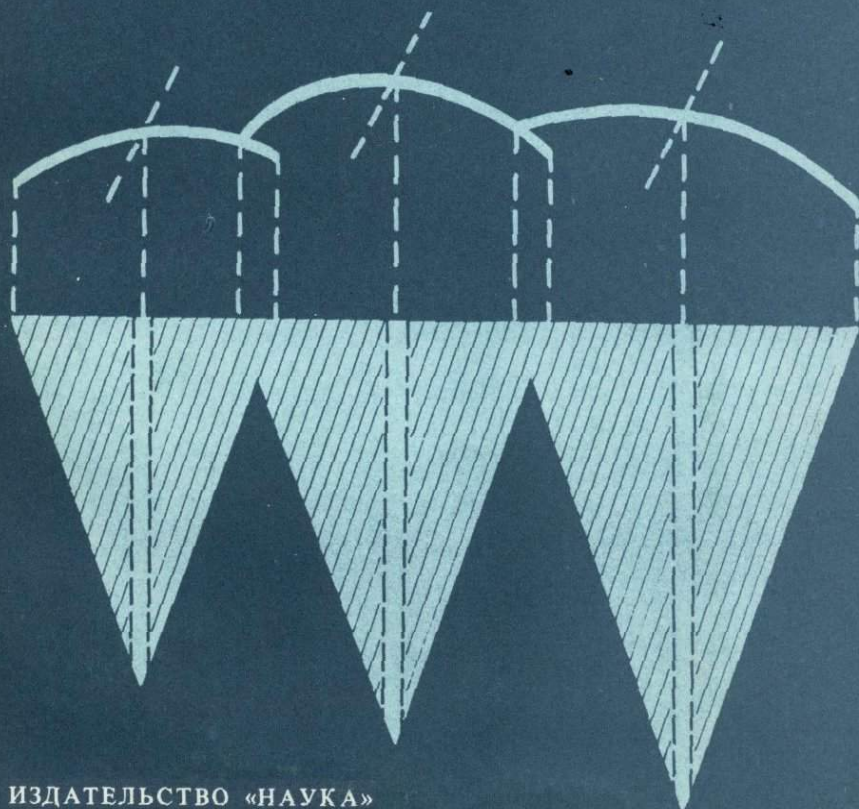


П.Г. ВЕДЕРНИКОВ, И.С. ПЕЛЬЦМАН

ОСНОВЫ
МОРФОСТРУКТУРНОГО
АНАЛИЗА
ОЛОВОРУДНЫХ ПОЛЕЙ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
Институт тектоники и геофизики

П.Г. ВЕДЕРНИКОВ, И.С. ПЕЛЬЦМАН

ОСНОВЫ
МОРФОСТРУКТУРНОГО
АНАЛИЗА
ОЛОВОРУДНЫХ ПОЛЕЙ

327-6



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
Москва 1980



П.Г. Ведерников, И.С. Пельцман. Основы морфоструктурного анализа оловорудных полей. М.: Наука, 1980 г., 120 с.

Излагаются теоретические основы метода морфоструктурного анализа оловорудных полей юга Дальнего Востока.

С позиции идей системного подхода проанализированы некоторые понятия рудной геологии – рудный столб, рудное тело, структура рудного поля, структурный тип и др. Дана классификация морфологических и структурных типов рудных полей. Показана роль морфоструктурного анализа на разных стадиях геологоразведочных работ и значение структурных критериев крупномасштабного прогнозирования при разведке оловорудных полей.

Книга рассчитана на геологов, разрабатывающих структурные методы поисков и разведки, использующих эти методы в практике геологоразведочных работ, а также преподавателей и студентов.

Ил. 28. Табл. 4. Библиогр. 160 назв.

Ответственный редактор
доктор геол.-мин. наук

В.А. СОЛОВЬЕВ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Изучению структур рудных полей посвящены труды многих исследователей [Бетехтин, 1939; Крейтер, 1940, 1941, 1956; Вольфсон, 1953, 1962; Вахромеев, 1961; Великий, 1961; Королев, 1962; Королев, Шехтман, 1965; Иванкин, 1970; Вольфсон, Яковлев, 1975; Акбаров, 1975; и др.]. В последние годы изданы "Атлас морфоструктур рудных полей" [1973] под редакцией проф. П.Ф. Иванкина и "Атлас структур рудных полей Средней Азии" [1976] под редакцией проф. В.А. Королева. Значительное внимание структурным условиям рудолокализации было уделено на семинаре по крупномасштабному количественному прогнозированию эндогенного оруденения (Ташкент, октябрь 1976 г.) и на совещании по геологическим структурам эндогенных рудных месторождений (Москва, март 1977 г.).

В 1975 г. Министерством геологии СССР изданы "Методические указания о проведении геологоразведочных работ по стадиям", в которых подчеркивается необходимость изучения структуры и формы рудных полей и составляющих его частей на всех стадиях геологоразведочного процесса.

Структурные исследования позволяют выявлять закономерности строения рудных полей; геолого-структурные условия локализации рудных тел и тем самым способствуют повышению эффективности геологоразведочных работ.

"Методические указания..." [1975] побудили авторов суммировать опыт морфоструктурного анализа ряда оловорудных полей Приморья и Приамурья.

Морфоструктурный анализ¹, по существу, является новым направлением (или методом) в изучении оловорудных полей. Задачей морфоструктурного анализа является изучение формы рудного поля и составляющих его частей, выявление основных тектонических элементов, взаимосвязь которых определяет его структуру. Конечная цель анализа — представление рудного поля и рудолализующих естественных геологических тел разного ранга в виде объемных фигур, выявление в контурах этих фигур закономерностей рудолокализации и на этой основе — оценка перспектив объекта, прогноз рудоносности флангов и глубоких горизонтов. Время,

¹ "Морфоструктурный анализ" — принятый нами термин, обозначающий анализ "морфоструктур" (в представлении П.Ф. Иванкина [Атлас..., 1973]), т.е. форм и строения рудных полей, а не "подразделений рельефа земной поверхности" [БСЭ, т.16, 1974, с.608].

которое затрачивается на морфоструктурный анализ рудного поля, окупается наглядным изображением на графике форм рудолокализирующих геологических тел и рудных концентраций. В конечном счете графический материал приобретает несоизмеримо более высокую информативность по сравнению с исходным материалом, который составляется обычно при геологоразведочных работах.

Морфоструктурный анализ использует результаты всесторонних геологических исследований по рудному полю (литологических, тектонических, минералогических и др.) и поэтому является комплексным исследованием.

Опыт морфоструктурного анализа оловорудных полей позволил рассмотреть с новых позиций некоторые понятия рудной геологии (рудный столб, рудное тело, структура, структурный тип, структурная карта) и разработать ряд структурных критериев крупномасштабного прогнозирования.

Авторы надеются, что настоящая работа будет способствовать более успешному внедрению в практику геологоразведочных работ "Методических указаний..." Министерства геологии СССР в той части, которая касается рекомендаций по изучению формы и структуры оловорудных полей.

Морфоструктурный анализ оловорудных полей юга Советского Дальнего Востока (Приморье, Приамурье), на основе которого выкристаллизовывались представления закономерностях их строения, потребовал десять лет труда (1967-1977). Инициатором и наставником этих работ являлся проф. П.Ф. Иванкин, чьи советы, постоянное внимание и помощь заслуживают особой благодарности.

При сборе и обобщении фактического материала по оловорудным полям авторы пользовались помощью и поддержкой многих геологов производственных организаций и товарищей по работе. По отдельным вопросам авторы консультировались с И.Н. Говоровым, С.Ф. Луговым, М.П. Материковым, Б.В. Макеевым, Е.А. Радкевич, Ф.Н. Шаховым. Некоторые главы работы в статейном варианте были любезно просмотрены и одобрены академиком Ю.А. Косыгиным. Ряд критических замечаний и ценных советов при просмотре рукописи сделали Ю.И. Бакулин, В.В. Онихимовский, П.Н. Селезнев. Завершению работы во многом способствовали ближайшие помощники - В.Е. Волошинская, О.А. Сало, Л.М. Сидоренко, Н.В. Тихонова, О.С. Усенко. Всем перечисленным товарищам авторы выражают искреннюю признательность. На протяжении всего периода работы авторам оказывал содействие чл.-кор. АН СССР Е.А. Кулиш, чья поддержка и помощь заслуживают благодарности.

Авторы с признательностью воспримут критические замечания по работе, поскольку ряд положений носит дискуссионный характер и нуждается в специальном обсуждении.

ВОПРОСЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ НЕКОТОРЫХ ПОНЯТИЙ ГЕОЛОГИИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В настоящее время в естествознании большое значение придается структурным исследованиям. Понятие структуры "становится необходимым и существенным элементом любой научной теории" [Овчинников, 1967, с. 11]; "высшее знание об объективной действительности — это знание о структурных отношениях" [Рапопорт, 1969, с. 75]; "системно-исторический анализ на базе достижений системно-структурных и системно-функциональных исследований должен стать одним из основных научных методов геологии" [Геологический..., 1973, с. 43, см. "Анализ системный"].

С позиции системного подхода любой объект рассматривается как система, обладающая бесконечным числом элементов и связей между ними. С целью познания объекта, опираясь на принцип абстрагирования (идеализации, самоограничения, специализации), строят модель объекта. Последняя представляет собой идеализированный образ объекта, рассматриваемого с заданной позиции, когда, абстрагируясь от неисчерпаемого числа свойств его, мы задаемся конечным числом относительно автономных свойств объекта, существенных (системообразующих) с заданной позиции. Иными словами, модель — это определенная концептуальная схема, теория, в рамках которой анализируется объект [Попова, 1968]. Строя модель, мы ограничиваем неисчерпаемость свойств объекта и тем самым открываем возможность познания объекта, делаем его доступным для исследования [Омельяновский, 1967; Овчинников, 1967; Свечников, 1967; и др.]. Построение модели в заданной концептуальной схеме (с избранных нами позиций) позволяет выявить в системе существенные элементы, вскрыть системообразующие связи между ними и тем самым установить структуру системы. Такая процедура способствует упорядочению наших знаний о явлениях и объектах исследования и позволяет выбрать исходные позиции для систематизации множества этих объектов. Прежде всего система должна рассматриваться нами как статическая, в которой при фиксированном времени анализируются связи между элементами [Косыгин, Соловьев, 1969; Косыгин, 1974].

В изучении рудных полей до недавнего времени преобладал редукционистский принцип исследования. Рудное поле, например, изучалось со стороны вещественного состава руд и гидротермальных пород (минералого-геохимические исследования разных рангов), геологического строения среды, вмещающей рудные тела (стратиграфия, магматизм, тектоника), и др. При таком изучении предполагается, что совокупность знаний об отдельных сто-

ронах, свойствах, частях объекта дает нам знания об объекте в целом.

Уже 10-15 лет успешно развивается интегративное направление исследований рудных полей, когда последние воспринимаются как системы с позиции их формы и структуры. Поскольку объектом познания является рудное поле, а предметом изучения - форма и структура, направление оформилось как морфоструктурное. Основные положения этого направления были разработаны П.Ф. Иванкиным [1970] на основе представлений о рудоматематических системах со свойственными им внутренними закономерностями формообразования и структурной организации.

По мнению одного из основоположников общей теории систем Л. фон Берталанфи [1969, с. 34], системный подход "ведет к фундаментальной переориентации научного мышления". В свою очередь, такая переориентация вызывает необходимость пересмотра сложившихся понятий и "формализации заново создаваемой полной абстрактной модели объектов (теории), представляющей результат нового видения..." [Соловьев, 1974, с. 38]. В области структурных исследований рудных полей, по-видимому, назрела необходимость нового видения объектов с позиции системного подхода и их изучения "в соответствии с рангом изучаемых объектов и разработкой своих методов исследования и систем понятий" [Соловьев, 1974, с. 42; 1975, с. 71].

Результатом системного видения объектов разного ранга являются новые представления о понятиях: рудный столб, рудное тело, структура рудного поля, структурный тип, структурная карта. Системный подход к изучению оловорудных полей открывает возможность разработки структурных критериев крупномасштабного прогнозирования разного ранга, обосновывающих оценку перспектив рудоносности флангов и глубоких горизонтов конкретного рудного поля.

РУДНЫЙ СТОЛБ

Неравномерность распределения концентраций полезного компонента (например, олова) в месторождениях жильного типа отмечалась многими исследователями. Высокие концентрации металла обычно устанавливаются на фоне относительно бедной минерализации и характеризуются разнообразными формами и размерами. В зависимости от формы эти концентрации называют линзами, гнездами, кустами, бананцами, рудными столбами и т.д.

Представление о рудных столбах зародилось в конце XIX - начале XX в. в золотой промышленности и целиком относилось к жильным эпигенетическим месторождениям [Шахов, 1969]. Однако общепринятого определения термина "рудный столб" до сих пор не существует. Часто рудные столбы понимаются как экономические категории, например первично или вторично обогащенный участок рудного тела, обычно столбообразной формы среди более бедных

руд [Геологический..., 1973]; вытянутый в одном направлении участок рудного месторождения с наиболее высокой концентрацией полезных компонентов [БСЭ, 1955, т.27, с.307]. Близкие к этим определениям понятия "рудный столб" мы находим в работах многих исследователей [Pengose, 1910; Богданович, 1912; Эммонс, 1925; Линдгрэн, 1934; Смирнов, 1947; Крейтер, 1956; Великий, 1961; Татаринов, 1963; Шахов, 1964; и др.]. Существуют определения рудных столбов, в которых акцентируется внимание на морфологическом или генетическом аспектах. Например, по А. фон Гроддеку [1889], рудные столбы – это узкие рудные массы с протяжением по линии падения крутопадающих жил в отличие от гнездообразных и диагональных рудоносных частей жильных месторождений. П.Ф. Иванкин [1969] рассматривает рудные столбы с генетических позиций как элемент структуры гидротермального потока, имея в виду формирование столбов за счет высококонцентрированных струевых потоков рудообразующих растворов.

Продолжительное время исследователи накапливали обширный материал, который характеризовал бы условия формирования и локализации рудных столбов. На этом эмпирическом материале создавались многочисленные классификации форм богатых рудных скоплений и условий их формирования [Winchell, 1908; Котульский, 1922; Hulin, 1929; Хьюлин, 1938; Смирнов, 1947; Королев, 1954; Крейтер, 1956; Великий, 1961; Айрапетян, 1969; Тимофеевский, 1969; Некрасов, 1969; Нарсеев и др., 1969; и др.].

Существование в изучении рудных столбов тенденции осветцались на специальном симпозиуме, проведенном в 1969 г. в Новосибирске под председательством Ф.Н. Шахова. Анализируя результаты работы этого симпозиума, П.В. Бабкин с соавторами [1970] резюмировали, что: а) огромный эмпирический материал по рудным столбам все еще слабо освещен; б) проблема поисков в пределах рудных полей промышленных скоплений полезных ископаемых становится все более острой, и дальнейшее развитие учения о рудных столбах представляется в связи с этим крайне важным; в) необходимо четко определить терминологическую соподчиненность в ряду: месторождение – рудное тело – рудный столб; г) главной теоретической задачей дальнейшего исследования следует считать выявление генетических идей рудного столба.

Выводы П.В. Бабкина с соавторами о состоянии проблемы рудных столбов созвучны с выводом А. фон Гроддека [1889, с. 69], высказанным около 90 лет назад: "Едва ли какой-нибудь предмет имеет большую важность для практического горного дела, как исследования рудных выполнений, и вряд ли какой-нибудь отдел геологии менее обработан, чем этот".

Множество определений понятия "рудный столб" объясняется прежде всего возможностью рассмотрения богатых рудных концентраций с разнообразных точек зрения. Например, рудные столбы рассматриваются с экономических позиций (наиболее богатая часть жильного выполнения [Шахов, 1964]), с позиции условий локализации (например, на контактах слоистых пород различного литоло-

гического состава, пересеченных рудоносными разрывами [Вольфсон, Яковлев, 1975]), с позиции влияния геологических структур на формирование рудных концентраций (в участках пересечения жил и др. [Нулін, 1929]), с позиции морфологии (столбообразной формы крутопадающая залежь), с генетических позиций (рудный столб отражает высококонцентрированную струю рудообразующего потока [Королев, 1959; Иванкин, 1969, 1972]) и др.

Поэтому то или иное определение, данное рудному столбу с избранных частных позиций, будет правомерным. Однако при попытке графического изображения рудного столба, например на продольной вертикальной плоскости, возникают определенные трудности в выборе способа его отображения. Как изобразить рудный столб на графике, определив его, например, с экономических позиций как наиболее богатую часть жильного выполнения? Какие концентрации ценного компонента (олова, золота) в этом случае мы должны принять за отправные при отрисовке границ рудного столба? Следует ли считать рудным столбом на месторождениях олова или золота концентрации менее ценных компонентов (например, меди, цинка)? Эти вопросы не находят удовлетворительного ответа при определении понятия рудного столба с той или иной частной позиции его рассмотрения.

Наиболее общее определение понятия "рудный столб" может быть достигнуто путем формализации, т.е. уточнения понятия объекта, которое происходит путем выявления и фиксации формы последнего. Так, например, В.А. Нарсеев с соавторами [1969, 1970] предлагают называть рудными столбами первичные концентрации элементов (минералов), выделяемые на основе геологических наблюдений и данных анализа статистического распределения содержаний. Рудные столбы рассматриваются ими как категории относительные, т.е. выделяющиеся на фоне руды данного месторождения. Используя стабильность распределения содержаний элементов и считая области с определенным уровнем минерализации рудными столбами, последние можно представить как категории, абсолютные для данного рудного тела или типа месторождения.

Разделяя в общем позицию В.А. Нарсеева об относительности понятия "рудный столб", мы также считаем необходимым рассматривать рудные столбы в неразрывной связи с теми геологическими образованиями (рудовмещающими геологическими телами), в которых они заключены. Поэтому в соответствии с основными понятиями структурной геологии мы будем выделять естественные и условные геологические тела (ЕГТ и УГТ) [Косыгин и др., 1964; Косыгин, 1974].

ЕГТ выделяются по естественным геологическим границам, которые выявляются по резкой смене свойств геологического вещества или характеристик этих свойств. Такими границами служат, например, участки выклинивания жилы, контакты ее с вмещающими породами и т.д.

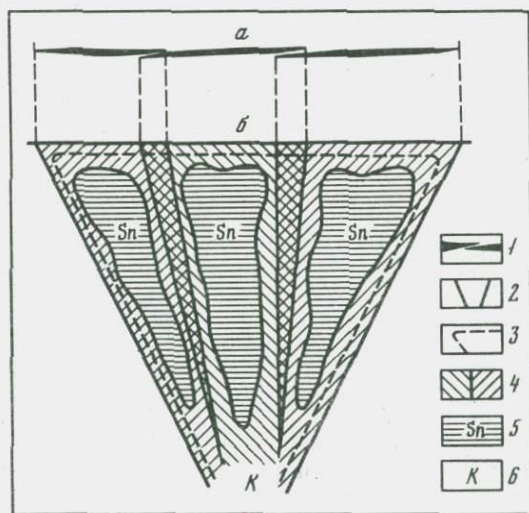
ЕГТ могут быть сложными и простыми. К сложным ЕГТ относятся, например, минерализованные зоны дробления, сложенные про-

дуктами различных стадий гидротермального процесса. Простыми ЕГТ являются продукты одной какой-либо стадии гидротермального процесса, например кварц-турмалиновые метасоматиты или кварцевые жилы.

УГТ отрисовываются в пределах ЕГТ по условным геологическим границам, отмечающим разные значения геологических свойств или их характеристик. К примеру, условными геологическими границами являются линии или поверхности, оконтуривающие области с тем или иным процентным содержанием суммы металлов или какого-либо одного компонента.

В морфогенетическом отношении ЕГТ представлены жилами, минерализованными зонами, трубами. При более детальном рассмотрении среди них можно выделить жилы выполнения, жилы замещения; минерализованные зоны брекчирования, рассланцевания, штокверковые зоны и т.д.; трубки брекчий, трубообразные метасоматические тела и т.д. По форме ЕГТ также разнообразны. В продольной плоскости они имеют часто веерообразную форму с тенденцией расширения на верхних горизонтах и сужения на нижних.

В общем случае такие конические фигуры ЕГТ или их группировки можно называть "пучками". В зависимости от степени уплощенности и ориентировки в пространстве следует различать конические, плоскоконические и билатеральные пучки, а с учетом их



Р и с. 1. Формы естественных геологических тел (ЕГТ) и схема замещения в них условных геологических тел (УГТ)

а - план; *б* - вертикальная продольная проекция; 1 - ЕГТ 1-го ранга - минерализованная зона, имеющая кулисное строение; 2 - границы ЕГТ - проекция на вертикальную плоскость (плоскоконический пучок); 3 - условные геологические границы полиэлементного УГТ (рудного тела); 4 - элементарные ЕГТ (2-го ранга); 5 - моноэлементные УГТ (рудные столбы); 6 - корневая область

взаимопереходов — плоскобилатеральные, билатерально-конические и другие пучки. Имея в виду морфогенетические типы ЕГТ и их группировки, можно выделять жильные билатеральные или плоско-конические пучки, пучки минерализованных зон, трубообразных тел и т.д.

Некоторые морфогенетические типы ЕГТ (жилы, минерализованные зоны), сформированные по кулисно сопряженным трещинам, по структурному выражению представляют собой обычно кулисы разного ранга (серия кулис ЕГТ, кулиса ЕГТ 1-го ранга, кулиса ЕГТ 2-го ранга). В дальнейшем в зависимости от изложенных позиций рассмотрения ЕГТ именуется в тексте по-разному.

УГТ целесообразно, по нашему мнению, разделить на две группы: полиэлементные, которые отрисовываются по условно заданным изолиниям концентрации суммы металлов, и моноэлементные — отрисованные по изолиниям концентрации какого-либо одного элемента.

Условимся считать полиэлементные УГТ рудными телами¹, а моноэлементные — рудными столбами. В таком понимании к последним будут относиться не только промышленные концентрации ценного компонента, но и повышенные концентрации других металлов, слагающих в совокупности рудное тело. Исходя из такой позиции, в рудном теле, заключенном в ЕГТ (жиле, зоне и т.д.), можно отрисовать цинковый, свинцовый, медный, оловянный и другие рудные столбы. Рудные столбы в пределах ЕГТ (жил, зон) могут иметь различную форму, совпадать или не совпадать друг с другом в пространстве (рис. 1).

СТРУКТУРА РУДНОГО ПОЛЯ

Исследователи структур рудных полей оперируют такими терминами, как "структура", "тип структуры", "структурный тип", "геологическая структура", "структура локализации", "структурно-геологическая позиция" и др. Значение терминов часто не расшифровывается, в связи с чем допускается произвольная их трактовка и смешение понятий. Например, понятия "тип структуры", "характер геологической структуры" смешиваются с понятием "структура" и т.д.

Отмечая запутанность терминологии, Ф.И. Вольфсон [1962, с. 98] пишет: "Даже такой важный термин, как "структура", который является синонимом термина "строение", часто применяется совершенно неправильно. Его нередко отождествляют с тектоническими нарушениями и, например, вместо терминов "складка" или "дизъюнктивное нарушение" многие применяют понятие "структура",

¹ В отличие от общеупотребительного понятия "рудное тело", которое рассматривается в общем случае как "скопление руды любой формы" [Геологический..., 1955, с. 306].

которая оказывается способной "изгибаться", "поворачиваться", "заворачиваться" и т.д.". По мнению Ю.А. Косыгина [1974, с. 68], многозначность термина "структура" "не только его большой недостаток, но и один из главных недостатков геологической терминологии вообще". Смещение, неоднозначное использование терминов отражают, вероятно, общее состояние проблемы: "...мы не понимаем всего того, что знаем о структуре рудных месторождений" [Мак-Кинстри, 1959, с. 205].

Даже в тех работах, где расшифровывается понятие "структура" рудного поля, оно лишено строгой определенности и авторы вкладывают в него различное содержание. Под структурой рудного поля понимается закономерное расположение группировок рудных тел и рудоносных участков в зависимости от геологического строения и тектоники района [Бетехтин, 1939]; совокупность структурных элементов (в исторической последовательности развития), влияющих на размещение, локализацию и характер эндогенных месторождений, связанных общностью происхождения [Крейтер, 1956]; закономерное сочетание тектонических элементов и геологических тел, характеризующих определенное, присущее данному рудному полю закономерное распределение рудных тел промышленного значения [Бородаевский, 1960]; общее геологическое строение и тектоника рудного поля, определяющие закономерности распределения в нем рудных месторождений [Вахромеев, 1961]; такие особенности геологического строения (в том числе и тектоники) и процессов минерализации, которые обуславливают закономерное размещение в нем генетически родственных месторождений [Корякин, 1967, 1970]; строение, обусловленное совокупностью составных частей, последовательностью их образования и пространственным соотношением в связи с геологическим строением рудноносной площади [Вольфсон, Яковлев, 1975].

Закономерность расположения рудных полей (месторождений) и рудных тел, по-видимому, проявляется в том, что отдельные их группы локализуются в определенных геологических структурах. Эта закономерность нашла отражение в классификациях структур ("типов структур", "структурных типов", "структур локализации", "геолого-структурных позиций" и т.д.) рудовмещающих геологических тел разного ранга (рудных полей, рудных тел), которые построены "с точки зрения влияния структур на рудоотложение" [Крейтер, 1956, с. 4]. Так, например, локализация рудных полей в металлогенических провинциях (районах) определяется местами изгибов пликативных структур, участками пересечения крупных дизъюнктивов и т.д. [Крейтер, 1956; Вольфсон, Яковлев, 1975; Королев, Шехтман, 1965]. По этому же признаку классифицируются геологоструктурные позиции месторождений и рудных тел. Например, "месторождения в трещинах скалывания одной (двух, трех и более) системы" [Крейтер, 1956, с. 147] и т.д.; "рудные тела во флексурах", "в трещинах разрыва", "в трещинах оперения" и т.д. [Смирнов, 1954, с. 90]; "сопряженные системы жил в трещинах

скальвания", "рудные тела в трещинах отрыва" и т.д. [Вахромеев, 1961, с. 392].

Из анализа приведенных определений понятия "структура" рудного поля и построенных на их основе классификаций становится ясным, что указанные авторы рассматривают это понятие с позиции влияния геологических структур (складок, разломов и т.д.) на рудолокализацию¹. С этой позиции существующие классификации не вызывают сомнения в достоверности отображения объективной реальности. Они охватывают всевозможные виды рудолокализирующих (рудовмещающих) геологических структур разных иерархических уровней: от крупных, определяющих локализацию рудных полей в металлогенических провинциях, до мелких, объясняющих положение рудных столбов в рудных телах. Таким образом, классифицируется лишь один элемент системы рудного поля — рудолокализирующая геологическая структура. Однако одного элемента недостаточно для выявления структуры системы рудного поля. С целью поиска других элементов системы рассмотрим рудное поле с более широких тектонических позиций.

Исследование вопросов тектоники рудного поля возможно с различных точек зрения: выявления разнообразных систем трещин (каркасные, веерообразные, радиально-концентрические, линейные) и условий их формирования; выяснения последовательности формирования геологических структур (разломы, складки) в истории становления рудного поля (дорудные, внутрирудные, послерудные); приуроченности рудных скоплений разного ранга (рудное поле, рудное тело, рудный столб) к различным геологическим структурам (складчатым, трещинным); иерархии разрывных нарушений и их роли в формировании рудных полей (рудоподводящие, рудораспределяющие, рудовмещающие); выяснения природы трещин (скола, разрыва) и направления перемещения блоков земной коры по трещинам (сборы, вбросы, надвиги); выявления каналов движения рудообразующих растворов, области рудоотложения и др.

По-видимому, не каждая из перечисленных позиций может быть использована для решения вопроса о структуре рудного поля, а лишь те из них, которые объясняют определенные аспекты рудогенеза, в частности, появление рудных скоплений в данной участке земной коры. В этом отношении заслуживает внимания мнение Г. Мак-Кинстри [1959, с. 166], который полагает, что гидротермальная теория рудоотложения рассматривает источник рудоносных (рудообразующих) флюидов, каналы для движения растворов, места отложения рудных и жильных минералов. Указанные положения выражают как генетический, так и тектонический аспекты проблемы рудогенеза. Последний, по нашему мнению, заключает в

¹ Следуя за Ю.А. Косыгиным [1974, с. 68], авторы будут различать такие понятия, как "структура" системы (например, рудного поля) и "геологическая структура", каковой является складка, разлом и т. д.

себе определенную позицию анализа системы рудного поля как с точки зрения места отложения минералов (т.е. рудолокализирующих геологических структур), так и с точки зрения каналов для движения растворов. Эта позиция кажется нам существенной при анализе структуры рудного поля. Именно исходя из тектонической позиции, заключающей в себе указанные положения, представляется возможным выделить в системе рудного поля системообразующие элементы и выявить взаимосвязь между ними, т.е. вскрыть структуру системы.

Рассмотрим общие особенности строения жильных оловорудных полей и, опираясь на эмпирические закономерности, попытаемся наметить системообразующие элементы с указанной выше позиции.

Строение многих жильных оловорудных полей определяется системой трещин¹, возникающей в том или ином участке земной коры. Трещины выполняются дробленным материалом вмещающих пород (или без такового), магматическим или жильным материалом (дайки, кварцевые и другие жилы) и фиксируются продуктами гидротермального метасоматоза (пропилиты, кварц-серицитовые метасоматиты и т.п.). В пределах рудного поля при специальном исследовании можно выделить тысячи трещин различной ориентировки. Но основной структурный рисунок поля создается главными трещинами, вмещающими дайки и продукты гидротермальной деятельности. Эти главные трещины располагаются параллельно или под углом друг к другу, формируя разнообразные структурные рисунки в плане, которые воспринимаются нами как структурные типы рудных полей — линейный, каркасный, радиально-концентрический, веерообразный [Ведерников, 1974].

В пределах рудного поля обычно выделяется какая-то одна наиболее крупная трещина или группа одинаково ориентированных трещин, по которым преимущественно развивался рудообразующий процесс, и в связи с этим трещины на определенных участках оказались рудовмещающими, т.е. они контролируют размещение продуктов гидротермальной деятельности (включая рудные тела). Такую совокупность трещин условимся называть рудоконтролирующей зоной, а отдельную трещину рудоконтролирующей зоны, вмещающей рудное тело, — рудолокализирующей. В масштабе рудного района рудоконтролирующие зоны более высокого ранга контролируют размещение рудных полей.

Эмпирически устанавливается, что рудная минерализация в трещинах рудоконтролирующей зоны нередко проявляется преимущественно в тех их частях, где они пересекаются другими трещинами. Иными словами, рудная минерализация локализуется в участках пересечения разноориентированных трещин [Крейтер, 1956; Радкевич, 1958, 1960; Вольфсон, 1962; Ведерников, 1971, 1972].

1

Трещины — разрывы в горных породах, перемещения по которым либо совершенно отсутствуют, либо имеют незначительную величину [Справочник..., 1970, с. 345].

Эта закономерность нашла отражение в существующих классификациях структур рудных полей, рудных тел и столбов. В участках пересечения трещин образуется рудоподводящий канал¹, по которому поднимаются потоки гидротермальных растворов, или ствольные части гидротермальных колонн [Поспелов, 1962], которые по мере уменьшения внешнего давления по восстанию расширяются с образованием фигур рудных пучков (Л. Грейтон, Г. Мак-Кинстри, П.Ф. Иванкин). На более глубоких горизонтах системы трещин и рудных тел сближаются и имеют тенденцию схождения в один узел, который называют корневой частью. Корневая часть (область, зона) рудного поля — это "глубинная часть структуры, часто своеобразный тектонический узел, куда по склонению, сближаясь в пространстве, уходят минерализованные зоны, рудные столбы и их системы, а также магматические жилы рудоносного комплекса" [Иванкин, 1970, с. 34]. Корневая часть располагается в пределах рудоподводящего канала.

Пересекающие рудоконтролирующую зону трещины как бы определяют положение в ней поли- и моноэлементных УГТ разного ранга и потому были названы рудоопределяющими². Иначе говоря, рудоопределяющей будем называть такую трещину (систему трещин), которая в месте ее пересечения с рудоконтролирующей зоной определяет положение в пределах последней рудоподводящего канала, корневой области и продуктов гидротермальной деятельности (см. рис. 4).

Таким образом, рудоконтролирующая зона, рудоопределяющая трещина и корневая область являются, по нашему мнению, теми основными взаимосвязанными элементами системы рудного поля (и его частей), которые определяют пути движения рудоносных потоков (рудоподводящие каналы) и то геологическое пространство, которое завоевывается этими потоками [Иванкин, 1967]. Та или иная трещина рудоконтролирующей зоны становится рудокализирующей в той части, где она пересекается (или сопрягается) с рудоопределяющей трещиной. Именно на пересечении этих двух

¹ Термин "рудоподводящий канал" (рудоподводящая структура, рудовыводящая отдушина, рудная отдушина, вводный канал, рудный ввод) впервые введен в геологическую литературу американскими геологами (А. Локк, П. Биллингсли, Л. Шмидт). Продолжительное время гипотеза рудоподводящих каналов не воспринималась многими геологами и считалась непонятной и плохо аргументированной. По этому поводу В.М. Крейтер [1956, с. 68] заметил, что если эту гипотезу "понимать проще — как идею пересечения разнотипных структур, то в этой трактовке будет понятно структурное положение приводимых авторами примеров: Тинтика, Эврика и др."

² "Рудоопределяющая структура", или "рудоопределяющий элемент структуры", согласно Н.А. Бородаевскому [1960], понимается как разрывы, трещины и другие элементы структур, по отношению к которым можно заметить проявляющееся в различных масштабах постоянное и закономерное взаиморасположение рудных трещин.

трещин возникает рудоподводящий канал и корневая область, из которой "вырастают" отдельные рудоносные жилы или их группировки, локализующиеся в рудоконтролирующей зоне.

Элементы системы рудного поля могут быть рассмотрены на разных иерархических уровнях как для всего рудного поля, так и для отдельных его частей и отдельных рудоносных жил (зон). В этом случае отдельные части или рудоносные жилы могут рассматриваться как подсистемы (1-го, 2-го и т.д. рангов) более сложной системы рудного поля. Таким образом, можно говорить о том, что описанные выше, тектонические элементы системы рудного поля по роли, которую они выполняют в системе, являются главными системообразующими.

Исходя из сказанного, авторы определяют структуру системы рудного поля с тектонических позиций как взаимосвязь элементов (рудоконтролирующая, рудоопределяющая трещины и корневая область), обуславливающих пути движения рудообразующих растворов и область рудоотложения.

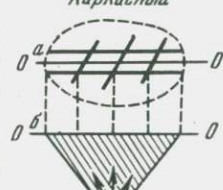

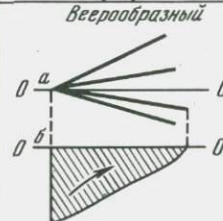
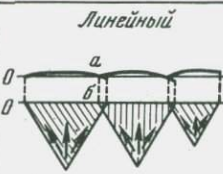
Приведенное определение является, по существу, абстрактной моделью структуры системы рудного поля.

СТРУКТУРНЫЙ ТИП РУДНОГО ПОЛЯ

В горизонтальном срезе рудного поля обычно фиксируются только два элемента системы (рудоконтролирующая и рудоопределяющая трещины). Различное сочетание этих элементов обуславливает разнообразие наблюдаемых в плане рисунков систем трещин (параллельных, радиальных, концентрических, каркасных и др.). Одинаковые рисунки систем трещин повторяются на многих оловорудных полях и потому воспринимаются как закономерные, определяющие тот или иной структурный тип рудных полей. Под структурным типом условимся понимать группу рудных полей с одинаковыми или сходными рисунками систем трещин, которые определяются формой взаимосвязи (или характером отношений) рудоконтролирующей и рудоопределяющих трещин. Геологи-рудники давно различали сетчатые, пересекающиеся, лучистые и другие жильные системы трещин [Гроддек, 1889; Корзухин, 1908; Богданович, 1912-1913; Усов, 1933]. Наиболее полно эти системы представлены в работах В. Эммонса [1925], А.В. Бэтмана [1949] и в ряде случаев учитываются при классификации структур жильных месторождений [Щерба, 1960; Малиновский, 1965].

На примере оловорудных полей выделяются следующие морфологические и соответствующие им структурные типы: конический (каркасный и радиально-концентрический); билатеральный (веерообразный); плоский (линейный) (рис. 2).

Не останавливаясь на описании морфологических типов, ограничимся краткой характеристикой выделенных структурных типов и подтипов рудных полей [Ведерников, 1974], множество которых определяется разнообразным сочетанием тектонических элементов.

Т и п ы		Структурные подтипы	Примеры месторождений олова
Морфологические	Структурные		
К о н и ч е с к и й	<p>Каркасный</p> 	<p>Каркасно-сопряженный</p> <p>Каркасно-пересекающийся (решетчатый)</p> <p>Каркасно-трубчатый</p> <p>Каркасно-линейный</p>	<p>Березовское (Малый Хинган)</p> <p>Уджаки (Сизотэ-Алинь)</p> <p>Маунт-Бишоп (Тасмания)</p> <p>Потоси (Центральная Боливия)</p> <p>Хинганское (Малый Хинган)</p> <p>Далее (Приморье)</p>
	<p>Радиально-концентрический</p> 	<p>Кольцевой</p> <p>Концентрически-зональный</p> <p>Радиальный</p>	<p>Сондонинское (Забайкалье)</p> <p>Депутатское (Якутия)</p> <p>Месторождения Северной Америки</p>
Б и л а т е р а л ь н ы й	<p>Веерообразный</p> 	<p>Веерообразный</p> <p>Листовидный</p> <p>Веерообразно-линейный</p>	<p>Джалинда (Малый Хинган)</p> <p>Северное (Приморье)</p>
П л о с к и й	<p>Линейный</p> 	<p>Линейный</p> <p>План-параллельный простой</p> <p>План-параллельный сложный</p>	<p>Пионерское (Сизотэ-Алинь)</p> <p>Лунное (Приморье)</p> <p>Хрустальное (Приморье)</p> <p>Смирновское (Приморье)</p> <p>Придарожное (Приморье)</p>

Р и с. 2. Классификация морфологических и структурных типов рудных полей

a - план, *b* - разрез, *O-O* - линия разреза; стрелками показаны осевые линии рудных столбов

Каркасный структурный тип. Характерной особенностью строения рудных полей этого типа является наличие в их пределах двух разноориентированных сопрягающихся (или пересекающихся) под разными углами систем трещин. Одна из систем, обычно лучше выраженная, включает большую часть рудных тел и поэтому может быть охарактеризована как рудоконтролирующая. Другая система трещин является рудоопределяющей. В участках сопряжения (или пересечения) трещин обычно формируются рудные тела, имеющие сравнительно небольшую протяженность в плане при значительном вертикальном размахе. На рудных полях каркас-

ного структурного типа по характеру взаимосвязей разноориентированных систем трещин, форме и времени рудообразующего процесса выделяется ряд структурных подтипов: каркасно-сопряженный, каркасно-пересекающийся, каркасно-трубчатый, каркасно-линейный.

