

Петров В.А. (ИГЕМ РАН)

**СЕЙСМОГЕОДИНАМИКА И ТЕКТОНОФИЗИКА
ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО РУДООБРАЗОВАНИЯ**

*В контексте представлений об изменении деформационных, напряженного состояния, упруго-прочностных и фильтрационно-емкостных параметров среды в сейсмическом процессе оценивается развитие путей и формирование условий миграции рудоносных гидротермальных растворов в массивах кристаллических пород. Рассмотрены важнейшие индикаторы и методические аспекты изучения параметров. Основное внимание уделено реконструкции процессов миграции растворов в разломно-трещинных зонах, представляющих собой сложные геологические и физические тела. **Ключевые слова:** деформации, напряжения, рудоносные растворы, разломные зоны, рудообразование.*

Petrov V.A. (IGEM)

**SEISMOGEOYNAMICS AND TECTONOPHYSICS OF
THE HYDROTHERMAL ORE FORMATION**

*In the context of vision on changes of strain, stress state, elastic-resistant, and filtration-capacity parameters of the environment during seismogenic process, the pathway development and creation of conditions for migration of ore-bearing hydrothermal solution in crystalline host rocks are estimated. Relevant indicators and methodical aspect of the parameter investigation are considered. The main attention is devoted to reconstruction of processes of solution migration along fault-fracture zones, which form complex geological and physical objects. **Keywords:** strain, stress, ore-bearing solutions, fault zones, ore formation.*

Решение проблемы эволюции рудообразующих гидротермальных систем при неоднократной активизации тектономагматических процессов связано с установлением механизмов формирования, развития, перехода в латентное состояние и реактивации системы флюидопроводящих каналов, а также с определением условий фильтрации по этим каналам гидротермальных рудоносных растворов из области их зарождения на больших глубинах при высоких P-T параметрах в область рудоотложения в верхней части земной коры.

Предполагается, что в нижней-средней коре деформирование пород происходит по законам пластичности с приложением таких механизмов, как дислокационное течение и крип, а в верхней (сейсмогенной) части земной коры реализуется механизм упруго-хрупкого разрушения пород. В этих условиях перемещение флюидов вдоль системы проницаемых каналов определяется, прежде всего, гидравлическим градиентом между ее нижней и верхней частями, температурным градиентом, параметрами напряженно-деформированного состояния пород, вариациями внутривещного флюидного давления, а также процессами формирования и разрушения минеральных агрегатов

в доступном для фильтрации растворов трещинно-поровом пространстве.

Вертикальная миграция рудоносных растворов может происходить по механизму всплывающих флюидных доменов на фоне сейсмической неоднородности и гидростатической нестабильности земной коры. Однако движущие силы перемещения объемов гидротермальных растворов в разрезе коры разные. В нижней «асейсмичной» части в условиях стационарного крипа и практически постоянной проницаемости матрицы вещества основная роль принадлежит, по-видимому, тепловым потокам, создающим температурный градиент. В верхней сейсмогенной части коры вариации трещинно-поровой проницаемости пород происходят на фоне резких изменений их напряженно-деформированного состояния в процессе сейсмогенного воздействия [14, 7].

С 1970-х годов развиваются представления о стадийном изменении скорости деформирования, напряженного состояния, упруго-прочностных и фильтрационно-емкостных параметров среды в окрестности очага землетрясения. Установлено, что перераспределение напряжений в области землетрясения приводит к неоднородным сдвиговым деформациям пород и формированию определенным образом ориентированных трещинных структур. Область геологического пространства, охватываемая деформациями (дилатансией), значительно превышает масштаб концентратора деформаций (например, главного сместителя разлома), что приводит к изменению режима миграции флюидов в больших массивах пород. Эти представления, результаты изучения причин и последствий палео- и современных землетрясений [6], данные по гидромеханике сейсмогенных разломов [13], результаты гидрогеологических и гидрогеохимических наблюдений в современных сейсмоактивных областях дают основания для выявления роли сейсмических процессов в формировании рудных полей и месторождений, связанных с дизъюнктивными дислокациями.

Результаты исследований**Сейсмический цикл и условия миграции флюидов.**

Процессы деформации флюидонасыщенных массивов пород в верхней сейсмогенной зоне земной коры протекают в течение сейсмического цикла, состоящего из четырех стадий: досейсмической, косейсмической, постсейсмической и межсейсмической («сейсмического покоя») (рис. 1).

В досейсмическую стадию происходит стремительное накопление напряжений на фоне нелинейной деформации пород и сейсмических импульсов (форшоков), предшествующих землетрясению. В косейсмическую стадию деформация пород развивается лавинообразно немедленно вслед за разрядкой накопленных напряжений (землетрясением). В постсейсмическую стадию породы в течение некоторого времени деформируются нелинейно, что сопровождается рядом толчков (афтершоков), которые могут проявляться вдоль зоны сейсмоактивного разрыва на значительном удалении от очага землетрясения. На межсейсмической стадии деформация пород описывается как линейная.

