

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ «СИБИРСКОЕ СОГЛАШЕНИЕ»  
АДМИНИСТРАЦИЯ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ  
КОМИТЕТ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ПО ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ  
РОССИЙСКОЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО



# МАТЕРИАЛЫ

## РЕГИОНАЛЬНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ГЕОЛОГОВ СИБИРИ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА И СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

ТОМ I

Региональная геология

Геология нефти и газа

Гидрогеология и инженерная геология

Нормативно-правовое регулирование природоресурсных отношений

Геологическое и горное образование

Технология и техника геологоразведочных работ, горное дело

глошением подводимой механической энергии, превращаемой в тепло и в потенциальную энергию искаженной решетки кристаллов [5]. Поглощение энергии составляет от 10 до 15% от полной работы деформации, а при динамическом действии силы оно достигает 21% работы. Наоборот, при невозможности пластической деформации происходит накопление упругой энергии, запас которой способен вызвать хрупкому разрушению нагруженной системы [6].

В земной коре и литосфере наиболее предпочтительным направлением для пластической деформации является земная поверхность. В частности, именно по этой причине и растут горы. Наоборот, в горизонтальном направлении, параллельном складчатым зонам, пластическая деформация ограничивается гораздо большим боковым сопротивлением. В этом направлении происходит как бы охрупчивание горных пород, ведущее к снижению их сопротивления - разрушению. Иными словами, в условиях неравномерного объемного сжатия проявления пластичности и хрупкости материала становятся зависимыми от направления, т.е. в материале возникает наведенная анизотропия механических свойств, вызванная неравномерным механическим напряжением. Неравномерность механических напряжений в изотропном материале вызывает неравномерность всех других

его механических свойств и материал становится анизотропным. В этом смысле механическое напряжение можно считать физическим свойством материала, определяющим все его механические свойства, в первую очередь такие, как пластичность и хрупкость. Их значения в условиях неравномерного объемного сжатия становятся неодинаковыми в разных направлениях.

Именно это обстоятельство, т.е. наведенная анизотропия горных пород, обуславливает возможность одновременного образования вязких срезов  $s_1 - s_2$  и хрупких сколов  $s_3 - s_4$  под действием соответственно главных касательных напряжений  $\tau_1$  и  $\tau_2$ . Образование трещин под действием бесчисленных промежуточных между  $\tau_1$  и  $\tau_2$  касательных напряжений невозможно в силу наведенной анизотропии.

Описанная система общих тектонических трещин образуется под действием тех же тектонических сил, что и разломы. Поэтому все сказанное о трещинах справедливо и в отношении разломов. Следовательно, мы можем констатировать, что осеподольные взбросы (надвиги, поддвиги) формируются в большинстве случаев как вязкие срезы. Накопления упругой энергии в значительном масштабе при их образовании не происходит. Оседиагональные и осеперпендикулярные разломы образуются как хрупкие сколы с предшеству-

ющим накоплением упругой энергии и последующей упругой отдачей, которая, по Г.Ф.Риду [7], и вызывает землетрясения.

Изложенные соображения справедливы, в основном, для средних и больших глубин земной коры, где проявлению пластичности горных пород способствуют высокие температура и давление. В близповерхностных условиях на уровне неглубоких очагов землетрясений взбросы могут формироваться как хрупкие сколы, о чем свидетельствует Камчатское землетрясение 4 ноября 1952 г. (рис.2), вызванное неглубоким толчком (взбросовым смещением по Камчатскому разлому).

#### Литература:

1. Бениофф Х. Движения по крупнейшим разломам // Дрейф континентов. М. Мир, 1966. С. 75-104
2. Лубкин С.И. Пластическая деформация металлов. Т.ИИ. М.: Металлургияиздат, 1960. 306 с.
3. Ходжсон Дж.Х. Движения земной коры по сейсмическим данным // Дрейф континентов. М. Мир, 1966. С. 42-74.
4. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел. Т.И. М.: Мир, 1969. 863 с.
5. Кузнецов В.Д. Физика твердых тел. Т.ИИ. Томск: Всеобуч, 1941. 771 с.
6. Фридман Я.Б. Закономерности разрушения твердых тел применительно к задачам тектонофизики // Проблемы тектонофизики. М.: Гостеолиздат, 1960. С. 85-90.
7. Эйби Дж. А. Землетрясения. М.: Недра, 1982. 264 с.

## РЕЗОНАНСНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ФОРМИРОВАНИИ КОЛЫВАНЬ-ТОМСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ЗОНЫ\*

Геодинамические процессы, развивающиеся в зоне перегиба земной коры, характерным примером которой является Колывань-Томская складчатая зона (КТСЗ), определяются, с одной стороны, механикой деформаций кристаллического основания земной коры и, с другой, масштабами плавления по контакту всплывающего разуплотненного мантийного тела и пород основания коры. Впрочем, оба эти процесса имеют единую причину, поэтому прежде чем перейти к исследованию механики, включая резонансные эффекты разрушения основания коры, необходимо остановиться на сущности генеральных явлений в более обширной области литосферы.

Многочисленные дискуссии относительно роли эндогенных и экзогенных процессов в формировании облика планеты свидетельствуют о значительном объеме накопленного эмпирического материала. Однако рациональный, основанный на логическом анализе синтез имеющихся данных не является достаточным условием для генерации адекватных представлений, что в самом общем виде установил в свое время И. Кант. Формирование нового знания необходимо связано с привлечением «иррациональных» моделей и гипотез. Иррационализм последних, как правило, принимается следующими этапами процесса по-

Локтюшина А.А., Маванков А.В.

Томский государственный университет, Томск

\* печатается в порядке дискуссии (прим. ред.)

знания, либо является следствием переноса представлений отдаленных научных отраслей науки и по сути иррациональным не является. Одно из таких интегрирующих научных направлений представляет *географическая геодинамика* (Локтюшина, Мананков, 1996; Мананков, Локтюшина, 1999), позволяющая исследовать геологические структуры и физические поля как пространственно-замкнутые динамические структуры.

В последние десятилетия возродился интерес к идее А.Вегенера в виде гипотезы неомобилизма, что весьма положительно сказалось на интеграции накопленных в течение века знаний. Вместе с тем, даже мастиные сторонники этого направления отчетливо представляют нерешенность целого комплекса проблем, наиболее важные из которых касаются механизма, вызывающего само движение плит. Более того, представления о подвижности плит содержат в себе внутреннее логическое противоречие, состоящее в том, что под действием вполне реальных физических центробежных сил материи уже должны были давно струливаться в виде экваториального пояса планеты. Действительно, различие скоростей вблизи полюсов и экватора достигает 450 м/с. Следовательно, необходимо привлечение новых дополнительных условий для сохранения и развития концепции. Возраста-

ние мощности континентальной коры, а соответственно и вязких сил со стороны астеносферы не являются убедительным аргументом. С другой стороны, совокупность данных о строении океанического дна и островодужных комплексов показывает, что значительных признаков, подтверждающих субдукцию, не наблюдается. На дне желобов нет струженных осадков, более того, они тяготеют скорее к структурам растяжения, чем сжатия.

В качестве генерального механизма процессов горообразования и примыкающих областей перегиба земной коры можно рассматривать охлаждение астеносферного вещества в рифтовой зоне под долгоживущими разломами основания коры. Охлаждение связано с потерей мантийным веществом летучих компонентов, которые, в первую очередь, представлены гидроксидом и водородом в форме геохимически активных флюидов. Можно говорить, что именно этими потоками обусловлен в значительной мере глубокий метаморфизм осадочных толщ вблизи разлома, сопровождающийся перераспределением и концентацией имеющихся в них углеводородных и рудных компонентов. Под действием существенно восстановительной обстановки, обусловленной составом флюидов, осуществляется гидрогенизация биогенных органических остатков и обогащение их вновь обра-

зованными, в результате восстановления карбонатных отложений, дополнительными фракциями углеводородов. Неорганическая часть продуктов восстановления создает условия для полимеризации основной массы карбонатов с образованием массивных мраморизованных и доломитизированных тел. Другие продукты восстановления, в первую очередь, перегретые пары воды являются эффективным транспортом для элементов группы железа и других металлов, образующих в «зоне разгрузки» условия для эпигенетического оруденения, а освободившаяся вода обеспечивает ювенильное питание подземных источников и гидросферы. В силу общности причин рудные и углеводородные месторождения образуют пространственно сопряженные рудно-углеводородные ассоциации. Эти полезные ископаемые не являются ни первичными, ни окончательными, хотя часть из них (ранние углеводороды) представляет промышленный интерес.

