

## КИНЕМАТИКА И ДИНАМИКА ОПЕРЯЮЩИХ РАЗРЫВОВ КАК КРИТЕРИИ ПРИ ПОИСКАХ И РАЗВЕДКЕ ЖИЛЬНЫХ И ШТОКВЕРКОВЫХ ТЕЛ

Оперяющие разрывы трактуются сейчас как эффект транспрессивного или транстенсивного действия или взаимодействия магистральных (материнских) разрывов [1-4, 7-10, 12-14 и др.]. Такой подход к разломам, при котором они не пассивные геологические агенты, а активные регуляторы (а где – и генераторы) инициирующих напряжений, остается одним из самых продуктивных направлений современной структурной геологии, равно как и тектонофизики.

Цель данной работы – показать некоторые прикладные следствия очерченного подхода, призванные помочь геологам – поисковикам и разведчикам – в их практической работе по прослеживанию и оконтуриванию рудных объектов жильного и штокверкового типа, которые в значительной своей части приурочены как раз к зонам при- и межразломного растяжения (транстенсии) или сжатия (транспрессии). Красноречивыми примерами этому могут служить сдвиговые позднепалеозойские магматические дуплексы растяжения Прибалхашья [10], рудоносные в Узбекистане (Мурунтау) [3], меловые рудоносные и рудно-магматические дуплексы растяжения и сжатия Амуро-Уссурийского региона [1-3, 12 и др.] (рис. 1), Верхоянского складчато-надвигового пояса [13], которые вмещают в себя крупные (а подчас и уникальные) месторождения.

1. Сами уже перечисленные объекты, представленные обычно многостадийным жильно-штокверковым оруденением зачастую в ассоциации с многофазными интрузивно-дайковыми комплексами, указывают нам на один из поисковых критериев. А именно: обнаружение хотя бы небольшой серии тесно сближенных (часто субпараллельных) жильных тел (да еще и вкупе с дайковыми), нередко в ассоциации с прожилково-вкрапленной минерализацией между ними – верный признак того, что мы имеем дело с системой оперения, развитой на достаточно большой площади, но с ограничением по простиранию/падению одним или двумя магистральными разломами. Последние могут оказаться также рудовмещающими. Углы отклонения оперяющих разрывов от материнских давно уже известны и составляют  $20-60^\circ$  [1-3, 7, 8, 14 и др.]. Так что на стадии поисков весьма целесообразно применение первоначально площадных геохимических работ с сетью, оптимально учитывающей геолого-структурную обстановку, с последующей заверкой аномалий и отбивкой тел магистральными канавами параллельно и вкрест материнским разломам (в т.ч. и предполагаемым) с целью выявления всей полосы развития оконтуриваемой структуры оперения. Причем следует учитывать, что проявление этих структур носит обычно систематический характер в виде разноранговых сочетаний с разрывами

магистральной системы (дуплексов) по типу скол-раздвиг или скол-надвиг/взброс (часто с фиксированным шагом) [1-3, 7, 8, 12, 14 и др.], что важно для оценки рудоносности и стратегии поисков на сопредельных площадях.