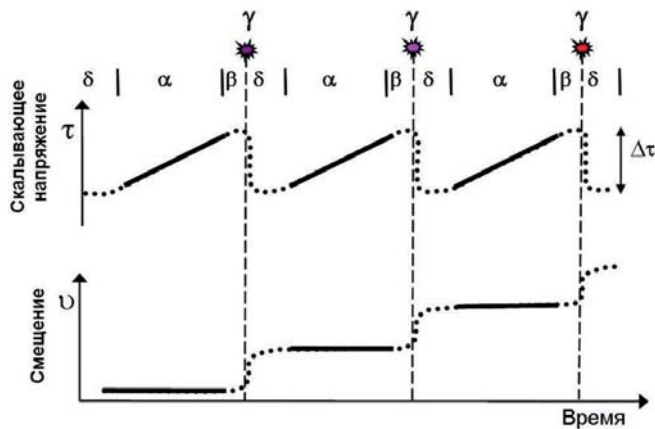


Рис. 1. Графики «напряжение-время» и «смещение-время» в контексте стадий сейсмического цикла: α — межсейсмической («сейсмического покоя»), β — досейсмической (форшоки), γ — ко-сейсмической (землетрясение), δ — постсейсмической (афтершоки) (по [11])

Изменения в режиме миграции потока флюидов происходят на протяжении всех стадий сейсмического цикла. Наряду с этим основная фаза поступления гидротермальных растворов в разрывы, оптимально ориентированные в тектоническом поле напряжений, приходится на косейсмическую и постсейсмическую стадии разрядки напряжений, а отложение основного объема минерального вещества происходит на межсейсмической стадии кратковременных малоамплитудных подвижек в благоприятных структурно-литологических и тектонофизических обстановках, а также физико-химических условиях.

Этот процесс может быть описан следующим образом. В межсейсмическую стадию основные сместители (ядра) разрывных нарушений менее подвержены дилатации и менее проницаемы по сравнению с зонами их динамического влияния, где происходит накопление флюидов и диффузия вещества. В косейсмическую стадию подавляющий их объем «выжимается» из сдавливаемых трещин и устремляется в нарушенное ядро разрыва, где создаются благоприятные условия для дренирования и циркуляции растворов, а также осаждения рудного вещества (рис. 2).

К тому же, досейсмические и косейсмические деформации в единичном разрыве влекут за собой изменения в окружающей обстановке, когда в зависимости от ориентировки в тектоническом поле напряжений часть сопровождающих трещин реагирует на напряжения практически одновременно, а другая — с заметным опозданием [8, 2]. В результате формируются области уменьшения (рассредоточения) и/или увели-

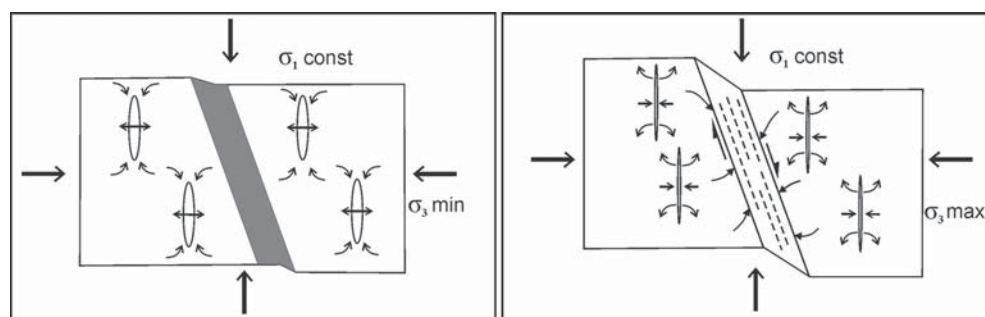


Рис. 2. Изменение гидравлических свойств пород в зоне сброса в межсейсмическую (слева) и косейсмическую (справа) стадии (по [13]). Возникновение проницаемых кластеров приводит к миграции потока флюидов в ядро разлома. Тектонический режим растяжения (сброс) с субвертикальной ориентировкой оси максимального сжатия σ_1 и субгоризонтальным положением оси растяжения σ_3 (здесь и далее принято, что сжимающие напряжения положительные, т.е. $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$)

чения уровня (магнитуды) напряжений, что неизбежно отражается на структурно-гидродинамических условиях рудообразования.

