ISSN 0135-3500. Зап. Ленингр. горного ин-та. 1990. Том 121.

УДК 551.24:553.081.12/17

В.Н.МОРАХОВСКИЙ

НЕКИНЕМАТИЧЕСКИЕ РУДОНОСНЫЕ СТРУКТУРЫ

Устанавливаются принципы выделения некинематических структур и их особенности, имеющие первостепенную значимость для прогнозирования. Генетически появление таких структур связано с дилатансионной обстановкой регрессивной стадии метаморфизма либо со сходными условиями, существующими в интрузивных комплексах на постмагматических этапах их развития. Определена основа минералогической эволюции очаговых структур и рассмотрен вопрос специфики рудогенеза для кристаллической среды при дилатансии и растяжении.

Согласно существующим классификационным схемам некинематические рудоносные структуры принадлежат к уровню отдельных тел и их групп. Они развиваются практически в любой формационной обстановке различных металлогенических поясов с заметным увеличением в кристаллических комплексах криптозоя, где отчетливо проявлены процессы регрессивного метаморфизма.

Данный тип структур – как контролирующих рудогенез, так и непосредственно служащих местом локализации рудных тел – делится на два класса: связанных явно или завуалированно с обычными кинематическими структурами и независимых от них. К первому принадлежат зоны сформированной синхронно с основным рудным телом оперяющей трещиноватости и пористости, выраженные, как правило, метасоматической минерализацией; вся рудоносная система представляет геометрически неразобщенную форму, изолированные фрагменты соединены с ней отчетливо трассируемыми проводниками.

Изучение структур второго класса позволило установить следующее.

П р и н ц и п ы в ы д е л е н и я. Все анализируемые структуры не связаны в своем развитии с кинематическими структурами и делятся на три группы: I) трещинной минерализации; 2) нетрещинной минерализации; 3) неминерализованной трещиноватости.

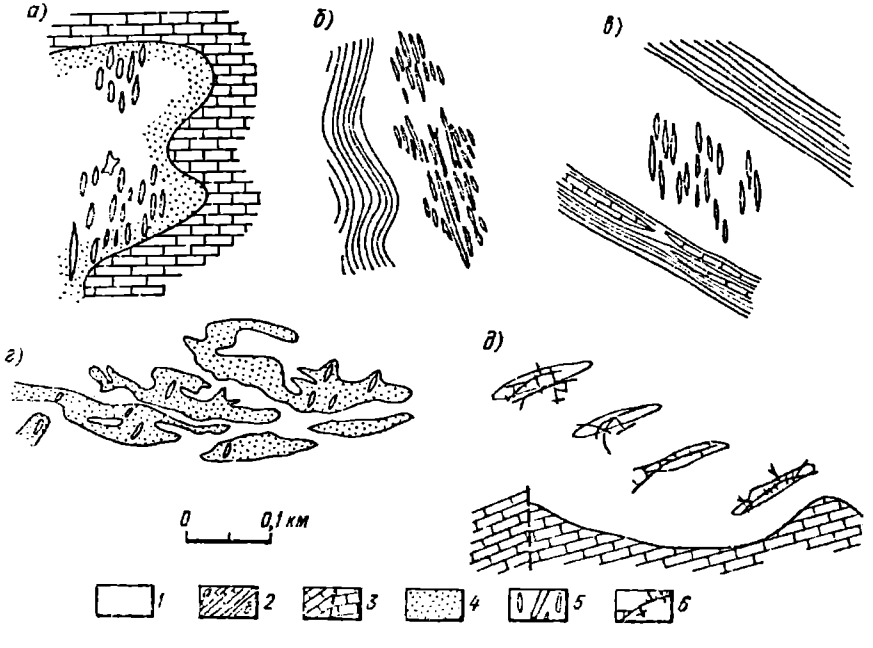
Структуры трещинной минерализации представляют собой изолированные бескорневые образования, для которых характерна определенная форма, размер, ориентировка и пространственное распределение. Формирование структур происходит полистадийно при чередовании актов трещинной деформации и минерагенеза, составляющих процесс тектономинералогической эволюции.