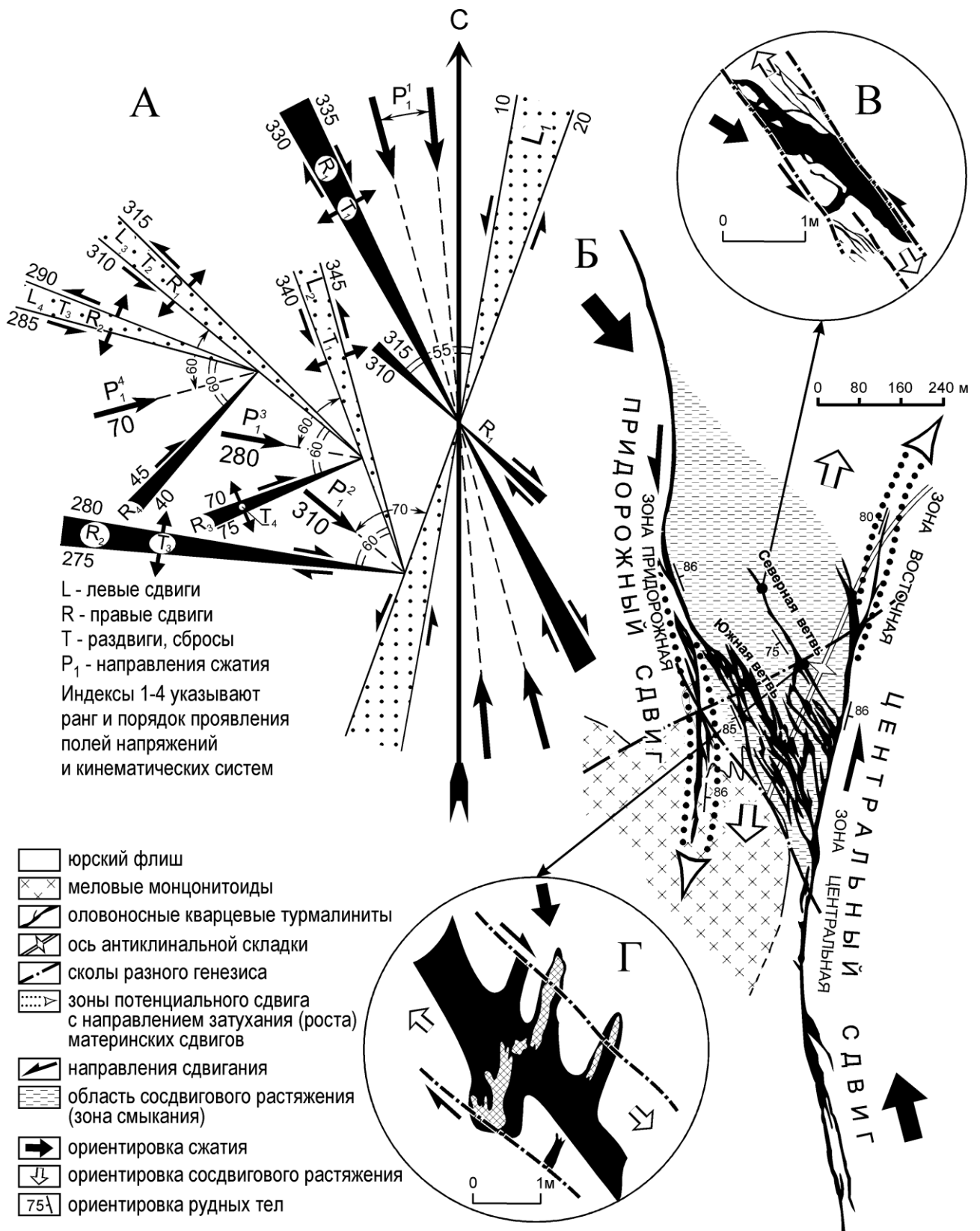


Рис. 1. Структура оперения и дуплекс Придорожного месторождения (Комсомольский оловорудный район) (из [1] с изменениями):

А – схема иерархической и возрастной соподчиненности систем сдвигов и раздвигов (сбросов) месторождения, Б – структурная схема плана разведочного горизонта 415 м с элементами геодинамики, В-Г – фрагменты рудного тела 17 (Северная ветвь дуплекса) на участке сосдвигового растяжения (В) и в зоне влияния сегмента материнской системы ССВ левых сдвигов (Г)

2. При оконтуривании тел и увязывании подсечений в пределах отдельно взятой структуры оперения или смыкания (дуплекса) следует учитывать, что скорее всего оно будет представлять собой отнюдь не хаотичный набор разно ориентированных трещин отрыва/сплющивания, выполненных жилами и дайками произвольной морфологии, как это иногда представляется и поныне.

Напротив, морфология жильного либо дайкового тела демонстрирует здесь четкое соответствие кинематике вмещающего его разрыва оперения. Так, пережимы тела приурочены к сколовым звеньям, а раздувы – к граням приоткрывания разрыва (рис. 1, Б-Г). Это же, надо отметить, относится и к материнским рудовмещающим разрывам (рис. 1, Б). Вообще же, как показывает, например, детальное изучение рудных объектов Сихотэ-Алиня [1-3, 5, 6, 9, 11, 12 и др.], такое явление – в сущности, неотъемлемое свойство рудо- и магмовмещающих разрывов любого генезиса и ранга, настолько широко оно распространено.