Нестационарность поля напряжений-деформаций-температур на различных стадиях сейсмического цикла создает условия для реализации пульсационно-ритмичного (клапанного) гидродинамического механизма разломной тектоники [10]. Этот механизм обеспечивает подток кислородсодержащих поверхностных (метеорных) вод на глубокие горизонты разреза и их смешение с гидротермальными растворами в случае, если на косейсмической и постсейсмической стадиях возникла гидравлическая связь флюидопроводящих и флюидофокусирующих разломов с поверхностью.

Тектонодинамический режим и каналы фильтрации флюидов. По пространственным соотношениям осей главных нормальных напряжений (σ_1, σ_2 и σ_3 , где $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$) выделяются обстановки (режимы) растяжения (сброса, $\sigma_v = \sigma_1$, где σ_v — вертикальные напряжения), сжатия (взброса, $\sigma_v = \sigma_3$) и сдвига ($\sigma_v = \sigma_2$, включая режимы трансенсии $\sigma_v = \sigma_2 \sim \sigma_1$ и транспрессии $\sigma_v = \sigma_2 \sim \sigma_3$). Формирующиеся в различных обстановках сети трещин близки по морфологии, но отличаются элементами залегания: в обстановке растяжения преимущественно развиваются вертикальные в разрезе сети трещин отрыва и скола, а в обстановке сжатия — субгоризонтальные [15]. При пересечении сети взаимосвязанных трещин более крупным разломом матричная (текстурная) и трещинная (структурная) проницаемость массива пород резко увеличивается из-за формирования трубообразных (тубулярных) фильтрационных каналов (рис. 3).

Тубулярные каналы фильтрации параллельны расширяющимся частям разлома и в сочетании с ним образуют дирекционную проницаемость в плоскости $\sigma_1 \sigma_2$, вдоль которой располагаются структуры, наиболее предрасположенные к инфильтрации флюидов, реактивации и/или гидроразрыву. Неоднородность поля напряжений в сейсмоактивной области способствует тому, что на различных глубинах и участках массива пород развиваются либо субвертикальные, либо субгоризонтальные каналы фильтрации флюидов. Морфология разрывов зависит также от геомеха-

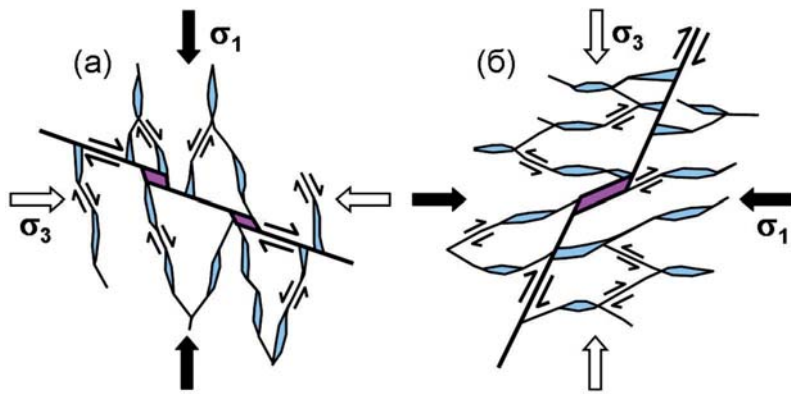


Рис. 3. Модель оптимально ориентированных в поле объемного стресса трещин отрыва и скола, усложненная разломом, сформированным в обстановке (а) растяжения (сброс: $\sigma_1 = \sigma_v$) и (б) сжатия (взброс: $\sigma_3 = \sigma_v$), что существенно изменяет картину распределения напряжений, смещений и фильтрации флюидов в массиве пород в связи с формированием расширяющихся тубулярных каналов (по [15])

нических свойств пород (предела прочности на растяжение, T_s): при одинаковом уровне дифференциального напряжения ($\sigma_1 - \sigma_3$) в более прочных породах реализуются отрывные дислокации с полистадийными брекчиями и жилами выполнения, а в менее прочных породах — сколовые дислокации, проявленные глиной трения и зеркалами скольжения (псевдотахилитами).

Вариации флюидного давления. Функционирование циклического механизма сейсмодетформаций и формирования каркаса гидравлически активных разрывов в поле напряжений зависит от уровня внутрипорового флюидного давления (P_f), которое на глубине z определяется через «порово-флюидный коэффициент» $\lambda_v = (P_f/\lambda_v) = (P_f/\rho g z)$, где ρ — плотность пород, g — ускорение свободного падения [12].

