**ГЕОДИНАМИКА КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ РИФТОВ[[1]](#footnote-1)\***

Обсуждаются принципиальные модели развития континентальных рифтовых зон: кинематическая, петрологическая, сейсмологическая, астеносферного выступа, геотермические, деформации земной коры. В силу непротиворечивости вся совокуп­ность моделей образует единую комплексную модель континентального рифтогенеза.

В течение последних 20 лет в ИЗК СО АН СССР проводились комлексные геолого-геофизические исследования Байкальской и дру­гих континентальных рифтовых зон. Они выполнялись в рамках наци­ональных программ по международным проектам «Верхняя мантия» (1961 — 1971 гг.) и «Геодинамика» (1971 — 1980 гг.). Постоянными партнерами ИЗК в изучении Байкальского рифта были ИГиГ СО АН СССР и Восточный геофизический трест (ныне ПГО Иркутскгеофизика) Мингео РСФСР. Координация исследований Байкальского рифта осуществлялась Байкальской региональной секцией Научного совета по комплексным исследованиям земной коры и верхней мантии при ОГГГ АН СССР. Председатели региональной секции Н.А. Флоренсов (до 1973 г.) и Н.А. Логачев были членами рабочих групп обоих международных проектов.

Изучены морфология и структура рифтовых зон, соответствующие им вулканогенные и осадочные формации, глубинное строение земной коры и мантии Установлено, что в структуре рифтовых впадин нор­мальные сбросы сочетаются с пластическими изгибами поверхности кристаллического фундамента и что геологические формации отражают двухэтапность развития рифтовых зон, причем первый этап соответствует медленному росту сводовых поднятий и медленному развитию впадин, второй резкому углублению впадин и увеличению высоты окружающих поднятий [1, 2, 13, 25, 29, 34]. Показано, что рифты в своем развитии определенным образом приспосабливаются к структуре древ­него фундамента [24].

В Байкальской зоне обнаружено локальное утонение земной коры под впадиной Байкала [1, 4, 18], что в совокупности с особенностями геологической структуры и сейсмологическими данными о механизме очагов землетрясений [17] свидетельствует об образовании континен­тальных рифтов из-за растяжения земной коры при существенной роли пластических деформаций. Аномальные свойства верхней мантии под рифтовыми зонами [10, 21, 22 и др.] позволяют считать, что причина растяжения коры — внедрение в литосферу обширных астеносферных диапиров над восходящими конвективными течениями в мантии и последующее «растекание» таких диапиров в стороны [2, 5, 40]. В насто­ящее время впадина Байкала — одна из наиболее изученных в геотермическом отношении рифтовых депрессий [3, 6, 15, 16, 36]. Обнаружено, что региональные повышения теплового потока (ТП) над Байкальской рифтовой зоной невелики, а интенсивные геотермические аномалии яв­ляются локальными, что свидетельствует о неглубоком расположении создающих их источников тепла.

Сравнительно высокая геолого-геофизическая изученность объектов на разных материках позволила перейти к построению моделей струк­туры и развития континентальных рифтов. Опорным полигоном для этого принят Байкальский рифт. Его несомненное сходство с другими кон­тинентальными рифтами позволяет считать, что, эти модели описывают континентальный рифтогенез в целом. При разработках широко использованы данные по рифтовым зонам Восточной Африки, Центральной Европы и Северной Америки, с которыми сотрудники ИЗК знакомились при полевых исследованиях или экскурсионных посещениях.

**Кинематическая модель Байкальского рифта.** Первые проявления рифтогенеза в Восточной Сибири относятся к району Южного Байкала, где к настоящему времени образовалась наиболее глубокая впадина с максимальной для рифтовой зоны мощностью осадочных отложений. Формирование впадины началось в олигоцене, а возможно, даже в эоце­не [13]. По геологическим и сейсмологическим данным намечается, что в районе Байкальской впадины растягивающие напряжения ориенти­рованы довольно строго вкрест простирания новейших структурных форм [17]. Ситуация изменяется на флангах, где ось Байкальской риф­товой зоны приобретает субширотное простирание, а вектор растягивающих напряжений остается прежним.