В свою очередь, сама кинематика оперяющих разрывов, равно как и их построение в пространстве, отражает характер перестройки полей напряжений в зонах транстенсии и транспрессии в процессе движения по материнским разломам. В частности, в зонах транстенсии (наиболее благоприятных для рудоотложения) пространственно-кинематическая инфраструктура оперения определяется последовательным формированием до 4 генераций дочерних оперяющих разрывов или трансформацией в них сети раннего заложения, которые образуют генетическую цепь (рис. 1, А), отвечающую широко известной структурно-динамической схеме Дж.Д. Муди и М.Дж. Хилла [1-3 и др.]. Оперяющие разрывы зон транстенсии тоже имеют свою возрастную и иерархическую соподчиненность, на которой мы остановимся несколько ниже.

Так что имеющиеся данные показывают, что в структурах оперения и их аналогах мы имеем дело с четкой и временной, и пространственной упорядоченностью рудо- и магмовмещающих структур с вполне закономерным, поддающимся расшифровке, характером процесса пространственного обособления рудных и магматических ассоциаций. Кстати сказать, это лишний раз подчеркивает существующую при поисково-разведочных работах обязательность изучения стадийности рудообразования и магматизма.

3. Системы оперения, помимо всего прочего, – верный признак затухания материнских разломов. Этот вопрос наиболее разработан на примере сдвиговых дислокаций. Исследованиями [1-4, 8, 9, 12, 14 и др.], включая экспериментальные, выявлено, что во фронте затухания

материнского сдвига структурно-динамическая обстановка выглядит следующим образом.

Проработанную часть сдвига на его выклинивании продолжает зона максимальных тангенциальных напряжений, структурно выраженная чаще всего серией эшелонированных R-сколов нередко уже в виде кулис приоткрывания в сочетании с P-сколами, что в совокупности фиксирует направление возможного дальнейшего роста сдвига (рис. 1, Б). Этот парагенез потенциального сдвига обычно сопровождается также постепенным уменьшением амплитуд сдвигания по простиранию разлома.

Потенциальный сдвиг как раз и разграничивает между собой зоны трансенсии (сосдвигового растяжения) и транспрессии (сосдвигового сжатия), структурно проявленных в виде симметрично расходящихся от сдвига под углами 20-60° серий оперения. В зависимости от знака смещения (левый/правый сдвиг) эти зоны располагаются, соответственно, слева/справа или справа/слева от сдвига, фиксируя в крыльях разлома тыл/фронт сдвигания, где его амплитуда рассредоточивается по дочерним разрывам оперения. В тылу – по системам сдвигов (главным образом – того же знака) и сбросов по упомянутой схеме Дж.Д. Муди и М.Дж. Хилла. Во фронте же – по системам дочерних чистых и косых взбросов и надвигов, пространственно-временная организация которых в плане зеркальна, а в разрезе – совпадает со схемой этих авторов.

Подчеркнем еще раз, что охарактеризованная картина структурно-динамической зональности формируется благодаря именно движениям по разломам, поступательная активизация которых и обеспечивает процесс приспособления под их сеть (через трансенсию и транспрессию) первичного поля напряжений, инициировавшего весь тектонический процесс. Последнее сохраняется только в наиболее проработанных сегментах зон материнских разломов, где инициирующее сжатие сразу же переходит в движение, поскольку силы трения здесь практически равны нулю. Сказанное находит свое отражение, в частности, в соответствующем искривлении траекторий главных напряжений, фиксируемых как экспериментально, так и натурными наблюдениями [1-4, 8, 9, 12, 14 и др.]. Отсюда вытекают следующие практические следствия.

1.1. Через охарактеризованные выше элементы структурной динамозональности в разломной зоне можно проследживать не только каждый магистральный разлом в отдельности, но и (через дуплексы) особенности их пространственной организации: характер их эшелонирования, размерность их самих и зон их динамического влияния (отражающие их ранговость) с определением ширины и глубины перекрытия их флангов (как пространственных параметров зон трансенсии и транспрессии). Вдобавок дуплексы, а в более широком смысле – структуры смыкания (формы взаимодействия между разломами любой ориентации и генезиса) позволяют выявлять соотношения между магистральной разломной зоной и активизированными ею участками сети раннего заложения. Например – с разрывами «сопряженной» с нею системы, сквозные элементы которой могут

иметь переменный знак смещения: «первичный» – непосредственно в зонах влияния сегментов магистральной системы (рис. 1, Г), а также транспрессии, и обратный знак в зонах транстенсии (рис. 1, В). Впрочем, сказанное вполне применимо и к изучению инфраструктуры сети разломов любого ранга, включая и мегаформы. Таким образом, выявление картины структурной динамозональности обеспечивает более уверенное и объективное прослеживание магистральных разломов и картирование их пространственной организации при геологических работах любой степени детальности.