В случае связи трещинно-порового пространства с дневной поверхностью (горизонтами поверхностных вод) флюидное давление является гидростатическим и значение $\lambda_v = 0,4$. На глубоких горизонтах земной коры флюидное давление является литостатическим и эквивалентно давлению вышележащего столба пород ($\lambda_v = 1,0$). Если в локальной области разломно-трещинной системы этот уровень приближается к значениям $P_f = \sigma_v + T_s$, то в ее сегментах, оптимально ориентированных в поле напряжений (находящихся в положении плоскости σ_1, σ_2), устанавливается режим декомпрессии (резкого спада давления до гидростатического). Это

вызывает подток флюидов вдоль разлома и из вмещающих пород, мобилизацию и осаждение вещества, а затем понижение проницаемости за счет выполнения трещинно-порового пространства минеральными агрегатами. По мере уменьшения объема, доступного для инфильтрации флюидов, давление в заполняемом пространстве постепенно приближается к литостатическому. Это приводит к хрупкому разрушению внутри- и приразломных областей, возникновению обстановки декомпрессии, подтоку новой порции флюидов, осаждению минералов, коагуляции трещинно-поровых каналов и т.д. Вариации прочностных, деформационных и фильтрационных параметров, которые особенно ярко проявляются при формировании бурундучных руд, иллюстрирует рис. 4.

Взаимосвязь между внутрипоровым давлением, каналами миграции флюидов, их составом и свойствами обоснована в концепции клапанного гидродинамического механизма разломной тектоники [10 и др.]. Этот механизм обеспечивает как стадийность формирования минеральных парагенезисов в разрывных дислокациях, так и подток кислородсодержащих поверхностных вод на глубокие горизонты разреза и их смешение с гидротермальными флюидами при наличии гидравлической связи разломов с поверхностью.

Наряду с этим эффективность реализации клапанного механизма при минералообразовании в ограниченном трещинно-поровом пространстве определяется не только геометрией этого пространства, напряженным состоянием среды, физико-химическими параметрами (составом) растворов и их равновесиями с породами, но

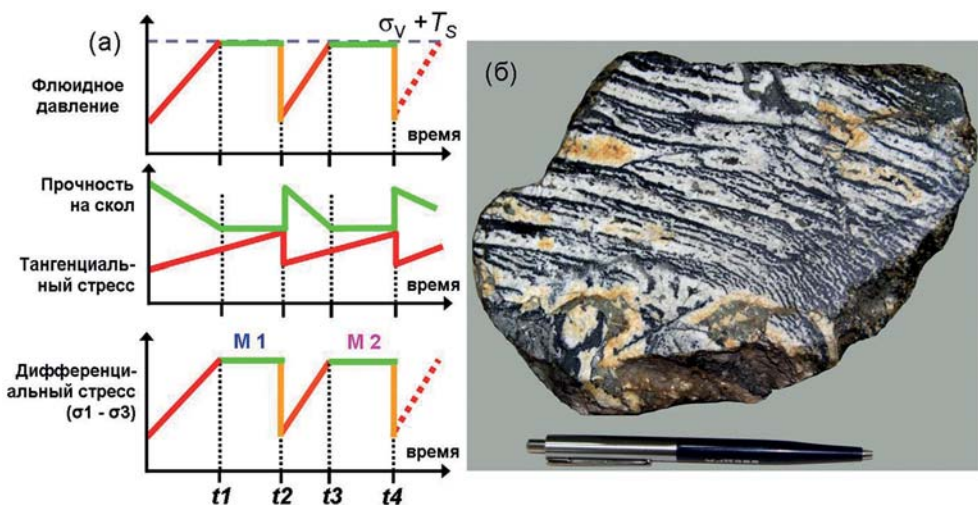


Рис. 4. Иллюстрация циклического механизма сейсмодетформаций и минералообразования: а — вариации флюидного давления (максимальный уровень определяется значением $\sigma_v + T_s$) и деформационно-прочностных параметров пород при последовательном (M1 и M2) отложении минералов (по [10]); б — галенит-сфалеритовая руда с бурундучной текстурой. Кадаинское полиметаллическое (свинцово-цинковое) месторождение, Юго-Восточной Забайкалье (музей ИГЕМ РАН)

также петрофизическими свойствами контактирующих пород.

Так, рассмотрение модели динамики прохождения импульса внешнего сжатия через толщу пород с различными упруго-прочностными параметрами показывает следующее. При прохождении из упруго-хрупкой среды в упруго-пластичную волна сжатия на их контакте частично отражается обратно в упруго-хрупкую среду как волна растяжения, тогда как ее остальная часть проходит в упруго-пластичную среду как волна сжатия. В противоположность этому при прохождении из упруго-пластичной среды в упруго-хрупкую падающая, отраженная и проходящая волны формируют возрастающую по амплитуде волну сжатия (рис. 5).

В этом случае из-за разнонаправленности векторов сжимающих усилий на контакте сред происходит разрыв сплошности с образованием трещин отрыва, что влечет за собой формирование дополнительного пространства, доступного для инфильтрации гидротермальных растворов и осаждения рудного вещества.