Рудные поля, относимые к каркасно-сопряженному структурному подтипу, образуются системами трещин двух направлений, возникающих одновременно. Системы трещин фиксируются или зонами гидротермально измененных пород с кварцевыми жилами (месторождения Березовское, Уджаки), или дайками с сопутствующей оловянной минерализацией (Маунт-Бишоф, Бургочанское, Экуг).

Каркасно-пересекающийся (решетчатый) структурный подтип рудных полей возникает в случае, когда разноориентированные системы рудных жил формируются в два этапа (Ллаллагуа, Потоси, Оуро).

Рудные поля каркасно-трубчатого структурного подтипа представляют собой сочетание ранее возникшего каркаса даек с трубообразными телами рудоносных брекчий (Хинганское, Хетинское).

Если на каркас даек накладываются более поздние линейные зоны минерализации (или жилы), рудные поля относятся к каркасно-линейному структурному подтипу (Дальнее, Левицкое).

3276
Радиально-концентрический структурный тип. Характерной особенностью рудных полей этого типа является проявление рудной минерализации по концентрическим или радиальным (или тем и другим) трещинам, формирующимся вокруг центрального поднятия (или опускания), обусловленного, например, интрузивным телом. В этом структурном типе выделяются рудные поля концентрически-зонального, кольцевого и радиального структурных подтипов.

В случае развития вокруг центрального поднятия концентрических трещин, формирующихся многоэтапно с удалением от центра к периферии, в рудных полях (или узлах) возникает рудная минерализация разного минерального профиля. Например, в Депутатском рудном узле в центральной части образовались оловоносные грейзены. К периферии последовательно проявляется минерализация касситерит-силикатной и касситерит-сульфидной формаций. Рудные поля (или узлы) такого строения относятся нами к концентрически-зональному структурному подтипу (Северная Боливия, Корнуолл, Якутия). Концентрические трещины в данном подтипе играют роль рудоконтролирующих, в то время как менее выраженные радиальные трещины являются, вероятно, рудоопределяющими.

В случае однократного формирования кольцевой трещины вокруг интрузивного тела, например гранитного штока или вулканического некка, образуются рудные поля кольцевого структурного подтипа (Сохондинское, Серро-де-Паско и др.). В морфологическом отношении рудные тела в месторождениях данного структурного подтипа разнообразны. Они локализуются по трещинам, или повторяющим цилиндрическую поверхность некка, или образующим коническую фигуру с вершиной, обращенной вверх или вниз.

Рудные поля радиального структурного подтипа характерны для многих оловорудных проявлений, обнаруживающим тесную генетическую связь с гранитоидными интрузивами.

Э. Уиссер [1964], описавший купольные структуры в североамериканских Кордильерах, полагает, что радиальные и сопутствующие им конические трещины возникают в результате избыточного магматического давления, действующего вертикально снизу вверх на относительно маломощную кровлю. Радиальные и концентрические сбросы в пластичных породах обычно характеризуются первичными углами падения около 60° и образуют общую систему, все составляющие которой падают навстречу друг другу.

Таким образом, в отношении формы рудные поля радиального структурного подтипа относятся к коническому морфологическому типу. Следует полагать, что радиальные трещины в этом структурном подтипе играют роль рудоконтролирующих, в то время как концентрические трещины, вероятно, являются рудоопределяющими.

Веерообразный структурный тип. На рудных полях этого типа система рудовмещающих трещин имеет в плане веерообразную форму. Отличительной особенностью рудолокализации является пологое залегание рудных тел, склоняющихся в сторону схождения веерообразной системы трещин. По характеру строения и залегания систем трещин различаются три структурных подтипа: веерообразный, веерообразно-линейный и листовидный.

Примером оловорудного месторождения веерообразного структурного подтипа является Днялиндинское (Малый Хинган). Месторождение представлено системой веерообразно расходящихся, круто падающих минерализованных зон и зон дробления вне видимой связи с крупными разломами. Судя по форме зон гидротермально измененных пород и рудных тел, можно предполагать, что последние образованы пологонаклонными потоками рудообразующих растворов, которые благодаря вертикальной анизотропии вмещающей среды поднимались по серии мелких, круто падающих нарушений и растекались вверх и в стороны от корневой зоны.

Веерообразно-линейный структурный подтип представляет собой переходную разновидность между веерообразным и линейным структурными типами. Веерообразно-линейная система круто падающих трещин, определяющих горизонтальную анизотропию вмещающей среды, служила каналами для полого наклонных потоков рудоносных растворов. В таких условиях образуются односторонние асимметричные рудные поля с залежами лентовидного типа [Иванкин, 1970]. Оловорудные поля веерообразно-линейного структурного подтипа редки. Из полиметаллических рудных полей к этому подтипу относятся Зырянское (Алтай), Гайское (Урал) и др. [Иванкин, 1970].

Листовидный структурный подтип не характерен для оловорудных месторождений. В отличие от веерообразного структурного подтипа, где рудные зоны представлены серией круто падающих нарушений, в листовидном подтипе ведущее значение имеют пологие трещины. В этих условиях образуются полого лежащие жилы.

Примером оловорудных полей листовидного структурного подтипа является Галимовское (Омсукчан) и Ближнее (Баджал). Галимовское месторождение представлено полого лежащими кварцево-сульфидными жилами, в общем, веерообразной формы, суженные части которых уходят в корневые области.

В отношении формы оловорудные поля веерообразного структурного типа относятся к билатеральному морфологическому типу.

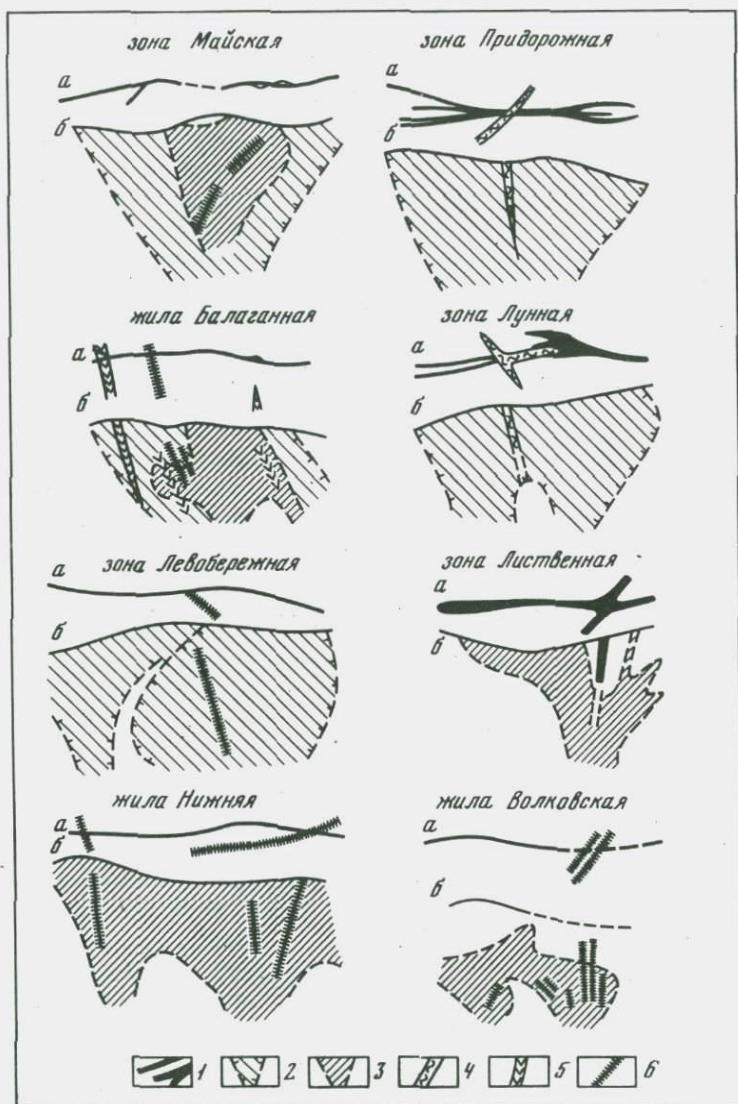
Линейный структурный тип. Рудные поля линейного типа формируются при восстающем движении рудообразующих растворов по линейному разлому или по серии линейных разломов — зоне с план-параллельной горизонтальной анизотропией. Рудоконтролирующая линейная зона, вмещающая оловорудные тела, обычно имеет в плане сложное кулисное строение. Отдельная минерализованная зона в продольной плоскости имеет плоскоконическую форму и изолированную в пространстве корневую область. Рудные тела формируются на пересечении рудоконтролирующей зоны с рудоопределяющими трещинами. В линейном структурном типе выделяются линейный и план-параллельный (простой и сложный) структурный подтипы, которые характерны для многих рудных полей касситерит-сульфидной и касситерит-силикатной формаций юга Дальнего Востока, локализующихся в крупных линейных разломах. Например, к линейному структурному подтипу относятся рудные поля Комсомольского района (Перевальное, Солнечное и др.), к план-параллельному подтипу — рудные поля Приморья (Дубровское, Смирновское и др.).

СТРУКТУРНАЯ КАРТА РУДНОГО ПОЛЯ

В пределах оловорудных полей элементы его системы (рудоконтролирующая зона, рудоопределяющие трещины и корневые области) могут быть выявлены на разных стадиях геологоразведочного процесса. При разведке рудного поля горными выработками в первую очередь вскрываются рудолокализирующие трещины (в пределах рудоконтролирующей зоны) с целью прослеживания в них рудных тел.

Выявление рудоопределяющих трещин может быть осуществлено на следующем этапе геологоразведочных работ, когда установлена форма отдельных рудолокализирующих трещин в плане и выяснено кулисообразное строение их серий. Рудоопределяющие трещины проявляются в различных типах оловорудных полей по-разному: наиболее четко — на рудных полях каркасного структурного типа и менее четко — на рудных полях линейного и веерообразных типов. Морфологически по отношению к рудоконтролирующей зоне они выражаются в виде косо ориентированных даек, зон дробления, брекчирования, повышенной трещиноватости, скрытых разломов, фиксируемых флексурными изгибами складок, резким изменением мощностей вмещающих пород и т.п. Обычно рудоопределяющие трещины проявляются в центральных частях кулис (рис. 3).

Положение корневых областей отдельных рудолокализирующих трещин (кулис) определяется в плане по положению рудоопреде-



Р и с. 3. Соотношение ЕГТ и рудоопределяющих трещин в рудоносных жилах (зонах) ряда оловорудных полей юга Дальнего Востока

a - план; *b* - вертикальная продольная проекция; 1 - ЕГТ (жилы, минерализованные зоны); 2-3 - границы: 2 - ЕГТ; 3 - УГТ; 4-6 - рудоопределяющие трещины, фиксируемые: 4 - зонами дробления, 5 - залежами порфиритов, 6 - дайками

ляющих трещин и по границам кулис ЕГТ, которые нередко обнаруживают тенденцию к встречному склопению. Участок схождения границ ЕГТ на глубине, в районе пересечения рудо локализирующей и рудоопределяющей трещин, условно понимается как корневая область ЕГТ. В качестве примера взаимосвязи выделенных элементов системы рассмотрим относительно простые по своему строению рудные поля линейного и план-параллельного структурного подтипов [Ведерников, 1974].

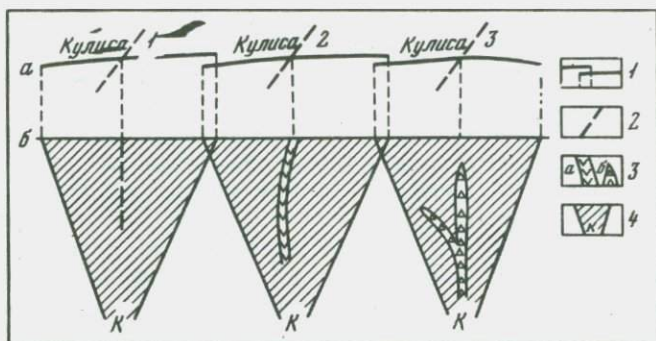
Рудное поле линейного подтипа представлено серией линейно вытянутых, кулисно сопрягающихся ЕГТ, приуроченных к единой рудоконтролирующей зоне, протяженностью 8–10 км (рис. 4). Каждое ЕГТ (кулиса) имеет сравнительно небольшую протяженность (1,5–3,0 км) и по простиранию кулисообразно сопрягается с соседними. Отдельное ЕГТ по форме (в продольной плоскости) представляет собой плоскоконический пучок (веерообразно расширяющуюся по направлению к верхним горизонтам фигуру). На нижних горизонтах отдельные минерализованные зоны выклиниваются, переходя в изолированные в пространстве корневые области. Таким образом, рудное поле воспринимается как многокорневое. Корневые области отдельных кулис ЕГТ располагаются в участках пересечения или сопряжения рудоконтролирующей зоны с рудоопределяющими трещинами. Последние фиксируются, как правило, в центральных частях ЕГТ в виде зон дробления и даек, уходящих в корневые области плоскоконических пучков.

Более сложное строение имеют рудные поля план-параллельного структурного подтипа (рис. 5). В отличие от предыдущего они представлены план-параллельно расположенными сериями кулисообразно сопряженных ЕГТ, протягивающихся в пределах линейной рудоконтролирующей зоны на 3–4 км и более. На рудных полях план-параллельного структурного подтипа одной из корневых областей будет принадлежать уже не отдельное ЕГТ, а их группировка. В поперечном разрезе такая группировка представляет собой в общем случае веерообразно расширяющийся и сложно ветвящийся по направлению к верхним горизонтам пучок (жильный пучок, пучок минерализованных зон). Примерами рудных полей план-параллельного структурного подтипа являются Смирновское, Хрустальное и др.

Синтезированное представление о структуре рудного поля дает специальный геологический план, на котором отображаются элементы системы разных иерархических уровней (рудоконтролирующая зона, рудоопределяющие трещины и проекции на план корневых областей). Построенная таким образом карта является структурной картой рудного поля.

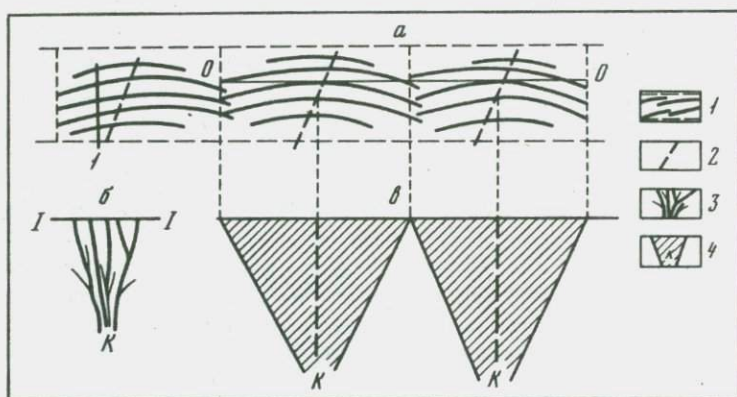
По существу, структурная карта¹ представляет собой графическую модель структуры рудного поля, поскольку на ней отобра-

¹ Карту, на которой специально отображаются тектонические элементы рудного поля (складки, трещины и т.д.), вероятно, целесообразно именовать тектонической картой.



Р и с. 4. Строение оловорудного поля линейного структурного под-
типа

a - план; *б* - вертикальная продольная проекция; 1 - серия кулис-
носпряженных ЕГТ (рудоконтролирующая зона); 2 - рудоопределя-
ющие трещины; 3 - рудопроводящие каналы, фиксируемые дайками
(*a*) и зонами дробления (*б*); 4 - корневые области ЕГТ



Р и с. 5. Строение оловорудного поля план-параллельного струк-
турного подтипа

a - план; *б* - разрез по линии I-I; *в* - продольная вертикаль-
ная проекция по линии 0-0; 1 - серия группировок кулисно сопряжен-
ных ЕГТ в пределах рудоконтролирующей зоны; 2 - рудоопределя-
ющие трещины; 3 - жильный пучок, 4 - корневая область ЕГТ

жена взаимосвязь реально наблюдаемых тектонических элементов. В свою очередь, на основе графической модели структуры может быть построена конструктивная (например, макет) и, возможно, другие модели (в частности, математическая). Таким образом, при структурных исследованиях следует различать такие ранги объектов, как рудное поле и множество рудных полей, которые, по существу, могут рассматриваться в рамках особых направлений

структурных исследований. В системе рудного поля и их множества с заданных позиций (например, тектонических) мы можем выделить элементы и, выявив взаимосвязь между ними, вскрыть структуру системы. Но мы не можем классифицировать структуру этих систем, поскольку понятие "структура" однозначно и в известной мере универсально с заданной позиции как для одной системы, так и для их множества, относящихся к данному классу (например, эндогенных жильных рудных полей).

Результатом системного подхода к объектам разного ранга является новое представление о структуре рудного поля и структурных типах множества рудных полей. Как видно из вышеизложенного, понятия "структура" и "структурный тип" рудного поля существенно различаются между собой. Если первое означает взаимосвязь элементов (рудоконтролирующей, рудоопределяющей трещин и корневой области) на любом, отдельно взятом рудном поле жильного типа, то второе характеризует взаиморасположение (или формы взаимосвязи) этих элементов в пространстве рудного поля и отчетливость или степень проявления рудоконтролирующих трещин в плане. Например, в каркасном структурном типе рудных полей рудоконтролирующие и рудоопределяющие трещины выражены отчетливо, образуя в совокупности тектоническую решетку в плане. В радиально-концентрическом структурном типе радиальные трещины могут проявиться как рудоконтролирующие, а концентрические — как рудоопределяющие, или наоборот. В зависимости от четкости проявления тех или других трещин структурный рисунок рудного поля в плане в одном случае определяется как радиальный, в другом — как концентрически-зональный или кольцевой. Из геологической практики известно, что отдельные рудные поля одного района и разных районов характеризуются одинаковым (однотипным) строением в плане, что позволяет говорить о своеобразной системе множества рудных полей с определенным порядком расположения в них тектонических элементов, который создает целый ряд структурных рисунков, структурных типов этого множества.

Таким образом, рассматривая с тектонических позиций отдельное рудное поле как целостную систему, следует говорить о его структуре (как взаимосвязи названных выше элементов рудного поля), в то время как при сравнении системы множества рудных полей с точки зрения разнообразия взаиморасположения в плане тектонических элементов (или формы их взаимосвязи), представляется целесообразным оперировать понятием структурный тип.

Развиваемые представления о структуре и структурных типах рудных полей открывают возможность разработки структурных критериев крупномасштабного прогнозирования, опираясь на которые можно оценивать перспективы рудоносности флангов и глубоких горизонтов изучаемых рудных полей.

ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ РУДНОГО ПОЛЯ

В системе рудного поля выделяются такие главные элементы: рудоконтролирующая зона, рудоопределяющие трещины и корневые области. Достоверность их выделения определяется полнотой геологической изученности рудного поля, которая зависит от обнаженности, детальности вскрытия горными выработками геологической структуры и характера выраженности рудоконтролирующей и рудоопределяющей трещин.

Рассмотрим кратко эти элементы на примере изучения оловянных полей юга Дальнего Востока.

Рудоконтролирующая зона. При поисково-разведочных работах рудоконтролирующая зона вскрывается в первую очередь с целью прослеживания приуроченных к ней отдельных ЕГТ, изучения их формы, выявления рудных тел и определения границ рудного поля. Наиболее полное вскрытие ЕГТ позволяет выявить его внутреннее строение и установить иерархию рудокализирующих геологических тел. Характерной особенностью строения рудоконтролирующей зоны является кулисное расположение составляющих ее ЕГТ¹. Расшифровка кулисного строения зоны и установление размеров отдельных кулис способствуют выявлению других элементов рудного поля — рудоопределяющих трещин и корневых областей отдельных ЕГТ, а также выяснению иерархии их и в конечном счете выявлению собственно рудокализирующих трещин.

Разграничение отдельных кулис в кажущейся единой протяженной рудоконтролирующей зоне проводится авторами с учетом характера сочленения (сопряжения) друг с другом. В общем случае можно выделить следующие типы сочленений (рис. 6).

1. Отдельные кулисы ЕГТ сочленяются с перекрытием. Это означает, что каждая последующая кулиса по простиранию не соединяется с предыдущей, а начинается несколько в стороне и час-

¹ Трещины кулисообразные — ряд параллельных трещин, расположенных под определенным углом к простиранию всей их полосы [Справочник..., 1970, с. 349]. Трещины разрывные кулисообразные — система относительно коротких разрывных смещений, перекрывающих друг друга [там же, с. 310]. Кулиса понимается авторами как одна из трещин в кулисообразной системе.

Р и с. 6. Типы сочленений отдельных кулис ЕГТ

a - с перекрытием; *b* - с при-
членением; *в* - встык



тично перекрывает предыдущую кулису. Такое сочленение крупных кулис ЕГТ (длиной 1-3 км) в рудоконтролирующей зоне свидетельствует о принадлежности каждой кулисы к обособленным на глубине корневым областям. Примером сочленения кулис ЕГТ с перекрытием является рудоконтролирующая зона Перевального месторождения (зоны Южная, Майская, Северная, см. рис. 24).

2. Отдельные кулисы ЕГТ в рудоконтролирующей зоне сопрягаются друг с другом с причленением. Это означает, что каждая предыдущая кулиса, изгибаясь дугообразно, по простиранию соприкасается с боковой частью последующей кулисы. Такое сопряжение крупных кулис ЕГТ (1-3 км) также в большинстве случаев означает принадлежность каждой кулисы к обособленным на глубине корневым областям. Примером сочленения кулис ЕГТ с причленением являются Северный и Южный интервалы Левобережной зоны Октябрьского месторождения (см. рис. 21).

3. Отдельные кулисы ЕГТ в рудоконтролирующей зоне сопрягаются друг с другом встык. В этом случае мы не можем однозначно говорить о принадлежности тех или иных ЕГТ к единой или к разным корневым областям. Обычно таким образом сочленяются более мелкие кулисы (2-го ранга), являющиеся, по существу, частями более крупных кулис, имеющих самостоятельные корневые области. Эти небольшие по масштабу кулисы, вероятно, фиксируют наиболее "открытые" пути движения струй рудообразующих потоков и поэтому выделяются в крупных кулисах ЕГТ по ряду признаков, например по дугообразной форме в плане, по увеличению мощности гидротермальных пород в центральных частях (в этом случае в крупной кулисе ЕГТ отчетливо видны раздувы и перенжимы), по более полному набору минеральных ассоциаций - продуктов различных стадий гидротермального процесса (кварцевые жилы, кварц-турмалиновые метасоматиты и т.д.), по более высоким концентрациям олова в центральных частях.

В строении кулис ЕГТ много неясного. В частности, недостаточно изучены строение кулис на различных гипсометрических уровнях, характер выкливания их по падению и другие вопросы.

Имеющиеся данные позволяют заметить, что наиболее четко кулисное строение крупных ЕГТ, т.е. наличие в них более мелких кулис, проявляется в средней (прифронтальной) и верхней (фронтальной) структурно-морфологических зонах [Атлас..., 1973], где особенно выражено разделение единого потока рудообразующих

растворов на отдельные струи. На более низких горизонтах (в прикорневой зоне) кулисование менее заметно, вероятно, в связи с тем, что рудообразующий поток более компактен.

Кулисное строение крупных ЕГТ зависит, вероятно, и от их размеров. В небольших телах (несколько сотен метров) кулисы 2-го ранга проявляются нечетко, в крупных, протяженностью 2-3 км, они проявляются более отчетливо. Кулисы 2-го ранга, наблюдаемые в плане, отражают, вероятно, те струевые потоки гидротермальных растворов, из которых образуются отдельные тела кварцевых жил, кварц-турмалиновых метасоматитов.

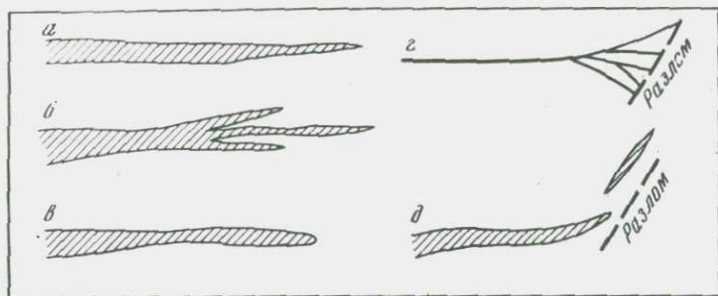
Некоторый материал для суждения о форме ЕГТ и деталях строения рудного поля дают наблюдения за характером выклинивания ЕГТ. Различаются следующие типы выклинивания: клиновидный, тупой, пальцеобразный и выклинивание с дополнительными кулисами (рис. 7).

Клиновидное выклинивание распространено довольно широко. Оно наблюдается в ЕГТ, сложенных относительно высокотемпературными образованиями, в частности кварц-турмалиновыми метасоматитами. Вероятно, подобное выклинивание свидетельствует о высокой подвижности и энергии потоков гидротермальных растворов, способных к механическому разрушению вмещающих пород и расклиниванию ранее существовавших трещин за счет высокого избыточного гидростатического давления.

Веерообразное выклинивание ЕГТ отмечается реже и, по-видимому, имеет ту же природу, что в телах с клиновидным типом выклинивания. Веерообразное выклинивание надо учитывать при отрисовке границ ЕГТ в том случае, когда при разведочных работах буровые скважины не выходят за его пределы. В ряде случаев отмечается, что при веерообразном выклинивании в плане граница ЕГТ в изображении на продольной вертикальной проекции имеет пологое склонение. Примером веерообразного выклинивания тел является южный фланг Майской зоны месторождения Перевального. По мнению П.Ф. Иванкина, К.Р. Рабиновича, В.Н. Акчуриной [1968], приведенные два типа выклинивания жил свидетельствуют о постепенном падении давления в потоке гидротермальной жидкости по мере его восстающего движения до того минимума, при котором гидроразрыв сжатых трещин прекращается.

Тупое выклинивание отмечается для продуктов относительно поздних стадий гидротермального процесса (турмалинитов, кварцевых жил), т.е. для простых ЕГТ. По аналогии с тупым выклиниванием магматических образований (например, даек) можно предполагать, что формирование этих продуктов происходило из относительно густых (вязких) растворов. Для ЕГТ, сложенных ранними продуктами гидротермального процесса, такое выклинивание нехарактерно.

Пальцеобразное выклинивание отмечается значительно реже. Такие окончания некоторых кварцевых жил образуются в случае, когда вмещающие их трещины по простиранию ограничиваются



Р и с. 7. Типы выклинивания ЕГТ (кулисы минерализованных зон и кварцевых жил).

а - клиновидное; *б* - веерообразное; *в* - тупое; *г* - пальцеобразное; *д* - выклинивание с дополнительными кулисами

дорудными разломами. Трещина, по которой идет поток рудообразующих растворов, как бы упирается в дорудный разлом, и можно думать, что избыточная энергия растворов реализуется в формировании дополнительных мелких трещин на окончании главной трещины.

Выклинивание с дополнительными сопровождающими ЕГТ мелкими кулисами отмечается в случае острого угла встречи ЕГТ с поперечными разломами, ограничивающими развитие тел по простиранию. В этом случае ЕГТ, подчиняясь ориентировке поперечного разлома, изменяет свое простирание и как бы скользит вдоль него. В месте перегиба образуются дополнительные мелкие кулисы, которые приобретают согласную с разломом ориентировку. На глубоких горизонтах эти мелкие кулисы обычно сопрягаются с главными. Примером такого выклинивания ЕГТ является северный фланг Южной зоны Перевального месторождения. Учет типов сочленения и размеров отдельных кулис, а также типов выклинивания дает дополнительный материал для суждения о внутреннем строении рудоконтролирующей зоны и позволяет более правильно отрисовывать границы ЕГТ разного ранга. Набор указанных признаков, позволяющий расшифровывать внутреннее строение рудоконтролирующей зоны, является, по мнению авторов, важным аспектом морфоструктурного анализа.

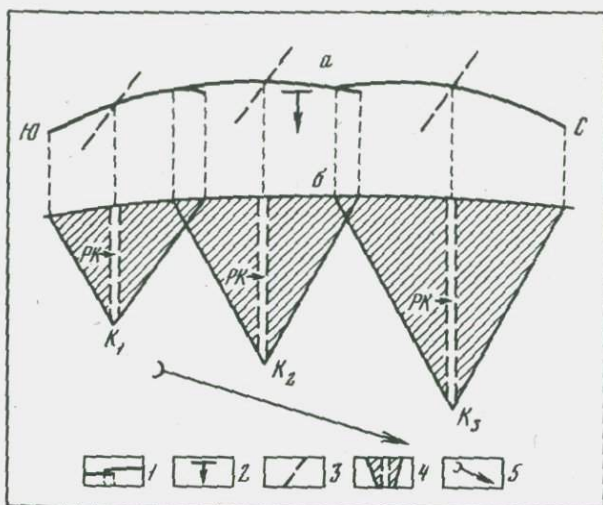
Наблюдение за формой проявления серии кулисно сопрягающихся ЕГТ, образующих в целом рудоконтролирующую зону, дает определенную информацию, характеризующую особенности строения зоны. К числу информативных признаков относятся такие, как дугообразность (кривизна) отдельных кулис ЕГТ и всей их серии, относительная протяженность кулис в плане, наличие рудоопределяющих трещин, наличие кулис 2-го ранга и др. Основываясь на эмпирических данных, можно использовать эти признаки при анализе строения серии ЕГТ, вскрытых только поверхностными горными выработками.

1. Устанавливается, в частности, что большинство серий кулисно сопрягающихся ЕГТ (как и отдельных тел) имеет в плане дугообразную форму. Если, например, общее простирание серии кулис определяется как субмеридиональное, то отдельные ее части оказываются разноориентированными: южная может иметь северо-северо-западное простирание, центральная - субмеридиональное, а северная - северо-северо-восточное. Таким образом, выпуклой стороной серия кулис обращена к западу. Не вдаваясь в причины возникновения дугообразной формы этой серии, можно в данном случае предсказать, что она имеет в общем падение на восток, т.е. висячий бок серии ЕГТ располагается со стороны вогнутой ее части (рис. 8).

2. Сравнивая размеры отдельных кулис ЕГТ в их серии, мы часто обнаруживаем разную их протяженность. Масштабы кулис в плане при равном коэффициенте вертикальной протяженности (КВП) тел [Иванкин, 1970] дают нам сведения о глубине расположения корневых областей в каждом ЕГТ и направлении погружения (склонения) корневых областей в рудоконтролирующей зоне в целом (см. рис. 8). Например, протяженность отдельных кулис увеличивается в северном направлении. Имея в виду плоскоконтинентские формы ЕГТ в продольной вертикальной плоскости и предположительно одинаковый КВП для разных кулис, эмпирически вычисленный для ЕГТ данного района, мы можем с достаточным основанием предполагать, что корневые области каждого ЕГТ будут располагаться на все больших глубинах при прослеживании кулис в северном направлении.

3. Особого внимания заслуживает расшифровка внутреннего строения крупных кулис ЕГТ. Крупные кулисы, как правило, слагаются серией кулис относительно небольших размеров (кулисы 2-го ранга), к которым приурочены УГТ (рудные столбы). Места сопряжения кулис 2-го ранга обычно не содержат рудной минерализации, поэтому в плане и продольной плоскости УГТ проявляются эпизодически, располагаясь главным образом в центральных частях кулис 2-го ранга. В этих кулисах обнаруживается относительная непрерывность рудной минерализации, поэтому они рассматриваются как собственно рудолокализирующие ЕГТ. Таким образом, расшифровка внутреннего строения крупных кулис в каждом конкретном случае (как в плане, так и в продольной плоскости) позволяет объяснить в них прерывистость рудной минерализации.

Обычно кулисы 2-го ранга выделяются в пределах крупных ЕГТ по максимальному набору в них продуктов различных стадий гидротермального процесса, по структурно-морфологической зональности, проявляющейся в горизонтальном срезе кулисы ЕГТ, по магматическим образованиям, сопутствующим отдельным кулисам, и т.д. Примером может служить Восточная зона минерализации участка Мопан-III, где отдельные кулисы 2-го ранга сопровождаются соизмеримыми по длине дайками порфириров и частично фельзитов (рис. 9). Другим примером является Лимонитовая зона



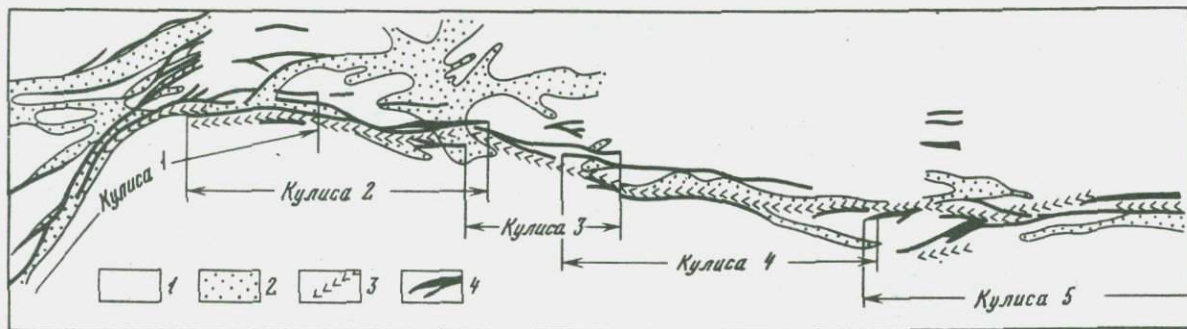
Р и с. 8. Направление склонения корневых областей в зависимости от размеров ЕГТ (при равных коэффициентах вертикальной протяженности)

a - план; *b* - продольная вертикальная проекция; 1 - кулисы ЕГТ; 2 - направление падения ЕГТ; 3 - рудоопределяющие трещины; 4 - границы ЕГТ; 5 - направление погружения (склонения) корневых областей; PK - рудоподводящий канал; K_1, K_2, K_3 - корневые области ЕГТ

Таусинского месторождения. Она представляет собой в плане сравнительно крупную (длиной примерно 1500 м) кулису, которая складывается серией кулис 2-го ранга длиной 250-400 м. Характерно, что в каждую из таких кулис ЕГТ вписывается дайка диабазовых порфириров. Другим важным признаком выделения кулис 2-го ранга, который удалось подметить по Лимонитовой зоне, является структурная зональность в плане. Она проявляется в том, что строение кулис 2-го ранга изменяется от центральной части к периферии (в плане): зона метасоматического окварцевания и дробления сменяется зонами дробления и рассланцевания (рис. 10). В других кулисах 2-го ранга в центральных частях отмечаются зоны брекчий (кулисы Кварцевая, Верхняя, Хлоритовая).

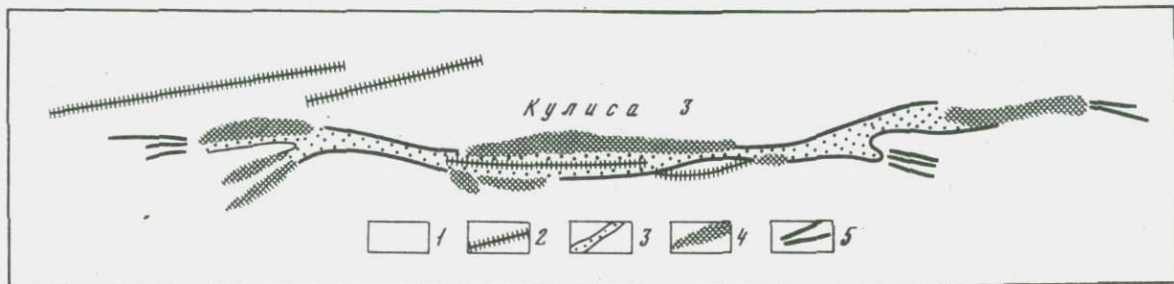
Таким образом, расшифровка внутреннего строения ЕГТ и выявление собственно рудо локализирующих кулис 2-го ранга будет способствовать выявлению УГТ (рудных столбов) и тем самым более целенаправленной разведке глубоких горизонтов ЕГТ.

Рудоопределяющая трещина. Рудоопределяющая трещина (или их группировка) является вторым элементом системы рудного поля, рассматриваемого с тектонических позиций. Установление этого элемента способствует определению положения рудо-подводящего канала для отдельных ЕГТ и при известном КВП -



Р и с. 9. Геологический план Восточной зоны минерализации месторождения Мопау-III

1 - вулканогенные породы; 2-3 - дайки: 2 - фельзитов и кварцевых порфиров, 3 - порфиров; 4 - минерализованные зоны дробления



Р и с. 10. Структурная зональность 3-й кулисы зоны Лимонитовой месторождения Таусинского

1 - песчаники и алевролиты; 2 - дайки диабазовых порфиров; 3-5 - зоны: 3 - метасоматического окварцевания и брекчирования, 4 - дробления, 5 - расланцевания

определению глубины расположения корневой области. Рудоопределяющие трещины могут иметь различные масштабы (ранги) и определять, с одной стороны, положение рудного поля (или его частей) в структуре рудного района, а с другой - положение корневых областей рудолокализирующих ЕГТ в структуре рудного поля.