В связи с этим чистое растяжение характерно только для района Байкала, а на флангах рифтовой зоны оно сочетается с левосторонними сдвиговыми перемещениями [26—28]. Формально ситуация на юго-за­паде, где субширотная Тункинская ветвь впадин соединяет южную око­нечность Байкала с северной оконечностью Хубсугула, сходна по кине­матике с трансформным разломом. Аналогичная обстановка фиксируется на северо-восточном фланге. Здесь по целой серии субширотных разло­мов отмечаются сдвиги, а в мелком масштабе сочетание впадин, межвпадинных перемычек и сдвигов соответствует внутреннему строению сдвиговой зоны, которую обычно получают при ее моделировании. На этом основании С.И. Шерман и К.Г. Леви [11, 27, 38] субширотные части рифтовой зоны рассматривают как трансформные разломы. Видимо, точнее следует говорить лишь о зарождающихся трансформных разломах в связи с тем, что сама впадина Байкала еще не является структурной формой, отвечающей типичной дивергентной границе плит, так как кора под ней хотя и утонена, но продолжает оставаться континентальной. Сам процесс континентального рифтогенеза в связи с невысокой скоростью его протекания представляет как бы затянувшуюся («законсервированную») начальную стадию разделения плит. Аналогом дивергентной, границы в рассматриваемом регионе служит сравнительно широкая полоса квазипластической деформации коры в зоне ее растяжения, осложненная образованием (либо обновлением) региональных разрывов. Аналогами трансформных разломов выступают субширотные сравнительно узкие сгущения региональных разрывов с хорошо выраженной сдвиговой компонентой и впадины на флангах, где субгоризон­тальное с.-з. растяжение сочетается с субгоризонтальным с.-в. сжатием, что вызывает левосторонние дифференциальные сдвиговые перемещения в сочетании с раздвижением. Разделение Байкальской рифтовой зоны на участки чистого растяжения и участки, на которых оно сочетается с дифференциальными сдвиговыми движениями, положено в основу нео­тектонического районирования данного региона [14].

Изучение геолого-геофизических параметров позволило установить парные корреляционные связи градиентов скоростей вертикальных движений с глубинной поверхностью Moxo, тепловым потоком, сейсмиче­ской активностью по A10 средней плотностью разломов и некоторыми другими параметрами [20]. Наиболее удовлетворительно зависимости можно объяснить существенным понижением квазивязкости земной коры в зоне рифта [26]. Этот вывод не снижает значения изучения отдель­ных разрывов, так как в верхнем слое кристаллической коры пластическое и квазипластическое течение осуществляется путем дифферен­циальных подвижек по серии сближенных разломов. Эти нарушения при продолжающихся движениях могут генерировать землетрясения [26]. Наиболее сильные по магнитуде землетрясения тяготеют к флангам рифтовой зоны, где преобладают сдвиговые смещения коры [27].

Деструкция земной коры при рифтогенезе отвечает законам разрушения упруговязкой среды. На этом основании выявлены зависимости между основными количественными параметрами разломов [26]. Они позволили разработать методические рекомендации по использованию параметров разломов при проведении геологосъемочных и геологораз­ведочных работ.

Рассмотренная кинематическая модель удовлетворительно объясняет современную геоморфологию, неотектоническую структуру, сетку разломов и сейсмичность Байкальской рифтовой зоны.

**Вулканогенные формации и петрологическая модель астеносферного диапира.** Базальтовые поля широко распространены в пределах континентальных рифтовых зон. Их связь с рифтогенезом носит парагенетический характер. Известные в Байкальской рифтовой зоне Саяно-Хамардабанское, Витимское и Удоканское поля развития вулканитов, относя­щихся к щелочной оливин-базальтовой формации, не обнаруживают тесной связи с рифтовыми структурными формами. Проявления базаль­тового вулканизма имеются и за пределами рифтовой зоны. Видимо, кайнозойский магматизм нужно связывать с новейшей активизацией Монголо-Сибирской горной страны в целом, а не с развитием собственно Байкальской рифтовой зоны, тектонический режим в которой, очевидно, представляет собой лишь частный случай более общего процесса текто­нической активизации. Районы проявления кайнозойского магматизма в Южной Сибири и Монголии вписываются в контуры проекции на зем­ную поверхность области аномальной мантии, установленной по сейсмо­логическим данным. Исключение представляет лишь плато Дариганга, базальты которого по геохимическим признакам несколько отличаются от базальтов Монголо-Сибирской горной страны [8].