Пример. Влияние сейсмодеформаций на процесс рудообразования ярко проявлено на урановом жильно-штоковом месторождении Антей, расположенном в палеозойских (~250 млн лет) гранитах фундамента Стрельцовой кальдеры. Вверх по восстанию оно переходит в Центральный участок Стрельцовского месторождения, локализованного в породах осадочно-вулканогенного чехла (170–127 млн лет) кальдеры. Оруденение этих месторождений сформировано в процессе позднемезозойской (~135 млн лет) тектономагматической активизации. Рудные тела месторождения Антей приурочены к зоне крутопадающих разломов ССВ-ЮЮЗ (30°) простираения, включая разломы 13, 161, 160 и 160 г. Последние три оперяют разлом 13 со стороны висячего бока и вместе с ним составляют «ру-

доносную зону» мощностью 20–60 м. Верхняя часть рудоносной зоны располагается на глубине ~400 м, а низы ее подсечены бурением на глубине ~1300 м от дневной поверхности. В верхней части зоны развиты гнездово- и прожилково-вкрапленные настурановые руды, а в нижних частях наряду с настураном проявлен браннерит. Оруденение формируется в ореолах мезозойских гидротермально-метасоматических преобразований, включая дорудные (гидрослюдистые), рудо-сопровождающие (хлорит-гематит-альбитовые) и пострудные (каолинит-сметитовые и др.), которые контролируются разломами ССВ-ЮЮЗ простираения.

Реконструкция динамики изменения тектонического поля напряжений показала [3, 5], что процессы предрудной гидрослюдизации, формирования рудо-проводящих метасоматитов и рудообразования протекали в условиях преимущественного СЗ-ЮВ сжатия и левосторонних сдвиговых перемещений. В такой обстановке приоткрывались и заполнялись рудным веществом именно те сегменты разломов, которые расположены в плоскости σ_1, σ_2 .

В разрезе эти сегменты формируют крутопадающие рудные столбы с постоянно наблюдаемыми сложными порой неоднозначными взаимоотношениями между прожилковыми и прожилково-метасоматическими выделениями настурана, кварца, карбоната, хлорита и флюорита нескольких генераций. Это обстоятельство влечет за собой многолетние дискуссии относительно эволюции термобарических и физико-химических условий уранового рудообразования.

Представляется, что плодотворность дискуссий может возрасти, если рудообразующий процесс рассматривать в контексте взаимосвязи между цикличностью сейсмодеформаций, механизмом пульсационного поступления и разгрузки рудоносных растворов с соответствующими эффектами фазового расслоения, стягивания и растекания флюидопотоков, а также созданием структурных, петрофизических, геохимических и других барьеров, на которых происходит отложение минералов внутри каждого ритма (генерации) в зонах рудоконтролирующих разломов. Схематически данный подход иллюстрирует рис. 6, составленный по результатам картирования зоны разлома 160 на уровне 11 горизонта.

В целом формирование структуры месторождения Антей-Стрельцовское (рис. 7) вполне корректно объясняется тектонофизической и флюидодинамической моделями, которые предложены в работе [7] для эпитептермальных рудообразующих систем, эволюционирующих в сейсмогеодинамическом режиме.

Модель на рис. 7 отражает две основные стадии формирования сейсмогенных структур при активном участии флюидов. На первой стадии в деформи-

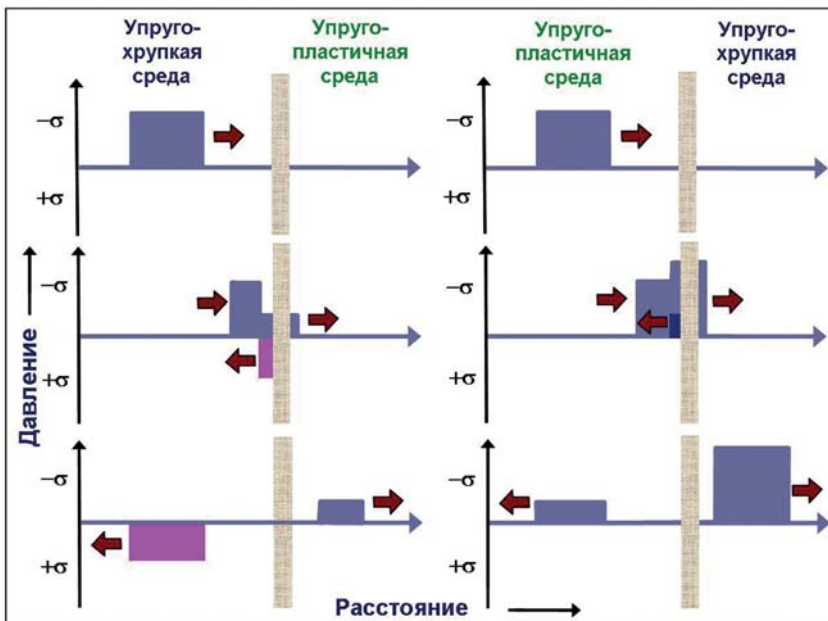


Рис. 5. Динамика прохождения импульса внешнего сжатия через толщу пород с различными упруго-прочностными параметрами (по [4]). Давление формируется за счет растяжения (+σ) или сжатия (-σ)