Структуры нетрещинной минерализации возникают при наличии определенного градиента напряженности внутри кристаллически монолитной среды в результате центростремительной ионной миграции в направлении, обусловленном этим градиентом. Образующиеся минеральные тела фиксируют соответствующую тектоническую обстановку минерагенеза в тех участках, где давление, его провоцировавшее, было ниже фонового.

Структуры неминерализованных трещинных деформаций тесно сопряжены со структурами первой группы – в данном случае минерализация может быть также скрытой или частичной. Данные структуры распространены практически во всех плотных породах любого генезиса.

Рудоконтролирующие и рудолокализующие условия. Роль минерагенеза, „проявляющего" некинематическую структуру, абсолютна: метасоматически образованные тела являются единственными материально выраженными формами ее фиксации. Со структурами кинематического типа рассматриваемые структуры имеют ряд общих закономерностей: иерархичность, отчетливо выраженную эквидистантность элементов в пределах каждого структурного уровня, симметрию структурных форм относительно векторов тектонических напряжений, пульсацию напряжений во времени. Коренное отличие заключается в том, что в кинематических структурах пластическое или трещинное смещение одних частей относительно других захватывает весь объем в пределах обычно незамкнутого контура тектогенеза; в некинематических – всякое смещение отсутствует, а контур структуры или ее элемента устанавливается по развитию кристаллов-метасом, использовавших для своего роста механически благоприятную среду.

Геометризация некинематических структур, их морфологические особенности поддаются анализу с определением соответствующих закономерностей



рудоносные структуры
кового; д – оловорудное
Д.В.Рундквиста, Д.А.М.
вмещающие поро: (а мрамо
5 – очаговые рудоносные

хрусталеносного, б, в – вольфра-
А.Е.Карякина, Е.П.Пушко,
втора
ллита); 3 – сброс; 4 – скарниро-
подземные выработки

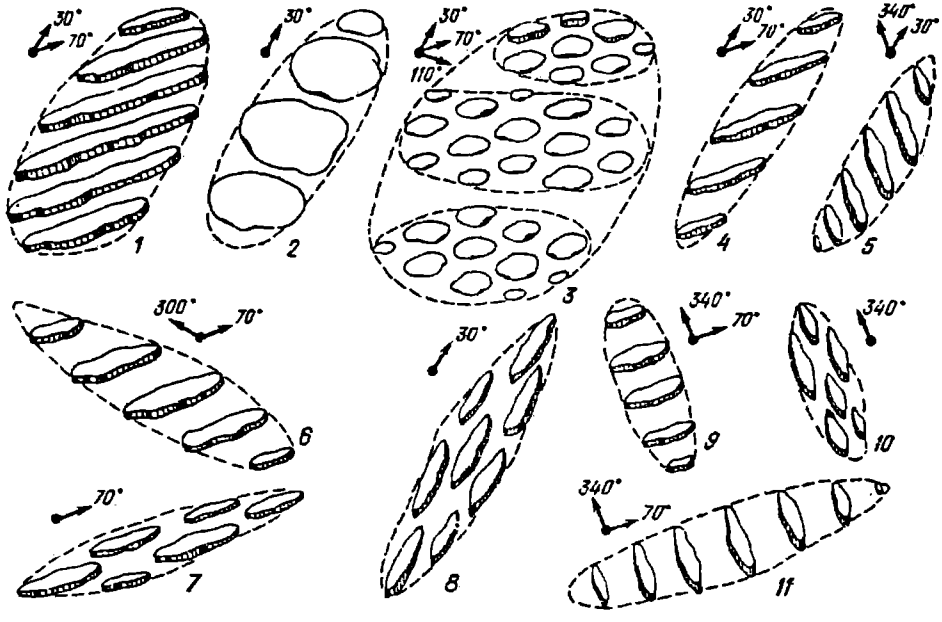


Рис.2. Основные тектонотипы очаговых мусковитоносных жил, развитых в районе

Номера жил: 1 - 414; 2 - 5; 3 - 30-32; 4 - 339; 5 - 260; 6 - 110-588; 7 - 589; 8 - 352; 9 - 294; 10 - 116; 11 - 78