Установленные в различных вулканических районах Байкальской рифтовой зоны извержения трещинного и центрального типов, горизонты пирокластического материала, линзы под- и межбазальтовых отложений, содержащие споро-пыльцевые спектры, позволили уточнить возраст и особенности базальтового вулканизма и выделить пять этапов вулканической деятельности: палеогеновый эффузивно-эксилозивный, миоцен- плиоценовый, эффузивный, эоплейстоценовый эксплозивный и эффузивный, плейстоценовый эффузивный, голоценовый эксплозивно-эффузивный [9].

Верхняя мантия в астеносферном выступе под рифтовой зоной со­стоит из шпинелевых лерцолитов с линзами пироксенитов, подстилаемых ниже 70 км гранатовыми лерцолитами. В соответствии с эксперимен­тальными данными эти породы — потенциальные источники базальтовых расплавов. В зоне Байкальского рифта и за его пределами базальтовая магма могла возникнуть за счет частичного плавления обогащенных глиноземом шпинелевых лерцолитов с участием флюидной фазы.

Образование магматических очагов в верхней мантии, вероятнее всего, связано с перераспределением напряжений при конвективных течениях и с общей гравитационной неустойчивостью, особенно в пре­делах ее аномальных областей. С термодинамических позиций наиболее благоприятны для плавления и концентрации легкоплавкой и флюидной фаз зоны пониженного давления, длительно существующие или периоди­чески появляющиеся.

Изучение кайнозойского вулканизма Байкальской рифтовой зоны приводит к заключению об отсутствии прямой связи между рифтогене­зом и вулканизмом в Восточной Сибири. Оба эти процесса отражают преобразование вещества на уровне кровли астеносферы. Петрологическая модель астеносферного диапира не является специфической моделью только для рифта, а отвечает общей картине кайнозойского магматизма Монголо-Сибирской горной страны.

Более четкие связи с рифтогенезом обнаруживают поля вулканитов в пределах Кенийской рифтовой зоны [12, 30—33]. На раннем этапе (миоцен — ранний плиоцен) магматизм проявился на площади всего Кенийского сводового поднятия. На позднем этапе наметилось «стяги­вание» центров вулканических излияний к осевому рифту. Эффузивы Кенийской зоны подразделяются на две формации: умеренно щелочную оливин-базальтовую и сильно щелочную базальтоидную с карбонатитами. Намечается уменьшение объемной роли пород второй формации на позднем этапе по сравнению с ранним этапом. В этом отражается рост высоты астеносферного выступа (т. е. уменьшение глубины зарождения магматических очагов) с развитием рифтовой зоны. Вместе с тем для Кенийской рифтовой зоны установлена зависимость родоначальных расплавов и петрохимии магматизма от крупных неоднородностей лито­сферы на стыке архейского Танганьикского щита и Мозамбикского складчатого пояса. Гетерогенность литосферы послужила главной причиной широкого развития здесь, большой группы кайнозойских щелочно-карбонатитовых центров и кимберлитоподобных диатрем [12]. Те и дру­гие приурочены к относительно «холодной» литосфере Танганьикского щита и замещаются к востоку, на территории Мозабикского пояса, уме­ренно щелочными оливин-базальтовыми сериями.

**Сейсмологическая модель низкоскоростных неоднородностей под континентальными рифтами.** По запаздываниям продольных сейсмических волн, приходящих на станции Прибайкалья от далеких землетрясений и больших взрывов, под горными районами Восточной Сибири и Запад­ной Монголии обнаружена низкоскоростная неоднородность мантии. Имеющиеся в настоящее время сведения о сейсмическом разрезе ман­тии позволяют полагать, что под Байкальской рифтовой зоной, Саянами, и, возможно, Хангаем аномальная мантия достигает подошвы земной коры [22, 40, 41]. Наиболее надежные сведения по запаздываниям сей­смических волн получены от взрывов в Неваде. В предположении о том, что недостаток скорости в пределах области аномальной мантии составляет 0,3 км/с, толщина ее оценивается в 300—400 км [22]. В силу ограниченности данных эта низкоскоростная неоднородность в мантии выделяется как единое тело. Мы полагаем, что оно соответствует ано­мальной части астеносферы, верхняя граница которой резко поднята под рифтовой зоной (литосфера здесь утонена).

Утонение литосферы свойственно и другим континентальным рифтовым зонам: Восточно-Африканской, Рио-Гранде, Провинции Бассейнов и Хребтов. В перечисленных регионах также фиксируются запаздыва­ния сейсмических волн [22].