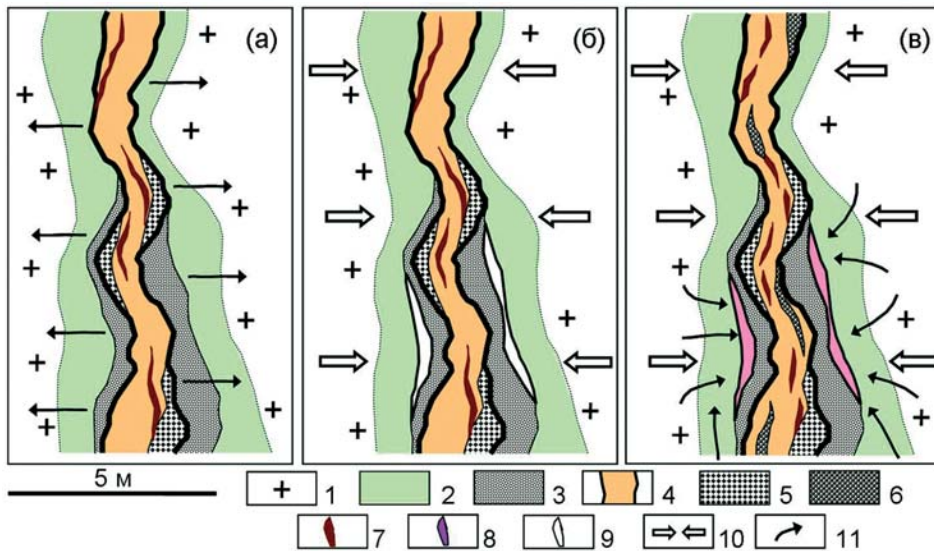


Рис. 6. Схема миграции флюидов и отложения рудного вещества в зоне разлома 160 (месторождение Антей, горизонт 11) на межсейсмической (а) и косейсмической (в) стадиях сейсмического цикла с формированием трещин отрыва вдоль сместителя на границе раздела деформируемых упругих сред в досейсмическую (б) стадию: 1 — вмещающие граниты; 2 — гидрослюдзиты; 3 — окварцевание; 4 — сместитель (ядро) разлома с глиной трения, ранними (5) и поздними (6) брекчиями; 7–8 — рудная минерализация: 7 — ранняя, 8 — поздняя; 9 — трещины отрыва; 10 — вектор сжатия; 11 — направление перемещения флюидов