Дальнейшая эволюция обусловлена разуплотнением и всплытием остывшего мантийного вещества. При этом перекрывающие восходящий купол породы в более-менее похожем на исходное состояние виде оказываются в центре поднятия. Наиболее активному воздействию в это время подвергаются вмещающие породы на спадающих крыльях этого тела, которое по праву можно именовать мегаллутоном. Его всплытие, таким образом, сопровождается образованием линейной или дуговой структуры поднятия, формирующей в центральной осевой части грабен, окаймленный вулканическими постройками характерного состава. Скольжение слоев земной коры по крыльям мегаллутона не только инициирует вулканические процессы, но и создает существенные тангенциальные давления на сопряженные участки. В условиях массивного континента происходит его консолидация, однако, в подводных условиях более вероятно развитие рифтовых структур за счет интенсивного охлаждения с существенной раздвижкой коры. В конечном итоге подобные структуры превращаются в грандиозные горные системы.

В отличие от статических напряжений в центральной (осевой) зоне мегаллутона, спадающие крылья испытывают скольжение по основанию коры. В результате этого развиваются очаги магматизма со значительным перегревом. При этом в состав магм в равной мере поступают как мантийное, так и коровое вещество, между которыми не всегда образуются помогенные смеси и расплавы. Основным, по мнению многих исследователей, является тепловое воздействие на вмещающие породы, в то время как собственно магматический материал составляет относительно небольшой объем преобразованного вещества. Под действием тепловых потоков и деструкции породы коры претерпевают значительные изменения. Так, углеводороды, теряя газообразные кровли, испытывают крекинг с образованием битумов, угля, а в непосредственной близости от очага

графитизируются. Рудные компоненты, начиная с лимонита и сидерита, при тепловом воздействии превращаются в оксидные формы - гематит, магнетит и др., образующие практически значимые рудные залежи, перемежаемые излившимися лавами.

На периферии мегаллутона подобные процессы менее выражены, но выплавка пород и их поднятие по разломам и трещинам в породах основания коры имеют место, образуя системы слепых дайковых тел. Последние в процессе денудации выходят на поверхность. Особый интерес в связи с оруденением представляет морфология зон перегиба, основную роль в формировании которой играют процессы разгрузки напряжений в деформируемой коре, ответственные за закономерности в распределении разрывов и трещин.

Абсолютное большинство рассматриваемых ныне механизмов геодинамических процессов основывается лишь на мнении о статическом характере механических напряжений, разгрузка которых приводит к различного рода перемещениям участков земной коры. Исключение составляют только быстропотекающие процессы типа землетрясений, вулканизма, которые, в свою очередь, являются лишь результатом этой разгрузки. Однако статические напряжения формально допустимо рассматривать в модели сплошной среды. Реальные среды сплошными не являются, как на макро, так и на микроуровне. Элементы геологической среды находятся в постоянном принципиально неустойчивом движении, начиная от атомного и субатомного уровня. Поэтому напряжения могут быть лишь квазистатическими, имея динамическую природу. В связи с этим, морфология любых тел, включая геологические, имеет по существу динамическую природу, и основные усилия следует направить на выявление, в первую очередь, природы образования стабильных форм динамических структур.

Известно, что суперпозиция плоских и объемных когерентных колебаний с кратными частотами сопровождается формированием полей, мало меняющихся во времени, что, как правило, интерпретируется как статические поля, ответственные за морфологию. В случае интерференции колебаний, которые могут быть разложены на два нормальных, реализуются хорошо известные в механике фигуры Лиссажу. Трехмерные колебания образуют объемные структуры. В квазинепрерывной среде, ограниченной некоторой поверхностью, все высокочастотные колебания быстро отдадут энергию самым низкочастотным модам. Частотный спектр последних определяется геометрией поверхности и дисперсией среды. Развитие низкочастотного спектра (насыщение), например, в горных породах соответствует образованию структуры квазистатических напряжений. Особый интерес представляют узловые поверхности, напряжения по разные стороны от которых имеют противоположные направления, что приводит с течением времени к разрыву ква-

зиспλοшности. Узловая поверхность начинает играть роль новой внутренней границы, т.е. структура напряжений реализуется в вещественную структуру. Это явление имеет самый общий характер, проявляясь в развитии глобального линейamenta земной коры и вплоть до трещин остывания и кливажа. Причем, само геологическое тело может быть результатом последовательного внутреннего структурирования, каждый шаг которого сопровождается увеличением действующих частот, т.к. возникающие границы препятствуют диссипации их энергии в низкочастотные моды. В связи с этим развитие морфологических особенностей, начиная с планетарных, переходит в континентальные, реализуясь в виде скрытых разломов, инициирующих развитие геосинклиналей, иногда декорируемых руслами великих рек. Затем развиваются структуры следующего уровня, контролируемые морфологию региональных ландшафтов. Это структурирование зависит также и от процессов в сопряженных более зрелых структурах.