По данным ГСЗ [10, 18, 21] отмечается слоистость верхней части области аномальной мантии, что, по-видимому, связано с дифференци­ацией вещества разогретой астеносферы.

**Модель развития астеносферного выступа.** Приведенные выше дан­ные по Байкальской рифтовой зоне показывают, что астеносфера обра­зует здесь выступ, кровля которого достигает раздела Мохо, где темпе­ратура должна быть около 1200°С [5, 10, 15, 16, 19, 36, 40]. Ширина кровли астеносферного выступа под Байкальской рифтовой зоной около 300 км. В ее пределах нет единой интенсивной региональной геотерми­ческой аномалии. Резко повышенные величины ТП тяготеют к рифтовым впадинам и зонам [2, 6, 16].

Если бы режим теплового поля был стационарным, то Байкальской рифтовой зоне соответствовала бы широкая региональная аномалия ТП интенсивностью около 2,2 ед. ТП. На большей же части рифтовой зоны, в промежутках между локальными аномалиями, значения ТП составля­ют 1,1 — 1,4 ед ТП, что мало отличается от cpeднего ТП на Сибирской платформе (1,0—1,1). Следовательно, аномальная мантия (вещество астеносферы с t ≈ 1200°С) появилась под разделом Мохо в рифтовой зоне сравнительно недавно, т. е. температурное поле здесь нестационарно.

Решения уравнения теплопроводности для нестационарного случая позволяют оценить время появления аномальной мантии под корой рифтовой зоны и проверить достоверность некоторых представлений о механизме развития астеносферного диапира. Для этого кроме приведенных выше сведений о региональном ТП и температуре астеносферы использовано значение температуры в нейтральной части коры, оцененное по глубине нижней границы магнитоактивного слоя [19, 37]. Эта глубина в рифтовой зоне равна 18,5 км. Если считать, что нижнее ограничение магнитоактивного слоя определяется точкой Кюри титаномагнетита — главного ферромагнетика в породах — и сопоставить рассматриваемый регион со стабильной Сибирской платформой, где тепловое поле близко стационарному, то температура на указанной глубине оценивается в 400-450°С [37].

В модели развития астеносферного выступа предполагалось, что его кровля двигалась вверх с глубины 120 км (нормальная толщина литосферы под Сибирской платформой), до 40 км (средняя толщина земной коры под рифтовой зоной) в течение 30 млн. лет, т.е. средняя скорость перемещения составляла 2,67 км/млн. лет. Если вертикальный цилиндр[[2]](#footnote-2)1 диаметром 300 км (ширина рифтовой зоны), высотой 100 км и с недостатком плотности 0,04 г/см3 всплывает под действием архиме­довой силы с такой скоростью, то эффективная вязкость литосферы должна составлять 1022 Па • с, что является вполне правдоподобным [5],

В качестве начальных условий использованы геотермические параметры, присущие стабильной части Сибирской платформы. Внедрение астеносферного выступа моделировалось принудительным смещением изотермы 1200°С с вышеуказанной скоростью. Считалось, что постоян­ство температуры на кровле выступа поддерживается за счет мелко­масштабной конвекции вещества астеносферы. Рост высоты выступа прекратился через 30 млн. лет. Поле температуры в литосфере и значения ТП через поверхность Земли рассчитывались на ЭВМ методом конечных разностей для всего периода движения кровли астеносферы и для некоторого достаточно большого отрезка времени после ее оста­новки (после достижения раздела Мохо). Оказалось, что для того, чтобыТП на поверхности Земли и температура на глубине 18,5 км достигли современных значений, после прекращения роста высоты астеносферного выступа должно пройти еще около 3,5 млн. лет [5, 7, 40]. Последняя оценка близка к продолжительности плиоцен-четвертичного («новобай­кальского») этапа усиления тектонических движений [1, 2].

Процесс роста астеносферного выступа в олигоцене — раннем плиоцене в первом приближении можно представить как всплывание в свя­зи с гравитационной неустойчивостью, вызванной подпиткой астено­сферы аномальным веществом, выносимым восходящим конвектив­ным потоком; следует полагать, что пространство в литосфере освобождалось главным образом в результате обрушения крупных блоков кровли. Истинное вязкое течение в литосфере играло второстепенную роль, о чем свидетельствует сравнительно небольшое ее растяжение. Величина последнего, необходимая для образования даже самых круп­ных впадин рифтовой зоны, не превышает 25 км, а ширина мантийного диапира составляет не менее 300 км. Подобные геометрические соот­ношения исключают возможность пассивного внедрения астеносферы в полость литосферы, образованную в результате растяжения под дей­ствием каких-либо внешних причин.