Морфологически рудоопределяющие трещины проявляются по-разному. В одних случаях они отчетливо фиксируются в виде ко-со ориентированных к ЕГТ разломов, зон рассланцевания, дробления и брекчирования, даек. В других случаях на ранних этапах изучения рудного поля о положении и ориентировке рудоопределяющей трещины можно лишь догадаться по ряду косвенных признаков, указывающих на скрытые разломы - по ориентировке речных долин, резкой фациальной изменчивости вмещающих пород, наличию зон повышенной трещиноватости. В разных структурных типах оловорудных полей рудоопределяющие трещины занимают различное положение. Например, на рудных полях каркасного структурного типа рудоопределяющей обычно является одна из двух взаимосопрягающихся систем трещин, в то время как другая система представляет собой рудоконтролирующую зону. На рудных полях веерообразного структурного типа рудоопределяющая трещина смещена относительно условного центра и располагается в области узла схождения веерообразной системы ЕГТ (см. рис. 2).

На рудных полях линейного структурного типа система рудоопределяющих трещин обычно выражена нечетко. Отысканию рудоопределяющих трещин в этом случае способствуют следующие наблюдения. Эмпирически устанавливается, что в большинстве случаев ЕГТ, представленные в плане отдельными кулисами, имеют в продольной вертикальной плоскости форму плоскоконических пучков, симметричных по отношению к рудоподводящему каналу (см. рис. 8). В связи с этим при расшифровке структуры рудного поля отправным моментом для определения положения рудоопределяющих трещин и корневых областей в рудоконтролирующей зоне служит идея о преимущественном расположении этих элементов в центральных частях крупных кулис ЕГТ.

В ряде случаев рудоопределяющие трещины являются "слепыми" и их установление возможно лишь на завершающей стадии морфоструктурного анализа, когда выяснена форма ЕГТ в продольной вертикальной плоскости и намечены корневые области отдельных ЕГТ. В этом случае рудоопределяющие трещины намечаются, по существу, при решении обратной задачи. Проектируя отдельные ЕГТ в установленных границах (обычно это плоскоконические пучки) и корневые области их на горизонтальную плоскость (план рудного поля), мы можем выявить определенную закономерность в расположении корневых областей по определенным линиям. Установленные таким путем линии принимаются за рудоопределяющие трещины. Так, например, отрисовывались рудоопределяющие трещины на плане Октябрьского месторождения (см. рис. 23).

На некоторых месторождениях рудоопределяющие трещины выделяются по комплексу признаков. Например, на месторождении

Дубровском (участки Оловянный и Крутой) при общей субмеридиональной ориентировке рудоконтролирующей зоны установлены рудоопределяющие трещины северо-западного направления (рис. 11). Узел сопряжения этих элементов определяет те рудоподводящие каналы, по которым поступали рудообразующие растворы. Рудоопределяющая трещина на участке Оловянном выделяется по следующим признакам. 1. На участке устанавливается серия поперечных северо-западных нарушений, количество которых в 10 раз больше, чем за его пределами. Некоторые трещины вмещают рудные жилы (Январская). В связи с этим А.Г. Теремецкая предпо-

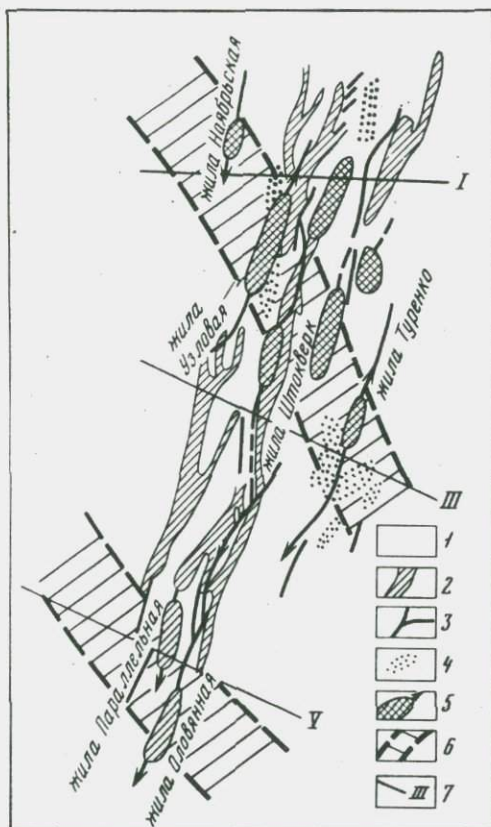


Рис. 11. Размещение рудных столбов и систем рудоопределяющих трещин на IX горизонте месторождения Дубровского

I - песчано-сланцевые отложения; 2 - дайки "фельзитовидных" диоритовых порфиритов; 3 - рудные жилы; 4 - прожилково-вкрапленная минерализация штокверкового типа; 5 - рудные столбы (стрелками показано их склонение); 6 - предполагаемые системы рудоопределяющих трещин; 7 - разведочные буровые профили

лагала здесь наличие поперечного перегиба складчатых структур. 2. На участке проявляется большое количество брекчий (эруптивных и тектонических), приуроченных к контактам даек, а также к штокверковой минерализации, сопровождающей рудные жилы. 3. Здесь, возможно, проявился древний разлом, что отмечалось И.Н. Кигаем [1966] по резкому изменению в разрезе мощностей песчаников. 4. Область предполагаемого проявления рудоопределяющей трещины совпадает с узлом сопряжения веерообразно расходящейся к югу системы рудных жил и участком изменения конфигурации дайкообразного тела диоритовых порфириров.

На участке Крутого система рудоопределяющих трещин северо-западного направления фиксируется разрывными нарушениями, вмещающими дайки порфириров и рудные жилы (Спорная). Узлу сопряжения рудоопределяющих трещин и субмеридиональной рудо-контролирующей зоны соответствует, вероятно, рудоподводящий канал, с которым пространственно связана серия рудных столбов участка Крутого.

Таким образом, в каждом отдельном случае устанавливаются своеобразные признаки проявления рудоопределяющих трещин.

Корневая область. Корневая область является третьим важным элементом системы рудного поля. Она формируется в пределах рудоподводящего канала на участке сопряжения или пересечения рудоконтролирующей зоны с рудоопределяющими трещинами рангового ранга.

Положение корневой области определяется по встречному схождению границ ЕГТ. Корневые области в пределах рудного поля имеют различные масштабы. Можно выделять корневые области для всего рудного поля, для его частей, для отдельных ЕГТ и УГТ. При установлении глубины расположения корневых областей надо руководствоваться известными для данного структурного типа поля и для данного рудного района КВП. Для многих минерализованных зон (сложных ЕГТ), например Комсомольского рудного района, КВП близок к 1. Значение же КВП для простых ЕГТ (кварцевых жил и т.д.) и УГТ может варьировать в некоторых пределах.

ИЕРАРХИЯ РУДОВМЕЩАЮЩИХ ТЕЛ

Опыт разведки многих оловорудных полей юга Дальнего Востока (Приамурья и Приморья) с очевидностью показал, что в системе поля отдельные рудовмещающие ЕГТ по простираению сопрягаются друг с другом обычно кулисно, образуя протяженные (5-10 км и более) серии. Расшифровка внутреннего строения отдельного ЕГТ позволяет установить, что оно состоит из серии более коротких ЕГТ 2-го ранга, также сопрягающихся кулисообразно. Каждое из этих ЕГТ, в свою очередь, может состоять из кулисно сопряженных более коротких ЕГТ 3-го ранга.

Таким образом, по признаку размерности можно выделять кулисы ЕГТ разных рангов. В силу относительности понятий усло-

вися в качестве точки отсчета, или ЕГТ 1-го ранга, считать относительно крупную кулису (например, протяженностью 1000 м и более), которая по простиранию более или менее четко отделяется от соседних с ней кулис ЕГТ и которая, судя по уровню разведанных глубин, имеет самостоятельную, изолированную в пространстве корневую область. Такие кулисы ЕГТ в геологической практике обычно получают особые названия и являются в известной мере самостоятельными объектами разведки. Примером ЕГТ 1-го ранга являются многие минерализованные зоны Комсомольского района, в частности Южная, Майская, Северная Перевального месторождения (см. рис. 24).

От ЕГТ 1-го ранга можно проследить иерархию ЕГТ как к более крупным единицам (серия ЕГТ, рудное поле, рудный узел), так и к мелким. Например, в Комсомольском рудном районе ЕГТ 1-го ранга, кулисно сопрягаясь, образуют протяженные (до 10-15 км) серии, локализующиеся в рудоконтролирующей зоне. ЕГТ 1-го ранга, в свою очередь, слагается сериями кулис относительно небольших размеров, которые могут быть отнесены к объектам 2-го ранга. Выделение этих объектов ЕГТ целесообразно по причине их относительной самостоятельности, которая выражается в том, что ЕГТ 2-го ранга, во-первых, представляют собой элементарные структурные единицы - кулисы, во-вторых, в них достаточно полно проявился минералообразующий процесс. ЕГТ 2-го ранга являются, по существу, сложными полистадийными образованиями и слагаются из простых моностадийных тел, каковыми являются кварц-турмалинование метасоматиты, кварцевые и кварц-сульфидные жилы и т.д. Размеры ЕГТ 2-го ранга сравнительно небольшие (порядка 300-500 м). В плане и на продольной плоскости они отрисовываются по естественным геологическим границам (выклинивание жилы или граница сопряжения ее с соседней кулисой) и образуют вытянутые по вертикали, предположительно по направлению движения потоков растворов, тела с более или менее отчетливо выраженной тенденцией к веерообразному расширению кверху.

Кулисное строение наиболее отчетливо проявляется в серии ЕГТ 1-го ранга или их группировках, составляющих в целом рудное поле, и менее отчетливо - в пределах отдельных ЕГТ 2-го ранга и представляет собой уже четковидно располагающиеся по простиранию короткие жилы (например, в пределах мощной минерализованной зоны), разобщенные или сопрягающиеся друг с другом встык, а не с перекрытием, как это характерно для крупных кулис.

Относительно богатые концентрации олова в пределах ЕГТ отмечаются в отдельных местах. Пространственно они связаны с кулисами ЕГТ низших рангов и локализуются преимущественно в их центральных частях, в то время как краевые части кулис оказываются обедненными ценными компонентами. На эту особенность распределения концентраций олова в пределах рудных жил указывал ряд исследователей [Кигай, 1966; Дубровский, Полохов, 1969; Сапрыкин, 1962; Евангулов и др., 1967; Григорян, 1969; и др.].

Рис. 12. "Струевой" характер распределения концентрации олова в плоскости ЕГТ некоторых оловорудных месторождений.

1 - трубообразные тела брекчий и штокверков; 2-3 - концентрации олова: 2 - средние, 3 - высокие

В общем случае в кулисах ЕГТ разного ранга выделяются УГТ (поли- и моноэлементные), т.е. рудные тела и столбы соответствующих им рангов. В пределах небольших по размерам ЕГТ 2-го ранга УГТ имеют форму выгнутых по вертикали рудных струй [Геологический..., 1973], в то время как совокупность этих УГТ в пределах крупных кулис ЕГТ 1-го ранга имеет вид веерообразно расширяющейся вверх фигуры. Границы УГТ разных рангов приблизительно определяются границами кулис ЕГТ, а морфология УГТ, вероятно, отражает струевое распределение потоков гидротермальных растворов.

Характер распределения относительно высоких концентраций олова в плоскости отдельных ЕГТ ряда оловорудных полей юга Дальнего Востока струевой (рис. 12). В кулисах ЕГТ, наблюдаемых в плане, струевой характер гидротермальных потоков находит отражение в виде чередования участков высоких и низких концентраций металлов. Поведение рудных струй по вертикали довольно сложное. По направлению к верхним горизонтам они ветвятся, образуя в совокупности древовидный пучок. Ветвление рудных тел по направлению к верхним горизонтам отмечается также на золоторудных, полиметаллических и других рудных полях [Атлас..., 1973]. Таким образом, отдельные ЕГТ представляют собой сложные объекты, строение которых определяется иерархическим рядом кулис низшего ранга.

На примере рудных полей план-параллельного структурного подтипа (с учетом сложности внутреннего строения ЕГТ) иерархию разномасштабных ЕГТ и их группировок от крупных единиц к мелким можно представить следующим образом (табл. 1): 1 - серия группировок ЕГТ (пучков), составляющих в совокупности рудоконтролирующую зону (в линейном подтипе - это серия ЕГТ);

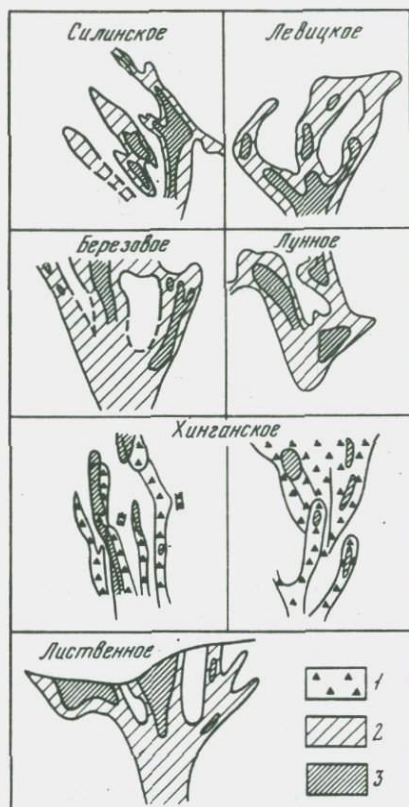


Таблица 1

Строение рудоконтролирующей зоны рудного поля

ЕГТ		
	Полиэлементные УГТ	
		Моноэлементные УГТ
Серия группировок	Серия группировок рудных тел	Серия группировок рудных столбов
Группировка	Группировка рудных тел	
ЕГТ 1-го ранга	Рудное тело 1-го ранга	Группировка рудных столбов
ЕГТ 2-го ранга	Рудное тело (рудная струя)	Рудный столб

2 - группировка ЕГТ - кулис с самостоятельными корневыми областями; 3 - ЕГТ 1-го ранга - кулиса с самостоятельной корневой областью; 4 - ЕГТ 2-го ранга.

Как уже отмечалось выше, в ЕГТ выделяются УГТ. Поэтому в соответствии с иерархией ЕГТ целесообразно в пределах каждого подразделения различать принадлежности им поли- и моноэлементные УГТ разных рангов. Их соподчиненность также может быть изображена в виде соответствующего иерархического ряда, в котором совокупность относительно мелких единиц более низкого ранга образует сложную единицу более высокого ранга. Разобщенность в пространстве разномасштабных ЕГТ обуславливает закономерную пространственную прерывистость в локализации УГТ (поли- и моноэлементных). Таким образом, можно говорить о пространственной прерывистости рудного вещества (и причинах этой прерывистости) в пределах: а) всего рудного поля (прерывистость обусловлена многокорневым характером его строения и относительной автономностью отдельных пучков ЕГТ и соответствующих им пучков УГТ, восстающих из разных корневых областей в единой рудоконтролирующей зоне); б) одного пучка ЕГТ (прерывистость обусловлена относительной автономностью отдельных ЕГТ и соответствующих им УГТ, составляющих в совокупности пучок); в) одного ЕГТ 1-го ранга с самостоятельной корневой областью (прерывистость обусловлена относительной автономностью кулис 2-го ранга и соответствующих им УГТ).

Опыт морфоструктурного изучения рудных полей позволяет отметить, что учет иерархии ЕГТ, их морфологии и положения в геологическом пространстве рудного поля имеет не только познавательное, но и важное практическое значение. При изучении

оловорудных полей надо иметь в виду, что ЕГТ и связанные с ними УГТ плоскоконической формы на глубоких горизонтах рудоконтролирующей зоны будут проявляться на сплошь, а прерывисто, эпизодически, в соответствии с размещением корневых областей в пределах рудного поля, из которых "вырастают" отдельные ЕГТ, характеризующиеся в плане кулисным строением.

Эта закономерность обуславливает необходимость учитывать иерархию ЕГТ при разведке месторождения и при минералого-геохимических исследованиях, в частности при изучении вещественной геохимической зональности рудных полей. Представление об иерархии ЕГТ может быть использовано при разработке геолого-структурной основы совершенствования методики разведки, в том числе в вопросе выбора разведочной сети, который, по мнению В.И. Смирнова [1962], в общем случае пока решался примитивным эмпирическим путем. Учет иерархии ЕГТ будет способствовать выявлению оптимальных вариантов разведочных сетей, более целенаправленному ведению разведочных работ и экономической оценке перспектив глубоких горизонтов и флангов рудного поля в целом.

ГЛУБИНА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОРУДЕНЕНИЯ

Глубина распространения оруденения интересует геологов с давних пор как с практических, так и с теоретических позиций. Опыт разведки и эксплуатации многих сотен рудников убеждает геологов в том, что рудные тела обычно тяготеют к поверхности и весьма быстро выклиниваются с глубиной. В частности, Г. Шмидт [Smitt, 1933] на основании изучения месторождений Северной Мексики установил, что в одном из 20 случаев богатые рудные участки простираются по вертикали на глубину более 600 м от земной поверхности и примерно в одном из 1000 случаев они простираются более чем на 1500 м. Эти сведения содержатся также в работе И.К. Баженова [1933].

Х. Гувер [Hoover, 1909], проанализировав данные эксплуатации нескольких сотен рудников в различных частях Земного шара, пришел к выводу, что менее 6% рудников оставались прибыльными глубже 600 м, 8% рудников, приносивших прибыль, перестали ее давать после углублений ниже 450 м; огромное же большинство рудников было закрыто на глубине менее 450 м.

После специального исследования Т. Риккардом вопроса о вертикальной протяженности оруденения по полиметаллическим и золотым рудникам американские геологи приняли за правило положение о сравнительно быстром выклинивании оруденения на глубину.

Теоретические исследования вопроса о глубине распространения оруденения также лишены оптимизма. В.К. Котульский [1922] подвел итоги развернувшейся по этому поводу дискуссии среди американских геологов. Он отмечает, что, с одной стороны, со-

гласно укоренившимся взглядам, первопричиной месторождения является эруптив. От глубины его образования будет зависеть и протяженность оруденения. В частности, месторождения, связанные с порфирами, образующимися на небольшой глубине, будут короче по вертикали месторождений, связанных с зернистыми породами, которые застывают на большой глубине. С другой стороны, вынос металлов из недр земли совершается гидротермами. Для существования жидкой воды необходимы температуры ниже критической, что нормально не достигается даже при глубине в 600 м, т.е. жидкая вода может существовать только в верхней части пояса разломов, что и определяет более интенсивное минералообразование близ поверхности, чем на глубине. В.К. Котульский отмечает также, что наиболее протяженными на глубину являются преимущественно монометаллические месторождения, у которых геологические условия формирования одинаковы на всем протяжении и которые вследствие этого отличаются равномерным содержанием металлов.

М.М. Тетяев [1940] считал, что рудные жилы являются слепыми образованиями, поэтому ореол оруденения должен иметь свое ограничение внутри земной коры, где рудные жилы выклиниваются или теряют свое промышленное значение. Протяженность на глубину рудного ореола зависит, по его мнению, от глубины магматического очага, с которым связано месторождение, от изменения характера оруденения на глубину.

В. Линдгрэн [1934] писал, что гидротермальные месторождения формируются в интервале глубин от нескольких десятков метров до 10 км. М.А. Усов [1933], П. Ниггли [1946], Г. Шнейдерхен [1958] глубину гидротермального рудообразования рассматривают в связи с глубиной становления магматических пород: вулканических (до 2 км), гипабиссальных (2-6 км). А.С. Грейтон [1937] оценивает общую глубину гидротермального оруденения в 6 км. Имеются также указания на то, что в месторождениях, образующихся на умеренных и частью на значительных глубинах, оруденение хорошо выдерживается на сравнительно большие глубины, а в месторождениях, сформировавшихся на малых глубинах, обычно наблюдается резкое выклинивание рудных тел конусом или в виде сходящегося пучка жил в пределах 300-500 м, реже до 1000 м [Шнейдерхен, 1958; Вольфсон, 1962; Татаринов, Магакьян, 1949].

Н.А.Беляевский с соавторами [1963], Ф.И. Вольфсон, Л.И. Лукин [1965] отмечают, что для установления вертикального интервала оруденения месторождений некоторых рудных формаций имеет значение температура образования и расстояние от рудоносного интрузива. Обычно среднетемпературные, удаленные от интрузива месторождения наиболее выдержаны на глубину. Аналогичной точки зрения придерживаются Е.А. Радкевич [1965, 1966], М.П. Материков [1974] и другие исследователи, которые отмечают различную глубину залегания активного магматического очага, породив-

шего оловорудные месторождения различных генетических типов. С.Ф. Лугов [1965] считает, что глубина распространения промышленного оловянного оруденения Северо-Востока СССР колеблется в широких пределах для различных типов оруденения. Наибольший размах оруденения отмечается в месторождениях касситерит-кварцевой формации (до 500 м), средний размах для касситерит-кварц-сульфидной (до 300 м) и малое распространение - для касситерит-силикатной (до 200 м). Основными геологическими факторами, определяющими глубину распространения олово-вольфрамового оруденения в рудных телах месторождений касситерит-кварцевой формации, он считает морфологический и генетический типы рудовмещающих трещин, глубину эрозийного среза, состав вмещающих оруденение пород, особенности режима рудного процесса. Этими же факторами, по его мнению, следует объяснить и особенности распределения олова и вольфрама в рудных телах. Нижней границей распределения оловянной минерализации считается поверхность гранитоидных пород, залегающих под ороговикованными породами рудного поля. Некоторые данные о масштабах распространения на глубину оловянного оруденения приведены в табл. 2.

В.П. Федорчук [1959, 1963а,б] полагает, что вертикальный размах рудоотложения находится в обратной зависимости от температуры образования месторождений: чем более высокотемпературными они являются, тем в более узких рамках по вертикали локализуются рудные тела. Наибольший вертикальный размах рудоотложения устанавливается для самых низкотемпературных - ртутных месторождений (1500-4500 м), причем в интервале 2000-2500 м часто не отмечается существенного изменения состава оруденения.

Проведенные Д.В. Рудквистом [1966] вычисления показали, что при принятом удвоенном-утроенном значении геотермического градиента, существовавшего в период рудообразования, нижняя граница возможного распространения низкотемпературного гидротермального рудообразования (менее 200°C) составляет 2,8, среднетемпературного (200-300°C) - 3-4, высокотемпературного (300-500°C) - 5-7 км. А.Е. Ферсман определял температурный градиент рудных жил Корнуолла в 240°C/км, боливийских месторождений олова в 1000°C/км.

Л.Н. Овчинников [1967] отмечает, что рудоотложение возможно в полупроницаемой среде: непроницаемой для вязкого силикатного расплава и проницаемой для газов. Необходимость сочетания ряда условий при этом определяет верхние и нижние пределы зоны, благоприятной для постмагматического рудообразования. Верхний предел связан с условиями полной проницаемости среды, когда газы-переносчики рассеиваются. Вероятно, он соответствует глубине в несколько сотен метров от поверхности суши. Крайне благоприятный случай - излияние магмы на поверхность Земли. Нижний предел, благоприятный для постмагматического рудообразования зоны, должен определяться сменой условий полупроницае-

Таблица 2

Вертикальный размах оловянного оруденения

Месторождение, регион	Тип минерализации, формация	Вертикальный размах оруденения, м	Литературный источник
1	2	3	4
Си-Хуа-Шань (Китай), Циинвальд (Чехословакия)	Штокверки и грейзены	60-100	[Вольфсон, 1962]
Букука, Белуха (Восточное Забайкалье), Караоба и Восточный Коунрад (Центральный Казахстан)	Жилы в грейзенизированных породах	150-200 до 400	Там же
Участок Холстон Джидинского месторождения	Жилы в грейзенизированных и березитизированных породах (сульфиды)	500-700	"
Альтенберг (Рудные горы)	Штокверки	230	[Свитальский, 1933]
Корнуолл, жила Долькоаф	Сульфидно-касситеритовая	950	Там же
Ллаллагуа, жила Сан-Хосе	То же	810	[Тэрнор, 1964]
Уануни	"	480	Там же
Морококала, жила Сан-Франциско	"	230	"
Оруро, жила Сан-Луис, Лагос	"	600	[Тэрнор, 1964; Линдгрэн, 1934]
Потоси, жилы группы Утне	"	875	Там же
Чукотка	Касситерит-кварцевая формация	500	[Лугов, 1965]
Иульгинское	То же	350-400	Там же
Пыркакайский рудный узел	Касситерит-сульфидно-кварцевая формация	200-250	"

Таблица 2 (окончание)

1	2	3	4
Тамнеквуньский рудный узел	Касситерит-сульфидно-кварцевая формация	300-350	[Лугов, 1965]
Пытлянский рудный узел	То же	100	Там же
Этапваамский рудный узел	"	50	"
Первоначальное	"	130	"
Гора Разведочная	Касситерит-силикатная формация	до 100	"
Валькумей	Рудные тела жильного типа	100-140	Там же
Валькумей	Рудные тела типа минерализованных зон	60-80	"
Прочие месторождения	То же	100-200	"

мости условиями полной непроницаемости. Такая граница находится на глубине примерно 5 км от земной поверхности, так как все горные породы на этой глубине резко изменяют свои физические свойства и глубже становятся практически непроницаемыми для растворов. Указанная глубина, по Л.Н. Овчинникову, лимитирует образование гидротермальных месторождений апоинтрузивного класса, заметно удаленных от материнского очага. Месторождения пегматитовые, грейзеновые, альбититовые, скарновые, локализующиеся внутри материнских пород или же в их экзоконтактовой зоне, могут образовываться несколько глубже. В частности, пегматиты образуются на глубинах от 3,5-4 до 6-7 км, глубже пегматиты почти лишены металлов.

Вертикальный размах промышленного молибденового оруденения, согласно Н.А. Хрущеву [1959], в большей степени зависит от местных условий просачивания гидротермальных растворов, условий отложения в них рудного вещества и главным образом от интенсивности рудного процесса, его длительности и многостадийности. В небольших жильных месторождениях молибдена эта глубина оценивается в 100-150 м, а в крупных она достигает 200-300 и даже 400 м. В штокверковых рудных телах глубина распространения промышленного оруденения достигает, в зависимости от интенсивности эрозионного среза, 400-600 м и в уникальных месторождениях - 800 и даже 1000 м.

Согласно Ф.Н. Шахову [1964], 10-километровая глубина не является запрещенной для возникновения жил. Он отмечает, что вопрос о причинах большей или меньшей протяженности на глубину недостаточно изучен. Однако есть основания связывать протяженность жил на глубину с генезисом структур, а также фазией и фазой магматического процесса.

П.Ф. Иванкин [1965] полагает, что пульсационное развитие рудоносных магматических интрузивов, как и стадильная поздней и постмагматическая деятельность, есть не что иное, как внутренняя реакция магматической системы на меняющиеся внешние условия и именно эта нарастающая во времени и при движении к поверхности тенденция фазового расслоения приводит к отмиранию системы прежде, чем она достигнет поверхности. Глубина от 0,5 до 2-3 км, по-видимому, часто и является той критической зоной, где почти неизбежно совершается распад рудоносных магматических колонн, приходящих с глубин. Возможно, этим и объясняется поразительная приуроченность огромного большинства постмагматических рудных месторождений (часто с минерализованными брекчиями) к хорошо дифференцированным малоглубинным интрузивам. Рудно-магматические пучки, по его мнению, хорошо отражают глубинный скрытый взрыв системы [Иванкин, 1965, 1966].

Позже в специальной статье П.Ф. Иванкин подчеркнул, что подавляющая масса магматогенных рудных месторождений в земной коре располагается в области гипабиссальных и приповерхностных фаций магматических пород и ассоциирует с дифференцированными комплексами. "Вертикальные ряды рудных формаций, ассоциирующих с мантийными магмами, в общем случае имеют большую вертикальную протяженность, чем металлогенические ряды палингенных внутрикоровых магм. Максимальный вертикальный диапазон в земной коре имеют месторождения магматического генезиса (до 10 км); пегматитовые формации развиты в интервале глубин от 2 до 8-9 км; оптимальные глубины образования гидротермальных плутогенных месторождений соответствуют 0,5-4,5 км, а вулканогенных до 2 км" [Иванкин, 1973, с. 350].

С.Н. Иванов [1966] считает, что выпадение рудных компонентов из восходящих растворов происходит в земной коре главным образом в зонах 1-го (1-2,5 км) и 2-го (300-500 м) максимумов относительного градиента давления в зоне смещения ювенильных растворов с кислородными вадозными водами, а также в зонах повышенного градиента тектонического давления.

Исходя из представления о постскладчатом происхождении трещин и длительности их развития в течение всего периода оруденения, М.М. Тетяев [1940] подчеркивает, что об ограничении трещин на глубину не может быть и речи. Трещиноватость развивается во времени из глубины до поверхности, и ее первая стадия в виде слепых трещин совпадает с эпохой оруденения. Он приходит к выводу, что ни с точки зрения положения магматического очага, ни на основании изменения характера рудного выполнения, ни, на-

конец, со стороны поведения трещин в более глубоких горизонтах нет никаких данных, чтобы говорить об ограниченности месторождений на глубину, учитывая пределы досягаемости современными методами разведки и эксплуатации.

Ряд исследователей считает возможным рудоотложение на какой-то оптимальной глубине от земной поверхности.

Ф.И. Вольфсон и А.В. Дружинин [1963] указывают, что безрудными оказываются разрывы, достигшие поверхности, и разрывы, расположенные ниже оптимального уровня. Только дизъюнктивы, выклинивающиеся вверх на глубине около 500 м от поверхности, должны нести оруденение.

Ф.И. Вольфсон [1962] отмечает также, что в жильных месторождениях оруденение распространяется на большую глубину: в трещинах скола по сравнению с жилами, развивающимися в трещинах разрыва; в рудных жилах, приуроченных к старым нарушениям, возникшим задолго до оруденения и подновленным в момент оруденения; в рудных жилах, которые сопровождаются большим количеством апофиз, оперяющих главные жилы; в рудных жилах, приуроченных к системе сколовых нарушений, ориентированных параллельно осям антиклинальных складок и заложенных в момент складчатости задолго до формирования оруденения. По его мнению, оруденение часто оканчивается при переходе в нижележащий структурный этаж, а промышленные месторождения возникают в тех случаях, когда рудоподводящие дизъюнктивные нарушения скрыты под толщей наиболее молодых пород, распространенных на рудоносной площади в процессе минерализации.

И.С. Рожков [1968] отмечал, что, согласно эмпирическим данным, интервал оруденения в месторождениях, располагающихся на древних щитах и приуроченных к зонам глубинных разломов, составляет не менее 5–6 км (Колар, Индия), причем нижняя граница оруденения от первоначальной поверхности опускается до глубины порядка 10 км.

Из краткого обзора литературы по вопросу о глубине распространения оруденения следует, что многие исследователи в общем единодушны в объяснении причин, обуславливающих протяженность оруденения по вертикали и приуроченность месторождений к верхней части литосферы. Протяженность оруденения по вертикали зависит главным образом от глубины заложения рудогенерирующего магматического очага, определяющего формирование высоко-, средне- и низкотемпературных месторождений. Чем глубже залегал очаг в период рудообразования, тем большую вертикальную протяженность имеют формировавшиеся рудные тела, тем более низкотемпературными и монометальными они являются. Указывается также, что вертикальный размах оруденения зависит от местных условий просачивания рудообразующих растворов, интенсивности рудообразующего процесса, его длительности и многостадийности. В частности, отмечается, что вертикальная протяженность оруденения в месторождениях, располагающихся на древних щитах и

приуроченных к зонам глубинных разломов, является максимальной и достигает 5–10 км.

Формирование месторождений вблизи земной поверхности объясняется также тенденцией фазового расслоения рудоносных магматических колонн, нарастающей по мере их продвижения из области больших глубин (и давлений) в область малых глубин (и давлений). Это обстоятельство приводит к отмиранию рудномагматической системы прежде, чем она достигает поверхности. Поэтому глубина 0,5–5 км является той критической зоной, где обычно совершается дифференциация магматических расплавов и происходит рудообразование.

Итак, вопрос об определении вертикальной протяженности оруденения представляется весьма сложным. В течение длительного времени многие исследователи решали эту задачу различными способами. К настоящему времени наметилось два основных направления ее решения – минералого–геохимическое и структурно–морфологическое.

Приведем несколько способов установления величины вертикального размаха оруденения в оловорудных месторождениях с помощью минералого–геохимических исследований.

1. Н.Н. Никулин и Ю.И. Бакулин [1969], исходя из предположения об участии в процессе рудообразования бор–оловянных комплексных соединений (как промежуточных продуктов сложных реакций отложения турмалина и касситерита) определили количественную взаимосвязь между концентрациями бора и олова и предположили с учетом зонального распределения турмалина на оловорудных объектах (по вертикали) использовать ее при предварительной оценке оловорудных месторождений. Для этого изучается корреляционная зависимость между концентрациями бора и олова, устанавливаются количественные изменения концентраций этих двух элементов по вертикали в рудных телах, что дает возможность использовать как бор, так и отношение бора и олова в качестве критерия оценки протяженности оруденения на глубину.

Кроме того, Н.Н. Никулиным [1971, 1972] установлены определенные закономерности содержания элементов–примесей (ниобий, индий, скандий) в касситеритах на различных горизонтах месторождений Приамурья и Приморья. На основании выявленных закономерностей рассчитан ряд коэффициентов для определения глубины и размаха оруденения, удаленности его от материнского интрузива.

2. Аналогичные исследования проведены на некоторых оловорудных месторождениях Приморья Г.А. Осиповой [Осипова, Забарина, 1966; Осипова, 1972]. Она также приводит формулы для расчета глубины эрозионного среза на месторождениях. Однако выявленные закономерности изменения содержания индия в касситеритах обратны тем, которые приводятся в работах Н.Н. Никулина.

3. В.Л. Барсуков и А.Г. Волосов [1968] предложили геохимический метод прогноза масштаба оруденения на глубину для сульфидно–касситеритовых месторождений. Авторы исходят из пред-

ставления, что миграция олова в гидротермальных растворах осуществляется в виде фтор-гидроксильного комплекса $\text{Sn}(\text{OH}, \text{F})_2^{2-}$, гидролиз и распад которого приводит к осаждению олова в жилах в форме касситерита и накоплению фтора главным образом в околожилых породах. Наблюдения показали, что в нижних частях рудного тела уровни содержания фтора в околожилых породах и в жильном выполнении практически одинаковы. По мере продвижения вверх уровень содержания фтора в околожилых породах все в большей степени начинает превосходить таковой в жильном выполнении. Эта разница оказывается тем больше, чем больше олова на глубине. Между величиной нижележащих линейных запасов олова (а также вертикальной протяженностью нижележащего оруденения) и величиной, обратной коэффициенту распределения фтора в околожилых породах и в жильном выполнении, выявлена прямая линейная зависимость, на основе которой и производится расчет.

4. Н.З. Иванова [1974] предлагает определять уровень эрозионного среза рудных тел и вероятную протяженность их на глубину с позиции генетической кристалломорфологии (метод кристалломорфологического анализа). Полное время морфологической эволюции касситерита на оловорудных месторождениях условно разбито на пять отрезков, в каждом из которых образуются определенные комбинации простых форм касситерита, или кристалломорфологические типы. Эволюция касситерита идет в направлении от I к V типу, которые встречаются в каждой пробе, при резком преобладании одного какого-либо типа, что зависит от удаленности от источника рудоносных растворов. Однотипные породы по восстановлению рудных тел (а также от периферии к центру) обогащаются все более и более кристалломорфологически молодым касситеритом. Устанавливая градиент кристалломорфологической изменчивости касситерита (в метрах) в данном разрезе рудного тела, рассчитывается уровень эрозионного среза рудного тела и протяженность его на глубину.

5. М.С. Шнайдер с соавторами [1975] решают вопрос о вертикальной протяженности оруденения на оловорудных месторождениях Омсукчанского района на основе комплекса структурно-морфологических и минералого-типomorphicеских исследований. Вначале отстраиваются объемные модели рудоносных жил, выявляются особенности их морфологии, внутреннего строения и ориентировка в них рудных столбов. С учетом этих данных выясняются пространственные вариации (зональность) тех или иных качественных и количественных характеристик отдельных минералов и минеральных парагенезисов, слагающих рудоносные жилы (содержание элементов-примесей, щелочно-кислотные свойства, температура образования, кристалломорфология касситерита, микротвердость, термоЭДС). Рассчитывая градиент изменчивости этих характеристик вдоль оси рудных тел, авторы устанавливают вертикальную протяженность оруденения, уровень эрозионного среза рудных тел.

6. В.И. Красников с соавторами [1972, 1975] по данным изучения термоЭДС сульфидных минералов на многих месторождениях различных металлов (в том числе оловорудных) на разных уровнях рудных тел установили различную проводимость сульфидных минералов. Например, на верхних горизонтах пириты имеют дырочную проводимость, на средних – смешанную (дырочную и электронную), на нижних – электронную. Это свойство авторы используют для установления уровня эрозионного среза рудных тел и прогнозирования размаха оруденения на глубину.

Кроме отмеченных, существует еще целый ряд минералогических и геохимических методов определения вертикального размаха оруденения, на описании которых мы не останавливаемся.

Представляется целесообразным в плане настоящей работы детально остановиться на структурно-морфологическом методе определения вертикальной протяженности ЕГТ и УГТ. Он опирается на ставшее уже широко признанным положение о веерообразной или конической (и плоскоконической) форме эндогенных рудных полей, рудовмещающих геологических тел и рудных концентраций.

Пожалуй, впервые на веерообразный характер строения жильных месторождений указал А. фон Гроддек [1889, с. 39]. Позднее это явление было подмечено Х. Гувером [Hoover, 1909], затем Л. Грейтоном и Х. Береллом в 1933 г. Анализируя формы жильных систем в месторождениях Морокоча (Перу), Л. Грейтон и Х. Берелл пришли к выводу, что жилы и рудные тела, имея один корень, разветвляются вверх подобно дереву. Это явление было названо ими рудным пучком. В этом же году П. Биллингсли описал рудные пучки в районе Тинтик (Юта), Юрике (Невада), Бисби (Аризона). Г. Лоуглин и А. Кошман в 1935 г. отметили тенденцию образования рудных пучков в Крипл-Крик (Колорадо). Ф. Чейс [Chase, 1948] выделил четыре рудных пучка в Оруро (Боливия).

Г. Мак-Кинстри [1959] особо подчеркнул, что изучение рудных пучков, или рудных плейд, имеет большое значение для оценки предельной глубины залегания рудных тел во многих промышленных районах мира. По его мнению, рудные пучки формируются в связи с увеличением степени трещиноватости на более высоких горизонтах и степени растекания растворов в сторону по мере удаления от их источника.