только по каждому иерархическому уровню. Наиболее высокий уровень симолизируется трещиной, фиксируемой соответствующей формой минерала и его пространственной позицией. Вдоль протяженных диаклазовых трещин минералы формируют непрерывные или прерывистые слои (в поперечном срезе - цепочки) однако чаще происходит частичное или полное объемное замещение исходной породы с образованием структурной формы следующего уровня, на котором и возникает рудное тело. Формы данного уровня геометризуются трехосным эллипсоидом, вариации соотношения осей которого и порождают все многообразие конфигураций рудного тела [5]. Следующий структурный уровень выражен системами тел, которые по-разному распределяясь в пространстве, создают стайные группы с субпараллельной ориентировкой осей (рис.I, а, б), нормальной или косолестничной (кулисной) позицией их по отношению к контуру группировки (рис.I, в-д; рис.3 статьи Н.Л.Шаманиной в настоящем сборнике). При определенных тектонофизических условиях разнообразные комбинации разнопорядковых структур могут развиваться в пределах единого металлогенического пояса (рис.2).

Генезис некинематических рудоносных структур. Данный вопрос может быть затронут в настоящей публикации в самом общем виде в дополнение к проблеме тектонофизических условий возникновения структур, которая обсуждалась автором ранее [5, 6].

Очаговая трещиноватость возникает в результате соответствующей реализации энергии при дилатансии сложнонапряженного кристаллического массива

энергетические ресурсы массива почти всегда достаточны для микро- и макротрещинного саморазрушения [7, 10]. Необходимая тектонофизическая обстановка возникает при декомпрессии кристаллических, в частности высокометаморфизованных, комплексов в процессе их освобождения от интенсивных сжимающих напряжений доинверсионной прогрессивной стадии развития.

Взяв за основу трещинную модель, следует отметить, что при начальном образовании матричной трещиноватости [4, 5], предопределившей форму, размер и пространственную ориентировку очаговой структуры, а также ее позицию внутри кристаллических масс, основную роль играет взаимодействие дилатенсии и релаксации, особенно соотношение скоростей $v_д$ и $v_р$. Устанавливаются пять основных вариантов происходящих при этом процессов тектогенеза (рис.3).

При условии $v_р \leqslant v_д$ имеет место динамический эффект, создающий зоны сжатия и разрежения; в пределах последних возникают объемы очагового растрескивания [6], предопределяющие формирование структур латентного характера (структура A_1 на рис.3). Совпадение осей очаговых структур и направления латентных структур представляет частный случай; лестничные и другие конструкции свидетельствуют о пространственной интерференции разных полей, однако здесь возможно несколько интерпретаций.