Замещение части литосферы астеносферой вызывало изостатическое воздымание территории, выразившееся в образовании Саяно-Байкальского сводового поднятия. Растекание астеносферного выступа в про­цессе роста его высоты, видимо, не происходило, так как всплывающее тело должно принимать форму, обеспечивающую минимальное сопро­тивление движению.

В позднем плиоцене астеносфера достигла подошвы земной коры, и движение ее вверх на широком фронте прекратилось, так как ее плот­ность больше плотности коры. С этого времени началось растекание выступа астеносферы в стороны благодаря стремлению механической системы к минимуму гравитационной энергии. В связи с особенностями структуры литосферы в Байкальской рифтовой зоне растекание проис­ходило в основном на ЮВ [4]. Это должно было увеличить скорость растяжения коры и углубления коры рифтовых впадин, что и отли­чает плиоцен-четвертичный этап развития рифтовой зоны от преды­дущего.

Таким образом, разработанная модель развития астеносферного вы­ступа согласуется с изложенными представлениями о геодинамике Бай­кальской рифтовой зоны, с последовательностью и продолжительностью основных геологических событий, с геотермическими и другими геофи­зическими данными. Концепция о медленном росте астеносферного вы­ступа подходит и для Кенийского рифта, где с ее помощью можно объяснить изменение химизма вулканитов со временем [12].

**Геотермические модели трещинных интрузий мантийного вещества в земную кору под впадиной Байкала.** Остановка движения вещества астеносферы вверх на широком фронте при достижении им раздела Мохо не означает, что оно вообще не может внедряться в кору. Если в послед­ней существуют зияющие трещины, то вещество астеносферы в силу зако­нов гидростатики должно подняться до так называемого уровня поверхности «свободной мантии». Эта поверхность располагается примерно на 6 км ниже уровня моря [19]. В связи с тем, что ширина трещин невели­ка по сравнению с их глубиной, конвекция астеносферного вещества в пределах трещин невозможна. Поэтому внедрившееся вещество на­чнет охлаждаться, кристаллизоваться и восстанавливать сплошность зем­ной коры.

Для выяснения возможности существования подобных трещинных интрузий в земной коре целесообразно рассмотреть локальные аномалии ТП, выявленные в последнее время благодаря существенному прогрессу в геотермической изученности Байкальской рифтовой зоны. Особенно детально изучено поле ТП в пределах впадины Байкала [3]. Во многих, местах оно искажено ультралокальными аномалиями, очевидно, связан­ными с гидротермальной деятельностью. Локальные аномалии шириной около 30—40 км выявляются при осреднении измеренных значений ТП способом скользящего окна шириной 10 км.

По-видимому, основной вклад в создание локальных геотермических аномалий вносят самые последние по времени внедрения. Если рассмат­ривать однократный акт внедрения, то при некоторых допущениях можно оценить размеры интрузий и время их внедрения, решая уравнение теплопроводности для нестационарного случая и варьируя параметрами той или иной интрузии для того, чтобы добиться наилучшего совпадения теоретической аномалии ТП с наблюдаемой. Внедрение интрузии в ее предполагаемом объеме моделировалось мгновенным повышением тем­пературы, а скрытая теплота кристаллизации — эквивалентным допол­нительным увеличением температуры. Если считать, что вещество ано­мальной мантии содержит 10% расплавленного базальта, то начальную температуру интрузии можно принять равной 1250°С. После внедрения интрузия начинала остывать, разогревая окружающие ее части коры и вызывая локальное повышение ТП на поверхности Земли. Во всех вариантах интрузии моделировались бесконечными по простиранию прямоугольными брусами (рассматривалась двумерная задача). Глубина верхней кромки принималась равной 6 км, что соответствует поверхно­сти «свободной мантии» [3, 7, 16].