Упоминание о рудных пучках имеется в литературе, изданной в СССР. Так, например П.М. Татаринов и И.Г. Магакьян [1949] указали, что в месторождениях, сформированных на малых глубинах, обычно наблюдается резкое выклинивание рудных жил конусом или в виде скользящего пучка жил в пределах интервалов 300–500 м, реже до 1 км.

Описание рудных пучков мы находим в работах Г. Шнейдерхена [1958], Г.А. Кузнецова с соавторами [1960] по ангаро-илимским железорудным месторождениям; Ю.Г. Шербакова [1960] по золоторудным месторождениям Трансильвании; А.В. Королева [1962], Ф.И. Вольфсона [1962], П.М. Татаринова [1963], Ф.Н. Шахова [1964], Дж. Скотта [1964] и других исследователей.

В последнее время вопросы морфогенеза многих десятков рудных полей различных металлов изучаются П.Ф. Иванкиным и его учениками. Исследования структурных особенностей полиметаллических месторождений Рудного Алтая [Иванкин, 1961, 1963, 1965, 1966; Иванкин и др., 1961], Восточного Забайкалья [Иванкин, 1962; Кулагашев и др., 1963; Кулагашев, 1965, 1968], железорудных месторождений Горной Шории [Зубков, Соколова, 1968; Шабалин, 1968], золоторудных месторождений Сибири и Казахстана [Булытников, Рабинович, 1967; Булытников и др., 1967; Иванкин и др., 1968а-в; Акчурина, Рабинович, 1968], оловорудных месторождений юга Дальнего Востока [Ведерников и др., 1968; Петренко, 1968] и других типов месторождений доказали универсальный характер пучкового строения мало- и среднеглубинных рудных полей. Исследования указанных авторов суммированы П.Ф. Иванкиным в его капитальной монографии "Морфология глубоковскрытых магматогенных рудных полей" [Иванкин, 1970] и в коллективной работе, выполненной с участием и под редакцией П.Ф. Иванкина, "Атлас морфоструктур рудных полей" [1973].

Изучение форм рудных полей позволило определить такие понятия, как "отношение Гувера", коэффициент глубины рудного тела [Поспелов, 1963], коэффициент вертикальной протяженности - КВП [Иванкин, 1970].

Отношение Гувера было введено на примере изучения формы малоглубинных золото-серебряных месторождений, представленных небольшими по протяженности жилами или зонами минерализации. На таких месторождениях границы выклинивания рудных тел и рудовмещающих зон определялись горными выработками с большой достоверностью. Наблюдения над рудовмещающими зонами во многих рудных районах позволили Х. Гуверу [Hoover, 1909] установить, что эти зоны уменьшаются с глубиной и имеют форму, сходную с перевернутым конусом, границы которого склоняются на глубину под углом 45° . Таким же образом сходятся вниз системы трещин, трубчатые тела, штоки магматических пород. При этом отношение основания конуса к его высоте равно 2:1 (отношение Гувера). Это отношение, как показал Г. Шмидт [Smitt, 1933], является средним для восьми главных промышленно важных жил в штате Юта и должно устанавливаться в каждом конкретном случае для данного района. В общем случае протяжение богатых рудных участков на глубину тесно связано с конической фигурой рудовмещающих зон дробления.

Отношение Гувера было положительно воспринято многими геологами, и им пользовались при перспективном подсчете запасов руд на малоглубинных жильных месторождениях. Однако оно оказалось неприемлемым для многих полиметаллических месторождений. В частности, Ф.И. Вольфсон [1962] отмечал, что правило Гувера ориентирует геологов на слишком упрощенную арифметическую оценку глубины распространения оруденения. По его мнению, опыт

разведки и эксплуатации месторождений показал, что это механическое правило во многих случаях оказывается совершенно непригодным и не подтверждается на практике.

Тем не менее ряд исследователей считают целесообразным возвратиться к понятию "отношение Гувера", своеобразно интерпретируя его применительно к различным типам месторождений.

Так, например, для определения глубины распространения железорудных тел Таштагольского месторождения Г.Л. Поспелов [1963] предложил эмпирически определенный коэффициент глубины рудного тела (K), выраженный как отношение средней длины рудного тела по падению (H) к средней длине рудного тела в плане (L): $K = \frac{H}{L}$.

Длина скоплений рудных тел на глубине (H) определяется как произведение длины скоплений рудных тел в плане (L) на коэффициент глубины рудного тела (K): $H = L \times K$.

П.Ф. Иванкин [1970, с. 36] вводит понятие "коэффициент вертикальной протяженности" (КВП) рудного поля, имея в виду отношение максимальной длины его на эрозионном срезе или другом характерном горизонтальном сечении (a) к полной вертикальной протяженности. По этому признаку выделяются мелкокорневые рудные поля ($a/b \geq 4$), поля средней протяженности по вертикали ($2 \leq a/b \leq 4$) и глубококорневые ($a/b \leq 2$).

Проведенное авторами изучение ряда оловорудных полей юга Дальнего Востока позволило установить возможность использования отношения Гувера, или КВП, для оценки глубины выклинивания, с одной стороны, ЕГТ, имеющих самостоятельные корневые области на уровне разведанных глубин, с другой — УГТ, представляющих собой рудные столбы [Ведерников, 1969, 1972]. Эмпирически установлено, что КВП зависит от структурного типа того или иного рудного поля [Ведерников, 1974]. Например, для рудных полей веерообразного структурного типа (Джалиндинское) характерны пологие рудные столбы, склоняющиеся под углом $30-45^\circ$ в сторону скопления веерообразных (в плане) метасоматических зон. КВП равен 1,8.

Для рудных полей каркасного типа (Дальнее, Дальнетаежное, Октябрьское в Приморье, Березовское на Малом Хингане) характерны вертикальные и крутонаклонные рудные столбы треугольной формы с КВП, близкими к 0,5–0,8.

Для месторождений линейного структурного типа (Дубровское, Смирновское, Хрустальное — Приморье) характерны рудные столбы грибовидной формы с КВП, близкими к 1,5–2,1. Грибообразные формы оловорудных концентраций отмечались В.В. Онихимовским [1962, 1966] как типичные для рудных зон Комсомольского района.

На оловорудных месторождениях линейного структурного типа Комсомольского района вычислен КВП для ЕГТ и УГТ. Как правило, ЕГТ имеют в продольной плоскости плоскоконические формы. Угол расширения этих фигур (угол конусности), принадлежащих

отдельным ЕГТ, например, для Октябрьского месторождения, составляет $50-65^\circ$, а КВП равен $1-1,3$. Угол конусности плоско-конических фигур ЕГТ Сиверной и Майской зон составляет примерно $45-55^\circ$, а КВП равен $0,8-1$; Луиной зоны соответственно - 55° , а КВП равен 1 ; зоны Придорожной - $70-80^\circ$, КВП равен $1,5$. ЕГТ имеют сложное внутреннее строение. Они слагаются простыми ЕГТ - продуктами различных стадий гидротермального процесса (турмалиниты, жилы и прожилково-сетчатые зоны кварца и т.д.). На вертикальной продольной плоскости они отрисовываются в виде плоскоконических фигур с углами конусности в пределах $20-40^\circ$, КВП которых близок к $0,4-0,6$. УГТ (например, оловянные рудные столбы), отстроенные на вертикальных продольных плоскостях в изолиниях по условно принятым величинам средних содержаний олова, также имеют плоскоконические формы. Угол конусности отдельных УГТ колеблется от 10 (в нижних частях) до 40° (в верхних), КВП их близок к $0,4-0,6$. Однако КВП группировок рудных столбов, принадлежащих ЕГТ с самостоятельной корневой областью, достигает 1 .

Аналогичные значения КВП эндогенного оруденения получены В.В. Богацким [1969] на примере железорудных месторождений юга Сибири. Вертикальная протяженность 243 исследованных рудных залежей в среднем (статистически) оказалась близкой к максимальному значению длины их по простиранию, т.е. КВП равен 1 .

Приведенные примеры показывают, что в различных типах оловянных полей наблюдаются различные углы конусности фигур ЕГТ, сложенных продуктами разных стадий гидротермального процесса, и различные КВП, которые необходимо учитывать при прогнозировании оруденения в процессе проведения геологоразведочных работ. КВП следует устанавливать для конкретных структурных типов рудных полей данного рудного района и конкретных ЕГТ.

СТРУКТУРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ

Структурно-морфологическая зональность наиболее полно освещена в работах П.Ф. Иванкина, В.Н. Акчуриной, В.А. Бульникова, К.Р. Рабиновича и других исследователей на примере изучения многих десятков золотых, оловянных и полиметаллических рудных полей. Суть ее состоит в том, что в связи с развитием рудно-магматической системы в пределах большого вертикального интервала, в условиях быстро меняющегося внешнего давления от нижних горизонтов к верхним происходит резкое расширение потока газонасыщенных рудообразующих флюидов. При этом направленно изменяются параметры и структурные особенности рудно-магматической системы. Меняются ее форма и размеры, степень насыщенности жильными интрузиями и рудными телами. Изменение вверх по вертикали проявляется в древовидном расширении системы жильных тел из единой корневой области. Зоны дробления сменяются зонами минерализации или жилами выполнения, изменяется

длина рудных жил, их мощность, концентрация металлов и т.д. В связи с этим изменяются и штейновые запасы руды и металла.

Изменение с глубиной особенностей строения минерализованных зон и разломов вообще, которое можно характеризовать как структурную зональность, отмечалось рядом исследователей [Крейгер, 1960; Саттран, 1963; и др.]. На большой глубине зоны нарушений представлены компактными тектоническими швами небольшой мощности. На более высоких горизонтах разломы становятся менее компактными, сменяются зонами повышенной трещиноватости, ветвятся по восстанию. На еще более высоких горизонтах — это сложно ветвящиеся зоны повышенной трещиноватости и дробления значительной мощности.

По указанным выше признакам в рудно-магматических (а также в жильных и плоских) пучках выделяются следующие структурно-морфологические зоны: фронтальная, прифронтальная, прикорневая, корневая. Наиболее полная характеристика выделенных зон приводится в "Атласе морфоструктур рудных полей" [1973, с. 26].

Фронтальная зона — это область естественного выклинивания рудной минерализации по восстанию структуры. В этой части фигуры, полностью сохраняющейся лишь на "слепых" месторождениях, преобладает рассеянное оруденение. Концентрированная минерализация эпизодична и проявляется в виде единичных рудных тел, часто не выдержанных по падению и простираению. Контур этой части фигуры заметно расширяется книзу. Характерна большая временная прерывистость в отложении рудного вещества, что обычно выражается в выделении многих стадий минерализации. В этой зоне значительно распространены относительно низкотемпературные минеральные парагенезисы заключительных стадий рудного процесса, обычно широко развиты околорудно измененные породы. В случае четко выраженного структурного экранирования вертикальная протяженность фронтальной зоны мала, а оруденение проявляется в концентрированном виде.

Прифронтальная зона — наиболее расширенная часть фигуры рудного поля. Обычно здесь сконцентрировано максимальное количество рудных тел и основные запасы металлов рудного объекта. Средние содержания полезных компонентов в рудах высокие. Крупные (стволовые) рудные тела в этой зоне нередко ветвятся, давая многочисленные мелкие апофизы. Горизонтальная длина основных рудных тел наиболее значительная. Характерно широкое распространение продуктивных минеральных ассоциаций и максимальное развитие стадий рудообразования. Руды отличаются сложностью и большим разнообразием состава и текстур. В нижней части зоны намечается небольшое сужение контура рудного поля. Интенсивность оруденения при этом также нередко снижается.

Прикорневая зона — суженная часть фигуры — характеризуется сравнительно небольшими площадными сечениями и сокращением количества рудных тел. Обычно здесь устанавливается несколько пространственно сближенных рудных тел, имеющих выдержанное

простираение и падение. Апофизы не характерны. Содержание металлов в рудах заметно уменьшается. Сокращается количество продуктивных минеральных ассоциаций и состав руд становится более простым, чем на высоких уровнях. Иногда с глубиной возрастает количество относительно высокотемпературных рудных и сопутствующих им нерудных минералов. Выклинивание рудных тел на глубину происходит либо путем сокращения длин и мощностей, либо путем сопряжения их со стволовыми телами, когда рудное тело по падению распадается на ряд мелких быстро выклинивающихся на глубину тел. Околорудно измененные породы в этой зоне развиты менее широко, чем в вышележащих.

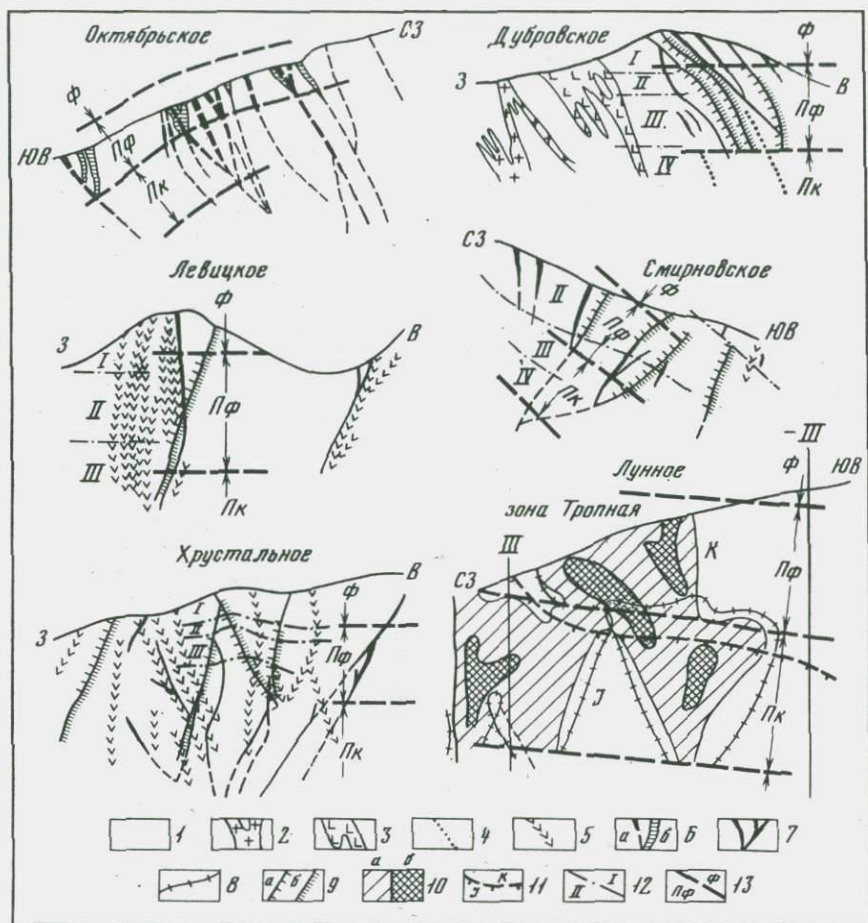
Корневая зона или корневая часть, область рудного поля, как правило, остается невоскрытой горными выработками.

Авторы "Атласа..." [1972] полагают, что в различных генетических типах эндогенных месторождений высота той или иной структурно-морфологической зоны может изменяться в некоторых пределах. Отмечается, в частности, что прифронтальная зона по протяженности относительно велика в плутонгенных рудных полях и резко сокращается в близповерхностных субвулканических. В последних значительно более развита прикорневая зона.

Одним из практически очень важных результатов анализа изменчивости оруденения в пространстве, как указывают авторы "Атласа...", является установление близкого характера кривых (построенных по вертикали) по таким различным показателям оруденения, как форма (площадь участка, длина по горизонтали, мощность), количество рудных тел и интенсивность минерализации (запасы и средние содержания металлов). Эта примечательная закономерность отражает существование прямой зависимости между морфологическими закономерностями рудных полей и минерало-геохимическими их особенностями, в частности изменением в пространстве интенсивности оруденения. Минерало-геохимическая зональность рассматривается как часть общей структурно-морфологической зональности и должна изучаться в связи с изменением на глубину морфологических и структурных особенностей рудно-магматической системы.

Необходимо подчеркнуть, что структурно-морфологическая зональность наиболее четко проявляется в месторождениях жильного типа. Вместе с тем в практике работ не всегда можно наблюдать на одном месторождении все описанные выше зоны. Чаще всего обнаруживается одна-две наиболее выраженные и сохранившиеся на современном уровне структурно-морфологические зоны, и поэтому обобщенные представления о них можно получить лишь из сравнительного анализа большого числа глубоко вскрытых месторождений.

Ниже кратко описывается опыт выделения структурно-морфологических зон на примере некоторых месторождений Приморья. Эти зоны выделялись авторами главным образом на основе анализа продольных вертикальных плоскостей жильных тел и в суммированном виде отображены на поперечных разрезах (рис. 13).



Р и с. 13. Признаки выделения структурно-морфологических зон на оловорудных месторождениях

1 - вмещающие песчано-сланцевые породы; 2-3 - порфириты: 2 - диоритовые, 3 - кварц-диоритовые; 4-5 - дайки: 4 - фельзитов, 5 - порфиритов; 6 - минерализованные зоны дробления (а) и трещиноватости (б); 7 - кварцевые жилы; 8 - границы областей проявления кварцево-турмалиновых метасоматитов; 9 - области максимальных мощностей жил (а) и концентраций олова (б) в кварцевых жилах; 10 - области проявления низких (а), высоких (б) концентраций олова в плоскости минерализованной зоны Тропной; 11 - контакт юрских и меловых отложений; 12-13 - границы: 12 - типов минерализации (месторождение Дубровское: I - кальцитовый, II - преимущественно сульфидный, III - кварц-касситеритовый, IV - хлорит-сульфидный; месторождение Левицкое: I - полиметаллический, II - оловянно-полиметаллический, III - кварц-касситерит-хлоритовый; месторождение Смирновское: I - карбонатный,

Месторождение Октябрьское. Фронтальная зона в значительной мере эродирована и граница ее на рис. 13 спроектирована с гипсометрически выше расположенных участков рудного поля. Для этой зоны характерно развитие хлоритизированных пород и участков сравнительно бедных оловянных руд.

В прифронтальной зоне происходит ветвление рудных зон и смена на глубине зон трещиноватости зонами дробления, фиксируется максимальная продуктивность ЕГТ. Здесь проявлены главным образом слюдисто-хлоритовые метасоматиты.

В прикорневой зоне зоны дробления соединяются, сменяясь на глубине тектоническими швами. На этом же уровне происходит расширение пучка ЕГТ. Следует заметить, что границы структурно-морфологических зон в сериях ЕГТ проявляются на разных гипсометрических уровнях с тенденцией склонения к юго-востоку, почти параллельно современной эрозионной поверхности.

Подвляющая часть оловянной минерализации сосредоточена в прифронтальной зоне пучка ЕГТ, высота которой составляет 100-120, а высота области наибольшей продуктивности - около 50 м.

Месторождение Дубровское. На этом месторождении можно выделить, вслед за Н.Л. Петренко [1968], фронтальную, прифронтальную и прикорневую структурно-морфологические зоны.

Во фронтальной зоне богатые касситеритом руды нижних горизонтов сменяются бедными сульфидно-карбонатными. Мощность ЕГТ и зон метасоматических пород сравнительно небольшая.

В прифронтальной зоне отмечается резкое расширение УГТ, значительно увеличиваются мощности ЕГТ и возрастают концентрации в них олова. Зона характеризуется преимущественным развитием кварц-касситеритовой минеральной ассоциации. Здесь же происходит ветвление ЕГТ и дайкообразных тел диоритовых порфиритов. По всей зоне максимально развивается штокверковое оруденение и проявляются эруптивные брекчии, сопровождающие дайки диоритовых порфиритов.

В прикорневой зоне оруденение проявляется в виде мелких жил и прожилков с неравномерной оловянной минерализацией. Резко сокращаются мощности жил. Суженные части УГТ уходят в область биотитовых метасоматитов, формирующихся над скрытым на глубине интрузивным массивом, вытянутым вдоль Лифудзинской структуры.

Корневые зоны пучков ЕГТ предполагаются на глубине более 1,2 км от современной поверхности [Петренко, 1968].

Окончание подписи к рис. 13

II - полиметаллический, III - полиметаллический-пирротиновый, IV - пирротиновый; месторождение Хрустальное: I - полиметаллический и кварц-флюоритовый, II - пирротиновый, III - кварц-касситеритовый), 13 - фронтальной (Ф), прифронтальной (ПФ), прикорневой (ПК) структурно-морфологических зон

Месторождение Левицкое, жила Геофизическая. Во фронтальной зоне ЕГТ представлено жилой выполнением, сопровождающейся зоной прожилково-вкрапленного оруденения. Мощность УГТ (рудных столбов) здесь наибольшая по сравнению с более глубокими горизонтами. По направлению к верхним горизонтам богатое оловянное оруденение сменяется бедным, широко проявлены минеральные ассоциации колчеданной и полиметаллической стадий. В рудах преимущественным развитием пользуется колломорфный касситерит. Количество кристаллохимического касситерита по направлению к верхним горизонтам резко уменьшается и, наоборот, увеличивается роль раннего кварца и турмалина (Ляхнюк, Руднянский, 1966 г.).

В прифронтальной зоне оруденение в отличие от оруденения фронтальной зоны представлено преимущественно прожилково-вкрапленной минерализацией, в связи с чем мощность рудного тела значительно возрастает и достигает максимума. На нижней границе прифронтальной зоны происходит ветвление ЕГТ (жил) и сопряжение их с порфиритовыми дайками. Для зоны характерны относительно высокие концентрации олова в руде, примерно равное количество кристаллического и колломорфного касситерита и проявление комплексной оловянно-полиметаллической минерализации.

Для верхней части прикорневой зоны характерны максимальное проявление в руде концентраций олова, существенно кварц-касситеритовый состав руд с преимущественным развитием кристаллического касситерита почти при полном отсутствии колломорфного (Ляхнюк, Руднянский, 1965 г.).

Корневая зона на месторождении не вскрыта. Она предполагается на глубинах свыше 1000 м от современной поверхности.

Месторождение Смирновское. Фронтальная зона характеризуется сравнительно небольшими мощностями рудных жил и концентрациями олова, ей соответствует карбонатная зона минерализации.

Прифронтальная зона отличается максимальными мощностями жил и концентраций олова, началом резкого расширения УГТ и верхним урвнем ветвления рудных жил. Кроме того, ей соответствует область богатого полиметаллического оруденения и, возможно, область развития наибольшего количества стадий минерализации.

Прикорневая зона характеризуется резким уменьшением мощностей жил, концентраций в них олова и частичным выклиниванием жил. Для этой зоны характерен переход от полиметаллической минерализации к пирротиновой на глубине.

Корневая зона пучка ЕГТ (жил), судя по углу встречного падения жил Четвертой и Главной, намечается на глубине 700-1000 м от современной поверхности, возможно, в пределах роговикового ореола.

Месторождение Хрустальное. Вертикальный размах пучка ЕГТ (жил) составляет не менее 900 м (см. рис. 13). Фронтальная зона характеризуется минимальными мощностями ЕГТ и содержаниями олова, наличием продуктов поздних стадий минерализации, субпараллельным размещением жил в плане.

Прифронтальная зона, напротив, характеризуется максимальными мощностями ЕГТ и концентрацией олова в них. Здесь же происходит максимальное расширение в продольной плоскости фигур УГТ.

Для прикорневой зоны характерны сужение и выклинивание богатых рудных столбов, уменьшение мощностей ЕГТ и концентраций в них олова, а также штокверковый тип оруденения.

Граница между прикорневой и корневой зонами выделяется условно по появлению в разрезе месторождения биотитовых роговиков и сходжению в один узел многочисленных ЕГТ (жил) и даек. Таким образом, вертикальный размах наиболее богатого оруденения Хрустального месторождения определяется вертикальным интервалом прифронтальной структурно-морфологической зоны, равным примерно 350-300 м.

Лунное месторождение. При анализе вертикальной продольной проекции зоны Тропной Лунного месторождения (Комсомольский район) выделяются две структурно-морфологические зоны - прикорневая и прифронтальная, граница между которыми проходит в районе контакта юрских осадочных отложений и перекрывающих их вулканогенных образований верхнего мела (см. рис. 13).

В прикорневой зоне пространственно совмещаются наиболее богатая оловянная и полиметаллическая минерализации. Оруденение накладывается на ранее сформированные тела кварц-турмалиновых метасоматитов, имеющих на вертикальной плоскости форму плоскоконических пучков, сравнительно небольших на нижних горизонтах и значительно расширяющихся по направлению к верхним горизонтам. В районе верхней границы прикорневой зоны тела кварц-турмалиновых метасоматитов и дайкообразные тела порфиритов выклиниваются, а богатая оловянная и полиметаллическая минерализация сменяется бедной.

Прифронтальная зона выделяется выше контакта юрских и меловых отложений. Здесь, как отмечалось ранее, выклиниваются тела кварц-турмалиновых метасоматитов и дайкообразные тела порфиритов, оловянная минерализация проявляется уже спорадически в виде двух богатых, круто падающих рудных столбов.

Фронтальная зона, по-видимому, эродирована, а корневая зона не вскрыта горными выработками. Высота описанных структурно-морфологических зон составляет примерно 220 м каждая при общей предполагаемой высоте ЕГТ (с учетом эродированной части) порядка 600 м.

Из приведенных примеров оловорудных месторождений следует, что область максимального рудоотложения, которой соответствует прифронтальная или прикорневая структурно-морфологическая зона, составляет примерно треть часть по вертикали от высоты пучка ЕГТ. Изменение структурно-морфологических параметров между выделенными зонами происходит постепенно в пределах 50-100 м по вертикали, вследствие чего границы между ними не являются жесткими.

Интервал проявления наиболее богатого оруденения в сульфидно-касситеритовых месторождениях Приморья (150-300 м)

сопоставим с таковым для оловорудных месторождений Боливии и некоторых месторождений золота. В частности, для ряда боливийских месторождений Ф. Тэрнор [1964] приводит данные по глубине горных выработок, на основании которых можно примерно судить о вертикальном размахе наиболее богатого оруденения (табл. 3).

Зависимости между положением рудных столбов и деталями структуры, такими, как падение, простирание и мощность жил в боливийских месторождениях не обнаружено.

Примерно три зоны по высоте выделяет Г. Шнейдерхен [1958, с. 183] на эпитермальном золотых и золото-серебряных месторождениях субвулканического типа. Системы рудных жил на этих месторождениях начинаются от немногочисленных безрудных корней. Вверх по разрезу рудные жилы постепенно ветвятся с образованием новых жил. Вместе с тем сверху быстро возрастает интенсивность оруденения и возникают один над другим все новые и новые богатые металлом парагенезисы. Еще выше рудные жилы распадаются на бесчисленные тончайшие прожилки, в которых содержания рудных минералов быстро снижаются до нуля. Высота всего минерализованного штокверка достигает 500-700 м, причем оптимальной зоной отложения золота и серебра является верхняя треть, всего лишь 150-250 м.

Из приведенных выше примеров оловорудных месторождений (см. рис. 13) видно, что область наиболее богатых концентраций олова локализуется в прикорневой или в прифронтальной структурно-морфологических зонах. На ряде месторождений эта область охватывает две-три структурно-морфологические зоны. Выявление причин, обуславливающих локализацию области богатых концентраций олова в различных структурно-морфологических зонах, а также признаков, указывающих на возможное место ее локализации, представляет собой важную задачу теоретического и прикладного значения.

Некоторые эмпирические данные позволяют высказать предварительные суждения о признаках, по которым можно судить о месте локализации области богатых концентраций олова в той или иной структурно-морфологической зоне. В частности, представляется важной зависимость места локализации этой области от минерального профиля месторождения.

На месторождениях свинцово-цинкового (Левизкое, Силинское) и медного профилей (жила Геофизическая Фестивального месторождения, Долкот-Лод) область богатых концентраций олова локализуется в прикорневой структурно-морфологической зоне, в то время как свинцово-цинковая или медная минерализация - в вышележащих зонах.

На месторождениях арсенопирит-пирротинового профиля (Хрустальное, Смирновское, Пионерское) наблюдается четко выраженная дифференциация раннего кварцевого и более позднего сульфидного парагенезисов. В этом случае область богатых концентраций олова, пространственно более тесно связанная с сульфидными парагенезисами, локализуется в прифронтальной структурно-

Таблица 3

Вертикальный размах оруденения боливийских месторождений олова

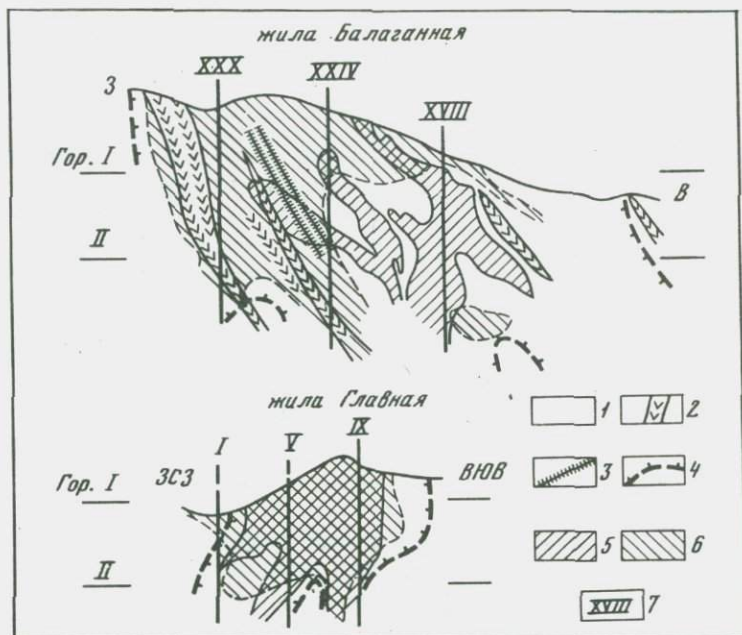
Район	Жила	Глубина оруденения от поверхности земли, м	Интервал наиболее богатого оруденения, м
Ллаллагуа	Сан-Хосе	810	350
Уануни	Небольшие жилы	480	250
Морококала	Сан-Франциско	230	150
Оуро	Сан-Луис	600	300
Потоси	Группа Утне	875	350

морфологической зоне, в то время как кварц-касситеритовый парагенезис с весьма бедными, непромышленными содержаниями олова локализуется в прикорневой зоне.

Наконец, на месторождениях с господствующим флюорит-кварц-касситеритовым парагенезисом с незначительным количеством сульфидов (до 4% объема руды) наблюдаются существенно иные закономерности рудолокализации (месторождения Хинганское, Березовское). В пределах этих месторождений в жильных или трубообразных штокверковых и брекчиевых телах не отмечается четкой дифференциации рудного вещества, хотя в общем случае наибольшее количество сульфидов располагается в верхних горизонтах месторождения. В целом же флюорит-кварц-касситеритовый парагенезис, как следует из минералогических исследований В.И. Поповой (1972 г.), остается практически однородным на большом вертикальном интервале (500-600 м).

Причины, обуславливающие положение области наиболее богатого оловянного оруденения в прикорневой зоне в месторождениях свинцово-цинкового профиля и в прифронтальной зоне в месторождениях арсенопирит-пирротинового профиля, развитие оловянной минерализации на большом вертикальном интервале в малосульфидных месторождениях, нуждаются в специальном изучении. Формирование области богатых концентраций в той или иной структурно-морфологической зоне жильных тел определяется, по-видимому, не столько геолого-структурными факторами, сколько факторами физико-химического характера, определяющими степень дифференциации вещества в рудоносных потоках по мере восстающего их движения в верхние горизонты.

Степень дифференциации рудного вещества зависит, вероятно, и от масштабов (массы) жильного тела. Чем больше масштабы последних, тем отчетливее проявляется процесс дифференциации.



Р и с. 14. Распределение концентраций олова и свинца в плоскости жил Балаганной и Главной месторождения Сибинского (Приморье)

1 - песчано-сланцевые отложения; 2 - спилиты; 3 - дайки порфириров; 4 - границы жил; 5-6 - участки повышенных концентраций: 5 - олова, 6 - свинца; 7 - разведочные буровые профили; Гор. - горизонт

Примером могут служить жилы Главная и Балаганная Сибинского месторождения (рис. 14). В жиле Главной, относительно небольшой по размеру, оловянная и полиметаллическая минерализация пространственно совмещены. В то же время в более крупной Балаганной жиле наблюдается четкая дифференциация оловянной и полиметаллической минерализации.

Связь массы жильных тел и степени дифференциации рудоносной системы была ранее замечена С.Т. Бадаловым [1965] на золоторудных месторождениях. Им показано, что в кварцевых жилах небольших размеров обособления продуктивного парагенезиса не происходит, содержание золота по всей жиле остается равномерным и убогим. Однако в крупных жилах, в которых большую часть занимает слабозолотоносный кварц, происходит обособление продуктивной стадии в виде рудных столбов. Аналогичное суждение высказывает К.Р. Рабинович с соавторами [1969], отмечая отчетливую контрастность, связанную с общей дифференциацией жильной массы по восстанию в жильных системах большой вертикальной протяженности. Напротив, в мелкокорневых рудоносных системах эта контрастность ослабевает.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОРФОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА В ПРАКТИКЕ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

ЗАДАЧИ МОРФОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

В целях наиболее рационального и экономичного осуществления геологоразведочных работ единый по своему характеру геологоразведочный процесс делится на следующие стадии [Методические..., 1975]:

1. Региональные геологосъемочные и геофизические работы.
2. Поиски месторождений полезных ископаемых.
3. Предварительная разведка.
4. Детальная разведка.
5. Разведка эксплуатируемого месторождения в пределах горного отвода.
6. Эксплуатационная разведка.

Начиная с открытия месторождения и кончая стадией эксплуатационной разведки, одной из важных задач геологоразведочного процесса является выяснение структуры и формы рудного месторождения (и составляющих его частей).

Уже на второй стадии выясняются геологические условия проявления полезного ископаемого, определяются границы рудного поля, структурно-морфологический тип месторождения и расшифровывается его связь с геологическими структурами. Поисково-оценочные работы на этой стадии представляют собой комплекс структурно-морфологических, геофизических и геохимических исследований выявленного проявления с применением поверхностных горных выработок и буровых скважин.

На стадии предварительной разведки основной задачей является выяснение геологической структуры, формы и условий залегания полезного ископаемого. На следующей стадии, в процессе детальной разведки, уточняются представления о структуре месторождения, форме и условиях залегания полезного компонента. Наконец, на пятой и шестой стадиях производится предельно возможное уточнение контуров тел полезных ископаемых и их качества, доизучаются фланги и глубинные горизонты месторождения.

Таким образом, на всех стадиях геологоразведочного процесса перед геологами ставятся те задачи, которые, по существу, решаются методом морфоструктурного анализа. Задачи анализа во многом определяются запросами разных стадий геологоразведочного процесса, а также полнотой фактического геологического материала по рудному полю (месторождению).

При поисково-оценочных работах на второй стадии геолого-разведочного процесса, когда горными выработками вскрываются рудолокализирующие ЕГТ, морфоструктурный анализ решает наиболее общую задачу - выяснение морфологического и структурного типов рудного поля. Иными словами, на этой стадии объектом анализа является рудное поле как целое, с позиции его формы и принадлежности к тому или иному структурному типу. Такая постановка задачи необходима, поскольку морфологические и структурные особенности рудных полей служат показателем общих закономерностей рудолокализации и, следовательно, во многом определяют наиболее экономичную и эффективную методику проведения разведочных работ.

Определение морфологического и структурного типов рудного поля возможно по формам горизонтальных сечений и структурному рисунку, который создается в плане взаиморасположением рудоконтролирующих и рудоопределяющих элементов. Например, если группировки ЕГТ (минерализованные зоны, жилы) в данном рудном поле вытягиваются в одном направлении, когда протяженность группировки значительно превышает ее ширину (более чем в 3 раза), то рудное поле относится к плоскому морфологическому и линейному структурному типам со свойственным им многокорневым строением, кулисной сопряженностью отдельных ЕГТ, наличием (явно-или неявно выраженных) рудоопределяющих трещин, плоскоконическими формами ЕГТ в продольной плоскости с установленным для данного типа КВП, определенным шагом проявления корневых областей.

Если зоны минерализации (или система даек) ориентированы в разных направлениях и взаимосопрягаются (или пересекаются), а рудное поле очерчивается в плане изометричным или овальным контуром (отношение длины поля к ширине меньше 3), то, вероятнее всего, оно относится к коническому морфологическому и каркаскому структурному типам со свойственными им закономерностями рудолокализации (шахматным расположением корневых областей, круто падающими рудными столбами, локализующимися в узлах пересечения трещин и т.д.).

Если одновременно сформированные зоны минерализации (жилы) имеют веерообразное строение в плане, то рудное поле относится к билатеральному морфологическому и веерообразному структурному типам с характерными для них закономерностями рудолокализации.

На стадиях предварительной и детальной разведки, когда накоплен достаточно большой фактический материал по рудному полю, объектом морфоструктурного анализа являются отдельные части рудного поля, включая рудолокализирующие ЕГТ разных рангов. Морфоструктурный анализ на этих стадиях разведки решает следующие задачи.

1. Детализация элементов структуры рудного поля с расшифровкой внутреннего строения рудоконтролирующей зоны и ЕГТ разного ранга, анализ особенностей их локализации в общей фигуре и структуре поля, выявление рудоопределяющих трещин и рудо-подводящих каналов, выяснение пространственного и структурного положения корневых областей ЕГТ.

2. Выяснение частных закономерностей локализации УГТ (рудных тел и рудных столбов) в пределах ЕГТ и их серий, определение места локализации и области максимальных концентраций рудных элементов, степени эрозии отдельных ЕГТ и возможной глубины распространения оруденения, а также изучение формы ЕГТ и УГТ, характера их взаимоотношений друг с другом и закономерности выклинивания на разных горизонтах. Установление формы ЕГТ и УГТ, особенностей их локализации, выяснение положения корневых областей в пределах поля, позволяет подойти к изучению структурно-морфологической зональности ЕГТ и рудного поля в целом. С учетом сказанного возможна оценка перспектив рудоносности флангов и глубоких горизонтов изучаемого рудного поля.