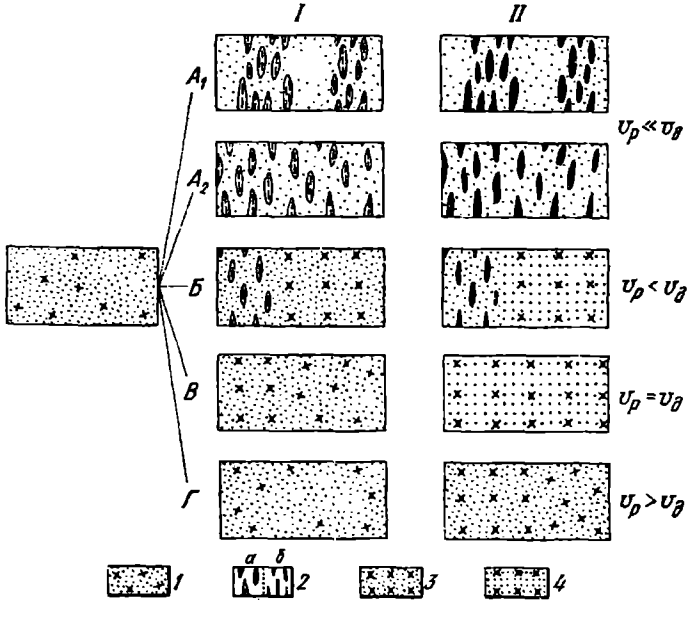


Рис.3. Развитие рудоносных очаговых некинематических структур в кристаллическом массиве на трещинно-деформационном (I) и рудогенном этапах (II) при различных соотношениях скорости дилатенсии $v_д$ и релаксации $v_р$
1 – массив в состоянии всестороннего сжатия; 2 – структуры очагового тектогенеза (а – трещиноватость, б – минеральные (рудные) тела); 3 – частично релаксированный массив; 4 – полностью релаксированный массив

При отсутствии динамического эффекта насыщение трещинными очаговыми объемами более равномерное, с некоторым увеличением к условно активной части массива (на рис.3 это левая сторона прямоугольника), откуда снимается напряжение (структура A_2).

Отчетливое, но менее резкое превышение $v_р < v_д$ приводит к частичной релаксационной компенсации части дилантируемого массива и, соответственно, к отсутствию там трещинообразования. Очаговые формы более миниатюрны, они развиты слабее и сконцентрированы вблизи активной стороны (структура $Б$).

При $v_р$ $v_д$ и при $v_р > v_д$ трещинообразования не происходит (структуры $В$, $Г$).

Пульсационность последующего тектонического режима по принципу унаследованности в тектонике обеспечивает дальнейшее структурно-минеральное развитие очаговых структур при относительной неизменности разделяющих их интервалов.

Обстановкой регрессивной стадии отнюдь не исчерпывается возможность формирования очаговых структур – они возникают в условиях кристаллической среды, в разнообразных по времени становления массивах гранитоидов, ультрамафитов и других кристаллических комплексов при их неметаморфическом развитии на постмагматическом этапе при снижении температуры и давления.

Касаясь вопросов, относящихся к проблеме метасоматического минерагенеза, необходимо обратить внимание на тот факт, что при локальной декомпрессии и „кессонном" [I] трещинообразовании в очаговых структурах создаются условия для активизации ряда химических компонентов и центростремительной их миграции, благоприятствующей метасоматическому минерагенезу, в очаговые структуры.

Для метаморфических комплексов характерен в основном автометасоматический характер течения процесса рудогенеза – многие рудоносные структуры возникают при собирательной перекристаллизации „фоновых" минералов и развитии слоевых силикатов. Примером служат тела слюдоносных (мусковитовых), керамических и хрусталеносных пегматитов и гранитоидов, флогопитоносных скарнов, грейзенов и пр.

В интрузивных комплексах неметаморфической эволюции рассматриваемые структуры определяются в основном аллометасоматическим развитием (по основе, создаваемой силикатными минералами первых импульсов минерагенеза – серицита, хлорита, эпидота, серпентина и пр.) сульфидных и окисных минералов, концентрирующих железо, хром, олово, вольфрам и другие металлы.

Завершающая стадия металлогенической эволюции знаменуется появлением протяженных параклазовых трещинных структур, вмещающих жилы, в которые перемещаются компоненты, ремобилизованные из очаговых протоструктур. Таким образом, последние играют роль первичного концентратора, обычно малоперспективного в промышленном отношении, являясь промежуточным звеном между первоначально рассеянными рудными элементами сформированных массивов и окончательными жильными аккумуляторами этих элементов.