Ширина интрузий и время внедрения подбирались для двух районов впадины Байкала, где геотермическое поле, изучено наиболее детально. В районе р. Селенга теоретическая аномалия теплового потока хорошо вписывается в доверительные интервалы осредненных его значений, перенесенных на центральный профиль, при ширине интрузии 8—10 км и времени ее внедрения около 3 млн. лет назад (поздний плиоцен). В районе Ушканьих островов соответствующие параметры интрузии составили 2,5 км за 0,7—0,8 млн. лет (четвертичный период).

Полученные данные о размерах и возрасте трещинных интрузий [3, 16] под Байкалом проверены магнитометрическим методом. Возможности для подобной проверки весьма благоприятны, так как первая интрузия внедрилась перед началом, а вторая — перед концом магнит­ной эпохи Матуямы. В эту эпоху (2,3—0,6 млн. лет назад) магнитное поле Земли имело направление, обратное современному. Магматические же породы приобретают высокую и стабильную намагниченность в маг­нитном поле Земли в момент их остывания ниже точки Кюри. Поэтому значительная часть интрузивного тела в районе дельты Селенги должна была приобрести обратную намагниченность и создать отрицательную магнитную аномалию. Тело же в районе Ушканьих островов остывало в основном в современную магнитную эпоху (Брюннеса) и должно вы­звать положительную аномалию.

На основе решения уравнения теплопроводности определены части интрузий, в которых температура опускалась ниже точки Кюри в эпохи Матуямы и Брюннеса, и по ним рассчитаны суммарные теоретические магнитные аномалии. Оказалось, что по знакам и форме они подобны аномалиям, зафиксированным в обоих районах гидромагнитной съемкой [7]. Тем самым магнитометрические данные подтверждают вывод о существовании в районе дельты Селенги верхнеплиоценовой, а в районе Ушканьих островов — четвертичной интрузии мантийного вещества в земную кору. Поскольку локальное повышение ТП отмечается и в дру­гих рифтовых впадинах, можно полагать, что кайнозойские трещинные интрузии существуют под всеми отрицательными структурными форма­ми этого типа. Для упрощения при моделировании в каждом районе рассматривалось одно интрузивное тело. Фактически же подобные гео­физические аномалии могут создавать и плотные рои даек. Наличие протяженной «большой дайки» или серии сближенных между собой дайковых тел и плутонов под осевым рифтом Кенийской зоны подтверждается значительной положительной аномалией гравитационного поля.

**Модель деформации земной коры при континентальном рифтогенезе.** Судя по геотермическому полю, разломы, которые, возможно, вмещают интрузии, имеют сравнительно небольшую длину и открывались, види­мо, не одновременно. Они заполнялись поступающем из мантии веществом, которое при кристаллизации восстанавливало сплошность коры и разогревало ее на прилегающих участках. Увеличение температуры приводило к уменьшению эффективной вязкости коры, приобретавшей возможность пластически деформироваться на узких участках с образо­ванием структуры типа «шейки». Именно утонение коры под впадинами при сохранении ее континентального типа и позволяет считать, что главным типом деформаций при формировании рифтовых впадин было растяжение коры.

Мы полагаем, что растягивающие силы действуют во всем сводовом поднятии, но растяжение коры происходит преимущественно в узких зонах, где она разогрета интрузиями, внедрившимися по кулисообразно расположенным разломам. Если моделировать земную кору вязким телом, то нетрудно опи­сать процесс такой деформации. Для сводового поднятия, находящегося в состоянии изостатического равновесия, напряжения растяжения, ко­торые действуют поперек этой структуры в результате гравитационного слайдинга литосферы и растекания линзы аномальной мантии, могут быть выражены через высоты свода, толщину литосферы и плотность коры, литосферы й аномальной мантии [23,39]. Эффективная вязкость коры в любой точке площади может быть найдена по этим напряжениям и по скорости деформаций, рассчитываемой по скорости современных движений во впадинах. Последняя характеристика известна далеко не по всей территории Байкальской рифтовой зоны. Однако эту трудность удалось обойти, ибо была обнаружена сильная корреляционная связь скоростей современных движений с глубинами рифтовых впадин [20].

С использованием перечисленных параметров построена карта плотности механической мощности (количество энергии, затрачиваемой в единицу времени на вязкую деформацию блока земной коры с единич­ной площадью). По конфигурации изолиний она подобна карте плотно­сти сейсмической мощности (энергии сейсмических волн, выделяемой землетрясениями в год с единицы площади), построенной по независи­мым сейсмологическим наблюдениям, проводившимся в течение 10 лет. Коэффициент корреляции между логарифмами сопоставляемых пара­метров при учете дисперсии сейсмической мощности составил около 0,7. На сейсмичность расходуется лишь несколько процентов мощности, затрачиваемой на общую деформацию, что является вполне правдопо­добным [23, 39].