Отмеченная выше последовательность решения задач морфо-структурного анализа увязывается с задачами оценки продуктивности рудного поля на разных стадиях геологоразведочного процесса. На поисковой стадии должны быть оценены возможные промышленные перспективы всего рудного поля, исходя из общих морфологических, структурных и генетических позиций. Однако из-за недостаточной разработанности критериев количественной оценки продуктивности рудных полей эта задача представляется затруднительной. В настоящее время при поисково-оценочных работах основное внимание уделяется оценке перспектив рудоносности отдельных ЕГТ (минерализованных зон, жил) путем опробования, выявления в них богатых концентраций элементов с поверхности и последующим прослеживанием выявленных рудных тел на глубину. Априори считается, что то или иное ЕГТ заслуживает изучения в том случае, если богатые концентрации олова вскрываются с поверхности [Остроменцкий и др., 1966, с. 165].

Вопросам слепого оруденения и закономерностям его локализации в плоскости ЕГТ в ряде случаев уделяется неоправданно мало внимания. При существующей практике разведочного дела объектом на второй стадии являются в основном отдельные рудные тела. К оценке перспектив всего рудного поля разведчики приходят через суммарную оценку запасов руды отдельных ЕГТ.

История освоения горнорудных районов показывает, что первоочередными объектами изучения и оценки являются те, которые экономически выгодно отрабатываются при существующих масштабах производства. Если в прошлом такими объектами являлись рудные тела, то в настоящее время таковыми должны быть рудные поля. Исходя из этого, П.Ф. Иванкин полагает, что на ранних стадиях геологоразведочного процесса объектом изучения должно быть рудное поле с задачей общей оценки его перспектив и на поздних этапах — рудные тела. "Задача оценки всего рудного поля и составляющих его рудных тел должны соотноситься таким образом, чтобы обоснование геологических запасов и запасов категории C_2 значительно опережало подсчет запасов промышленных категорий" [Атлас..., 1973, с. 8].

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РУДОВМЕЩАЮЩИХ ТЕЛ

Существующие методические руководства по оценке месторождений олова при поисках и разведках ориентируют на разведку глубоких горизонтов тех рудных тел, которые с поверхности имеют промышленные содержания металла. Если же изучение выходов оловянных тел не выявило промышленного содержания олова в руде, следует ожидать, что и подземные горноразведочные выработки и тем более буровые работы не изменят общей отрицательной характеристики месторождения [Остроменцкий и др., 1966]. Это суждение основывается на предположении о том, что оловянное оруденение, изменяясь по форме и характеру минерализации, остается все же непрерывным в вертикальном разрезе ЕГТ. Тезис о непрерывности оловянной минерализации следует понимать, вероятно, в абсолютном смысле, безотносительно степени ее концентрации. Изучение характера распределения концентраций олова показало, что они располагаются на разных гипсометрических уровнях ЕГТ. Проявляясь максимально, например, в прифронтальной зоне, они сменяются по направлению к верхним и нижним горизонтам относительно бедными непромышленными концентрациями. Следовательно, тезис о непрерывности богатого промышленного оловянного оруденения в вертикальном разрезе ЕГТ не может быть признан правильным.

В этой связи следует еще раз обратить внимание на то, что при оценке перспектив ЕГТ необходимо учитывать, с одной стороны, положение области богатых концентраций олова в той или иной структурно-морфологической зоне (прифронтальной или приконтактной) и, с другой — уровень эрозионного среза ЕГТ (рис. 15).

Пример первый. Область богатых концентраций олова располагается в прифронтальной или прикорневой зоне. Эрозионный срез вскрывает фронтальную зону, т.е. самые верхние обедненные части ЕГТ, где эпизодически проявляются небольшие по масштабам рудные столбы. Отрицательная оценка данного ЕГТ окажется необоснованной, так как ниже могут локализоваться богатые руды.

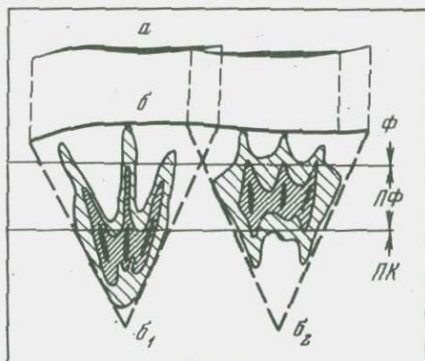
Пример второй. Область богатых концентраций олова локализуется в прикорневой зоне. Эрозией вскрыта только прифронтальная зона ЕГТ с единичными разобценными рудными столбами, не имеющими самостоятельного промышленного значения. Отрицательная оценка ЕГТ в этом случае была бы преждевременной.

Пример третий. Область богатых концентраций олова локализуется в прифронтальной зоне ЕГТ. Эрозией вскрывается нижняя часть прифронтальной зоны (или прикорневая зона) с относительно богатыми рудными столбами. Положительная оценка глубоких горизонтов ЕГТ была бы в этом случае ошибочной.

Из сказанного следует, что при оценке перспектив рудоносности отдельных ЕГТ желательно учитывать возможности разнообразных сочетаний факторов, указанных в приведенных примерах.

Рис. 15. Положение области богатых концентраций олова в прикорневой (δ_1) и прифронтальной (δ_2) структурно-морфологических зонах

Зоны: Φ - фронтальная, $\Pi\phi$ - прифронтальная, $\Pi\kappa$ - прикорневая; a - план, b - продольные вертикальные проекции; густота штриховки показывает различные концентрации олова



Отсутствие промышленных содержаний олова на данном эрозионном срезе ЕГТ не всегда означает отсутствие промышленных руд на глубоких горизонтах. Поэтому целесообразно переосенить с новых позиций те ЕГТ, которые с поверхности не показали промышленных содержаний олова и по этой причине были забракованы.

В связи с изложенным авторам представляется важным выявление минералого-геохимических признаков, указывающих на положение области богатых концентраций олова в той или иной структурно-морфологической зоне данного ЕГТ.

МОРФОСТРУКТУРНЫЕ КРИТЕРИИ КРУПНОМАСШТАБНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Термин "критерий" в общем случае обозначает мерилу для оценки чего-либо. В геологической литературе этот термин часто употребляется как синоним термина "признак". Например, критерии связи оруденения с изверженными породами - это признаки, свидетельствующие о такой связи, критерии фациальные - это признаки, позволяющие с той или иной степенью достоверности восстановить фациальные условия накопления осадков [Геологический..., 1973, т. 1, с. 37].

Исходя из сказанного, морфоструктурными критериями прогнозирования надо считать совокупность признаков, на основе которых можно предсказать форму, внутреннее строение и особенности локализации ЕГТ различных иерархических уровней. Морфоструктурные критерии прогнозирования вытекают из изложенных ранее представлений о морфологических структурных типах и подтипах оловорудных полей, структуре рудного поля и иерархии элементов рудоконтролирующей зоны [Ведерников, Гордеев, 1971].

Имея в виду ЕГТ разных иерархических уровней (рудное поле, рудоконтролирующая зона ЕГТ 1-го ранга), являющиеся объектами анализа, а также разнообразные позиции анализа, на основе

которых поэтапно осуществляется прогнозирование, мы можем говорить о соответствующих этим уровням (и позициям) морфоструктурных критериях прогнозирования.

Объектом анализа на первом этапе (табл. 4) является рудное поле, исследуемое с позиции выявления его принадлежности к тому или иному морфологическому типу, структурному типу и подтипу, а предметом прогнозирования — форма рудного поля и особенности локализации ЕГТ в его пределах. К числу признаков, на основе которых можно судить о форме рудного поля, относятся коэффициент линейности [Иванкин, 1970, с. 36] и геометрический рисунок наблюдаемых в плане систем трещин.

Вопрос о закономерностях строения по пространственной локализации ЕГТ в том или ином структурном подтипе рудного поля относится к числу слабо изученных. Тем не менее очевидно, что характер пространственной локализации ЕГТ и, следовательно, особенности локализации рудных тел в пределах рудных полей тех или иных структурных подтипов в значительной мере различаются. Например, в каркасном структурном типе наряду с каркасно-сопряженными и каркасно-пересекающимися подтипами, имеющих близкие закономерности строения, выделяются каркасно-трубчатые, каркасно-линейные подтипы со своеобразными особенностями пространственной локализации ЕГТ. То же касается и радиально-концентрического структурного типа. Можно отметить, в частности, что в кольцевом структурном подтипе, в свою очередь, можно выделить рудные поля, построенные по принципу цилиндра или конуса с вершиной, обращенной вверх или вниз. Имеют свою специфику подтипы веерообразного и линейного структурных типов рудных полей.

Таким образом, признаки, на основе которых создается представление о принадлежности рудного поля к тому или иному морфологическому типу, структурному типу и подтипу, относятся к морфоструктурному критерию прогнозирования формы рудного поля и особенностей пространственной локализации ЕГТ в его пределах.

Объектом анализа второго этапа является рудное поле, изучаемое с позиции выяснения тектонических элементов его системы и взаимосвязи элементов, а предметом прогнозирования — особенности его внутреннего строения. При анализе системы рудного поля с тектонических позиций надо исходить из того, что его структура определяется взаимосвязью главных элементов: рудоконтролирующей зоны, рудоопределяющей трещины и корневой области. Рудоконтролирующая зона, как показано на примере строения многокорневого рудного поля линейного структурного типа (см. рис. 5), представляет собой серию кулисно сопрягающихся ЕГТ 1-го ранга. Структура отдельного ЕГТ, подобно структуре рудного поля, определяется взаимосвязью тех же элементов, но более низкого ранга, т.е. взаимосвязью ЕГТ, локальной рудоопределяющей трещины и локальной корневой области. Следовательно, ЕГТ 1-го ранга со своими локальными элементами может рассматриваться

Таблица 4

Выделение предметов прогнозирования в зависимости от объектов и позиции анализа

Этап прогнозирования	Объект анализа	Позиция анализа	Предмет прогнозирования
1	Рудное поле	Морфологический тип, структурный тип (и подтипы)	форма рудного поля и особенность локализации ЕГТ в его пределах
2	То же	Тектонические элементы системы, связь элементов (структура поля)	Особенность внутреннего строения рудного поля
3	ЕГТ 1-го ранга	Строение в плане	Особенность внутреннего строения ЕГТ 1-го ранга в продольной плоскости
4	То же	Структурно-морфологическая зональность (в поперечном сечении и в продольной плоскости)	Вертикальная протяженность оруденения, вероятная глубина эрозионного среза ЕГТ и область проявления богатого оруденения
5	Рудоконтролирующая зона (серия ЕГТ 1-го ранга)	Сравнительная характеристика ЕГТ 1-го ранга по простиранию рудоконтролирующей зоны. Выявление закономерностей рудокализации	Продуктивность слабо изученных ЕГТ в рудоконтролирующей зоне

как подсистема в системе рудного поля. Опираясь на представление об элементах системы разных рангов и о структуре поля, мы вооружаемся признаками, используя которые выявляем его внутреннее строение (положение рудоопределяющих трещин и корневых областей).

Эти признаки авторы рассматривают в качестве морфоструктурного критерия прогнозирования особенностей внутреннего строения рудного поля.

Объектом анализа третьего этапа является ЕГТ 1-го ранга с позиции выяснения его строения в плане, а предметом прогнози-

рования — особенности его внутреннего строения в продольной плоскости. Потоки рудообразующих гидротермальных растворов, поднимающиеся из локальной корневой области, по мере восстающего движения разбиваются на отдельные струи, образуя двух- или трехструйчатое распределение продуктов различных стадий гидротермального процесса в плоскости ЕГТ. Эти струи запечатлеваются в плане в виде серии кулис 2-го ранга, совокупность которых образует ЕГТ 1-го ранга. Кулисы 2-го ранга выделяются по относительно полному набору продуктов гидротермального процесса (стадий), наибольшей мощности гидротермалитов и высоким концентрациям металлов, в то время как промежутки между ними имеют минимальные значения. Кулисы 2-го ранга являются, по существу, рудолокализирующими трещинами, в которых наблюдается относительная непрерывность тел гидротермалитов и рудных концентраций. Поэтому расшифровка внутреннего строения ЕГТ 1-го ранга и выделение более мелких кулис в их пределах представляют определенный практический интерес.

Таким образом, в основе прогнозирования данного этапа лежит представление о струях или струевых потоках гидротермальных растворов, которые выделяются по ряду признаков. Указанные признаки рассматриваются в качестве морфоструктурного критерия прогнозирования особенностей внутреннего строения ЕГТ 1-го ранга в продольной плоскости.

Объектом анализа четвертого этапа является ЕГТ 1-го ранга с позиции выявления структурно-морфологической зональности, а предметами прогнозирования — вертикальная протяженность оруденения, вероятная глубина эрозионного среза ЕГТ и область проявления богатого оруденения. Структурно-морфологическая зональность проявляется в изменении по вертикали особенностей строения формы, мощности и других параметров. По ряду признаков, указывающих на изменение этих параметров по вертикали, выделяются фронтальная, прифронтальная и прикорневая зоны. Наибольшие мощности ЕГТ и высокие концентрации металлов проявляются главным образом в прифронтальной (реже прикорневой) зоне, вертикальный размах которой составляет примерно третью часть высоты ЕГТ.

Признаки, по которым выделяются различные структурно-морфологические зоны, мы рассматриваем в качестве критерия прогнозирования вертикальной протяженности оруденения, вероятной глубины эрозионного среза ЕГТ и области возможного проявления богатого оруденения.

Объектом анализа пятого этапа является рудоконтролирующая зона с позиции сравнительной характеристики ЕГТ 1-го ранга и выявления закономерностей рудолокализации. В данном случае предметом прогнозирования будет вероятная продуктивность слабо изученных ЕГТ. Как известно, в рудоконтролирующей зоне продуктивная минерализация проявляется неравномерно. В одних ЕГТ она концентрируется с образованием промышленных рудных тел, в других — проявляется относительно слабо. Обычно в рудоконтро-

лирующей зоне устанавливается картина постепенного изменения продуктивности рудной минерализации по простиранию зоны и эти изменения отражаются на некоторых характеристиках ЕГТ, таких, как масштабность (протяженность и мощность), глубина расположения корневой области, степень кулисности, степень проявления продуктов различных стадий гидротермального процесса, склонение рудных столбов в зависимости от анизотропии вмещающей среды и др. Учет этих признаков позволяет прогнозировать продуктивную минерализацию в относительно слабо разведанных ЕГТ в рудоконтролирующей зоне.

Таким образом, в основе прогнозирования данного этапа лежит представление об изменении характеристик ЕГТ и их продуктивности по простиранию рудоконтролирующей зоны, выявленных путем сравнительного анализа разведанных ЕГТ. Такой прогноз рудоносности носит, естественно, качественный характер и позволяет делать выводы о возможности проявления рудных столбов в сравнительно слабо разведанных участках рудоконтролирующей зоны.

Указанные признаки относятся к морфоструктурному критерию прогнозирования возможной продуктивности слабо изученных ЕГТ в рудоконтролирующей зоне.

Перечисленные морфоструктурные критерии прогнозирования составляют своеобразный иерархический ряд, учитывающий иерархию ЕГТ (рудное поле – рудоконтролирующая зона – ЕГТ 1-го ранга) и иерархию понятий структурной организации (морфологический, структурный тип и подтип – структура рудного поля – структура ЕГТ). Кроме того, учитываются разнообразные позиции, с которых анализируется объект данного иерархического уровня и структурной организации. Такой иерархический ряд критериев крупномасштабного прогнозирования ориентирует исследователя на поэтапное их использование в зависимости от полноты фактического материала по рудному полю на разных стадиях геологоразведочных работ.

В связи с этим на практике при поэтапном использовании критериев прогнозирования последовательность объектов анализа в иерархическом ряду нарушается. В начале объектом анализа является единица высокого ранга – рудное поле, затем единицы более низкого ранга – ЕГТ, затем снова иерархический объект более высокого ранга – рудоконтролирующая зона (см. табл. 4).

Поэтапное использование критериев прогнозирования уже на ранних стадиях изучения рудного поля позволяет целенаправленно планировать разведочные работы с учетом принадлежности рудного поля к тому или иному морфологическому и структурному типам со свойственными каждому из них особенностями строения.

Авторы в полной мере отдают себе отчет в том, что выделенные критерии крупномасштабного прогнозирования не охватывают всего многообразия структурно-морфологических признаков, характеризующих рудное поле, и нуждаются в дальнейшем уточнении и совершенствовании.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ МОРФОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА

Одной из задач морфоструктурного анализа является отображение на графике строения и формы сложных и простых ЕГТ и УГТ разного ранга. Казалось бы, что эта задача решается в повседневной практической работе геологов-разведчиков в соответствии с интруктивными требованиями. К сожалению, на многих графических материалах, выполненных на уровне подсчета запасов по месторождению, показываются не формы ЕГТ как таковые, а формы их горизонтальных и поперечных сечений (погоризонтные планы, поперечные разрезы по буровым профилям). Однако этой графики недостаточно для суждения о формах ЕГТ как объемных фигур.

Остановимся на некоторых способах анализа строения и формы ЕГТ, а также приемах их графического изображения на разных этапах морфоструктурных исследований.

Задачей первого этапа является выяснение особенностей строения рудоконтролирующей зоны отдельных ее частей и изучение форм этих элементов в горизонтальных сечениях.

При анализе рудоконтролирующей зоны, особое внимание уделяется расшифровке ее кулисного строения в плане. Важно в первую очередь выделить отдельные кулисы ЕГТ, имеющие самостоятельные корневые области (ЕГТ 1-го ранга). Такие кулисы обычно хорошо различаются на планах поверхности и многие из них получают собственные названия, к примеру, зоны Северная, Майская, Южная и другие Перевального месторождения. В дальнейшем объектом рассмотрения поочередно являются отдельные кулисы ЕГТ 1-го ранга. При анализе последних особое значение придается выделению в их пределах более мелких кулис ЕГТ 2-го ранга, являющихся, по существу, собственно рудолокализирующими структурами.

С целью выяснения формы сложных ЕГТ и распределения в них продуктов разных стадий гидротермального процесса по данным вертикальных поперечных разрезов по буровым профилям составляется серия погоризонтных планов через 80-100 м, последовательно характеризующих зону по горизонтали и вертикали. Серия погоризонтных планов для наглядности может быть оформлена в виде сводной графики, представляющей собой "этажерку", построенную без искажения истинных размеров. Концентрации полезных компонентов изображаются в виде изолиний содержания на отдельных погоризонтных планах.

Отстройка серии погоризонтных планов позволяет выделить в ЕГТ 1-го ранга рудолокализирующие кулисы ЕГТ 2-го ранга, проверить сплошность минерализованной зоны (жилы) и правильность увязки рудных тел на глубоких горизонтах, проследить тенденцию изменения по вертикали формы слагающих зону продуктов разных стадий гидротермального процесса, выяснить положение в горизонтальных сечениях ЕГТ продуктивных стадий минерализации и установить возможную горизонтальную структурную зональность.

Опыт работы показывает, что наиболее удобным для первоначальной обработки графических материалов является масштаб 1:1000, к которому приводится вся имеющаяся документация по отдельным ЕГТ.

Второй этап является наиболее трудоемким в процессе проведения морфоструктурных исследований. В этот период составляется большая часть графических материалов, цель которых — дать наглядное представление о форме и строении сложных и простых ЕГТ разного ранга. Формы геологических тел в объеме отрисовываются в том случае, когда на графике можно отобразить главные параметры тел — длину, высоту и ширину. Применительно к линейным ЕГТ (минерализованным зонам, жилам) оловорудных полей главными параметрами будут протяженность по горизонтали и вертикали. Мощностью тел в этом случае можно пренебречь, поскольку она составляет сотые и тысячные доли от их протяженности. В этом случае формы ЕГТ отображаются на серии вертикальных продольных проекций. На одной из проекций показывают состав и строение геологической среды, вмещающей рудоконтролирующую зону, с элементами складчатой и трещинной тектоники, магматическими образованиями. На других проекциях отрисовываются формы простых ЕГТ — продуктов разных стадий гидротермального процесса, мощность минерализованной зоны, концентрации металлов и др. Сопоставляя формы разных геологических тел, анализируя положение их в пространстве относительно друг друга и относительно максимумов и минимумов проявления рудных концентраций, делают выводы о закономерностях строения сложных геологических тел и особенностях рудокализации.

Выполняется это следующим образом. На вертикальные продольные проекции из погоризонтных планов и разрезов по буровым профилям переносят границы естественного выклинивания ЕГТ, участки резкого изменения мощности, участки ветвления ЕГТ и другие характерные детали. Основываясь на опорных точках (пересечения горными выработками), фиксирующих наличие или отсутствие ЕГТ в данном сечении, устанавливают склонение на глубину этих границ, а далее, путем экстраполяции, проводят условные контуры ЕГТ.

Аналогично, путем совместного рассмотрения погоризонтных планов и разрезов по буровым профилям, на вертикальные продольные проекции выносятся области проявления простых ЕГТ (продуктов различных стадий гидротермального процесса). Например, в Комсомольском оловорудном районе (Приамурье) это кварцтурмалиновое метасоматиты, кварцевые и кварц-сульфидные жилы и т.д. При этом производится увязка отдельных ЕГТ на продольной плоскости, отрисовываются их формы и устанавливается характер взаимоотношений друг с другом. Форма ЕГТ в целом выявляется путем фиксации участков выклинивания, отстройки в изолиниях суммарной мощности гидротермалитов, измеренной в горных выработках. Выбор градации изолиний мощности зависит от конкрет-

ных условий, с тем, чтобы показать наиболее характерные детали строения зоны. Так, для минерализованных зон Комсомольского района с наиболее часто встречающимися значениями мощности от 5 до 30 м авторами были выбраны интервалы с превышениями последующих над предыдущими в 1,5-2 раза: 0-5; 6-10; 11-20; 21-30; 31-50 и более 50 м. Это позволило с достаточной степенью достоверности и наглядности охарактеризовать формы минерализованных зон. Таким же образом решался вопрос со значениями мощности оруденелых участков.

Наиболее ответственным этапом является установление на продольных проекциях форм рудных концентраций - УГТ разного ранга. Изолинии содержаний полезных компонентов отрисовываются в плоскости кулис ЕГТ разных рангов.

Существует много способов отстройки концентраций олова в ЕГТ: по максимальному содержанию в каждом сечении; по средне-взвешенным (на опробованную мощность) значениям концентрации в сечении; по метропроцентам ($M \times C$, где M - мощность рудного интервала, C - содержание элементов, %); по среднеарифметическим данным (в случае единого протяженного рудного тела с относительно равномерным распределением оруденения); по "опробованным" (суммированным) значениям содержаний (в случае множества небольших разрозненных рудных интрвалов в одном сечении в пределах единого ЕГТ); путем выделения общего контура повышенных концентраций на фоне ровных минимальных значений (наиболее простой и быстрый способ); путем вынесения на вертикальные продольные проекции фигур концентраций, отрисованных на погоризонтных планах.

Представляется целесообразным первоначально отстраивать в изолиниях области максимальных содержаний олова, встречаемых в каждом пересечении рудоносной зоны горными выработками. Максимум содержаний элемента в данном сечении указывает, вероятно, на относительно пронцаемый участок ЕГТ, по которому проходили наиболее богатые металлом рудные струи. Фиксация в плоскости ЕГТ максимальных содержаний металла позволяет сравнительно быстро отрисовать формы рудных столбов разного ранга. За начальную изолинию содержания обычно принимают такую минимальную величину концентрации рудного компонента, которая надежно определяется существующими аналитическими методами [Бирюков, 1975]. В изученных оловорудных полях условно принята первоначальная изолиния содержания в плоскости рудной зоны определяла границу, а следовательно, форму и размеры УГТ. Дальнейшая градация изолиний, как следует из опыта проведения морфоструктурного анализа, производится путем увеличения в 3 раза значения каждой последующей изолинии содержаний. Однако для четкого отображения рудных столбов следует учитывать наиболее часто встречающиеся значения величин концентраций элемента. Если, к примеру, преобладают значения содержаний от 5 до 8%, то следует принять следующие интервалы изолиний: 0,1-0,3,

0,4-1, 1,1-5, 5,1-10%. При отрисовке УГТ следует учитывать приуроченность оруденения к продуктам той или иной стадии гидротермального процесса. В значительной мере форма рудных концентраций будет повторять конфигурацию областей проявления той стадии минерализации, с которой они генетически связаны.

Для участков рудных полей, промышленная ценность которых определена, следует изображать на продольной проекции изолинии средневзвешенных (на опробованную мощность рудных тел) содержания полезного компонента.

Сопоставляя формы разных ЕГТ, анализируя положение их в пространстве относительно максимумов и минимумов проявления рудных концентраций, делаются выводы о форме и строении сложных ЕГТ и закономерностях размещения в них УГТ.

Сравнительный анализ серии продольных проекций по данному ЕГТ, на которых отстроены формы УГТ в изолиниях концентраций ряда элементов (олово, свинец, цинк, медь и др.); позволяет судить о проявлении в полиэлементных УГТ (рудных телах) и ЕГТ в целом горизонтальной и вертикальной зональности распределения рудных компонентов.

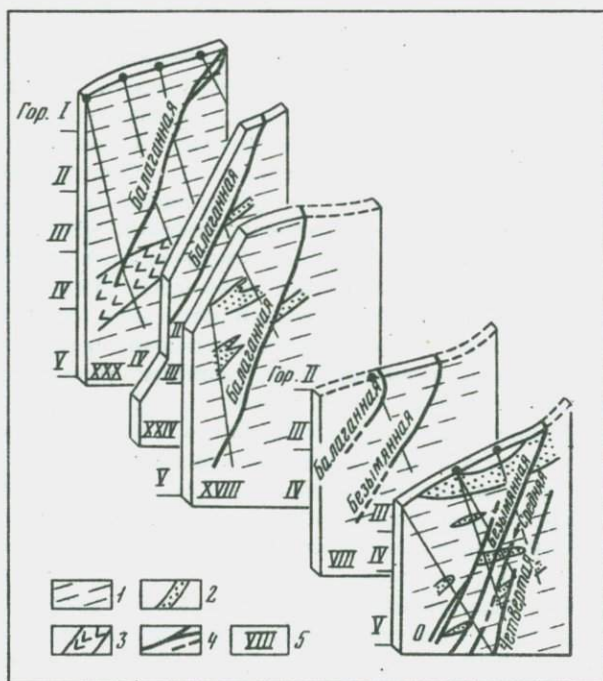
На построенных вертикальных продольных проекциях вычисляются углы конусности фигур УГТ (рудных столбов) и ЕГТ (продуктов разных стадий минерализации), определяется вертикальная протяженность последних. Это позволяет выявить наиболее общие параметрические характеристики ЕГТ, принадлежащих данному рудному полю. Тем самым представляется возможным оценивать перспективы флангов и глубоких горизонтов слабо изученных ЕГТ.

Важные сведения о характере пространственного размещения оруденения получаются при построении графиков изменения интенсивности различных характеристик оруденения с глубиной (на основании вертикальных продольных проекций). Подобные графики отражают закономерности в поведении того или иного параметра оруденения (запасы металла, средние содержания, мощность рудных тел и т.д.), а также корреляционные зависимости между разными характеристиками [Атлас..., 1973, с. 26].

Опыт морфоструктурного анализа большого числа оловорудных полей указывает на наличие общей для них закономерности - вертикальной изменчивости структурно-морфологических, минералогических и других параметров от корневых к фронтальным частям. На вертикальных продольных проекциях выделяются отдельные гипсометрические уровни, выше и ниже которых происходит резкое изменение формы как сложных, так и простых ЕГТ, представленных продуктами разных стадий гидротермального процесса. Эти изменения проявляются в выклинивании, расщеплении ЕГТ по падению и простиранию; в уменьшении (или увеличении) мощности гидротермально измененных пород; в выклинивании (или широком развитии) различных гидротермалитов (в том числе и УГТ разного ранга); в различной степени кулисности от нижних горизонтов ЕГТ к верхним. Подобные уровни принимаются авторами за границы структурно-

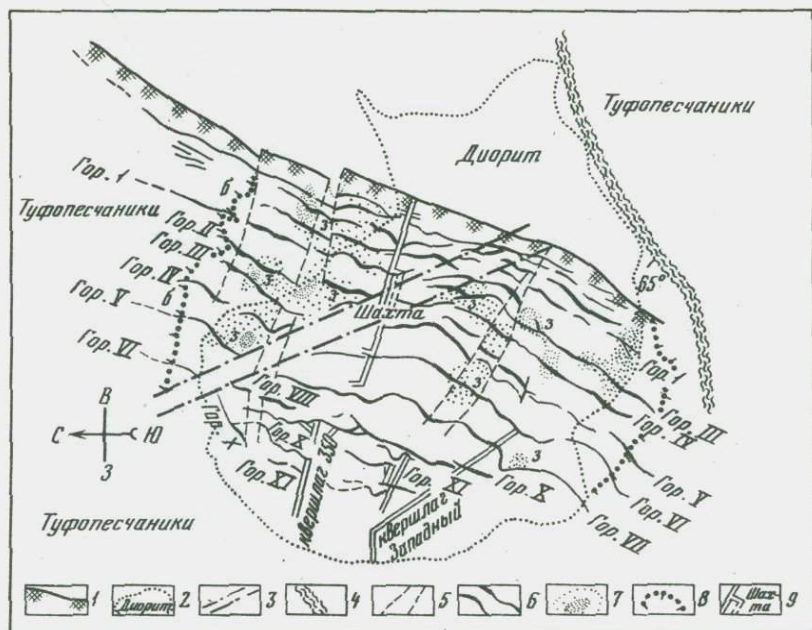
морфологических зон: прикорневой, прифронтальной, фронтальной. С учетом перспективности каждой из этих структурно-морфологических зон можно прогнозировать наличие в данном ЕГТ рудных концентраций.

На завершающей стадии рассматриваемого этапа строится сводная продольная вертикальная проекция всей рудоконтролирующей зоны рудного поля в произвольном масштабе. Для протяженных рудоконтролирующих зон (до 10–15 км) авторы применяли масштаб 1:10 000. На сводную вертикальную, продольную проекцию выносятся установленные и предполагаемые границы отдельных ЕГТ, рудоопределяющие трещины и корневые области разного ранга. Тем самым представляется возможным сравнить глубины расположения корневых областей и рудных столбов, определить шаг их размещения в рудоконтролирующей зоне, направление склонения рудных столбов, т.е. определить закономерности пространственного размещения оруденения. Выявленные закономерности в конечном счете служат основой для оценки перспектив флангов и глубоких горизонтов отдельных ЕГТ и прогнозирования в пределах рудного поля новых корневых областей и рудных столбов.



Р и с. 16. Поперечные вертикальные разрезы по рудным жилам Силинского месторождения

1 - глинистые сланцы; 2 - песчаники; 3 - сланцы; 4 - рудные жилы; 5 - разведочные профили; Гор. - горизонт



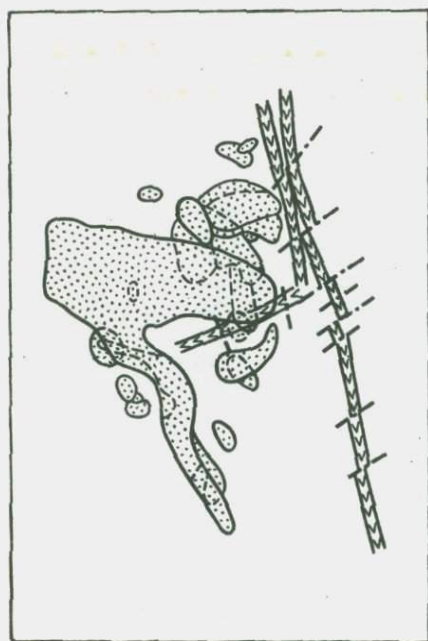
Р и с. 17. Упрощенный сопряженный погоризонтный план структурных условий образования обогащенных золотом участков в Троицкой кварц-золоторудной жиле, по А.П. Смолину [1975]

1 - поверхность; 2 - контур диоритового массива; 3 - сбросовая зона смятия; 4 - разлом; 5 - протяженные сбросовые трещины; 6 - рудные жилы; 7 - обогащенные золотом участки; 8 - границы бедных золотом участков; 9 - подземные горные выработки

Возможны и другие способы объемного изображения рудных полей или отдельных ЕГТ.

Для рудных полей с план-параллельным сложным структурным рисунком в горизонтальном срезе удобнее отображать форму и внутреннее строение поля в целом путем построения ряда последовательно совмещенных поперечных вертикальных разрезов рудоконтролирующей зоны (рис. 16).

А.П. Смолин [1975] на основе многолетних работ по структурной документации золоторудных месторождений предлагает анализировать структурные условия образования обогащенных золотом участков жил на совмещенных погоризонтных планах. Они представляют собой горизонтальную проекцию, на которой совмещены (маркшейдерски увязаны) погоризонтные планы горных выработок с изображением форм жил, дорудной трещинной тектоники, участков богатых и бедных руд (рис. 17). Такой подход позволяет устанавливать общую конфигурацию жильного тела по простираанию и падению,

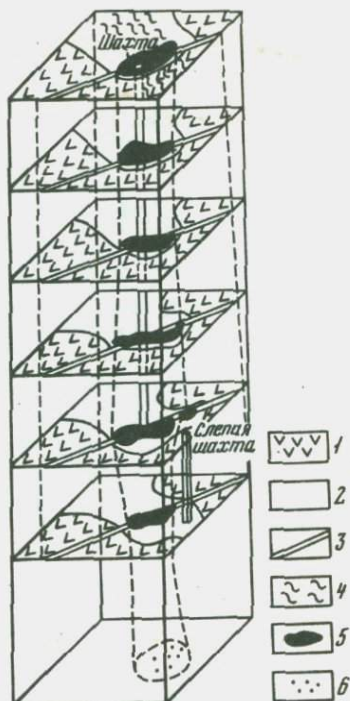


Р и с. 18. Совмещенная проекция на горизонтальную плоскость контуров рудоносных брекчий различных горизонтов Хинганского месторождения (составлена по материалам Хинганского ГОК)

1 - гранит-порфиры; 2 - дайки порфиритов; 3 - зоны дробления; 4 - контуры рудоносных брекчий

Р и с. 19. Блок-диаграмма рудного столба шеелитового месторождения, по А.П. Смолину [1975]

1 - порфириты; 2 - гранитоиды; 3 - сместитель дорудного возраста; 4 - кварцевые прожилки, поперечные сместителю; 5 - контур рудного столба по горизонтам; 6 - следы буровых скважин



Наибольшую информацию из геологических чертежей дают блок-диаграммы, но построение их весьма трудоемко. Особенно наглядно на блок-диаграммах отображаются формы ЕГТ, близкие к изометричным или трубообразным (рис. 19). Использование блок-диаграмм ограничено из-за сложности построения чертежей, а также трудности проведения измерительных операций [Поршняков, 1956].

Задачей третьего этапа морфоструктурного анализа является создание синтезированного представления о структуре рудного поля и отображение взаимосвязи его элементов (рудоконтролирующей зоны, рудоопределяющих трещин и корневых областей) на геологических картах, планах. Отрисовка основных тектонических элементов рудного поля на геологическом плане целесообразна после установления иерархии ЕГТ в рудоконтролирующей зоне (на первом этапе), изображения на продольных вертикальных проекциях границ и формы ЕГТ разных рангов и выделения рудоопределяющих трещин и локальных корневых областей ЕГТ (на втором этапе исследования). Технически эта задача решается следующим образом.

На геологические карты, планы масштаба 1:10 000 и 1:25 000 (в зависимости от размеров рудных полей) с вертикальных продольных проекций (с учетом падения ЕГТ) переносятся границы ЕГТ с отметками предполагаемых уровней корневых зон, фигуры рудных столбов с отметками их выклинивания, установленные и предполагаемые локальные рудоопределяющие трещины. Построенные таким образом карты являются, по существу, структурными картами рудных полей, поскольку на них отображены элементы системы рудного поля (см. рис. 23, 26, 27). Структурные карты наряду со сводными вертикальными продольными проекциями серий ЕГТ 1-го ранга позволяют определить наиболее глубинную часть рудоконтролирующей зоны, установить уровень относительного эрозионного среза отдельных кулис ЕГТ, определить набор признаков, которые совместно с другими геологическими факторами (геохимическими, минералогическими и т.д.) указывают на участки, благоприятные для поисков слепых УГТ в слабо изученных ЕГТ.

ОПЫТ МОРФОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА ОЛОВОРУДНЫХ ПОЛЕЙ ПРИАМУРЬЯ

В настоящей главе освещается опыт морфоструктурного анализа трех оловорудных полей Комсомольского района Приамурья — Октябрьского, Перевального и Солнечного. Они хорошо вскрыты на глубину и поэтому являются благоприятными объектами для морфоструктурного анализа. Рудные поля относятся к линейному и план-параллельному структурным подтипам со свойственными им закономерности строения и рудолокализации.

Основное внимание при анализе этих полей обращалось на расшифровку внутреннего строения ЕГТ 1-го ранга, представленных минерализованными зонами, выявление формы слагающих эти зоны простых ЕГТ — продуктов разных стадий гидротермального процесса, выяснение геолого-структурных условий локализации рудных тел, иерархии ЕГТ, определяющей пространственную прерывистость рудной минерализации. Особое внимание уделялось выявлению основных тектонических элементов полей и взаимосвязи этих элементов.

В заключительной части главы изложены выводы о строении рудных полей, позволяющие судить о перспективах минерализованных зон, которые вытекают из морфоструктурного анализа.

ОКТЯБРЬСКОЕ РУДНОЕ ПОЛЕ

Октябрьское рудное поле располагается в восточной части Комсомольского оловорудного района. Геологическое строение и вещественный состав руд изучали Г.И. Редченко, П.В. Рабчевский, Н.В. Огнянов, Е.А. Радкевич с соавторами [Геология..., 1971]. Рудное поле приурочено к северо-западному крылу пологой синклинальной складки с осью, ориентированной в северо-восточном направлении. Северная часть площади сложена юрскими осадочными образованиями, представленными ритмично переслаивающимися алевролитами, разномерными песчаниками с линзами кремнистых сланцев. Южнее они с угловым несогласием перекрываются сложной построенной толщей меловых эффузивно-осадочных образований, в составе которых выделяются конгломераты, туфы кварцевых порфиров и порфиринов, игнимбриты дацитов и туфогенные гесчаники. Осевая часть мульды выполнена покровами неоген-четвертичных оливиновых и пироксеновых базальтов и долеритов с линзами глинистых пород (рис. 20).