Такие комбинации некинематических и кинематических структур особенно характерны для оловорудных, вольфрамовых месторождений, ассоциирующих с

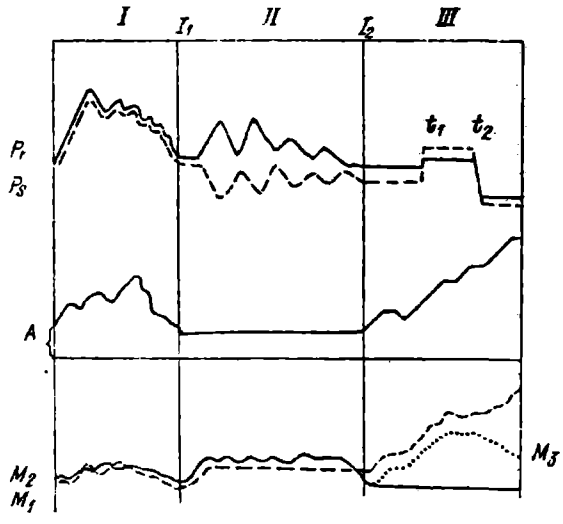


Рис.4. Динамика изменения тектономинерагенических факторов при развитии очаговых некинематических структур

P_T и P_S – относительное давление в горных породах и флюиде; A – относительная амплитуда массопереноса равная для стадии II $\ell/2 + m$ (где ℓ условный средний радиус очаговой структуры; m – приращение радиуса за счет зоны бокового распора); M_1 M_2 и M_3 – относительная кристаллизационная активность соответственно металлических сульфидных и оксидных соединений, алюмосиликатов и кварца

Стадии: I – прогрессивного метаморфизма; II – регрессивного метаморфизма и развития неметаморфических структур; III неметаморфического развития

Инверсионные моменты: I_1 – сжатия-расширения; I_2 – расширения-растяжения; t_1, t_2 – моменты возникновения изолированных фрагментов в полостных системах

гранитоидами, несколько по иному они проявлены в железисто-магнезиальных скарнах, гранитных пегматитах и ультрамафитах.

Переход от структур некинематического типа к кинематическому знаменует смену дилатансионных условий растяжением, что влечет также изменение типа минерагенеза (метасоматический переход в свободно-кристаллизационный – полостной) Два установленных вида некинематических структур связаны с метаморфическими и магматическими комплексами; при формировании их четко выделяются три последовательные этапа течения процесса: I) изначальная метаморфическая или магматическая мобилизация с образованием первичной рудосодержащей кристаллической среды; 2) возникновение некинематических очаговых структур и образование рудных тел автометасоматического характера, представленных силикатными минералами, и протоструктур, предшествующих третьему этапу; 3) образование протяженных параллельных трещин с ремобилизацией и окончательной концентрацией в них рудных компонентов, максимальной по своему значению, что обуславливается геометрией рудолокализующей полости, наличием промежуточного концентратора (протоструктуры), стабильностью PT внутри рудогенной трещинной системы (или ее фрагментах), большой амплитудой транзита и сформированностью основной массы минеральных ассоциаций массива к началу третьей стадии (рис.4).

Энергетика процесса формирования очаговых рудоносных структур существенно отличается от энергетики открытых систем, опыт анализа которой имеется [2, 3]. Учитывая адиабатические условия термодинамического режима в очаговых системах и то обстоятельство, что механический импульс имеет скорость распространения на порядок выше теплового [9], можно сопоста-

вить механическую энергию, реализуемую при формировании трещинных объемов, и происходящий в них минерагенез.

Количественное определение энергии в том и другом случаях является предметом специального исследования, однако, не прибегая к расчету, можно отметить, что дилатансионный эффект в условиях замкнутости системы должен вызвать снижение температуры и давления. Поэтому центростремительно всасываемые внутрь системы флюиды должны обогащаться рудными компонентами, охлаждаться и способствовать формированию таких гидроксилсодержащих минералов, как серицит, мусковит, флогопит, хлорит, биотит, серпентин, играющих роль индикаторов условий соответствующих регрессивной стадии метаморфизма [6].

Их образование сопровождается экзотермическим эффектом, который и будет компенсировать дилатансионное охлаждение. Таким образом, можно прийти к выводу о приблизительном балансе механической и кристаллизационной энергии. Вычисление последней представляет в принципе разрешимую задачу [8], однако определение механической энергии состоит из нескольких самостоятельных задач – упругого расширения, разрыва связей кристаллических решеток, трения в микротрещинных площадках и пр. Из них с большой долей условности может быть решена лишь первая.