Следует подчеркнуть, что мы моделировали лишь деформацию вяз­кого тела, не предполагающую возникновение разрывов, с которыми связаны землетрясения. Видимо, образование таких разрывов — это со­ставной элемент общей деформации, которую в первом приближении можно рассматривать как квазивязкую. Развиваемые нами представле­ния о механизме образования континентальных рифтов удовлетвори­тельно выдерживают проверку таким ярким проявлением геодинамики, как сейсмичность.

Хотя рассмотренные модели не исчерпывают всего многообразия геологических процессов, протекающих при континентальном рифтогенезе, однако все они комплексные, так как при их построении исполь­зованы и геологические, и геофизические данные. В силу непротиворечивости вся совокупность изложенных разработок, но сути дела, образу­ет единую комплексную модель континентального рифтогенеза.

Исследования сибирских геологов и геофизиков по проблеме кон­тинентального рифтогенеза, особенно по Байкальской рифтовой зоне, широко известны в нашей стране и за рубежом. В 1975 г. их результа­ты рассматривались на международном симпозиуме по рифтовым зонам Земли (Иркутск) и получили высокую оценку. Им посвящен специаль­ный выпуск международного журнала «Tectonophysics» (1978, v. 45, № 1). Десятки статей опубликованы в других международных журналах и тру­дах конференций и симпозиумов.

В современной геотектонике проблема рифтогенеза по-прежнему является одной из самых актуальных для познания закономерностей формирования структуры и эндодинамики внешних оболочек Земли. То, что удалось сделать коллективными усилиями за последние 15—20 лет в изучении Байкальской и других зон материкового рифтогенеза, — не­сомненный шаг вперед по сравнению с представлениями о происхожде­нии этих структур, господствовавшими до начала 60-х гг. Вместе с тем достигнутый на сегодня уровень, разработки проблемы — это лишь ос­нова для других работ по вскрытию новых фундаментальных закономер­ностей геодинамики и структурного развития Земли.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Байкальский рифт. М.: Наука, 1968.

2. Байкальский рифт. Новосибирск: Наука, 1975.

3. Голубев В.А., Осокина С.В. Распределение теплового потока и природа его локальных аномалий в районе озера Байкал. — Изв. АН СССР. Физика Земли, 1980, № 4.

4. Зорин Ю.А. Новейшая структура и изостазия Байкальской рифтовой зоны и сопредельных территорий. М.: Наука, 1971.

5. Зорин Ю.А. Об аномальной мантиии температурном режиме земной коры в Байкальской рифтовой зоне.— Изв. АН СССР. Физика Земли, 1979, № 9.

6. Зорин Ю.А. и др. Геофизические данные о позднекайнозойских интрузиях под Байкалом. - ДАН СССР. 1979, т. 249, № 1.

7. Зорин Ю.А., Осокина С.В. Модель нестационарного температурного поля земной коры Байкальской рифтовой зоны.— Изв. АН СССР. Физика Земли, 1981, № 7.

8. Кепежинскас В.В. Кайнозойские щелочные базальтоиды Монголии и их глубинные включения. М.: Наука, 1979.

9. Киселев А.И. и др. Вулканизм Байкальской рифтовой зоны и проблемы глубинного магмообразования. Новосибирск: Наука, 1079.

10. Крылов С.В. К положению границы Мохоровичича в зонах современнного рифтогенеза. — В кн.: Осн. пробл. рифтогенеза. Новосибирск: Наука, 1977.

11. Леви К.Г. Относительное перемещение плит в Байкальской рифтовой зоне. — Геол. и геофиз., 1980. №5.

12. Логачев Н.А. Вулканогенные и осадочные формации рифтовых зон Восточной Африки. М.: Наука, 1977.

1. \* Соавторы Н.А. Логачев, Ю.А. Зорин. Геология и геофизика. – 1982. – № 12. – С. 13–22. [↑](#footnote-ref-1)
2. 1 Весь удлиненный по простиранию рифтовой хоны астеносферный диапир можно предствить как совокупность таких цилиндров. [↑](#footnote-ref-2)