1.2. Структурная динамозональность находит свое отражение и в особенностях пространственного распределения оруденения. В рассматриваемых нами структурах рудораспределение и морфологически, и динамически находится в прямой зависимости от геометрии самих разломов и инфраструктуры их ансамблей. Так, оси рудных столбов здесь, как правило, субпараллельны линиям сопряжения сколовых и раздвиговых компонентов. При этом сколы играют роль динамо-кинематических экранов, а раздвижки вмещают продуктивное оруденение. В свою очередь, линии сопряжения адекватны средним осям деформаций, перпендикулярных, как известно, линиям скольжения по сколам [1-3, 5, 6, 9, 11, 12 и др.]. Исходя из этого, при сдвиговых дислокациях, например в зонах транстенсии, рудные столбы будут иметь преимущественно субвертикальную ориентировку (как, впрочем, и в материнских сдвигах), а в зонах транспрессии – субгоризонтальную. Причем преимущественное развитие в них станут иметь те системы рудных столбов, которые будут субпараллельны линиям сопряжения структур оперения в целом с материнскими разломами. Так что изучение динамозональности оруденения позволяет во многом конкретизировать задачи оконтуривания и локального прогноза оруденения на глубину и флангах разведываемого рудного объекта.

*Авторы выражают свою признательность Ю.Н. Шеховцевой за профессиональную редакторскую помощь, оказанную при подготовке данной работы.*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Митрохин А.Н. Геодинамика формирования разрывных рудоконтролирующих структур Придорожного и Октябрьского месторождений (Комсомольский район): Автореф. канд. дисс. Владивосток: ДВГИ ДВО АН СССР, 1991. 25 с.
2. Митрохин А.Н. Дизъюнктивные рудно-магматические дуплексы и структуры смыкания: пути и методы их изучения // Геология и тектоника платформ и орогенных областей северо-востока Азии: Мат. совещ. Т. 1. Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1999. С. 103-107.
3. Митрохин А.Н., Сорокин Б.К., Саядян Г.Р. Сдвиговые дуплексы и их рудоносность // Структурные парагенезы и их ансамбли: Тез. докл. М.: ГЕОС, 1997. С. 112-114.
4. Морозов Ю.А. Структурообразующая роль транспрессии и транстенсии // Геотектоника. 2002. № 6. С. 3-24.
5. Неволин П.Л. Геодинамика формирования структур месторождений Кавалеровского района. Владивосток: Дальнаука, 1995. 132 с.

6. Неволин П.Л. Сдвиговая геодинамическая обстановка и структуры штокверковых месторождений Сихотэ-Алиня // Тихоокеанская геология. 1996. Т. 15, № 2. С. 107-115.
7. Осокина Д.Н. Иерархические свойства тектонического поля напряжений // Экспериментальная тектоника: методы, результаты, перспективы. М.: Наука, 1989. С. 197-208.
8. Разломобразование в литосфере. Зоны сдвига. Новосибирск: Наука, 1991. 262 с.
9. Сорокин Б.К., Митрохин А.Н., Касаткин С.А. Сравнительный анализ дислокаций апт-кампанского вулканогенного и доаптского терригенного комплексов Комсомольского района (на примере Фестивального месторождения) // Тихоокеанская геология. 1995. Т. 14, № 5. С. 46-56.
10. Тевелев Ал.В., Тевелев Арк.В. Эволюция структурных парагенезов при формировании магматических комплексов // Структурные парагенезы и их ансамбли: Тез. докл. М.: ГЕОС, 1997. С. 175-177.
11. Уткин В.П. Сдвиговые дислокации, магматизм и рудообразование. М.: Наука, 1989. 166 с.
12. Уткин В.П., Митрохин А.Н., Неволин П.Л., Саядян Г.Р. Сорокин Б.К. Структурно-геодинамический фактор в распределении золотой минерализации южного Приморья // Доклады Академии наук. 2004. Т. 394, № 5. С. 654-658.
13. Фридовский В.Ю. Сдвиговые дуплексы месторождения Бадран (северо-восток Якутии) // Известия вузов. Геология и разведка. 1999. №1. С. 60-66.
14. Continental deformation. New York: Pergamon Press Ltd., 1994. 421 p.

© А.Н. Митрохин, В.П. Уткин, П.Л. Неволин, 2006