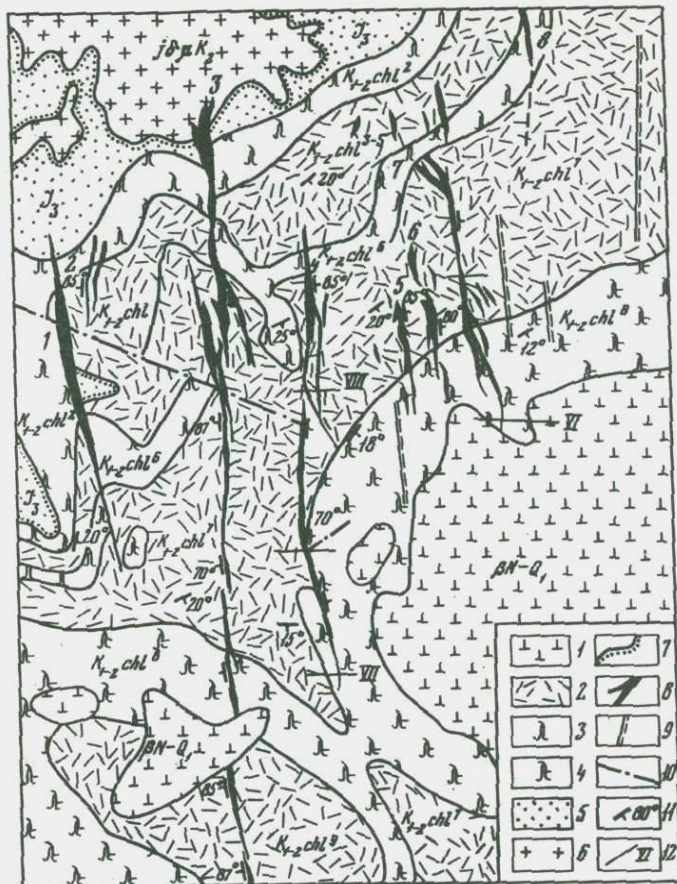


Рис. 20. Геологическая карта Октябрьского месторождения, по П.В. Рабчевскому (1972 г.)

1 - базальты и долериты ($\beta N-Q$); 2-4 - осадочно-вулканогенные образования холдаминской свиты ($K_{1-2}chl$): 2 - туфоконгломераты с прослоями туфопесчаников и туфоалевролитов, 3 - игнимбриты, 4 - спекшиеся туфы дацитов; 5 - песчаники с прослоями алевролитов (I_3); 6 - гранитоиды силинского комплекса ($j\delta\mu K_2$); 7 - ореол контактово-метаморфизованных пород; 8-9 - минерализованные зоны дробления: 8 - установленные, 9 - предполагаемые по геофизическим данным; 10 - тектонические нарушения; 11 - элементы залегания пород и минерализованных зон; 12 - разведочные буровые профили; минерализованные зоны (цифры на схеме): 1 - Западная, 2 - Ореольная, 3 - Центральная, 4 - Левобережная, 5 - Геодезическая, 6 - Магистральная, 7 - Ближняя, 8 - Новая

Магматические породы в пределах поля развиты незначительно. На севере закартированы выходы гранитоидов силлинского комплекса, в зоне контакта которых наблюдается слабое ороговывание вмещающих пород (биотитизация, окварцевание, хлоритизация, турмалинизация). Изредка отмечаются дайки порфириров.

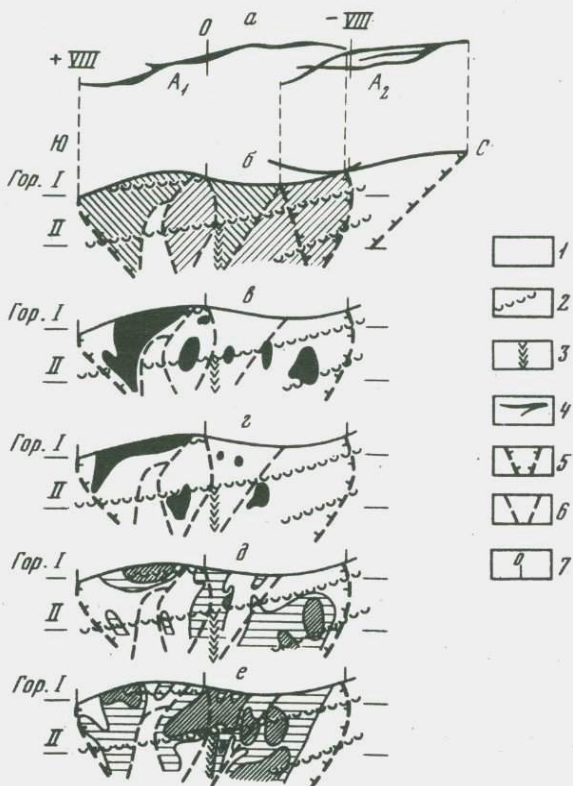
Оловянное оруденение приурочено к минерализованным зонам дробления в осадочных и эффузивно-осадочных породах. По вещественному составу зоны однотипны и отличаются главным образом по количеству продуктов различных стадий гидротермального процесса. В составе зон выделяют последовательно образующиеся вторичные кварциты (кварцевые метасоматиты), кварц-турмалиновые метасоматиты с чехлом кварц-серицитовых пород, турмалиниты, жильный гребенчатый кварц (друзовидные прожилки в кварц-турмалиновых породах), кварц-сульфидные жилы. Касситерит встречается в виде мельчайших вкраплений в кварце кварц-турмалиновых пород и макроскопически обычно неразличим. Наряду с касситеритом в метасоматитах обнаруживается арсенопирит, вольфрамит, шеелит, в верхних горизонтах зон широко распространены халькопирит, галенит, сфалерит и другие сульфидные минералы.

В пределах рудного поля выделяется ряд минерализованных зон различной протяженности и мощности. Наиболее крупные из них ориентированы в меридиональном направлении. Минерализованные зоны представляют собой сложнопостроенные образования, состоящие из кулисно сопрягающихся более мелких минерализованных зон, которые называют интервалами (например, Северный и Южный интервалы Левобережной зоны). В свою очередь, эти интервалы имеют сложное кулисное строение, характеризуются чередованием раздувов и перенжимов и изменчивостью концентраций олова. Таким образом, намечаются различные иерархические уровни минерализованных зон, которые для удобства описания условимся называть так: 1) субмеридиональную минерализованную зону, состоящую из относительно крупных кулис (интервалов) — серией минерализованных зон; 2) отдельную кулису этой серии (интервал) — минерализованной зоной 1-го ранга; 3) более мелкие кулисы, олагающие в совокупности минерализованную зону 1-го ранга — минерализованной зоной 2-го ранга.

Ниже кратко описывается форма и внутреннее строение двух наиболее разведанных и продуктивных серий минерализованных зон — Левобережной и Ближней.

Зона Левобережная представляет собой серию кулисно сопряженных минерализованных зон (интервалов), вытянутую в субмеридиональном направлении (рис. 21). Зона круто падает на восток.

В Левобережной зоне проявились следующие стадии гидротермального процесса: кварц-турмалиновая, турмалиновая, жильного кварца. Небольшое развитие имеют внутриминерализационные зоны дробления, которые рядом исследователей выделяются в качестве самостоятельной стадии. Анализ данных разведочных работ позво-



Р и с. 21. Строение зоны Левобережной

a - план (A_1 - Южный, A_2 - Северный интервалы); *б-е* - продольные вертикальные проекции: *б* - тела кварц-турмалиновых метасоматитов (выделены штриховкой разного направления), *в* - кварцевые жилы, *г* - внутриминерализационные зоны дробления, *д* - мощность гидротермально измененных пород, *е* - средние содержания олова. Средние содержания олова и мощность гидротермально измененных пород возрастают согласно увеличению плотности штриховки

1 - рудовмещающая толща (туфоконгломераты с прослоями туфопесчаников и туфоалевролитов); 2 - горизонты игнимбритов и туфов дацитов; 3 - дайка базальтов; 4 - серия кулис минерализованных зон дробления; 5-6 - границы минерализованных зон дробления: 5 - 1-го ранга, 6 - 2-го ранга; 7 - разведочные буровые профили; *Гор.* - горизонт

ляет установить, что вследствие встречного склонения границ Северного и Южного интервалов Левобережной зоны на глубину эти интервалы на вертикальной продольной плоскости имеют вид разоб- щенных в пространстве плоскоконических фигур с обращенными вниз вершинами. Принимая КВП равным единице, можно предполагать выклинивание Северного интервала зоны на глубине порядка 700 м от современной поверхности, а Южного интервала - на глубине около 1300 м. Области выклинивания на глубине минерализованных зон понимаются как корневые области этих интервалов. Корневая область Северного интервала предполагается в районе профиля VIII, а корневая область Южного интервала - в районе профиля 0. Интересен тот факт, что в профиле 0 на глубине вскрывается дайка базальтов северо-восточного простирания и трубообразное тело брекчий (зона дробления), которые, вероятно, фиксируют рудопод- водящий канал минерализованной зоны, ориентированный по на- правлению в корневую область.

Минерализованные зоны 1-го ранга (интервалы) имеют сложное внутреннее строение. На примере Южного интервала Левобережной зоны видно, что в продольной вертикальной плоскости кажущаяся единой на поверхности зона в действительности слагается из че- тырех сравнительно небольших кулисно сопрягающихся между собой минерализованных зон 2-го ранга, большинство из которых имеет естественные границы выклинивания (см. рис. 21). По форме в плоскости зоны они напоминают грибовидные тела или тела ленто- видной формы, имеющие тенденцию расширения к верхним гори- зонтам. Обращает на себя внимание тот факт, что разнообразные продукты гидротермальной деятельности (стадий минерализации) обычно проявляются в каждой из минерализованных зон 2-го ран- га. Кроме того, в них отмечаются максимальные мощности гидро- термально измененных пород и повышенные концентрации олова. По существу, минерализованные зоны 2-го ранга представляют собой относительно самостоятельные рудолокализирующие трещины (кулисы).

Сложность внутреннего строения минерализованных зон 1-го ранга проявляется также в наличии апофиз, разветвлений на верх- них горизонтах на серию более мелких зон, прилегающих в пла- не друг к другу во фланговых частях (Северный интервал, см. рис. 21).

Рассмотрим кратко некоторые особенности размещения про- дуктов различных стадий гидротермального процесса в пределах минерализованных зон 1-го ранга (интервала).

Кварц-турмалиновые метасоматиты почти целиком слагают ми- нерализованные зоны 2-го ранга, границы которых обычно отри- совываются по выклиниванию кварц-турмалиновых пород (см. рис. 21, б). Кварцевые жилы отмечаются в минерализованных зонах 2-го ранга в виде вытянутых по вертикали лентовидных тел, тяго- теющих главным образом к их центральным частям (см. рис. 21, в). В южной части Южного интервала кварцевые жилы вытянуты по

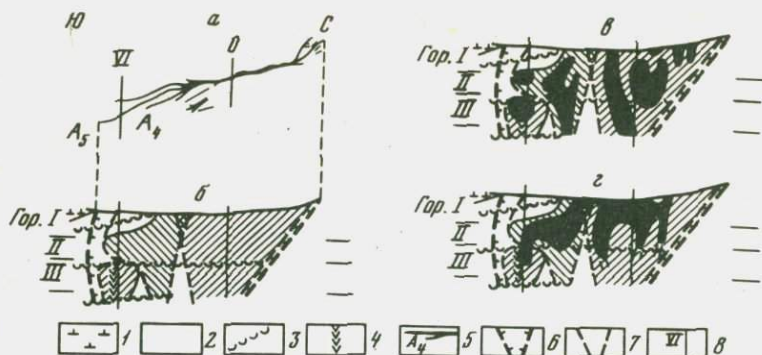
вертикали более чем на 300 м и вскрываются на современном эрозионном срезе. В минерализованных зонах 2-го ранга, расположенных севернее, кварцевые жилы обнаруживаются на больших глубинах. В общем случае можно говорить о склонении верхней границы проявления кварцевых жил в Южном интервале Левобережной зоны в северном направлении. В Северном интервале этой зоны на разведанных глубинах кварцевые жилы не обнаружены. Северное склонение имеют также участки максимальных мощностей гидротермально измененных пород (см. рис. 21, *д*). Аналогично кварцевым жилам и участкам проявления максимальных мощностей зон в северном направлении склоняется и верхняя граница проявления внутриминерализационных зон дробления, образующих жиллообразные тела неправильной формы главным образом в центральных частях минерализованных зон 2-го ранга (см. рис. 21, *е*). Значительно меньше развиты в Левобережной зоне метасоматиты преимущественно турмалинового состава. Они прослеживаются в виде разобценных мелких тел в верхних частях элементарных кулис.

Концентрации олова, судя по изолиниям (см. рис. 21, *е*), имеют форму круто падающих тел, приуроченных к каждой из четырех минерализованных зон 2-го ранга. Участки высоких концентраций олова располагаются в их средних и верхних частях, характеризуясь в каждой из них крутым южным склонением. Совокупность этих участков (рудных столбов), принадлежащих разным зонам 2-го ранга, можно объединить в полого лежащую в целом рудную залежь, слабо склоняющуюся в северном направлении.

Неравномерность распределения оловорудной минерализации в пределах Южного интервала Левобережной зоны связана с приуроченностью круто падающих столбов к автономным минерализованным зонам 2-го ранга. Рудные столбы локализируются в кварц-турмалиновых метасоматитах и непосредственно не связаны с другими продуктами гидротермальной деятельности (кварцевыми и сульфидными жилами). В большинстве случаев рудные столбы локализируются в участках относительно небольшой мощности минерализованных зон, в краевых частях кварцевых жил или над ними, а также гипсометрически выше или ниже участков развития внутриминерализационных зон дробления.

Зона Ближняя протягивается в субмеридиональном направлении и имеет крутое (60–85°) падение на восток. На эрозионном срезе минерализованная зона дробления 1-го ранга представлена кварц-турмалиновыми метасоматитами, в которых на небольших интервалах отмечаются кварцевые жилы, турмалиниты и внутриминерализационные зоны дробления. Зона имеет сложную форму. На крайних флангах (северном и южном) она расщепляется на серию апофиз, создающих рисунок "конского хвоста". На глубине (ниже первого горизонта) апофизы причленяются к основной зоне.

Форма и особенности внутреннего строения зоны Ближней показаны на плане и вертикальных продольных проекциях (рис. 22).



Р и с. 22. Структура зоны Ближней

a - план; *b-v* - продольные вертикальные проекции: *b* - тела кварц-турмалиновых метасоматитов (выделены штриховкой разного направления), *b* - мощность гидротермально измененных пород, *v* - средние содержания олова. Содержания олова и мощность гидротермально измененных пород возрастают согласно увеличению плотности штриховки

1 - покров базальтов; 2 - туфоконгломераты с прослоями туфопесчаников; 3 - горизонты игнимбритов и плотных туфов дацитов; 4 - дайка базальтов; 5 - минерализованная зона дробления 1-го ранга (A_4-A_5 - апофизы и их номера); 6-7 - границы минерализованных зон: 6 - 1-го ранга, 7 - 2-го ранга; 8 - разведочные буровые профили; *Гор.* - горизонт

Зона состоит из серии кулисно сопряженных минерализованных зон 2-го ранга, границы которых отрисованы по выклиниванию тел кварц-турмалиновых метасоматитов. За этими границами наблюдаются лишь редкие тонкие кварц-лимонитовые прожилки. Минерализованные зоны 2-го ранга имеют плоскоконическую (зоны 1, 3 см. рис. 22) или сложную грибовидную (зона 2) форму с тенденцией сужения по направлению к нижним горизонтам. КВП их близок к единице. С учетом этого можно прогнозировать положение локальных корневых областей на глубоких горизонтах: для первого тела - в районе профилей VI+40 или VII (в эту область ориентирована обнаруженная на глубине дайка базальтов), для второго тела - в районе профиля III+40, для третьего - в профиле 0. Для всей зоны Ближней, исходя из КВП, равного единице, корневую область следует предполагать на глубине порядка 1200 м от современной поверхности, вероятно, в районе профилей I-III.

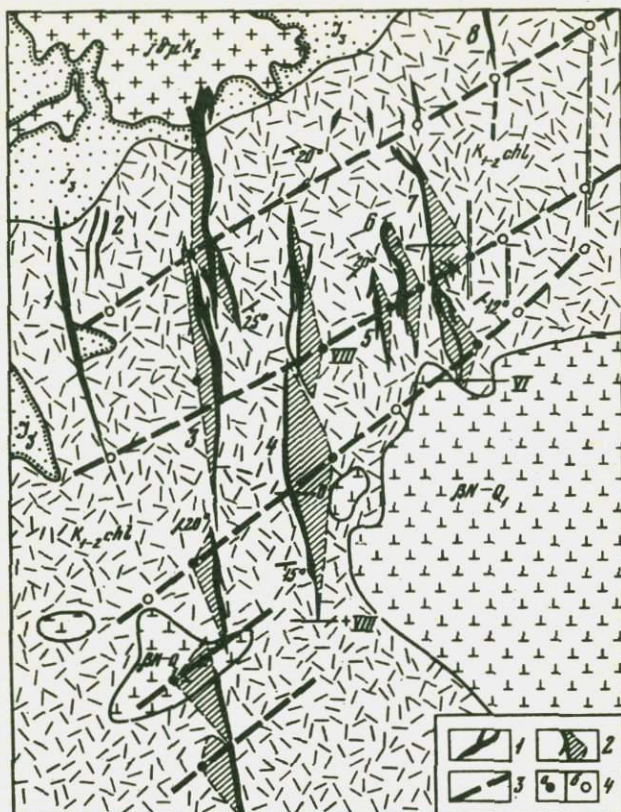
Характер морфологической изменчивости минерализованной зоны, изображенной в изолиниях мощностей на вертикальной продольной проекции, аналогичен описанной выше зоне Левобережной. Области максимальных суммарных мощностей гидротермалитов имеют в большинстве случаев вид вытянутых более чем на 300 м по вертикали узких лент, приуроченных к центральным частям зон

(кулисы) 2-го ранга. Наблюдается совпадение участков проявления повышенных концентраций олова (рудных столбов) с областями высоких мощностей метасоматитов. И эта приуроченность рудных столбов к выделенным кулисам обуславливает пространственную прерывистость оловорудной минерализации в пределах зоны Ближней (см. рис. 22, *г*). Вместе с тем интервалы повышенных содержаний олова в минерализованных зонах 2-го ранга проявляются неравномерно и концентрируются большей частью в их прифронтальных зонах. Таким образом, высокие содержания олова обнаруживаются на различных гипсометрических уровнях. Совокупность участков максимальных концентраций олова, принадлежащих различным кулисам - зонам 2-го ранга, образует в продольной плоскости пологую прерывистую залежь с вертикальным размахом 200-250 м, склоняющуюся под углом 20° в южном направлении. Она располагается между горизонтами плотных туфов, игнимбритов и дацитов, и в данном случае можно говорить о влиянии анизотропии вмещающей среды на распределение рудной минерализации, хотя отдельные "круто падающие струи" максимумов концентраций олова прослежены до более глубоких горизонтов (северная кулиса). Апофизы зоны Ближней менее продуктивны, чем основная зона минерализации. Область причленения их к основной зоне сыграла роль своеобразной структурной ловушки. Оловянная минерализация сконцентрировалась здесь в нижних частях апофиз вдоль линии их сопряжения с основной зоной.

Основными элементами системы Октябрьского рудного поля являются: рудоконтролирующая зона, рудоопределяющая трещина и корневая область, которые показаны на структурной карте рудного поля (рис. 23).

Рудоконтролирующая зона рудного поля является фрагментом региональной структуры, протягивающейся в меридиональном направлении, и представлена группировкой субпараллельных минерализованных зон дробления, создающих в целом план-параллельный сложный структурный рисунок [Ведерников, 1974]. Площадь развития минерализованных зон ограничивается условным эллиптическим контуром с отношением длины к ширине, равным 1,4, что характерно для конического морфологического типа рудных полей [Иванкин, 1970].

В пределах рудного поля выделяются две группировки минерализованных зон. Одна из них представлена зонами Западной и Центральной, имеющими встречное падение. Другая - зонами Левобережной, Геодезической, Магистральной, Ближней (с восточным падением) и предполагаемыми, по геофизическим данным, зонами в крайней восточной части рудного поля (вероятно, западного падения). С учетом установленного КВП минерализованных зон, близким к единице, целесообразно выделить иерархический ряд уровней корневых областей по масштабу и глубине их заложения. Первый уровень будет соответствовать корневой области всего рудного поля с глубиной заложения порядка 3 км, второй - кор-



Р и с. 23. Структурная карта Октябрьского месторождения
 1 - рудоконтролирующие зоны; 2 - проекции плоскостей минерализованных зон 1-го ранга (заштриховано) на план поверхности; 3 - предполагаемые слепые рудоопределяющие трещины; 4 - проекции корневых областей минерализованных зон 1-го ранга на план поверхности (а - известных, б - предполагаемых); остальные условные обозначения см. на рис. 20

невым областям отдельных минерализованных зон (Левобережной, Ближней и т.д.) с глубиной формирования в пределах 2-3 км, третей и четвертой уровни - корневым областям отдельных крупных кулис (интервалам) и минерализованных зон 2-го ранга с глубинами соответственно 700-1600 м и 300-500 м. При такой иерархии на первом уровне рудное поле воспринимается как однокорневое, а на последующих - как многокорневое.

В пределах рудного поля рудоопределяющие трещины в плане четко не проявляются. Чтобы определить их положение и ориентировку, на структурную карту месторождения (см. рис. 23) авторы спроектировали корневые области минерализованных зон. В резуль-

тате наметилось пять линейных полос размещения корневых областей северо-восточного простирания, которые воспринимаются как проекции "слепых" рудоопределяющих трещин. Реальным выражением одной из них является зона дробления северо-восточного простирания в Южном интервале зоны Левобережной, сопровождаемая дайкой базальтов. Вскрываемые на глубоких горизонтах минерализованных зон дайковые тела склоняются в направлении локальных корневых областей минерализованных зон 2-го ранга и отражают, по-видимому, положение рудоподводящих каналов, которые формируются на пересечении рудоопределяющих трещин с рудоконтролирующими зонами. Намеченные рудоопределяющие трещины являются, вероятно, фрагментами более крупной системы рудоопределяющих трещин северо-восточного простирания, контролирующей размещение очагов четвертичного вулканизма. Место пересечения ее с рудоконтролирующей зоной определило положение всего месторождения в структуре района. Наличие крупной зоны разломов и, следовательно, интенсивная нарушенность вмещающих пород в области ее проявления обусловили, вероятно, более сложное строение южных интервалов минерализованных зон в сравнении с северными (наличие большого числа мелких кулис - минерализованных зон 2-го ранга, апофиз) и большую их продуктивность.

Установленные особенности структуры рудного поля, внутреннего строения минерализованных зон и особенностей рудолокализации позволяют по-новому подойти к вопросам прогнозирования оловорудной минерализации как в целом по месторождению, так и в отдельных минерализованных зонах. В частности, разведку слабо изученных на флангах минерализованных зон следует проводить с учетом предполагаемого положения их корневых областей в пределах локальных рудоопределяющих трещин и плоскоконической формы рудовмещающих минерализованных зон в продольной плоскости.

При определении очередности проведения геолого-поисковых работ на слабо разведанных зонах необходимо иметь в виду большую продуктивность в пределах серий минерализованных зон их южных интервалов (соответственно южные интервалы зон Левобережной, Центральной), расположенных вблизи крупного разлома северо-восточного простирания, ограничивающего с юга систему субмеридиональных рудоконтролирующих трещин.

Оценка перспектив глубоких горизонтов Левобережной и Ближней минерализованных зон опирается на представления об их внутреннем строении и форме рудных столбов, которые были получены в результате проведенного морфоструктурного анализа.

В отличие от ранее существовавшего представления о форме рудных концентраций как пологой лентовидной залежи, склоняющейся на юг в соответствии с падением складчатой структуры, установлено крутое падение рудных столбов, которое позволяет положительно оценивать ряд минерализованных зон 2-го ранга (ниже горизонта II (см. рис. 22, 1)).

ПЕРЕВАЛЬНОЕ РУДНОЕ ПОЛЕ

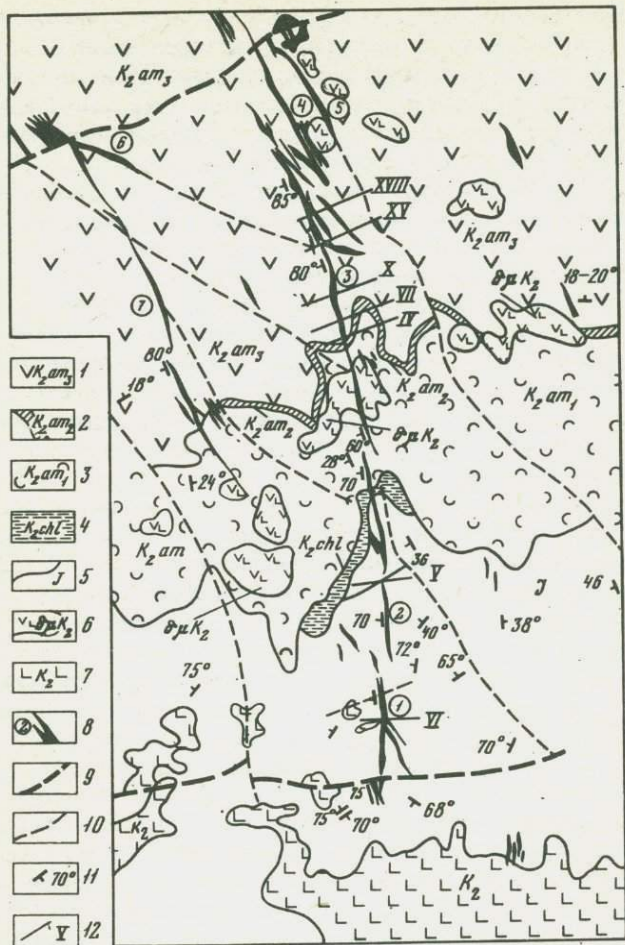
Рудное поле открыто и детально разведано под руководством Ю.И. Бакулина. Сведения о геологическом строении, вещественном составе минерализованных зон и генезисе рудного поля содержатся в ряде работ Ю.И. Бакулина (1959–1970 гг.), Н.Н. Житенева (1973 г.), а также коллектива авторов под руководством Е.А. Радкевич [Минерализованные..., 1967; Геология..., 1971]. Геохимическая и геофизическая характеристика рудоносных зон приводится в работах С.С. Мещерякова (1971 г.), В.Н. Гагаева (1968, 1970 гг.), Н.Н. Серкина (1971 г.), Ф.Ф. Давыденко (1973 г.).

Породы, слагающие рудное поле, подразделяются на два структурных этажа: юрский и меловой (рис. 24). Нижний (юрский) этаж представлен разнозернистыми песчаниками, гравелитами и алевролитами ульбинской и силинской свит, собранных в крутые складки северо-восточного простирания. С угловым и азимутальным несогласием на юрских породах залегает маломощный горизонт верхнемеловых туфов и ксенотуфов дацитов и кварцевых порфиров холдаминской свиты, перекрытой пирокластическими (туфы порфиритов) и лавовыми (пироксеновые, реже плагиоклазовые порфириты) образованиями амутской свиты верхнего мела, разделенными маркирующим горизонтом туфов кварцевых порфиров. Меловые отложения образуют брахиформные складки субмеридионального, реже северо-восточного простирания.

В пределах рудного поля широко развиты магматические породы мелового возраста субвулканической, экструзивной и дайковой фаций. Субвулканические тела, представленные андезито-дацитами и диоритовыми порфиритами, имеют в плане изометричные очертания. С глубиной размер поперечного сечения их уменьшается и они переходят в серию штокообразных тел со встречным падением [Бакулин и др., 1969]. На юге рудного поля располагается массив гранитоидов повышенной основности с дайками – апофизами и сателлитами (силинский комплекс). Они представлены гранодиорит-порфирами, гранит-порфирами, кварцевыми диоритами.

В тектоническом отношении рудное поле имеет сложное блоковое строение, которое, по данным Ю.И. Бакулина, определяется сетью сопрягающихся разломов северо-восточного и северо-западного простирания, предполагаемых по выходам субвулканических тел, ориентировке даек диоритовых порфиритов и зон дробления.

В пределах рудного поля выделяются две расходящиеся под углом 40° рудоконтролирующие зоны (Западная и Восточная), которые прослеживаются в субмеридиональном и северо-западном направлениях с крутым падением на юго-запад. Они являются частью более крупной субмеридиональной структуры, прослеживающейся через весь Комсомольский район. С юга и севера рудоконтролирующие зоны рудного поля ограничены крупными разломами широт-



Р и с. 24. Схематическая геологическая карта Перевального рудного поля, по материалам Ю.И. Бакулина и Н.Н. Житенева

1-4 - вулканогенно-осадочные породы: 1 - порфиры (амурская свита - K_{2am3} , лавовая пачка), 2-3 - туфы амурской свиты (2 - кварцевых порфиров (маркирующий горизонт - K_{2am2}), 3 - порфиров (пирокластическая пачка - K_{2am1})); 4 - горизонт туфов кварцевых порфиров (холдаминская свита - K_{2chl}); 5 - терригенно-осадочные породы (I); 6 - экструзивные и субвулканические образования (андезито-дациты, диоритовые порфиры - $\delta\mu K_2$); 7 - гранитоиды силинского комплекса (K_2); 8 - минерализованные зоны дробления; 9 - крупные разломы; 10 - зоны дробления и повышенной трещиноватости; 11 - элементы залегания пород и минерализованных зон; 12 - разведочные буровые профили; минерализованные зоны (цифры на схеме): 1 - Южная, 2 - Майская, 3 - Северная, 4 - Промежуточная, 5 - Восточная, 6 - Галенитовая, 7 - имени Саврасова

ного и северо-восточного простирания. Субмеридиональная зона — основная геологическая структура, в которой выявлены наиболее крупные и продуктивные зоны минерализации. Рудоконтролирующие зоны слагаются из кулисно сопрягающихся минерализованных зон. Западная включает зоны им. Саврасова и Галенитовую, Восточная — зоны Южную, Майскую, Северную, Промежуточную и Восточную (см. рис. 24). Минерализованные зоны образовались под влиянием чередующихся сжатий и растяжений ранее заложённых сколовых трещин и пульсационной деятельности гидротермальных растворов [Онихимовский, 1961]. Выделяются несколько стадий гидротермального процесса [Геология..., 1971]: кварц-турмалиновая (с фазией серицитизированных и пропицитизированных пород), касситерит-кварцевая, кварц-сульфидная, кварц-карбонатно-сульфидная, кальцит-пиритовая с флюоритом¹. В минерализованных зонах сульфидная минерализация сопровождается оловянную, локализуясь обычно в верхних частях оловорудных тел. В отдельных участках зон отмечаются сульфидные жилы.

Оловорудные тела в зонах определяются опробованием. Тела приурочены в основном к жилам и прожилково-сетчатым зонам кварца, турмалинитам, в меньшей степени — к кварц-турмалиновым метасоматитам, пропицитам с обилием прожилок кварца и турмалина, что позволяет оконтуривать их с учетом вещественного состава. С целью выявления формы внутреннего строения минерализованных зон, а также для изучения структуры рудного поля оценки перспектив оловоносности его глубоких горизонтов и флангов авторами проведен морфоструктурный анализ зон Северной, Майской и Южной.

В расположении отдельных минерализованных зон (кулис 1-го ранга) при прослеживании их в северном направлении наблюдается четкое правостороннее смещение, т.е. каждая последующая кулиса начинается восточнее предыдущей на расстоянии примерно 130–150 м. Протяженность кулис вначале увеличивается в северном направлении (зоны Южная, Майская), достигая максимума в зоне Северной, затем уменьшается (зоны Промежуточная, Восточная). Вместе с тем процесс кулисования наблюдается и в самих зонах. Мелкие кулисы, представляющие собой минерализованные зоны 2-го ранга, фиксируются изменениями мощности минерализованных зон 1-го ранга, сменой направления простирания отдельных их частей (с отклонением к северо-западу) и подчеркиваются разобщенными в пространстве кулисно сопряженными простыми ЕГТ (кварц-турмалиновыми метасоматитами, кварцевыми жилами и др.). На современном срезе кулисы 2-го ранга наиболее четко проявляются в меньших по масштабам зонах (Южная, Майская), а в крупных — на глубоких горизонтах. Так, зона Северная в горизонтальном сечении приобретает кулисное строение на горизонте II:

¹ В минерализованных зонах Комсомольского района В.В. Онихимовский выделяет до 11 стадий гидротермального процесса.

первоначально с размерами отдельных ее частей до 1 км, затем размер кулис с глубиной заметно уменьшается и уже на горизонте III наблюдается серия последовательно причленяющихся друг к другу кулис величиной до 150–250 м. При этом их средние части имеют большую мощность и к ним приурочен наибольший набор продуктов гидротермальной деятельности. В поперечных разрезах минерализованные зоны представляют собой тела плитообразной и линзовидной формы, а в отдельных сечениях они имеют вид жильного пучка.

Минерализованные зоны характеризуются сложным внутренним строением, которое определяется совмещением в них магматических тел и продуктов разных стадий гидротермального процесса, проявившихся с различной интенсивностью. Форма проявления в зонах продуктов магматической и гидротермальной деятельности отражена на продольных вертикальных проекциях (рис. 25). На геологическом разрезе вдоль рудоконтролирующей зоны (см. рис. 25, а) показаны вмещающие породы, субвулканические и интрузивные образования. Последние представлены диоритовыми порфиритами, имеющими формы неправильных круто падающих тел, и дайками базальтов.

Кроме указанных интрузивных образований, в пределах Северной зоны среди вулканитов амутской свиты широко развиты брекчированные породы, которые определялись ранее как межслоевые взрывные брекчии [Бакулин, 1967]. На геологической карте рудного поля эти образования были отрисованы в виде полого лежащих тел. Однако во многих участках они имеют резкие, секущие контакты с вмещающими породами. Контуры распространения этих брекчированных пород, отрисованные на продольных вертикальных проекциях, имеют форму круто падающих столбообразных тел, размеры которых увеличиваются в северном направлении. Отдельные тела брекчированных пород объединяются друг с другом в верхних частях и приобретают согласное с вмещающими породами залегание (см. рис. 25, б). Не исключено, что описанные брекчированные породы представляют собой образования типа эруптивных брекчий, происхождение которых связано с формированием субвулканических тел диоритовых порфиритов.

В зоне Северной кварц-турмалиновые метасоматиты вскрываются на глубоких горизонтах и образуют в плоскости лентовидные тела (100–200 м по горизонтали и 500–700 м по вертикали), местами приобретающие плоскоконические формы (см. рис. 25, в). Количество кварц-турмалиновых метасоматитов возрастает в южном направлении как в самой зоне Северной, так и в серии минерализованных зон. В зонах Южной и Майской кварц-турмалиновых метасоматитов значительно больше, нежели в зоне Северной (соответственно 47,32 и 3% объема зоны, по Ю.И. Бакулину, 1970 г.). Здесь они образуют сравнительно крупные тела, прослеживающиеся по простиранию до 500–700 м и по падению до 1000 м. КВП этих тел составляет 0,3–0,8. На глубоких горизонтах тела кварц-тур-

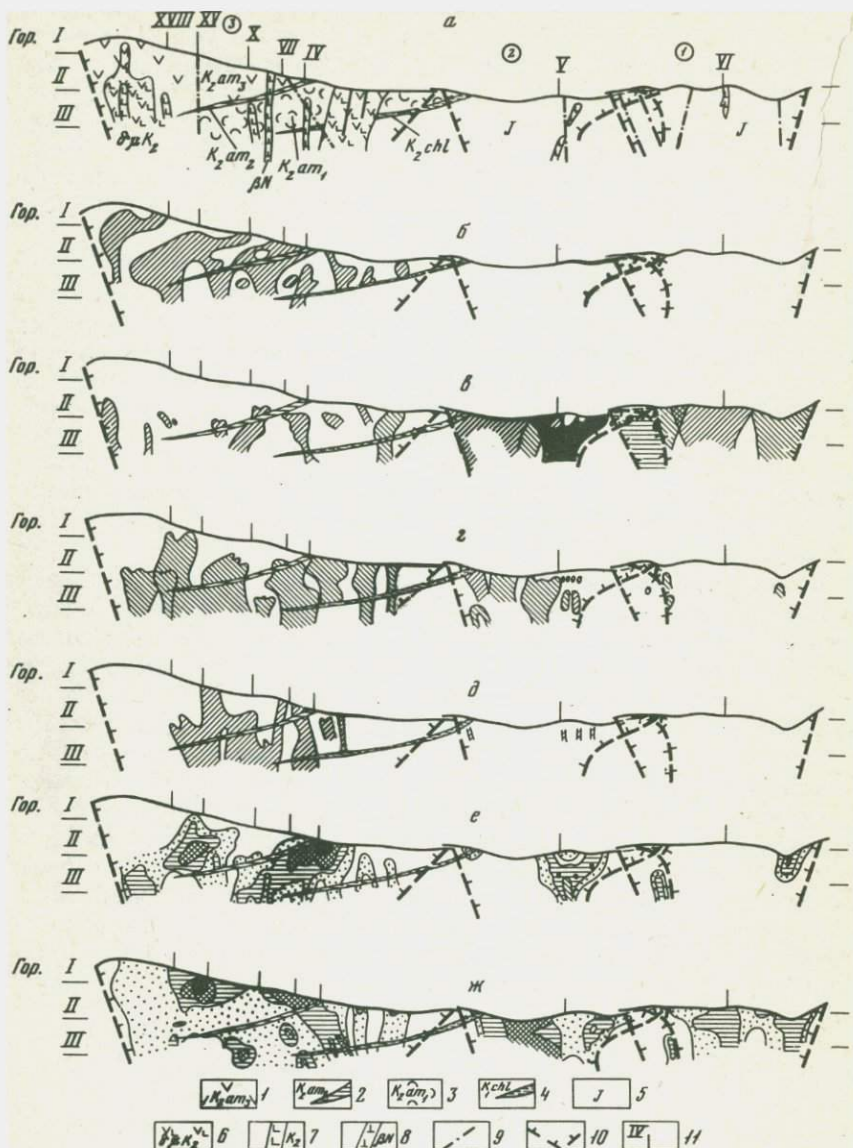


Рис. 25. Строение месторождения Пересвального, по материалам Ю.М. Бакулина и Н.Н. Житенева

а - геологический разрез вдоль рудоконтролирующей зоны; б-ж - продольные вертикальные проекции минерализованных зон: б - эруптивные брекчи, в - кварц-турмалиновые метасоматиты (черным показаны существенно турмалиновые метасоматиты), г - жилы и прожилково-сетчатые зоны кварца, д - внутриминерализационные зоны дробления, е - средние содержания олова, ж - мощ-

малиновых пород сужаются и выклиниваются. Угол конусности фигур этих тел в верхних горизонтах $40-60^\circ$, а в нижних - $10-20^\circ$.