IУ. Прогнозирование некинематических рудоносных структур. В настоящее время существует значительное количество разнотипных месторождений, представленных очаговыми рудоносными структурами, в которых форма тел полезных ископаемых интерпретирована при их освоении с позиций кинематической тектоники. Искусственное соединение очаговых структур в протяженные по поверхности и на глубину системы вызвано стоящей перед геологическими организациями необходимостью выполнения плана прироста запасов. Поэтому геологи, отчетливо представляющие себе истинную модель рудного тела, вынуждены подчас показывать несуществующие элементы, в результате чего происходит завышение запасов, существующие инструкции и методологические разработки вполне разрешают это сделать.

При освоении новых месторождений поисково-разведочные операции необходимо осуществлять исходя из:

1) формы тел, их размера, пространственной позиции, определяемой ориентировкой осей эллипсоида, склонением, нырянием и пр.;

2) характера объемного распределения в пределах рудного узла, региона составляющих фрагмент определенного металлогенического пояса;

3) отсутствия пространственной и генетической связи с ранее образованными структурами кинематического типа при частичной или полной независимости от окружающего структурного фона.

Разобщенность, бескорневой характер, отсутствие соединяющих элементов представляют значительную трудность для прогнозирования тел, не выходящих на дневную поверхность. С другой стороны, принятие неправильной кинематической модели в большинстве случаев приводит к браковке и консервации месторождений по мере отработки выходящих на поверхность, но быстро

выклинивающихся на глубину рудных тел (месторождения Максимиха, Тахтыган, Олонгро и др.). Подтверждающиеся прогнозы слепых тел, сделанные на основании отмеченных принципов, являются первыми шагами по созданию методологической основы, однако обоснованные выводы могут быть сделаны лишь после целенаправленного изучения всех типов некинематических рудоносных структур, необходимость проведения которого давно назрела.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Горяинов П.М., Давиденко И.В. Тектонокессонный эффект в массивах горных пород рудных месторождений – важное явление геодинамики // ДАН СССР. 1978. Т. 247, № 5. С. 1212-1215.

2. Казицин Ю.В. Энергетика постмагматических процессов // Тр. Всесоюзн. геолог. ин-та. Н.с. 1962. Т. 73. С. 67-80.

Казицин Ю.В., Рудник В.А. Руководство к пересчету баланса вещества и внутренней энергии при формировании метасоматических пород. М.: Недра, 1968. 384 с.

4. Мораховский В.Н. Определение полей критических палеонапряжений по положению кристаллов-метасом в пегматитах / Научн.-техн. о-во „Горное", М., 1974. С. 164-167.

Мораховский В.Н. О значении эффекта А.Н.Ставрогина для изучения условий зарождения и начальных стадий роста минералов в твердой среде // Геолог., поиски и разведка нерудн. полезн. ископ. / Ленингр. горный ин-т. Л., 1982. Вып. 6. С. 46-50.

6. Мораховский В.Н. Метасоматический рудогенез как результат высокого градиента давления при метаморфических процессах // Метасоматизм и рудообразование: Тез. докл. VI Всесоюзн. конфер. / Ин-т геол. и геохронологии докембрия. Л., 1987. С. 44-46.

7. Романович И.Ф. Вопросы оруденения в ультрамафитах. Введение. М.: Недра, 1985. С. 3-12.

8. Смирнов В.И. Энергетическая основа постмагматического рудообразования // Геол. рудн. месторожд. 1981. № С. 5-17.

9. Файф В.С. Метаморфизм // Земля. М.: Мир, 1974. Т. 2. С. 583-659.

10. Фридман Я.Б. Закономерности разрушения твердых тел применительно к задачам тектонофизики // Проблемы тектонофизики. М.: Госгеолтехиздат, 1960. С. 67-77.