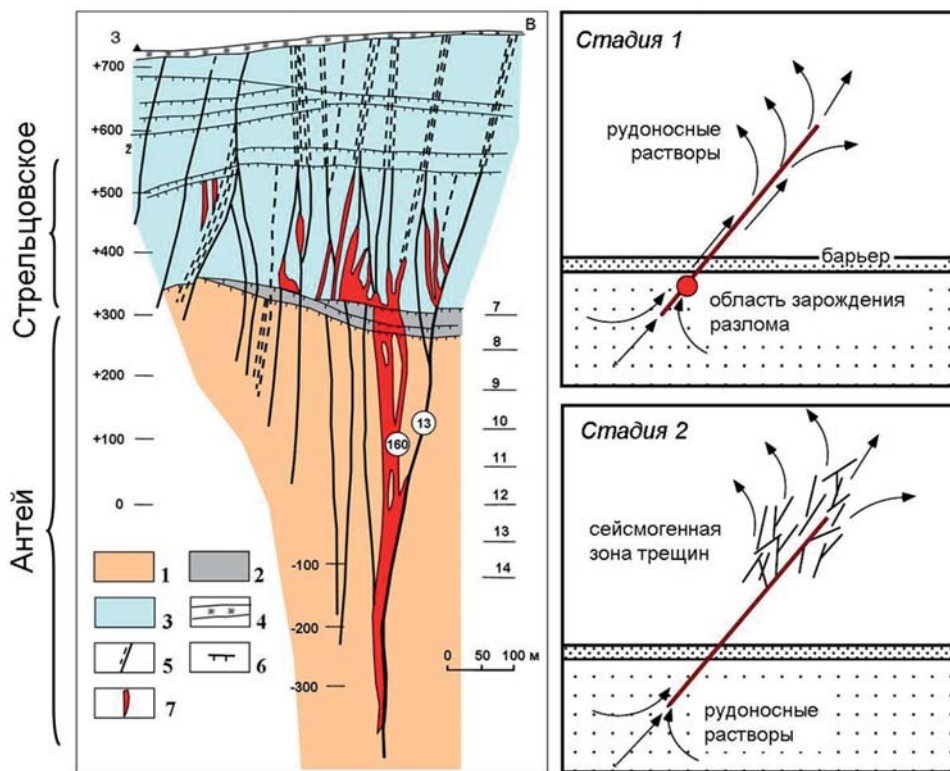


Рис. 7. Слева — месторождение Антей и Центральный участок месторождения Стрельцовское в схематическом разрезе восточного блока Стрельцовской кальдеры (по [1]). Справа — модель формирования разломно-трещинной зоны при реализации пульсационно-ритмичного (клапанного) гидродинамического механизма разломной тектоники (по [7]), объясняющая морфоструктурные особенности месторождений: 1 — граниты фундамента; 2 — базальный горизонт; 3 — осадочно-вулканогенные породы чехла; 4 — четвертичные осадки; 5 — основные крутопадающие разломы и их номера; 6 — основные пологие срывы; 7 — рудные зоны и отдельные тела. Указаны шкала высот над уровнем моря и номера горизонтов горных выработок

руемую область зарождения разломной зоны стягиваются гидротермальные растворы на фоне повышенных скоростей деформирования и развития дилатансии. Растворы создают избыточное флюидное давление под малопроницаемым экраном, который в итоге прорывается разломом в том числе в результате гидроразрыва. Вдоль разлома происходит быстрый декомпрессионный дренаж растворов, создающих в верхней концевой части избыточное давление и способных выступать в качестве триггера для афтершоков, что способствует формированию систем трещин в этой области геологического разреза. В свою очередь, дилатансионные процессы в этой области обеспечивают условия для перетока (перекачки) порций гидротермальных растворов из нижних частей сейсмогенной разломной зоны в ее верхние сегменты.

Интересно, что изучение состава и свойств флюидных включений в милонитах разломной зоны Тинос Айленд убедительно иллюстрирует возможность реализации вышеописанного клапанного механизма [9]. В этой работе показано, что изотопный состав кислорода и соленость флюидов во включениях в кварце, захваченных на межсейсмической стадии сейсмического цикла при литостатическом флюидном давлении ($\lambda_v=1,0$), указывают на обстановку регионального метаморфизма. В противоположность этому, флюидные включения в кварце и кальците, захваченные на косейсмической и постсейсмической стадиях сейсмического цикла при гидростатическом давлении ($\lambda_v=0,4$), свидетельствуют о поступлении флюидов из внешнего резервуара. Этот и многие другие примеры показывают, что детальное изучение состава и свойств флюидов, а также структурной

приуроченности флюидных включений в минералах является важнейшим инструментом для реконструкции флюидодинамических условий рудообразования на различных этапах тектогенеза.

Заключение

Краткое обобщение результатов изучения деформационных, напряженного состояния, упруго-прочностных и фильтрационно-емкостных параметров среды на различных стадиях сейсмического процесса и анализ данных по эталонным жильно-штоковковым урановым месторождениям Антей-Стрельцовское показывает следующее. Оценку масштабности проявления рудообразующих процессов в рудных полях и месторождениях, связанных с дизъюнктивными дислокациями, необходимо проводить на основе реконструкции интенсивности и последовательности проявления тектонических событий, механизмов формирования разномасштабных деформационных структур и динамики циркуляции рудоносных растворов. Для расшифровки этих взаимосвязей целесообразно привлекать данные по цикличности проявления сейсмодетонаций, пульсационному механизму поступления рудоносных флюидов в сегменты разломов, оптимально ориентированные в поле напряжений и природе барьеров (структурных, петрофизических, геохимических, температурных и др.), на которых или в связи с которыми происходит минералообразование в различных участках зоны рудоотложения. Особенно ярко все перечисленные процессы выражены на гидротермальных урановых месторождениях в вулканотектонических структурах, являющихся наиболее активными концентраторами восходящих флюидопотоков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ищукова, Л.П. Урановые месторождения Стрельцовского рудного поля в Забайкалье / Л.П. Ищукова. — Иркутск: Типография «Глазовская», 2007. — 260 с.
2. Кочарян, Г.Г. Геомеханика разломов / Г.Г. Кочарян. — М.: ГЕОС, 2016. — 424 с.
3. Лаверов, Н.П. Урановое месторождение Антей — природный аналог хранилища ОЯТ и подземная геодинамическая лаборатория в гранитах / Н.П. Лаверов, В.А. Петров, В.В. Полуэктов, Р.М. Насимов, Й. Хаммер, А.А. Бурмистров, С.И. Щукин // Геология рудных месторождений. — 2008. — Т. 50. — № 5. — С. 387–413.
4. Мелов, Г. Образование ударных кратеров: геологический процесс / Г. Мелов. — М.: Мир, 1994. — 335 с.
5. Петров, В.А. Тектонофизика гидротермального рудообразования: пример молибден-уранового месторождения Антей, Забайкалье / В.А. Петров, Ю.Л. Ребецкий, В.В. Полуэктов, А.А. Бурмистров // Геология рудных месторождений. — 2015. — Т. 57. — № 4. — С. 327–350.
6. Ружич, В.В. Очаг землетрясения как объект геологического изучения / В.В. Ружич // Физика Земли. — 2009. — № 11. — С. 60–68.
7. Cox, S.F. Coupling between deformation, fluid pressures, and fluid flow in ore-producing hydrothermal systems at depth in the crust / S.F. Cox // Econ. Geol. 100th Ann. — Vol. — 2005. — P. 39–75.
8. Cowie, P.A. A healing-reloading feedback control on the growth rate of seismic faults / P.A. Cowie // J. Struct. Geol. — 1998. — Vol. 20. — № 8. — P. 1075–1087.
9. Famin, V. Ion probe and fluid inclusion evidence for co-seismic fluid infiltration in a crustal detachment / V. Famin, R. Herbert, P. Philippot, L. Jolivet // Contrib. Mineral. Petrol. — 2005. — Vol. 150. — P. 354–367.
10. Nguyen, P.T. Fault-valve behaviour in optimally oriented shear zones: an example at the Revenge gold mine, Kambalda, Western Australia / P.T. Nguyen, S.F. Cox, L.B. Harris, C.McA. Powell // J. Struct. Geol. — 1998. — V. 20. — № 12. — P. 1625–1640.
11. Scholz, C.H. The Mechanics of Earthquakes and Faulting / C.H. Scholz / Cambridge University Press: Cambridge, 1990. — 439 p.