Более поздние по времени образования турмалиниты характерны для зоны Майской, где они слагают жиллообразное тело клиновидной формы с размерами в верхней части 500 м и по падению (судя по углу конусности $35-40^\circ$) до 900 м. КВП тела - 0,6. В Южной зоне турмалиниты образуют небольшие лентообразной формы тела с КВП, равным 0,2. Для Северной рудной зоны турмалиниты нехарактерны.

В разной мере в минерализованных зонах проявлены жилы и прожилково-сетчатые зоны кварца, с которыми связаны наиболее продуктивные касситерит-кварцевая и кварц-сульфидная стадии минерализации (см. рис. 25, *г*). На вертикальной продольной проекции зоны Южной в пределах выделенных кварц-турмалиновых метасоматитов прослеживаются единичные, небольшие по размерам жилы кварца. В Майской зоне количество кварцевых жил значительно возрастает (до 10). Они в 2-3 раза крупнее, угол конусности достигает 30° , КВП около 0,4. Кварцевые жилы распространены главным образом в центре и Северном интервале зоны. При этом на северном фланге отмечается увеличение мощности кварцевых жил и наличие прожилково-сетчатых зон кварца. Максимум развития эта стадия минерализации достигает, согласно Ю.И. Бакулину, в Северной рудной зоне, где занимает 24% ее объема. Здесь жилы и прожилково-сетчатые зоны кварца выходят за пределы кварц-турмалиновых пород, образуя тела лентовидной формы, которые веерообразно расширяются в верхних частях и сужаются на глубоких горизонтах зоны. Размер тел в верхней расширенной

Окончание подписи к рис. 25

ность гидротермально измененных пород. Содержания олова и мощность гидротермально измененных пород возрастают согласно увеличению плотности штриховки

1-4 - вулканогенно-осадочные образования: 1 - порфириты (амутская свита - K_{2am3} , лавовая пачка), 2-4 - туфы (2 - кварцевых порфиров (маркирующий горизонт, амутская свита - K_{2am2}), 3 - порфиров с прослойми лав (туфовая пачка, амутская свита - K_{2am1}), 4 - кварцевых порфиров (халдоминская свита - K_{2chl}); 5 - терригенно-осадочные отложения - гравелиты, крупнозернистые песчаники, конгломераты, алевролиты; 6 - экструзивные и субвулканические тела андезитов-дацитов, диоритовых порфиров ($\delta\mu K_2$); 7-8 - дайки: 7 - диоритовых порфиров (K_2), 8 - базальтов (βN_1); 9 - зоны дробления и трещиноватости; 10 - предполагаемые границы минерализованных зон (ЕГТ 1-го ранга); 11 - разведочные буровые профили, минерализованные зоны (цифры в кружках): 1 - Южная, 2 - Майская, 3 - Северная; Гор. - горизонт

части составляет 300–400 м, а протяженность на глубину (судя по углу конусности тел $30-40^\circ$) – 800–900 м, КВП – около 0,6. В пределах зоны кварцевые жилы образуют две разобценные в пространстве группировки, которые, в свою очередь, имеют плоско-коническую форму с тенденциями выклинивания на нижних горизонтах.

Различны масштабы проявления внутриминерализационных зон дробления (см. рис. 25, *д*). Для Южной зоны они не характерны, в зоне Майской – это единичные, небольшие по размерам линзовидные тела. В зоне Северной, напротив, внутриминерализационные зоны дробления широко распространены. Они прослеживаются в участках развития кварцевых жил и в вертикальной плоскости образуют аналогичные по форме тела, веерообразно расширяющиеся на верхних горизонтах. Угол конусности отдельных тел от 20 до 35° , КВП – порядка 0,3.

Оловорудная минерализация приурочена к жилам и прожилково-сетчатым зонам кварца, телам турмалинитов и кварц-турмалиновых пород с прожилками кварца, областям проявления внутриминерализационных зон дробления. В связи с этим в крупных по размерам кулисах (более 1,5 км) мы наблюдаем две симметрично расположенные относительно их центров, разобценные в пространстве группировки рудных столбов. В продольной вертикальной плоскости они имеют формы, аналогичные фигурам моностадийных ЕГТ (см. рис. 25, *е*). Для фигур рудных концентраций также характерно расширение на верхних горизонтах, где группировки их, сливаясь воедино, образуют крупные пологие залежи (зона Северная). На глубоких горизонтах минерализованных зон фигуры рудных концентраций сужаются. В разных зонах они характеризуются примерно одинаковыми углами конусности: в нижней части от 10 до $35-40^\circ$, а в верхней, расширенной части $50-60^\circ$, КВП группировок рудных столбов по зонам Северной и Майской составляет 1–1,3, а по Южной – 0,4. Масштабы проявления оловорудной минерализации зависят от масштабов самих минерализованных зон. В целом в рассмотренных зонах устанавливается пологое склонение верхней границы оловянной минерализации (см. рис. 25, *е*), однако в каждой отдельно взятой минерализованной зоне верхняя граница оловорудных тел и осевая линия богатых концентраций олова имеют пологое ($18-22^\circ$) северное склонение, обусловленное, вероятно, анизотропией вмещающей среды, контролем рудных концентраций горизонтами плотных туфов кварцевых порфиров (зона Северная). Следует отметить, что оловянное оруденение тяготеет в целом к интервалам повышенной мощности минерализованной зоны (см. рис. 25, *ж*). В ряде случаев над участками скопления богатых концентраций олова устанавливаются наибольшие мощности гидротермально измененных пород (зона Северная, профили VII, XVI).

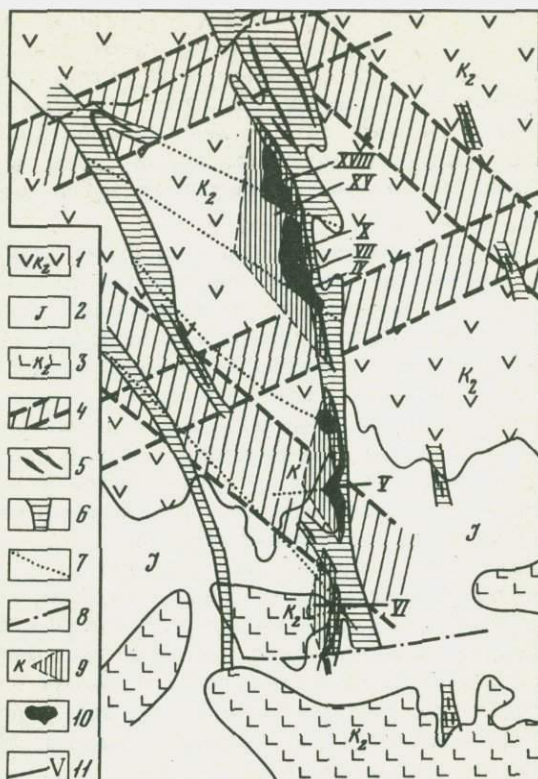
Как видно из продольных вертикальных проекций минерализованных зон Южной, Майской и Северной, простые ЕГТ (кварц-

турмалиновые метасоматиты, турмалиниты, кварцевые жилы), а также группировки УГТ (рудных столбов) имеют плоскоконическую форму с КВП, близкими к единице, и характеризуются своими уровнями расположения корневых областей. По-видимому, такую же форму имеют и сложные ЕГТ — минерализованные зоны, поскольку границы отдельной минерализованной зоны в продольной вертикальной плоскости на уровне разведанных глубин имеют встречное склонение.

Положение корневых областей отдельных кулис минерализованных зон четко фиксируется узлами пересечения трещин двух направлений: рудоконтролирующей субмеридиональной и косо ориентированных к ней рудоопределяющих северо-западного (субширотного) направления. Узлы пересечения трещин служили наиболее проницаемыми каналами для магматических и гидротермальных продуктов. В частности, в Северной зоне отмечаются два круто падающих тела диоритовых порфиритов, которые располагаются в краевых частях зоны (см. рис. 25, а). Пространственно с диоритовыми порфиритами тесно связаны тела брекчированных пород (эруптивных? брекчий), две группировки даек сходного с ними состава (а также более поздняя базальтовая дайка) и круто падающие зоны дробления и повышенной трещиноватости, которые отмечаются в профилях XV—XVIII и IV—X. В Майской зоне, в центральной части кулисы, отмечается круто падающая тектоническая зона дробления и дайка порфирита в профиле V. В Южной зоне — дайка порфирита в профиле VI. Наличие этих образований в районе указанных профилей свидетельствует о продолжительности тектономагматических процессов в пределах этих участков.

По-видимому, субвулканические тела и сопровождающие их дайки порфиритов фиксируют сравнительно долго живущие тектонические зоны, которые ориентированы в глубину по направлению к корневым областям отдельных кулис минерализованных зон. В плане, в районе указанных профилей отмечаются тектонические нарушения северо-западного направления в пределах зон Северной и Майской и предполагаемое субширотное нарушение в зоне Южной (рис. 26). Пространственно с этими же узлами пересечения рудоконтролирующей зоны и косо ориентированных к ней рудоопределяющих разломов тесно связано положение простых ЕГТ (кварц-турмалиновых пород, кварцевых жил и т.д.) и оловорудных столбов. Следовательно, в месте пересечения разломов двух направлений формировались круто падающие каналы, которые явились наиболее проницаемыми магмо- и рудоподводящими структурами, определившими положение корневых областей кулис минерализованных зон и продуктов разных стадий гидротермального процесса.

Учитывая, что отдельные минерализованные зоны и тела, сложенные продуктами разных стадий гидротермального процесса (включая рудные столбы), имеющие различный КВП, выклиниваются на разных гипсометрических уровнях, можно примерно наметить уровни глубин корневых областей этих образований.



Р и с. 26. Структурная карта Перевального рудного поля (геологическая основа, по Ю.И. Бакулину)

1-3 породы; 1 - вулканогенно-осадочные (K_2), 2 - терригенно-осадочные (I), 3 - гранитоиды силинского комплекса (K_2); 4 - предполагаемые зоны разломов, фиксируемые цепочками экструзивных и субвулканических тел диоритовых порфиритов; 5 - минерализованные зоны дробления; 6 - рудоконтролирующие структуры; 7 - предполагаемые локальные рудоопределяющие трещины; 8 - разломы; 9-10 - проекции на горизонтальную плоскость; 9 - минерализованных зон, 10 - рудных тел; 11 - разведочные буровые профили

Первый уровень (глубина порядка 6 км) - корневая область рудного поля (и рудоконтролирующих зон с сериями кулисно сопряженных минерализованных зон). Второй уровень (1600-2700 м) - корневые области отдельных кулис минерализованных зон. Третий уровень (400-900 м) - области вероятного выклинивания УГТ.

В рудном поле выделяются несколько рангов рудоопределяющих трещин, которые обуславливают положение корневых областей и соответствующих им ЕГТ и УГТ (см. рис. 26). Предполагается,

что положение рудного поля в целом определяется участком пересечения рудоконтролирующей зоны крупным разломом северо-восточного простирания (рудоопределяющая структура первого ранга), который контролирует положение субвулканических и дайковых тел [Бакулин, 1967а]. Локализация корневых областей отдельных кулис минерализованных зон, продуктов разных стадий и рудных столбов определяется локальными рудоопределяющими трещинами.

Взаимосвязь тектонических элементов системы рудного поля (рудоконтролирующей зоны, рудоопределяющих трещин и корневых областей) разных иерархических уровней характеризует собой структуру Перевальненского рудного поля.

Сравнительный анализ трех наиболее разведанных зон минерализации - Южной, Майской и Северной - позволяет выявить общие черты их сходства и различия в строении, составе и количестве слагающих их минеральных образований, проследить тенденцию изменения продуктивности зон по простиранию и падению и в конечном счете наметить ряд признаков проявления богатого оруденения. Используя эти признаки, можно оценить перспективы флангов и глубоких горизонтов в целом и относительно слабо разведанных участков.

Сравнивая минерализованные зоны в субмеридиональной рудоконтролирующей структуре, можно отметить следующее. В северном направлении, как указывалось выше, увеличивается протяженность кулис минерализованных зон, изменяется количество различных продуктов магматической и гидротермальной деятельности. В частности, возрастает количество эруптивных (?) брекчий, кварцевых жил, внутриминерализационных зон дробления, увеличивается мощность гидротермально измененных пород и возрастает продуктивность зон. Однако в этом же направлении в зонах уменьшается количество кварц-турмалиновых метасоматитов. Сравнительный анализ позволяет наметить ряд признаков проявления богатой оловянной минерализации в зонах: большие масштабы минерализованных зон (по протяженности и мощности), относительно полный набор в них продуктов различных стадий гидротермального процесса, свидетельствующий о его длительности; наличие внутриминерализационных зон дробления и зон сетчатого кварца; которые свидетельствуют о высокой энергии рудообразующих растворов и максимума тектонической активности в процессе рудообразования; умеренное проявление кварц-турмалиновых метасоматитов; проявление больших мощностей гидротермальных пород, которые отмечаются в ряде случаев над участками скопления богатых концентраций олова (зона Северная).

Характерная особенность внутреннего строения кулис минерализованных зон заключается в том, что в плоскости каждой из них отмечаются два участка, в которых наиболее полно проявился гидротермальный процесс с образованием двух группировок продуктов различных стадий минерализации (кварц-турмалиновые породы, кварцевые жилы, оловорудные концентрации). В общем они

располагаются симметрично относительно осевой линии плоскости минерализованной зоны. Можно думать, что эти группировки формировались двумя пространственно обособленными потоками (или струями) гидротермальных растворов, создавая эффект "двуструйчатого" проявления продуктов гидротермальной деятельности. На примере зоны Северной такая двуструйчатость объясняется наличием двух рудоопределяющих трещин северо-западного направления, на пересечении которых с рудоконтролирующей зоной возникло два магмо- и рудоподводящих канала. Такая же картина размещения продуктов гидротермальной деятельности наблюдается в зоне Южной и многих других зонах Комсомольского рудного района.

С учетом отмеченных выше закономерностей проявления в жилах богатой оловянной минерализации, а также наблюдаемого в зонах "двуструйчатого" расположения гидротермальных продуктов определенный интерес для поисков слепых рудных тел представляет ряд участков известных зон Перевального рудного поля.

Минерализованные зоны субмеридиональной рудоконтролирующей структуры (Южная, Майская, Северная) различаются между собой и своеобразием проявления рудной минерализации. Для Южной зоны характерна вкрапленность касситерита и вольфрамита в небольших жильных телах турмалинитов и кварц-турмалиновых пород, рассеянных густой сетью тонких кварцевых прожилков. В зоне Майской, где оруденение приурочено к крупному телу турмалинитов, оловянная минерализация по восстанию сменяется медно-оловянной. Зона Северная характеризуется сменой по вертикали оловянной минерализации олово-полиметаллической и полиметаллической, связанной с жилами и прожилково-сетчатыми зонами кварца.

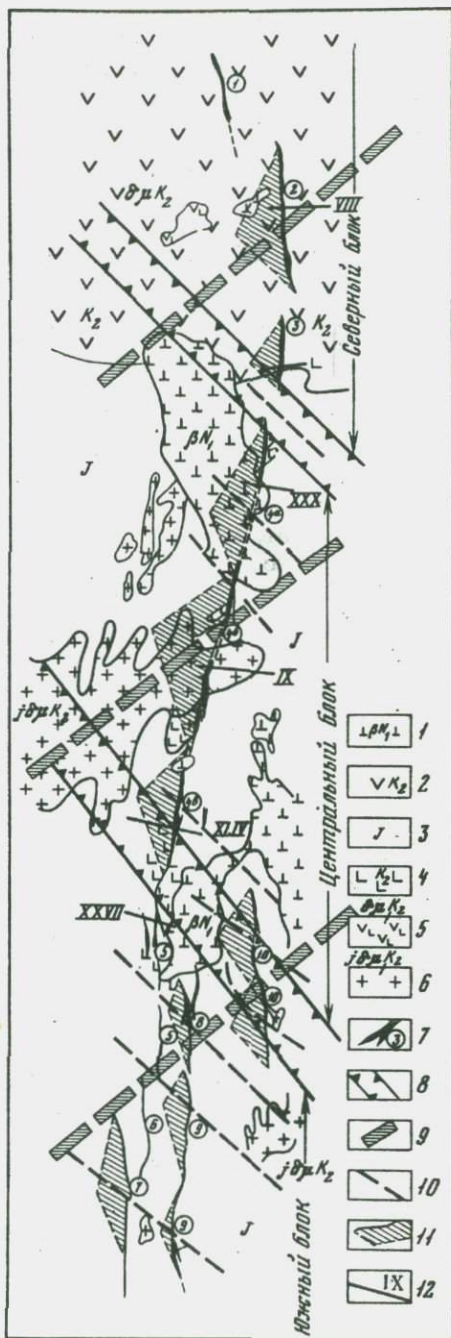
Таким образом, каждая из минерализованных зон характеризуется определенной геохимической специализацией. Не исключено, что последняя обусловлена не только приуроченностью минерализованных зон к разным стратиграфическим горизонтам - разные типы зон, по Е.А. Радкевич с соавторами [Геология..., 1971], но, возможно, различной геохимической специализацией потоков рудообразующих растворов, идущих из разных корневых областей рудного поля.

СОЛНЕЧНОЕ РУДНОЕ ПОЛЕ

Рудное поле располагается в центральной части Комсомольского района, открыто в 1956 г. О.Н. Кабаковым и в течение ряда лет разведывалось под руководством В.В. Онихимовского. Рудное поле изучалось многими исследователями с разнообразных позиций, которые освещены в двух монографиях, изданных под редакцией Е.А. Радкевич [Минерализованные..., 1967; Геология..., 1971].

Р и с. 27. Структурная карта Солнечного рудного поля (геологическая основа, по В.Я.Асманову)

1-4 - породы: 1 - базальты и долериты (βN_1), 2 - вулканогенно-осадочные (K_2), 3 - терригенно-осадочные (I), 4 - диоритовые и кварц-диоритовые порфириты (K_2); 5 - субвулканические тела андезито-дацитов ($\delta \mu K_2$); 6 - гранитоиды Силинского комплекса ($j \delta \mu K_2$); 7 - минерализованные зоны дробления; 8 - предполагаемые зоны разломов северо-западного направления; 9-10 - рудоопределяющие трещины: 9 - 2-го ранга, 10 - 3-го ранга; 11 - проекции минерализованных зон на план поверхности; 12 - разведочные буровые профили; минерализованные зоны (цифры в кружках на схеме): 1 - Светлая, 2 - Озерная, 3 - Верхняя, 4 - Главная (4а - Северная, 4б - Центральная, 4в - Южная), 5 - Придолинная, 6 - Промежуточная, 7 - Западная, 8 - Веселая, 9 - Главная ключа Тихого, 10 - Длинная



Минерализованные зоны Солнечного рудного поля протягиваются в субмеридиональном направлении и локализуются в терригенных отложениях юры и осадочно-вулканогенных породах мела. На отдельных интервалах зоны перекрыты эффузивами неогена (рис. 27).

Юрские отложения занимают большую часть площади. Они подразделяются на две свиты: ульбинскую (алевролиты и песчаники с прослоями гравелитов и кремнисто-глинистых пород) и силинскую (песчаники). Верхнемеловые образования развиты в северной части площади и несогласно залегают на юрских породах. Низы разреза сложены кварцевыми порфирами, туфоконгломератами (холдаминская свита), верхние части - пироксеновыми и пироксенроговообманковыми порфиритами (и туфами) амутской свиты. Неогеновые образования представлены покровами оливиновых долеритов, базальтов и их туфов с линзами грубообломочного материала (солнечная свита), выполняющих пологие мульдообразные впадины.

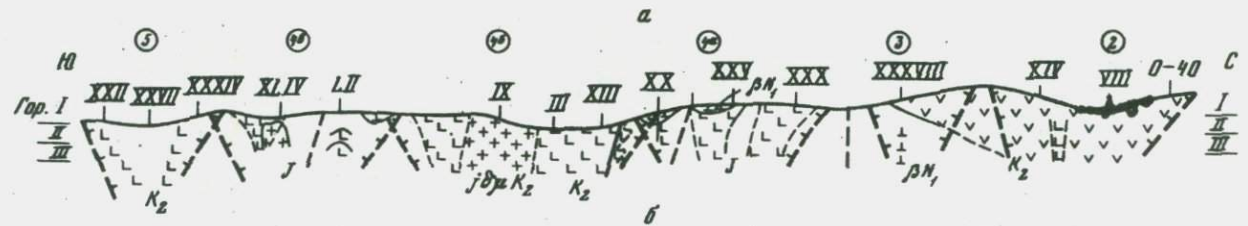
В пределах рудного поля широко развиты гранитоиды силинского комплекса. Центральные части крупных интрузивных тел сложены преимущественно гранодиоритами, гранодиорит-порфирами. Эндоконтактные зоны и подавляющая часть алофиз - диоритовыми и кварцевыми диоритовыми порфиритами. Преобладающая часть интрузивных образований тяготеет к субширотному Силинскому разлому, проходящему в центре рудного поля. Отдельные интрузивные тела и связанные с ними эруптивные брекчии ориентированы в северо-восточном направлении и фиксируют ряд магмоконтролирующих зон [Асманов, 1973]. Дайки в пределах поля имеют различную ориентировку: в южной части площади - преимущественно северо-западную; в центральной и северной - субмеридиональную и северо-восточную.

Рудное поле относится к линейному структурному типу. Рудоконтролирующая зона представлена серией кулисно сопряженных минерализованных зон дробления, протягивающихся в субмеридиональном направлении (см. рис. 27). По ориентировке отдельных ее частей, структурному рисунку в плане, особенностям внутреннего строения рудоконтролирующая зона неоднородна. На этом основании целесообразно выделять три блока - Северный, Центральный и Южный - протяженностью порядка 6 км каждый, ограниченных крупными разломами северо-западного простирания. Южный блок с юга ограничен Сектахским разломом, а на севере - зоной разломов, вмещающих серию даек диоритовых порфиритов и определяющих положение штоков гранитоидов в пределах Дальнего интервала зон Главной и Длинной. Центральный блок на севере отделяется системой зон дробления, простирающихся к северо-западу в направлении зоны Тропной (находится за пределами схемы), определяя, по видимому, ориентировку последней.

В каждом блоке отмечается своя серия кулис минерализованных зон. Так, в Северном блоке в пределах вулканогенных обра-

зований верхнемелового возраста выделяются разобщенные в пространстве и кулисно сопрягающиеся зоны Верхняя, Озёрная и Светлая с общей субмеридиональной ориентировкой. В центре блока расположена крупная зона Озёрная с наиболее глубокой корневой областью. Фланговые зоны имеют меньшие масштабы и продуктивность. В центральном блоке среди терригенных образований юрского возраста прослеживаются линейные, сопряженные встык минерализованные зоны северо-северо-восточного простирания. Здесь выделяются кулисы, состоящие из известных интервалов зоны Главной. Северную кулису составляют Водораздельный, Северо-Восточный и часть Северного интервала; Центральную кулису — часть Северного, Центральный, Силинский и Южный интервалы; Южную кулису — Дальний интервал. Наиболее крупная кулиса Центральная расположена в центре блока и характеризуется наиболее глубоко залегающей корневой областью. Южный блок отличается от всех названных тем, что рудоконтролирующая зона представлена группировкой субпараллельных серий минерализованных зон. Наиболее крупные зоны объединяются в ряд серий: зона Западная — Скородитовая, Придолинная — Промежуточная, зона Главная участка Тихого — зона Веселая, зона Длинная. В каждой из серий наблюдаются отдельные кулисно сопряженные и разобщенные в пространстве минерализованные зоны. Наибольшие по протяженности кулисы с относительно глубокими корневыми областями тяготеют к центральной части Южного блока.

В различных частях рудного поля отмечаются многочисленные косо ориентированные к рудоконтролирующей зоне системы трещин различного направления, которые, по мнению авторов, являются рудоопределяющими трещинами разного ранга. Так, для рудного поля в целом рудоопределяющая структура выражена, по-видимому, системой субширотных нарушений в центральной части поля, определяющих положение массивов гранитоидов силинского комплекса. Для каждого из описанных выше блоков и серий входящих в них минерализованных зон рудоопределяющими трещинами, вероятно, являются разломы северо-восточного простирания. Они проходят через центральные части блоков и фиксируют положение наиболее глубоких корневых областей минерализованных зон в их пределах. Проявление этих разрывов в различных частях рудного поля различно. Так, в Северном блоке разлом северо-восточного простирания контролирует размещение жерловых, экструзивных и субвулканических фаций андезитового вулканоплутонического комплекса (Центральный разлом Амутской мульды, по Е.А. Радкевич [Геология..., 1971]), а на глубоких горизонтах отмечается круто падающей зоной дробления и дайкой порфиритов. В Центральном блоке северо-восточный разлом трассируется по направлению длинной оси гранитоидных массивов и эруптивных брекчий силинского комплекса, а за пределами рудного поля на северо-востоке, в пределах Амутской мульды, он определяет положение субвулканических тел диоритовых порфиритов (Южный разлом), по Е.А. Рад-



- | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---|--------------|---|---|---|-----------------------|---|--------------|---|--------------|---|----------|---|----------|---|----------|---|-----|----|
| $\frac{1}{\beta N_1}$ | 1 | ∇K_2 | 2 | J | 3 | $\frac{1}{\beta N_1}$ | 4 | ∇K_2 | 5 | ∇K_2 | 6 | ∇ | 7 | ∇ | 8 | ∇ | 9 | III | 10 |
|-----------------------|---|--------------|---|---|---|-----------------------|---|--------------|---|--------------|---|----------|---|----------|---|----------|---|-----|----|

кевич [Геология..., 1971]. В Южном блоке рудоопределяющая структура представлена серией трещин северо-восточного простирания, часть из которых вмещает дайки базальтов. Вместе с тем в пределах Южного и Центрального блоков широко развиты многочисленные зоны дробления и трещиноватости северо-западного простирания, которые рассматриваются нами как локальные рудоопределяющие трещины, обуславливающие положение в рудоконтролирующей зоне корневых областей кулис отдельных минерализованных зон и пространственное положение наиболее продуктивных участков в плоскости этих зон. Нередко разрывы северо-западного простирания вмещают апофизы минерализованных зон с промышленным оруденением.

Корневая область располагается на глубоких горизонтах в участке пересечения рудоконтролирующей зоны и рудоопределяющей трещины. В соответствии с рассмотренной выше иерархией рудоконтролирующей зоны и рудоопределяющих трещин различаются ранги корневых областей. С учетом КВП минерализованных зон, вычисленного на ряде изученных месторождений олова и близкого к единице, можно предположительно представить следующие глубины формирования корневых областей. Для рудного поля в целом (длина рудоконтролирующей зоны 16 км) — порядка 16–20 км, для отдельных блоков в составе рудного поля — около 6 км, что соответствует подошве юрских отложений, а для отдельных минерализованных зон дробления — в интервале глубин 1,5–3 км. Сравнительный анализ изученных в рудном поле минерализованных зон, данные по которым вынесены на вертикальную продольную плоскость, позволяет сделать ряд выводов об общих чертах их строения (рис. 28).

Р и с. 28. Строение месторождения Солнечного

a — геологический разрез вдоль рудоконтролирующей зоны; *б–д* — продольные вертикальные проекции минерализованных зон, по материалам В.В. Онихимовского, В.Я. Асманова, Б.Н. Новикова, М.В. Матухно: *б* — кварц-турмалиновые метасоматиты, *в* — жилы и прожилково-сетчатые зоны кварца, *г* — мощности гидротермально измененных пород, *д* — содержания олова. Содержания олова и мощности гидротермально измененных пород возрастают согласно увеличению плотности штриховки

1–3 — породы: 1 — покровные базальты и долериты (βN_1), 2 — вулканогенно-осадочные (K_2), 3 — терригенно-осадочные (I); 4–5 — дайки: 4 — базальтов (βN_1), 5 — диоритовых порфириров (K_2); 6 — гранодиориты силянского комплекса ($j\delta\mu K_2$); 7–8 — границы: 7 — геологические (*a* — установленные, *б* — предполагаемые), 8 — предполагаемые минерализованных зон (ЕГТ 1-го ранга); 9 — зоны дробления, трещиноватости; 10 — разведочные буровые профили. Остальные условные обозначения см. на рис. 27

В пределах отдельных минерализованных зон отмечаются изолированные в пространстве группировки магматических тел (гранитоидов, дайкообразные тела и серии даек диоритовых порфиров), склоняющихся в направлении центральных частей зон. В связи с этим отдельная кулиса минерализованной зоны с проявленными в ее пределах магматическими образованиями может рассматриваться как особая рудно-магматическая подсистема в системе рудного поля.

Минерализованные зоны представляют собой плоскоконические фигуры. Границы их с глубиной имеют тенденцию к встречному склонению, поэтому на определенной глубине следует ожидать выклинивание зон. Область предполагаемого выклинивания минерализованной зоны рассматривается нами как корневая область. Рудоконтролирующая зона рудного поля складывается серией кулис минерализованных зон с обособленными корневыми областями, поэтому на уровне разведанных глубин рудное поле воспринимается как многокорневое.

В минерализованных зонах продукты различных стадий гидротермального процесса (моностадийные ЕГТ), представляющие собой рудолокализирующие ЕГТ (кварц-турмалиновые метасоматиты, кварцевые жилы и др.) являются обычно изолированными телами, сопрягающимися между собой кулисообразно, т.е. образуют более мелкие кулисы 2-го ранга.

Масштабность минерализованных зон определяет размеры и положение в их пределах продуктов различных стадий гидротермального процесса и рудных концентраций. Так, в наиболее крупных кулисах (более 1,5 км — зона Озерная, кулисы зоны Главной и т. д.) устанавливаются наибольшие по размерам тела кварц-турмалиновых пород, кварцевых жил и рудных столбов, которые в плоскости минерализованных зон образуют две симметричные относительно их центра группировки ("двуструйчатое" строение). В меньших по размерам кулисах (зона Западная, южная кулиса зоны Главной участка Тихого, зона Верхняя) наблюдается одна — центральная группировка тел, сложенных продуктами гидротермального процесса.

Эти тела имеют лентообразную форму и круто склоняются к центрам кулис. Положение рудных столбов совпадает с участками наибольшей мощности метасоматитов. В фронтальных зонах моностадийные ЕГТ и рудные столбы веерообразно расширяются. На глубину они постепенно выклиниваются на разных горизонтах, в связи с чем мы наблюдаем разные уровни положения их корневых областей. Для группировок моностадийных ЕГТ и рудных столбов, отрисованных по минимальным содержаниям олова, КВП близок к единице, для областей наибольшей продуктивности зон (концентрации олова относительно высокие) КВП равен 1,3—1,5, что соответствует расчетам В.В. Оникимовского; для отдельных рудных столбов КВП равен 0,4—0,6. Расчеты показывают, что протяженность на глубину тел, сложенных продуктами разных стадий гидро-

термального процесса (кварц-турмалиновых метасоматитов и др.), и группировок рудных столбов составляет треть предполагаемой высоты плоскоконической фигуры минерализованной зоны.

Наиболее продуктивные участки минерализованных зон приурочены к местам сопряжения их с разломами северо-западного, реже северо-восточного простирания, в которых также иногда проявляется гидротермальный процесс и отмечаются повышенные концентрации олова (Центральный и Северо-Восточный интервалы зоны Главной). Как отмечалось ранее В.В.Онихимовским (1959 г.) и В.Б. Кушевым [1968], наибольшие по масштабам группировки тел, сложенных продуктами разных стадий гидротермального процесса, и рудные концентрации тяготеют к краевым частям дайкообразных тел диоритовых порфиритов, согласных с направлением рудоконтролирующих зон.

Перечисленные особенности структуры рудного поля и внутреннего строения минерализованных зон позволили авторам наметить ряд участков, где возможно обнаружение слепых рудных тел.

ОБЩИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ОЛОВОРУДНЫХ ПОЛЕЙ

Сравнительный анализ трех оловорудных полей Комсомольского рудного района позволяет сделать ряд выводов, касающихся общих особенностей их строения и условий рудолокализации.

Рассмотренные рудные поля относятся к плоскому морфологическому типу. Слагающие их кулисно сопряженные линейные минерализованные зоны имеют плоскоконические формы с КВП, близким к единице. Тела, сложенные продуктами различных стадий гидротермального процесса в минерализованных зонах (кварц-турмалиновые метасоматиты, кварцевые жилы, рудные концентрации) характеризуются лентовидной, столбообразной и грибовидной формой с КВП от 0,2 до 0,8. В то же время группировки этих тел, расширяясь по направлению к верхним горизонтам, образуют плоскоконические фигуры с КВП, близким к единице.

По структурному рисунку систем трещин рудные поля относятся к линейному структурному типу и в рамках последнего - к линейному (Перевальное, Солнечное) и план-параллельному - сложному (Октябрьское) структурным подтипам. Принадлежность рудных полей к линейному структурному типу означает, что минерализованные зоны и слагающие их разнообразные тела, сложенные продуктами гидротермальной деятельности, имеют крутое залегание и линейное (в линейном подтипе) или шахматное (в план-параллельном - сложном подтипе) расположение корневых областей отдельных минерализованных зон на уровне разведанных глубин. Данные статистического анализа по месторождениям Комсомольского района свидетельствуют о том, что 90% всех рудных тел размещается в узлах пересечения меридиональных рудоконтролирующих зон с северо-восточными и северо-западными разломами [Геология..., 1971, с. 294].

Рудные поля представляют собой относительно самостоятельные (в рамках рудного района) рудно-магматические системы с единой рудоконтролирующей трещиной и корневой областью. Но при детальном анализе в рудном поле выделяются отдельные части с присущими им элементами более низкого ранга, которые понимаются как иерархически соподчиненные системы с указанными элементами 1,2 и т.д. рангов.

Например, Перевальное рудное поле в целом рассматривается как рудно-магматическая система 1-го ранга. Каждая из ветвей рудоконтролирующей зоны (северо-западная и субмеридиональная) представляет собой систему 2-го ранга. Каждая из крупных минерализованных зон (кулис), серия которых слагает рудоконтролирующую зону, является системой 3-го ранга. По-видимому, в качестве системы 4-го ранга можно рассматривать отдельные группировки магматических и рудных образований в пределах одной минерализованной зоны (например, группировки 4-го и 9-го блоков зоны Северной).

Таким образом, все Перевальное рудное поле от нижних горизонтов (т.е. от общего корня) к верхним представляет собой совокупность соподчиненных систем разного ранга (и соответственно слагающих их элементов) в виде разветвляющегося дерева, в котором системы более низкого ранга с присущими им элементами располагаются на гипсометрически более высоких горизонтах. Размеры элементов каждой системы уменьшаются по направлению к верхним горизонтам, а количество их соответственно возрастает. Поэтому на уровне разведанных глубин однокорневые в принципе рудные поля предстают перед нами как многокорневые.

Рудоконтролирующая зона, как правило, слагается серией кулисно сопряженных минерализованных зон. Каждая из минерализованных зон формируется из пространственно обособленных корневых областей. Последние возникают в участках пересечения рудоконтролирующей зоны рудоопределяющими трещинами, с системой которых связано, таким образом, многокорневое строение рудного поля и как следствие кулисообразное строение единой рудоконтролирующей зоны. Пространственная обособленность корневых областей, из которых поднимались потоки рудообразующих растворов, сформировавших весь комплекс продуктов гидротермальной деятельности в пределах отдельных минерализованных зон, определяет ряд моментов, которые необходимо учитывать при геологоразведочных работах.

С одной стороны, пространственная обособленность корневых областей обуславливает пространственную прерывистость (определенного ранга) рудной минерализации в пределах рудоконтролирующей зоны рудного поля. С другой стороны, потоки рудообразующих растворов, идущие из разных корневых областей (формирующихся на разной глубине), различаются по интенсивности (что определяет величины отдельных минерализованных зон), а также по геохимической специализации. Этим объясняется, вероятно, то

обстоятельство, что отдельные минерализованные зоны, в общем сходные по вещественному составу, различаются по количеству проявленных в них продуктов разных стадий гидротермального процесса, определяющих их геохимическую специфику (зоны с существенно медной или свинцово-цинковой минерализацией).

В пределах минерализованных зон продукты разных стадий гидротермального процесса (кварц-турмалиновые метасоматиты, кварцевые жилы, рудные концентрации) и магматические образования (дайки) также располагаются кулисообразно, образуя кулисы 2-го ранга. В той или иной минерализованной зоне выделяются две, три (реже более) кулисы 2-го ранга относительно небольших масштабов, в которых проявляется наиболее полный набор продуктов разных стадий. В продольной вертикальной плоскости минерализованной зоны они отрисовываются в виде тел (или их группировок) лентовидной или веерообразной формы. В зависимости от масштабов минерализованных зон в них проявляется одна, две или три группировки лентовидных тел и образований разных стадий гидротермального процесса, осевые линии которых ориентированы в корневую область. В минерализованных зонах относительно небольшой протяженности проявляется обычно одна группировка магматических и гидротермальных образований, располагающаяся в центральной части кулисы (зоны Верхняя, Главная Солнечного рудного поля, см. рис. 27, 28). В относительно крупных минерализованных зонах, протяженность которых превышает 1500-2000 м, проявляются обычно две, реже три группировки магматических и гидротермальных образований, включая рудные столбы. В этом случае группировки располагаются симметрично относительно центра минерализованной зоны, вблизи ее краевых частей (зона Северная Перевального рудного поля; Центральный и Северо-Восточный интервал зоны Главной и зона Озерная Солнечного рудного поля).