Иерархический процесс образования ограниченных геологических структур со все более высокими частотами собственных колебаний развивается вплоть до дисперсионных фаз. Следует особо подчеркнуть, что процессы структурирования на всех уровнях контролируются, в основном, собственными резонансными типами колебаний. Поэтому независимо от масштаба, структуры обладают свойством подобия, что определяет правомерность спекуляций фрактальной геометрии. Источники возбуждения колебаний могут иметь совершенно разную природу для иерархически отдаленных геологических образований. Так, для глобальных линейментов («великая геосинклиналь» по Дену), возможно, основной причиной является космическое взаимодействие. В то время как для возбуждения континентальных и шитовых колебаний наиболее важными оказываются, вероятно, периферийные динамические процессы, инициируемые эндогенными причинами, что подтверждается геологическими данными и находится в согласии с идеями многих исследователей. Тектоническая активность плит возбуждает колебания внутренних структур и слагающих геологических тел. При этом во всех случаях структуры различных масштабов имеют характер интерференционных муаровых узоров, возникающих при наложении когерентных колебаний. Окончательный вид структур существенным образом зависит от фазовых соотношений слагаемых колебаний, которые, в свою очередь, определяются вещественными (дисперсионными) и геометрическими особенностями, сформированными за предыдущую геологическую историю.

В рассматриваемой модели развитию так называемого островодужного этапа КТСЗ (Кунгурцев и др., 1998; и др.) предшествовало образование глубинного разлома с обрушением кровли и формированием глубоководного желоба. Примыкающие осадочные породы в это время были подвержены интенсив-

ной флюидной продувке, обусловившей их метаморфизм. Последовавший этап всплытия разуплотненного мантийного мегалитона как раз и соответствует этапу островодужного комплекса (ОДК), причем положение исходного глубинного разлома совпадает с рифтовой зоной, интерпретируемой теперь как глубоководный желоб.

Развитие динамических процессов на крыльях вспываемого тела (на фронте и в тылу ОДК) обусловило картину коллизонного характера, сопровождающуюся возникновением сети разрывов, заполняющихся магматическими расплавами разнообразного состава, поступающими из зон скопления. Именно переплавкой различных по составу пород объясняется широкий спектр магматических пород этого комплекса. Следует подчеркнуть, что образование исходного глубинного разлома в виде фрагмента кольцевой, а точнее тороидальной структуры, а также и развитие структуры разрывов, ныне продкорированных роями даек и руслами рек, является результатом резонансных сейсмических процессов, приведших к образованию вначале полей стационарных напряжений, зафиксированных впоследствии в геоморфологии КТСЗ. Металлогения и формирование всей совокупности полезных ископаемых обусловлены действием глубинных флюидов, позднее к ним добавилась (продолжающаяся донныне) продувка

из зон вторичного переплавления пород.

Некоторые представления о частотном наборе, определившем геодинамику КТСЗ, дают результаты измерений характерных периодов смены элементов рельефа, вертикальной зональности, дизъюнктивной тектоники. Так, структура КТСЗ в современном плане представлена практически ортогональной сетью тектонических нарушений и роев даек. С тектоническими нарушениями, ориентированными вдоль зоны, коррелируют чередования слагающих эффузивно-осадочных и метаморфических свит. Многочисленные рои даек уникального Томского ареала согласны с направлениями русел правых притоков р.Томи. Двумо-дальная периодичность тектонических нарушений и роев даек примерно одинакова и составляет порядка 10 и 15 км для тех и других, что соответствует частотам биений основных колебаний 0,5 и 0,3 Пц. Ортогональность сети нарушений и роев даек позволяет предполагать, что их характерные периоды соответствуют и мощности вмещающих отложений. При этом корни дайковых тел на глубинах порядка 10 и 15 км от дневной поверхности образуют мощные магматические тела.

Учитывая дугообразную форму КТСЗ и реальные размеры ее диаметра, можно предположить, что северо-западная часть пространственно-замкнутой тороидальной структуры трансформируется долиной р.Кеть (правого

притока р.Обь) и долиной р.Парабель (левого притока р.Обь). В районе их пересечения Нарымской скважиной 1-Р в интервале 2467-2473 м выявлены габбро-сиениты, в скважине 2-Р в интервале 2727-2778 м вскрыты монзониты и розовые граниты. Скважиной 3-Р в 20 км к западу от пос.Парабель в интервале 2736-2766 м закартированы черные глинистые сланцы, перекрывающие темно-серые кварциты.