12. Secor, D.T. Role of fluid pressure in jointing / D.T. Secor // Am. J. Sci. — 1965. — № 263. — P. 633–646.
13. Seront, B. Laboratory characterization of hydromechanical properties of a seismogenic normal fault system / B. Seront, T.-F. Wong, J.S. Caine et al. // J. Struct. Geol. — 1998. — V. 20. — № 7. — P. 865–881.
14. Sibson, R.H. Seismogenic framework for ore deposition / R.H. Sibson // Rev. Econ. Geol. — 2001. — V. 14. — P. 25–50.
15. Sibson, R.H. Stress/fault controls on the containment and release of overpressured fluids: Examples from gold-quartz vein system in Juneau, Alaska; Victoria, Australia and Otago, New Zealand / R.H. Sibson, J. Scott // Ore Geol. Rev. — 1998. — № 13. — P. 293–306.

© Петров В.А., 2017

Петров Владислав Александрович // vlad243@igem.ru

УДК 553.495(470):553.06+553.041

Шумилин М.В. (АО «Атомредметзолото»)

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТИПА «НЕСОГЛАСИЯ»: СОВРЕМЕННАЯ ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И ПРОБЛЕМА ПОИСКА В РОССИИ

*Рассматривается новая генетическая модель, предлагаемая для месторождений ультрабогатых руд бассейна Атабаска (Канада). Критикуется положение об акцессорном источнике урана и выдвигается гипотеза о поступлении его в бассейн в фазе растворов, обогащенных за счет наличия в области питания вод первичных концентраций урана. С позиций такой модели проводится сравнение месторождений Канады и объектов сходного типа в Африке и России (Карху), и обращается внимание на различия в строении выполняющих бассейны толщ, определяющие различие условий циркуляции вод. Анализируются перспективы выявления месторождений канадского типа на территории северо-запада России. **Ключевые слова:** уран, тип «несогласия», генетическая модель.*

Shumilin M.V. (Atomredmetzoloto)

FIELDS SUCH AS «DISAGREEMENT»: MODERN GENETIC SKYE MODEL AND THE PROBLEM OF SEARCH IN RUSSIA

*The new genetic model offered for the deposits of very rich ores of Atadasca basin (Canada) is considered. Position of the accessory source of uranium is criticized. Expected that uranium was passed to basin as dissolved faze, which was enriched of uranium by primary concentrations in rocks. From this conception, Canadian deposits are compared with the similar objects of Africa and Russia. Attention applies on distinctions in the structures of sediments of basins and differences of water dynamic. Perspectives of discovers of Canadian types of deposits in Russia are analysed. **Keywords:** uranium, the type of disagreement, genetic model.*

Обобщение зарубежных материалов по урановым месторождениям типа «несогласия» было впервые выполнено Г.В. Пакульнисом и автором в 2007 г. [1]. По опубликованным к тому времени данным складывалось впечатление, что эти месторождения могут рас-