Преимущественное формирование продуктов магматической и гидротермальной деятельности в узлах пересечения трещин определяет их форму и ориентировку в пространстве. С другой стороны, узлы пересечения трещин нарушают анизотропию среды просачивания потоков гидротермальных растворов и обуславливают тем самым неоднородность структуры потока в плоскости минерализованной зоны. Вследствие этого единый поток разбивается на отдельные струи, что и определяет проявление его продуктов (в частности, рудных концентраций) на локальных участках минерализованных зон в виде пространственно обособленных группировок. Несколько видоизменяя вывод П.Ф. Иванкина [1970, с. 199], можно сказать, что если плоскоконическую фигуру минерализованной зоны параллелизовать с формой всего потока эндогенной жидкости, то отдельные группировки тел, сложенных продуктами гидротермальной деятельности, внутри фигуры будут отвечать составным частям потока - струям.

Расшифровка кулисообразного строения рудоконтролирующей зоны и отдельных минерализованных зон имеет важное значение для практики разведочного дела, поскольку объясняет иерархию пространственной прерывистости рудного вещества. В пределах рудоконтролирующей зоны она определяется многокорневым строением рудного поля, а в пределах минерализованных зон — неоднородностью структуры потока гидротермальных растворов, в частности его струевым характером.

Выявленные особенности строения минерализованных зон оловорудных полей, формы тел, сложенных продуктами различных стадий гидротермального процесса, и условий их локализации в плоскости зон позволяют осуществлять прогноз рудоносности флангов и глубоких горизонтов изученных объектов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенные в работе положения морфоструктурного анализа сформировались в результате обобщения большого фактического материала по формам и строению оловорудных полей юга Дальнего Востока. Это позволило выявить особенности формы оловорудных полей, рудолокализирующих геологических тел разного ранга и рудных концентраций; сформировать представление об элементах системы рудного поля (рудоконтролирующая зона, рудоопределяющая трещина, корневая область); определить такие понятия, как "структура", "структурный тип" рудного поля, "структурная карта" и некоторые другие; дать классификацию структурных типов оловорудных полей и выявить особенности рудолокализации в их пределах; наметить разного ранга морфоструктурные критерии крупномасштабного прогнозирования. В процессе исследований удалось установить некоторые особенности строения оловорудных полей различных структурных типов: многокорневой характер строения на наблюдаемом уровне; кулисообразное сопряжение геологических тел в рудоконтролирующей зоне, обусловленное многокорневым строением оловорудных полей; струевидный характер распределения рудной минерализации в пределах рудовмещающих тел; пространственную прерывистость рудных концентраций, объясняемую приуроченностью их к геологическим телам разного ранга, и т.д.

Перечисленные и другие вопросы нуждаются в дальнейшем изучении, главным образом с точки зрения разработки и совершенствования структурных критериев оценки рудных полей и рудолокализирующих геологических тел. Представляется целесообразным, в частности, решить эти вопросы путем типизации оловорудных полей по структурным, морфологическим, формационным и другим признакам, а минерализованных зон — по масштабу, степени проявления структурно-морфологической, минералогической, геохимической зональности, характеру струевидного распределения в зонах продуктов разных стадий гидротермального процесса, продуктивности зон и т.д.

Опираясь на представления об иерархии ЕГТ, в предварительном виде разработаны морфоструктурные критерии крупномасштабного прогнозирования. Представляется, что выводы, вытекающие из морфоструктурного анализа оловорудных полей, будут содействовать разработке некоторых вопросов качественного прогнозирования, а с учетом формационных генетических и промышленных типов рудных полей возможен переход на иной, количественный уровень крупномасштабного прогнозирования.

Результаты морфоструктурного анализа могут быть использованы в качестве геологической основы для составления проектов на производство геологоразведочных работ в слабо изученных рудных полях (или отдельных их частях), выбора наиболее рациональной методики разведки, а также для проведения целенаправленных минералого-геохимических исследований с целью выработки соответствующих критериев оценки и прогнозирования оруденения в пределах рудного поля. Без четкого представления о формах и положениях рудокализирующих ЕГТ и рудных концентраций в геологических структурах поля минералого-геохимические исследования имеют весьма общий неконкретный характер. Напротив, когда они опираются на результаты морфоструктурного анализа объектов, то проводятся целенаправленно и эффективно, с минимальной затратой сил и средств. Примером таких удачных работ являются минералого-геохимические исследования, проводимые М.С. Шнайдером [Шнайдер и др., 1975] на оловорудных объектах Омсукчанского района.

Несмотря на нерешенность многих вопросов, существующая теоретическая база морфоструктурного анализа позволяет уже сейчас говорить о целесообразности апробации этого метода при прогнозно-металлогенических исследованиях рудных районов, в частности о правомерности постановки с тектонических позиций таких вопросов, как "структура", "структурный тип", "структурная карта" рудного района, тектонические элементы системы района (рудоконтролирующие зоны, рудоопределяющие разломы, корневые области). Решение этих вопросов содействовало бы более четкому пониманию причин пространственной обособленности рудных полей и совершенствованию методики прогнозирования новых полей в пределах известных рудных районов.

Изложенные в работе сведения о строении и форме оловорудных полей представляют собой принципиально новый фактический материал для разработки ряда положений тектонической теории магматогенного рудного поля. Основу теории могут составить некоторые положения и вытекающие из них следствия, которые перечислены ниже.

1. Рудные концентрации возникают в области пересечения разно-ориентированных трещин.

С л е д с т в и е 1. На участке пересечения трещин (рудоконтролирующей и рудоопределяющей) формируются рудоподводящий канал и корневая область. В совокупности эти элементы системы рудного поля определяют пути движения рудообразующих растворов и область рудоотложения.

С л е д с т в и е 2. Взаимосвязь пересекающихся трещин и корневой области с тектонических позиций рудогенеза понимается как структура рудного поля. Это понятие является общим для множества рудных полей одного класса (например, эндогенных жильных). Поэтому структура рудных полей не классифицируется.

С л е д с т в и е 3. Определенные формы взаимосвязи (или типы отношений) основных тектонических элементов понимаются как структурный тип рудного поля. Разнообразие форм взаимосвязи тектонических элементов, наблюдаемое на множестве рудных полей, позволяет классифицировать их структурные типы. Каждый структурный тип рудного поля характеризуется своеобразием закономерностей внутреннего строения, рудолокализации и формы ЕГТ и УГТ.

II. Система рудного поля развивается однонаправленно при изменяющихся динамических условиях формирования по вертикали.

С л е д с т в и е 1. Объем системы рудного поля увеличивается по направлению от нижних горизонтов к верхним в соответствии с общей конической формой потока эндогенных жидкостей. Увеличение объема системы по направлению к верхним горизонтам связано с дифференциацией и интерграцией тектонических элементов, а также качественным преобразованием системы.

С л е д с т в и е 2. Процесс дифференциации тектонических элементов системы проявляется в увеличении их количества, что обуславливает иерархическую соподчиненность тождественных элементов.

С л е д с т в и е 3. Процесс интеграции тектонических элементов системы выражается в усилении связей между элементами, образующими иерархически соподчиненные подсистемы (кулис 1, 2 и т.д. рангов).

С л е д с т в и е 4. Относительная автономность подсистем разного ранга обуславливает дискретность (прерывистость) проявления связанных с ними рудных концентраций.

С л е д с т в и е 5. Качественное преобразование системы рудного поля находит выражение в структурно-морфологической и минерало-геохимической зональности.

Высказанные положения и вытекающие из них следствия затрагивают сравнительно узкий круг вопросов из области тектоники рудного поля, а именно тектонического аспекта рудогенеза. Правомочность постановки и актуальность дальнейшей разработки этих вопросов очевидна, поскольку они ведут к познанию закономерностей строения оловорудных полей и выработке на их основе структурных критериев оценки и крупномасштабного прогнозирования оруденения.

Айрапетян С.А. Некоторые закономерности распространения оруденения внутри рудных тел и основные структурные типы рудных столбов на ртутно-сурьмяных месторождениях Южной Ферганы. - В кн.: Проблемы образования рудных столбов. Новосибирск: Наука, 1969, с. 120-122.

Акбаров Х.А. Геолого-структурные типы полиметаллических рудных полей и месторождений Средней Азии. Ташкент: Фан, 1975. 198 с.

Акурина В.Н., Рабинович К.Р. Структурно-морфологические особенности Джетыгаринского золоторудного месторождения (Южный Урал). - Труды СНИИГГИМС, 1968, вып. 74, с. 134-140.

Ангаро-Илимские железорудные месторождения. М.: Госгеолтехиздат, 1960. 370 с.

Атлас морфоструктур рудных полей / Под ред. П.Ф. Иванкина. Л.: Недра, 1973. 164 с.

Атлас структур промышленных типов эндогенных рудных полей Средней Азии / Под ред. В.А. Королева. Ташкент: Фан, 1976. 144 с.

Бабкин П.В., Сидоров А.А., Хребтов В.М. Проблемы образования рудных столбов. - Колыма, 1970, № 10, с. 45-46.

Бадалов С.Т. Минералогия и геохимия эндогенных месторождений Алмалыкского рудного района. Ташкент: Фан, 1965. 275 с.

Баженов И.К. Признаки, определяющие нижние границы богатых рудных участков в рудных телах. - Вест. Западносиб. геол. развед. треста, 1933, вып. 2/3, с. 66-70.

Бакулин Ю.И. Эксплозионные гидротермально измененные брекчии одного из оловорудных месторождений Приамурья. - В кн.: Магматические и метаморфические комплексы Дальнего Востока СССР. Хабаровск, 1967, с. 193-194.

Бакулин Ю.И., Асманов В.Я. Верхнемеловой вулканизм Мяо-Чанского рудного района. - В кн.: Магматические и метаморфические комплексы Дальнего Востока СССР. Хабаровск, 1967, с. 128-130.

Бакулин Ю.И., Асманов В.Я., Житенев Н.Н. Некоторые особенности мелового вулканизма Мяо-Чанского рудного района. - В кн.: Геология, геоморфология, полезные ископаемые Приамурья. Л., 1969, с. 34-45.

Барсуков В.Л., Волосов А.Г. Временные методические указания по использованию геохимического метода прогноза масштаба оруденения на глубину для сульфидно-касситеритовых месторождений. М.: Изд-во АН СССР, 1968, 9 с.

Беляевский Н.А., Петровская Н.В., Соловов А.П. и др. Комплексы методов, применяемых при металлогеническом изучении закрытых территорий и при поисках оруденения, не выходящего на поверхность. - В кн.: Вопросы изучения и методы поисков скрытого оруденения. М.: Госгеолтехиздат, 1963, с. 14-44.

Берталанфи Л. Общая теория систем - обзор проблем и результатов. - Системн. исслед. Ежегодник, 1969, с. 30-54.

Бетехтин А.Г. К вопросу об изучении рудных месторождений. - Изв. АН СССР. Сер. геол., 1939, № 2, с. 101-109.

Бирюков В.М. Поиски и разведка месторождений. М.: Недра, 1975. 384 с.

Богацкий В.В. О волновом характере локализации эндогенного оруднения по вертикали. - В кн.: Проблемы образования рудных столбов: Тез. докл. симпоз. Новосибирск, 1969, с. 5-7.

Богданович К.И. Рудные месторождения. СПб., 1912-1913. Т. I, II. 462 с.

БСЭ. 1974. Т. 16. 2-е изд., 1955. Т. 37.

Бородаевский Н.И. Материал по методам изучения структур и геологической перспективной оценки месторождений золота. - Труды ЦНИГРИ, 1960, вып. 35. 418 с.

Булытников В.А., Зубков Ю.Д., Рабинович К.Р. Опыт объемного изучения рудных полей Сибири. - Труды СНИИГГИМС, 1967, вып. 44, с. 142-157.

Булытников В.А., Рабинович К.Р. К методике морфогенетического изучения золоторудных полей Сибири и Казахстана. - Труды СНИИГГИМС, 1967, вып. 44, с. 138-141.

Бэтман А.М. Промышленные минеральные месторождения. М.: Изд-во иностр. лит., 1949. 647 с.

Вахромеев С.А. Месторождения полезных ископаемых. М.: Госгеолтехиздат, 1961. 464 с.

Ведерников П.Г. Рудные столбы в жилах сульфидно-касситеритовых месторождений юга Дальнего Востока. - В кн.: Проблемы образования рудных столбов: Тез. докл. симпоз. Новосибирск, 1969, с. 138-140.

Ведерников П.Г. О некоторых закономерностях строения оловорудных полей юга Дальнего Востока. - В кн.: Геология и минеральное сырье Дальнего Востока. М.: Наука, 1972а, с. 110-116.

Ведерников П.Г. Рудные столбы в жилах оловорудных месторождений юга Дальнего Востока. - В кн.: Проблемы образования рудных столбов: Тез. докл. симпозиума. Новосибирск, 1972б, с. 362-370.

Ведерников П.Г. Морфологические и структурные типы оловорудных полей. - В кн.: Вопросы общей и теоретической тектоники. Хабаровск: ДВНЦ АН СССР, 1974, с. 118-138.

Ведерников П.Г., Гордеев Р.А. Некоторые закономерности строения оловорудных месторождений юга Дальнего Востока и критерии прогнозирования оруднения. - В кн.: Основы научного прогноза месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых. Л.: Наука, 1971а, с. 348-350.

Ведерников П.Г., Гордеев Р.А. К методике структурного анализа оловорудных полей жильного типа. - В кн.: Вопросы геологии и минерального сырья Дальнего Востока. Хабаровск, 1971б, с. 100-104.

Ведерников П.Г., Гордеев Р.А. Морфологические особенности рудных столбов оловорудных месторождений юга Дальнего Востока. - В кн.: Геология и минеральное сырье Дальнего Востока. М., 1972, с. 124-128.

Ведерников П.Г., Гордеев Р.А., Шишканова О.Ф. Особенности структуры Карадубского месторождения. - Труды СНИИГГИМС, 1968, вып. 74, с. 79-83.

Великий А.С. Структуры рудных полей. Л.: Изд-во ЛГУ, 1961. 276 с.

Вольфсон Ф.И. Структуры эндогенных рудных месторождений. -

В кн.: Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. М.: Изд-во АН СССР, 1953, с. 517-610.

Вольфсон Ф.И. Проблемы изучения гидротермальных месторождений. М.: Госгеолтехиздат, 1962, 209 с.

Вольфсон Ф.И., Дружинин А.В. Закономерности размещения рудных полей некоторых эндогенных месторождений Восточного Забайкалья. - В кн.: Геология и металлогения Советского сектора Тихоокеанского рудного пояса. М.: Изд-во АН СССР, 1963, с. 518-532.

Вольфсон Ф.И., Лукин Л.И. К вопросу возникновения зональности рудных провинций. - В кн.: Проблемы постмагматического рудообразования. Прага, 1965, т. 2, с. 274-276.

Вольфсон Ф.И., Яковлев П.Д. Структуры рудных полей и месторождений. М.: Недра, 1975, 272 с.

Геологический словарь. М.: Недра, 1973. Т. 1. 446 с.

Геологический словарь. М.: ГОНТИ, 1955. Т. 2. 446 с.

Геология, минералогия и геохимия Комсомольского района. М.: Наука, 1971. 336 с.

Грейтон А.С. Гидротермальные глубинные зоны. - В кн.: Геология рудных месторождений западных штатов США. М., Л.: ОНТИ, 1937, с. 200-218.

Григорян Г.О. О зависимости зональности оруденения от хода развития структур рудных полей (на примере рудных месторождений Армянской ССР). - Учен. зап. Ервн. ун-та. Естеств. науки, 1969, № 2 (III), с. 103-113.

Гроддек А. фон. Руководство к изучению рудных месторождений. СПб., 1889. 328 с.

Дубровский В.Н., Полохов В.И. Некоторые особенности структуры и зональность Хрустального оловянного месторождения. - В кн.: Материалы по геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии. М.: Изд-во АН СССР, 1969, с. 32-55.

Евангулов Б.Б., Арский Ю.М., Лир Ю.В. Закономерности концентрации промышленных запасов в оловянных районах, месторождениях и рудных телах. - Зап. Ленингр. горн. ин-та им. Плеханова. Геол. и разв. месторожд. полезн. ископ., 1967, т. 2, вып. 2, с. 122-128.

Зубков Ю.Д., Сокслова Н.И. О морфологических особенностях скарново-железорудных месторождений Горной Шории и отношении их к интрузивам. - Труды СНИИГГИМС, 1968, вып. 74, с. 103-111.

Иванкин П.Ф. Проблемы пучков малых интрузий и гидротермальных струй на колчеданно-полиметаллических полях Рудного Алтая. - ДАН СССР, 1961, т. 138, № 4, с. 897-899.

Иванкин П.Ф. О полиметаллических месторождениях Приаргунья. - Вопр. геол. Забайкалья, 1962, вып. 1, с. 8-26.

Иванкин П.Ф. О морфологических типах пучков малых интрузий и гидротермальных струй. - ДАН СССР, 1963, т. 149, № 4, с. 925-927.

Иванкин П.Ф. О закрытых эксплозиях, сопровождающих гипабиссальные интрузии, и их роли при формировании рудных месторождений. - Геол. и геофиз., 1965, № 10, с. 23-33.

Иванкин П.Ф. О закрытых эксплозиях, сопровождающих гипабиссальные интрузии, и их роли при формировании рудных месторождений. - В кн.: Вулканические и вулканоплутонические формации. М.: Наука, 1966, с. 171-177.

Иванкин П.Ф. Новые задачи изучения магматогенных полей. - Труды СНИИГГИМС, 1967, вып. 44, с. 6-25.

- Иванкин П.Ф. Рудные столбы как элемент структуры гидротермального потока. - В кн.: Проблемы образования рудных столбов: Тез. докл. симпозиум. Новосибирск, 1969, с. 4-5.
- Иванкин П.Ф. Морфология глубокопокровных магматогенных рудных полей. М.: Недра, 1970. 228 с.
- Иванкин П.Ф. Рудные столбы как элементы гидротермального потока. - В кн.: Проблемы образования рудных столбов. М.: Наука, 1972, с. 6-12.
- Иванкин П.Ф. О вертикальном диапазоне оруденения в земной коре и рудоносных магматических фациях. - В кн.: Проблемы магматической геологии. Новосибирск: Наука, 1973, с. 342-351.
- Иванкин П.Ф., Булытников В.А., Рабинович К.Р. Морфологическая типизация и закономерности зональности магматогенных золоторудных полей. - Труды СНИИГГИМС, 1968а, вып. 74, с. 62-69.
- Иванкин П.Ф., Булытников В.А., Рабинович К.Р. О форме и структурно-морфологической зональности золоторудных полей. - В кн.: Геология и разведка месторождений полезных ископаемых Забайкалья. Чита, 1968б, с. 17-20.
- Иванкин П.Ф., Иншин П.В., Кузубный В.С. Рудные формации Рудного Алтая. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1961. 286 с.
- Иванкин П.Ф., Рабинович К.Р., Акчурина В.Н. О способах образования трещинных жил и жильных систем кварцево-золоторудных месторождений. - Труды СНИИГГИМС, 1968в, вып. 74, с. 125-133.
- Иванкин П.Ф., Рабинович К.Р., Булытников В.А. Опыт группировки магматогенных золоторудных полей по морфогенетическим типам. - В кн.: Геология и полезные ископаемые Забайкалья. Чита, 1967, с. 5-6.
- Иванов С.Н. Особенности гидротермального рудообразования под сушей и морем. - ДАН СССР, 1966, т. 169, № 1, с. 177-180.
- Иванова Н.З. Кристалломорфологический анализ и его значение при оценке оловорудных проявлений: Автореф. дис. ... д-ра. геол.-минер. наук. Л., 1974. 46 с.
- Карякин А.Е. Понятие о месторождениях полезных ископаемых, рудных полей и их структурах. - Зап. Ленингр. горн. ин-та, 1967, вып. 52, № 2, с. 3-10.
- Карякин А.Е. Структуры рудных полей магматических месторождений. М.: Недра, 1970. 176 с.
- Кигаи И.Н. Лифудзинское оловорудное месторождение и некоторые вопросы гидротермального минералообразования. М.: Недра, 1966. 244 с.
- Корзухин И.А. Горноразведочное дело. СПб., 1908. 712 с.
- Королев А.В. Классификация морфогенетических типов послемагматических рудных тел. - Зап. Узб. отд-ния ВМО, 1954, вып. 6, с. 125-129.
- Королев А.В. Об интенсивности минералообразующей и рудообразующей струй. - Узб. геол. журн., 1959, № 21, с. 17-21.
- Королев А.В. Структуры рудных полей и месторождений. Ташкент: Средняя и высшая школа, 1962. 188 с.
- Королев А.А., Шехтман П.А. Структурные условия размещения постмагматических руд. М.: Недра, 1965. 508 с.
- Косыгин Ю.А. Основы тектоники. М.: Недра, 1974. 216 с.
- Косыгин Ю.А., Воронин Ю.А., Соловьев В.А. Опыт формализации некоторых тектонических понятий. - Геол. и геофиз., 1964, № 1, с. 23-37.

Косыгин Ю.А., Соловьев В.А. Статические, динамические и ретроспективные системы в геологических исследованиях. - Изв. АН СССР. Сер. геол., 1969, № 6, с. 9-17.

Котульский В.К. О глубине жильных месторождений. - Изв. Геол. ком., 1922, т. 40, № 1, с. 27-42.

Красников В.И., Сейфулин Р.С., Суматохин В.А., Фаворов В.А. Некоторые вопросы методики изучения термоэлектрических свойств рудных минералов в интерпретации результатов измерений. - Сов. геол., 1975, № 8, с. 107-116.

Красников В.И., Фаворов В.А. Зональность, изменение полупроводниковых свойств рудных минералов и ее использование для прогнозирования золотого оруденения на глубину. - В кн.: Прогнозирование скрытого оруденения на основе зональности гидротермальных месторождений. М.: Недра, 1972, с. 189-190.

Крейтер В.М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М.: Госгеолгиздат, 1940. 790 с.

Крейтер В.М. К вопросу о классификации структур рудных полей и месторождений. - Сов. геол., 1941, № 6, с. 70-81.

Крейтер В.М. Структуры рудных полей и месторождений. М.: Госгеолтехиздат, 1956. 272 с.

Крейтер В.М. К вопросу о структурной зональности. - В кн.: Проблемы тектонофизики. М.: Госгеолтехиздат, 1960. 210 с.

Кулагашев А.И. Закономерности рудокализации и строения рудных полей в Нерчинско-Заводском районе Восточного Забайкалья: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Новосибирск, 1965. 19 с.

Кулагашев А.И. Морфология, внутреннее строение и зональность рудных полей Нерчинско-Заводского рудного района (Восточное Забайкалье). - Труды СНИИГГИМС, 1968, вып. 74, с. 90-102.

Кулагашев А.И., Ступина А.И. и др. Основные особенности пучковых структур полиметаллических месторождений Приаргунья. - В кн.: Вопросы геологии рудных месторождений Забайкалья. Чита, 1963, с. 12-20.

Кушев В.Б. Геология и металлогения Комсомольского оловорудного узла: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Владивосток, 1968. 30 с.

Линдгрэн В. Минеральные месторождения. М.: ОНТИ НКТП СССР, 1934. Вып. I, III. 231 с.

Лугов С.Ф. Геологические особенности оловянно-вольфрамового оруденения Чукотки и вопросы поисков. М.: Недра, 1965. 335 с.

Мак-Кинстри Г.И. Структуры гидротермальных рудных месторождений. - В кн.: Проблемы рудных месторождений. Изд-во иностр. лит., 1959, с. 164-213.

Малиновский Е.П. Структурные условия формирования жильных вольфрамовых месторождений. М.: Наука, 1965. 165 с.

Материкив М.П. Закономерности размещения и геолого-генетические группы оловянных месторождений СССР. М.: Недра, 1974. 145 с.

Методические указания о проведении геологоразведочных работ по стадиям: Твердые полезные ископаемые. М.: МинГео СССР, 1975. 41 с.

Минерализованные зоны Комсомольского района. М.: Наука, 1967. 116.

Нарсеев В.А., Левин Г.В., Лось В.Л. Структура распределения содержания полезного компонента, уровни минерализации и рудные столбы. - В кн.: Проблемы образования рудных столбов: Тез. докл. симпозиум. Новосибирск, 1969, с. 14-16.

Нарсеев В.А., Левин Г.В., Лось В.Л. К определению понятия "рудный столб". - В кн.: Вопросы геологии месторождений золота: Материалы II конф. по изучению месторождений золота Сибири. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1970, т. 239, с. 289-291.

Некрасов Е.М. Систематика и особенности образования рудных столбов свинцово-цинковых месторождений трещинного типа. - В кн.: Проблемы образования рудных столбов: Тез. докл. симпоз. Новосибирск, 1969, с. 79-81.

Ниггли А.Е. Магма и ее продукты. М.: Госгеолтехиздат, 1946. Ч. 1. 434 с.

Никулин Н.Н. О прогнозировании оловянных руд по микроэлементам в касситеритах. - В кн.: Основы научного прогноза месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых. Л., 1971, с. 351-352.

Никулин Н.Н. Способ оценки оловорудных объектов касситерито-силикатной формации по элементам-примесям в касситеритах. - В кн.: Прогнозирование скрытого оруденения на основе зональности гидротермальных месторождений. М., 1972, с. 59-60.

Никулин Н.Н., Бакулин Ю.И. Бор - возможный геохимический индикатор при перспективной оценке оловорудных месторождений. - Л.: ВИТР, 1969, № 64, с. 70-74.

Овчинников Л.Н. Механизм и термодинамические условия магматогенного рудообразования. - Геол. рудн. месторонд., 1967, № 5, с. 44-58.

Овчинников Н.Ф. Категория структуры в науках о природе. - В кн.: Структура и формы материи. М.: Наука, 1967, с. 11-47.

Омельяновский М.Э. Проблемы элементарного и сложного в квантовой теории. - В кн.: Структура и формы материи. М.: Наука, 1967, с. 276-302.

Онихимовский В.В. Важное звено Тихоокеанского рудного пояса. - В кн.: Геология, геоморфология и полезные ископаемые Приамурья. Хабаровск, 1961, вып. 1(72), с. 5-14.

Онихимовский В.В. Методика поисков и разведка оловорудных месторождений в Комсомольском районе Хабаровского края. - В кн.: Материалы по методике разведки полезных ископаемых. М.: Госгеолтехиздат, 1962, с. 146-151.

Онихимовский В.В. Геология месторождений сульфидно-касситеритовой формации Комсомольского района. - В кн.: Эндеогенные рудные формации Сибири и Дальнего Востока. М.: Недра, 1966, с. 96-101.

Осипова Г.А. Элементы-примеси в касситеритах как возможные индикаторы относительной глубины формирования оловополиметаллических месторождений (Кавалеровский район, Приморье). - В кн.: Прогнозирование скрытого оруденения на основе зональности гидротермальных месторождений. М., 1972, с. 61-62.

Осипова Г.А., Забарина Т.В. Опыт изучения элементов-примесей на примере жилы Геофизической месторождения Левицкого. - В кн.: Материалы симпозиума, посвященного акад. С.С. Смирнову. Владивосток: ДВ фил. СО АН СССР, 1966, с. 107-109.

Остроменцкий Н.М., Косов Б.М., Овчинников Д.И. Оценка месторождений при поисках и разведках: Олово. М.: Недра, 1966. 260 с.

Петренко Н.Л. Морфология и внутреннее строение оловорудных месторождений Лифудзин и Дальнее (Приморье). - Труды СНИИГГИМС, 1968, вып. 74, с. 70-78.

Попова И.М. Системный подход в социологии и проблема ценностей. — *Вопр. филос.*, 1968, № 5, с. 95–105.

Поршняков Г.С. Построение блок-диаграмм по геологическим картам. Л.: Изд-во ЛГУ, 1956. 30 с.

Поспелов Г.Л. Строение и развитие фильтрующихся гидротермальных рудообразующих систем. — *Геол. и геофиз.*, 1962, № 11, с. 28–40.

Поспелов Г.Л. Опыт детального геологического прогноза скрытых рудных тел на примере скарново-железородного месторождения Таштагол. — В кн.: *Вопросы изучения и методы поисков скрытого оруденения*. М.: Госгеолтехиздат, 1963, с. 131–150.

Рабинович К.Р., Акчурина В.Н., Булытников В.А. О морфологии рудных столбов и закономерности их размещения на кварцево-золоторудных месторождениях. — В кн.: *Проблемы образования рудных столбов: Тез. докл. симпоз.* Новосибирск, 1969, с. 22–25.

Радкевич Е.А. Глубинность оруденения и поиски слепых рудных тел в Южном Приморье. — В кн.: *Материалы к Всесоюзному совещанию по разработке научных основ поисков слепых рудных тел*. М.: Госгеолтехиздат, 1958, с. 24–28.

Радкевич Е.А. О соотношении крупных и мелких разрывных нарушений. — В кн.: *Проблемы тектонофизики*. М.: Геосгеолтехиздат, 1960, с. 168–175.

Радкевич Е.А. О химизме растворов при образовании оловорудных месторождений различных генетических типов. — В кн.: *Проблемы постмагматического рудообразования*. Прага, 1965, т. 2, с. 422–423.

Радкевич Е.А. Особенности метасоматоза в оловорудных и олово-полиметаллических месторождениях различных генетических типов. — В кн.: *Метасоматические изменения боковых пород и их роль в рудообразовании*. М.: Недра, 1966, с. 207–215.

Рапопорт А. Различные подходы к общей теории систем. — *Системн. исслед.* Ежегодник. М.: Наука, 1969, с. 55–79.

Рожков И.С. Особенности золоторудных месторождений подвижных покровов и платформ. — В кн.: *Эндогенные рудные месторождения: МГК, XXIII сессия. Докл. сов. геол.* М.: Наука, 1968, с. 153–162.

Рундквист Д.В. О влиянии распределения температур горных пород на процессы метасоматического, гидротермального минералообразования. — *Зал. ВМО. Сер. 2*, 1966, ч. 96, вып. 5, с. 509–525.

Сапрыкин Е.П. Зональность оруденения на Силинском оловянно-полиметаллическом месторождении. — *Сов. геол.*, 1962, № 4, с. 105–109.

Саттран В. Заметки к структурной зональности зон нарушений и рудных жил. — В кн.: *Проблемы постмагматического рудообразования*. Прага, 1963, т. 1, с. 360–365.

Свечников Г.А. Неисчерпаемость материи. — В кн.: *Структура и формы материи*. М.: Наука, 1967, с. 95–115.

Свицальский Н.И. Курс рудных месторождений: Месторождения магматические. Л.; М.; Новосибирск: Гос. науч.-техн. горно-геол.-нефт. изд-во, 1933. Т. 1. 369 с.

Скотт Дж. Б. Структура рудных месторождений района Санта-Барбара, Чиуауа, Мексика. — В кн.: *Проблемы эндогенных месторождений*. М.: Мир, 1964, т. 2, с. 325–376.

Смирнов В.И. Рудные пояса. — В кн.: *Вопросы теоретической и прикладной геологии*. М.: МГРИ, 1947, вып. 1, с. 5–10.

Смирнов В.И. Геологические основы поисков и разведки рудных месторождений. М.: Изд-во МГУ, 1954. 546 с.

Смирнов В.И. О выборе плотности разведочной сети. - В кн.: Материалы по методике разведки полезных ископаемых. М.: Госгеолтехиздат, 1962, с. 178-187.

Смолин А.П. Структурная документация золоторудных месторождений. М.: Наука, 1975. 240 с.

Соловьев В.А. Разработка систем понятий и упорядочение тектонической терминологии. - В кн.: Тектоника и геофизика. Хабаровск: ДВНЦ АН СССР, 1974, с. 18-47.

Соловьев В.А. Тектоника континентов. Хабаровск: ДВНЦ АН СССР, 1975. 367 с.

Справочник по тектонической терминологии / Под ред. Ю.А. Косыгина, Л.М. Парфенова. М.: Недра, 1970. 584 с.

Татаринов П.М. Условия образования рудных и нерудных полезных ископаемых. М.: Госгеолтехиздат, 1963. 280 с.

Татаринов П.М., Магакьян И.Г. Опыт классификации постмагматических месторождений. - Зап. ВМО. Сер. 2, 1949, ч. 70, вып. 3, с. 195-196.

Тетяев М.М. Тектоника рудных полей жильного типа (к методике исследования). - Сов. геол., 1940, № 9, с. 3-31.

Тимофеевский Д.А. О типах рудных столбов в золоторудных месторождениях. - В кн.: Проблемы образования рудных столбов: Тез. докл. симпозиум. Новосибирск, 1969, с. 17-19.

Тэрнор Ф. Сравнительная характеристика месторождений Центральной Боливии. - В кн.: Проблемы эндогенных месторождений. М.: Мир, 1964, т. 2, с. 197-323.

Уиссер Э. Связь оруденения с купольными структурами в Северо-Американских Кордильерах. - В кн.: Проблемы эндогенных месторождений. М.: Мир, 1964, т. 2, с. 9-196.

Усов М.А. Краткий курс рудных месторождений. 2-е изд. Томск: Кубуш, 1933. 160 с.

Федорчук В.П. К вопросу о глубине формирования низкотемпературных месторождений ртуты и сурьмы и о вертикальном размахе оруденения. - Зап. Киргиз. отд-ния ВМО, 1959, вып. 1, с. 37-49.

Федорчук В.П. Геологические предпосылки поисков скрытого ртутно-сурьмяного оруденения. - В кн.: Вопросы изучения и методы поисков скрытого оруденения. М.: Госгеолтехиздат, 1963а, с. 240-261.

Федорчук В.П. Некоторые вопросы генезиса ртутно-сурьмяных месторождений. - В кн.: Проблемы постмагматического рудообразования. Прага, 1963б, т. 1, с. 235-239.

Хрущов Н.А. Классификация молибденовых месторождений. - Геол. рудн. меторожд., 1959, № 6, с. 52-67.

Хьюлин К.Д. Структурные условия отложения руд. - Труды МГРИ, 1938, т. 11, с. 136-155.

Шабалин Л.И. Морфологические особенности Ташелгинских железорудных месторождений (Горная Шория). - Труды СНИИГГИМС, 1968, вып. 74, с. 118-122.

Шахов Ф.Н. Геология жильных месторождений. М.: Наука, 1964. 243 с.

Шахов Ф.Н. Состояние вопроса и направление развития исследования процесса образования рудных столбов. - В кн.: Проблемы образования рудных столбов: Тез. Докл. симпозиум. Новосибирск, 1969, с. 3-4.

Шнайдер М.С., Шнайдер А.А., Гордеев Р.А. Геохимическая зональность в жильных телах участка Паук Малокэнского оловорудного месторождения и оценка их глубоких горизонтов. - В кн.: Геохимические

методы при поисках месторождений олова, вольфрама, ртути, Владивосток, 1975, с. 63-64.

Щерба Г.Н. Формирование редкометальных месторождений Центрального Казахстана. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1960. 379 с.

Щербаков Ю.Г. О некоторых особенностях золоторудных месторождений Трансильвании. - Геол. и геофиз., 1960, № 6, с. 134-138.

Эммонс В. Введение в учение о рудных месторождениях. М., 1925. 340 с.

Chese F.M. Tin-silver Veins of Oruro, Bolivia. - Econ. Geol., 1948, N 6, p.435-470.

Hoover H.C. *Principles of mining*. 1909, p. 32.

Hulin C.D. Structural Control of Ore Deposition. - Econ. Geol., 1929, vol. 24, N 1, p. 15-49.

Penrose R.A. Some causes of Oreschoots. - Econ. Geol., 1910, vol. 5, N 2, p. 97-133.

Smitt H. Determination of Oreschoots Bottoms. - Eng. and Min. J., 1933, p. 52-54.

Winchell H.V. The Lokalization of Values in Ore Bodies and the Occurrence of "Shoots" in Metalliferous Deposits. - Econ. Geol., 1908, vol. 3, p. 425-428.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВОПРОСЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ НЕКОТОРЫХ ПОНЯТИЙ ГЕОЛОГИИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	5
Рудный столб	6
Структура рудного поля	10
Структурный тип рудного поля	15
Структурная карта рудного поля	19
СИСТЕМА РУДНОГО ПОЛЯ	24
Элементы системы рудного поля	-
Иерархия рудовмещающих тел	33
Глубина распространения оруденения	37
Структурно-морфологическая зональность	49
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОРФОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА В ПРАКТИКЕ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ	59
Задачи морфоструктурного анализа на разных стадиях геологораз- ведочных работ	-
Методика оценки рудовмещающих тел	62
Морфоструктурные критерии крупномасштабного прогнозирования	63
Технические приемы морфоструктурного анализа	68
ОПЫТ МОРФОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА ОЛОВОРУДНЫХ ПОЛЕЙ ПРИАМУРЬЯ	76
Октябрьское рудное поле	-
Перевальное рудное поле	86
Солнечное рудное поле	96
Общие особенности строения оловорудных полей	103
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	107
ЛИТЕРАТУРА	110

Павел Григорьевич В е д е р н и к о в
Иосиф Семенович П е л ь ц м а н

**ОСНОВЫ МОРФОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА
ОЛОВОРУДНЫХ ПОЛЕЙ**

*Утверждено к печати
Институтом тектоники и геофизики
ДВНЦ АН СССР*

Редактор *В.П. Цетлин*
Редактор издательства *В.Я. Енюкова*
Художественный редактор *И.Ю. Нестерова*
Технический редактор *И.И. Джиоева*

ИБ № 17149

Подписано к печати 10.07.80. Т-08567
Формат 60 × 90 1/16. Бумага офсетная № 1
Печать офсетная. Усл.печ.л. 7,5. Уч.-изд.л. 8,6
Тираж 1150 экз. Тип. зак. 1427. Цена 1 р. 30 к.

Издательство "Наука", 117864 ГСП-7,
Москва В-485, Профсоюзная ул., д. 90
Ордена Трудового Красного Знамени
1-я типография издательства "Наука",
199034, Ленинград, В-34, 9-я линия, 12

1 р. 30 к.

3276

