., Михайлова Л. В., Смирнов В. В. Труды ЦНИГРИ, вып. 173, 1983.

Описывается своеобразная минерализация, сопутствующая месторождениям скарного типа: авторы предлагают выделять ее в качестве рудной формации. Табл. 1, илл. 2, библи. 1.

УДК 553.411:553.22(571.6)

Значение золотоносных метасоматитов, сопутствующих золото-серебряным месторождениям, в качестве критериев прогнозирования. Янишевский Е. В. Труды ЦНИГРИ, вып. 173, 1983.

На основании изучения метасоматитов, развитых на одном из рудопоявлений Северо-Востока СССР, где толща вулканитов, вмещающих золото-серебряное оруденение, подстилается флишеидными породами с проявлениями вкрапленно-прожилкового золото-сульфидного оруденения, выдвигаются критерии для прогнозирования оруденения в аналогичных структурных условиях. Илл. 1, библи. 3.

СОДЕРЖАНИЕ

Н. И. Бородаевский. Особенности критериев прогноза на промышленное золотое оруденение	3
Ч. Х. Арифұлов, Д. Г. Ажғирей, С. А. Светлов, Т. А. Блинова. Структурные критерии прогнозирования вкрапленно-прожилкового оруденения на рудных полях Средней Азии	5
Н. И. Бородаевский, А. А. Черемисин. Критерии прогнозирования жильного оруденения на рудных полях Урала	13
В. Н. Сорокин, Г. В. Ломакина. Критерии прогнозирования для рудного поля (Средняя Азия)	22
М. М. Константинов. Критерии прогнозирования серебряного оруденения в вулканических областях	29
Ю. М. Щепотьев, Б. В. Гузман, Э. П. Степнов. Геолого-структурные критерии прогнозирования оруденения и рудных столбов для рудных полей вулканического пояса	36
А. А. Стороженко, Р. О. Берзон, М. Л. Шерман, В. А. Лопатин, И. К. Стороженко. Особенности геологической позиции и структуры рудных полей и критерии прогнозирования сульфидно-вкрапленного оруденения в метаморфогенных толщах	44
Н. А. Фогельман, В. Е. Павлова. Новые данные по геологии одного месторождения в терригенных толщах и основанные на них критерии прогноза вкрапленного золото-сульфидного оруденения	50
В. П. Цетлин. Структурно-морфологические особенности золотосодержащего колчеданного рудного поля в Центральном Казахстане	57
Н. А. Ершова, Г. М. Левитан, Л. В. Михайлова, В. В. Смирнов. Особенности локализации золотого оруденения на одном из рудных полей Южной Киргизии	64
Е. В. Янишевский. Значение золотоносных метасоматитов, сопутствующих золото-серебряным месторождениям, в качестве критериев прогнозирования	71

Критерии прогнозирования золоторудных месторождений

Труды ЦНИГРИ

Выпуск 173

Бедуший редактор И. А. Коротченко
Технический редактор Н. А. Баклагина

Подписано к печати 12/IV-1984 г.

Печ. л. 5,0

Заказ №1

Усл. л. 7,0

Тираж 500 экз.

Бумага 70×108¹/₁₆

Уч.-изд. л. 7,0

Цена 1 руб.

Типография ВЦИО, Москва, Б. Полянка, 43