Таким образом, использование методов голографической геодинамики для интерпретации геологической истории КТСЗ позволяет сделать вывод о ведущей роли резонансных механизмов с меняющимися спектрами частот, что, в свою очередь, открывает новые возможности в изучении закономерностей формирования земной коры и полезных ископаемых региона.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Кунгурцев Л.В., Федосеев Г.С., Широких В.А. и др. Геодинамические комплексы и этапы развития Кольвань-Томской складчатой зоны // Геология и геофизика. 1998. Т. 39. №1. С. 26 - 37.
2. Локтошин А.А., Мананков А.В. Пространственно-замкнутые динамические структуры. Томск. Изд-во ТГУ, 1996. 123 с.
3. Мананков А.В., Локтошин А.А. Основные направления развития геодинамики. Матер. совещания «Геодинамика и минералогия Юга Сибири». Томск, 1999. 10 с. (в печати).

## ГЛУБИННЫЕ КИМБЕРЛИТОКОНТРОЛИРУЮЩИЕ ЗОНЫ ВОСТОКА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Несмотря на большое количество работ по изучению связей кимберлитового магматизма с строением литосферы, многие вопросы структурного контроля алмазо-носных магматитов до сих пор не выяснены. Одной из наиболее актуальных остается проблема закономерностей локализации продуктивных и неалмазоносных кимберлитов. Однако проблему поисков коренных месторождений нельзя сводить к обнаружению кимберлитов и родственных им пород, поскольку это еще не гарантирует, что они будут содержать промышленное количество алмазов. Тому есть две причины. Первая - алмазы по отношению к вмещающим их труктам являются ксенокристаллами и формируются в других условиях. Вторая - их сохранность, до захвата и во время транспортировки кимберлитовой магмой в нестабильных условиях алмазы могут подвергнуться окислению [5]. Предполагается, что образование алмазов происходит при давлениях 50-60 кбар и температурах 900-1400°С, характерных для верхней мантии на глубинах 150-200 км. Кимберлитовые магмы формируются на глубинах, определяемых границей литосфера-астеносфера [3]. Следовательно, алмазоносные кимберлиты могут появляться только в кратонах, где подошва литосферы располагается на больших глубинах,

Манаков А.В.  
яНИП ЦНИГРИ АК «АЛРОСА», Мирный

по отношению к подвижным областям, в которых астеносферный слой проникает выше области стабильности алмаза. Под кратонами большинство исследователей понимают стабильные блоки литосферы, не подвергшиеся после консолидации значительным деформациям до момента внедрения кимберлитов. Породы - источники алмазов сконцентрированы в корневых частях древних (архейско-протерозойских) кратонов. Петрологическая модель алмазоносной кратонной области подразумевает наличие под кратонном корня (куля) стабильной литосферной мантии [6]. Граница между корнем и подстилающей астеносферной мантией может лежать в интервале 100-400 км. Необходимым условием доставки алмазов с таких глубин является наличие магмоводов, в качестве которых чаще всего выступают зоны разломов. Выделение глубинных кимберлитоконтролирующих зон как самостоятельных поисковых объектов основано на линейно-дискретном пространственном распределении глубинных магматитов, которое наблюдается в большинстве кимберлитовых провинций мира.

Якутская кимберлитовая провинция относится к одному из наиболее изученных методами глубинной геофизики регионов мира. Ее территория пересечена рядом профилей ГСЗ, отработанных с ядерными и химически-

ми взрывами, где получены данные, освещающие строение литосферы на глубину до 200-400 км. По ряду профилей в пределах провинции имеются данные высокоразрешающей сейсморазведки ГСЗ-ОГТ. Уникальными по детальности площадными работами ГСЗ покрыта южная часть провинции. На еще большей территории проведены региональные магнитотеллурические зондирования. Практически повсеместно выполнены съемки магнитного и гравитационного полей масштаба 1:200000. Эти материалы обеспечивают хорошую базу для интегрального моделирования глубинного строения Якутской кимберлитовой провинции, с помощью которого можно изучать распределение аномальных характеристик литосферы и проанализировать их связь с кимберлитовым магматизмом различной продуктивности.

Методика обработки геофизических данных состояла из построения карт кровли проводящего астеносферного слоя, поверхностей Мохо и кристаллического фундамента, рельефа внутрикорневых границ и мощностей корневых слоев. Помимо прямых определений для этого использовалось решение обратных задач способами деконволюции Эйлера, полного нормированного градиента. На основе физико-геологического моделирования рассчитывались составляющие поля