

ВРАЩЕНИЕ ЗЕМЛИ И ПЛАНЕТАРНЫЕ ЗОНЫ СКАЛЫВАНИЯ, СЖАТИЯ И РАСТЯЖЕНИЯ

Расцветаев Л.М., Тверитинова Т.Ю.

Геологический факультет МГУ, Москва, rascv@mail.ru, tvertat@yandex.ru

Вводные замечания

Крупнейшие структуры литосферы и мегарельефа земной поверхности располагаются закономерно по отношению к оси вращения Земли и конфигурации геоида. Установленные ещё классиками европейской геологии XIX в и первой половины XX в, эти закономерности были подтверждены, уточнены и проанализированы исследованиями географов и геодезистов, геологов и геофизиков новейшего времени [Географический сборник..., 1962; Каттерфельд, 1962, 1984; Проблемы планетарной геологии, 1963; Планетарная трещиноватость, 1964; Долицкий, 1967; Воронов, 1968; Надаи, 1969; Кропоткин, 1970; Хаин, 1973; Стовас, 1975; Tidal friction..., 1978; Проблемы глобальной корреляции..., 1980; Расцветаев, 1991; Pavoni, 1991; Bozhko, Goncharov, 1993; Тверитинова, 2004, 2010; Полетаев, 2005; Гончаров, 2006, 2007; Хаин, Гончаров, 2006; Ротационные процессы..., 2007; Гончаров и др., 2012; Ребецкий и др., 2016 и мн. др.]. Перечислим вкратце некоторые из этих закономерностей.

Структурный рисунок поверхности геоида и его динамическая интерпретация

Современное распределение океанов и континентов, подвижных поясов и стабильных областей, а также планетарных дизъюнктивных систем сдвигового, сдвигового и раздвигового типа закономерно вписывается в особенности ротационно обусловленной фигуры Земли как трехосного эллипсоида вращения. Все континенты, кроме Африки, расположены в зоне **«малого меридионального круга»** - сечения геоида, проходящего через ось вращения Земли и малые меридианы 105° в.д. и 75° з.д. Вдоль **«большого меридионального круга»**, проходящего через ось вращения и большую экваториальную ось геоида (15° в.д.–165° з.д.), группируются все три крупнейшие кольцевые структуры Земли – Циркум-Тихоокеанская, Циркум-Африканская и Циркум-Антарктическая, обрамлённые по своим периметрам планетарными системами сжатия и растяжения. Вдоль приэкваториальной зоны (в низких и средних широтах геоида) сконцентрированы субширотные структуры планетарного сжатия - крупнейшие складчатые системы континентальной коры (**«тетическая В-тектоника»** Г. Штилле) и не менее грандиозные субширотные сдвигосдвиговые структуры океанской коры (система трансформных разломов срединно-океанических хребтов и ложа океанов). Мировая система сбросо-раздвиговых структур литосферы (рифтовые зоны континентов и континентальных окраин, зоны океанского спрединга) в нижних и средних широтах имеет преимущественно меридиональные простирания, а в Периантарктическом секторе южного полушария - преимущественно широтные.

Субмеридиональные рифтовые системы и субширотные системы структур сжатия организуют «ромбическую симметрию» общей картины планетарных деформаций и определяют основное поле напряжений земной коры, характеризующееся меридиональной ориентировкой оси максимального сжатия и широтной – оси максимального растяжения. В эту геодинамическую систему хорошо вписываются сдвиговые дизъюнктивные нарушения диагональных (к широтно-меридиональной сетке) простираний и самой различной величины – от крупнейших диагонально-сдвиговых разломных зон и суперлинеаментов глобальной регматической сети до мелких сколовых трещин «планетарной трещиноватости» [Планетарная трещиноватость, 1964; Расцветаев, 1980; Каттерфельд, 1984]. Наиболее протяженные сдвиговые зоны пересекают Евразию и обе Америки в северо-запад – юго-восточном направлении, имеют протяженность до 10-12 тыс. км и правосдвиговый характер преобладающего смещения (Трансевразийская и Трансамериканская сдвиговые зоны); симметричные им левосдвиговые дизъюнктивные системы континентов (Белуджистан-Сибирская, Бревард-Кэботская, Танлу-Сихотеалинская и др.) имеют северо-восток – юго-западное простирание, причём в узлах сочленения разноименных планетарных сдвиговых систем часто образуются Y-образные парагенетические сочетания разноименных сдвигов со структурами растяжения.

Линейные дизъюнктивные системы являются проявлением одной из фундаментальных особенностей глобальной структуры земной коры - её **тектонической делимости**. Ортогональная система широтных дизъюнктивных структур сжатия и меридиональных структур растяжения (**«О-тектоника»**) и комплементарная ей система разноименных диагонально-сдвиговых структур северо-западного простирания (правых) и (левых) – северо-восточного простирания (**«Д-тектоника»**) –

составляют главный дизъюнктивный парагенезис земной коры – «структурный каркас», определяющий многие важнейшие черты строения литосферы: конфигурацию и очертание границ континентов и океанов, подвижных поясов и древних ядер стабилизации, расположение и простираание крупнейших зон концентрации деформаций сжатия, растяжения и сдвига.

Таким образом, наблюдаемый сегодня и сформировавшийся в позднеальпийскую эпоху (за последние 45 млн. лет) структурный рисунок линейных дислокаций земной коры свидетельствует о том, что во внешней оболочке геоида важную роль играет общая тектодинамическая обстановка тангенциального меридионального сжатия и широтного растяжения (**глобальное поле напряжений земной коры**). Это подтверждают и результаты специализированных полевых структурно-динамических исследований, основанных на изучении структурных парагенезисов кинематической трещиноватости и картировании конкретных структурных рисунков позднеальпийских деформаций, а также данные шахтной геологии о напряжениях *in situ* в массивах горных пород и сейсмологические данные об ориентировке тектонических напряжений в очагах землетрясений.

Природу этого глобального поля напряжений земной коры и связанного с ней закономерного структурного рисунка планетарных разломов исследователи связывают с осевым вращением Земли и изменениями режима этого вращения. Механическому исследованию проблемы посвящён целый ряд специальных работ, рассматривающих земную кору как тонкую нерастяжимую упругую [Долицкий и Кийко, 1963] или упруго-пластическую [Ребецкий и др., 2016] сферическую оболочку – относительно прочную внешнюю плёнку, которая покрывает вращающийся шар со свойствами вязкой несжимаемой жидкости. Ротационные напряжения в земной коре возникают под действием массовых тангенциальных центробежных сил, распределённых вдоль меридианов (максимальное сжатие) и параллелей (максимальное растяжение) и стремящихся переместить породы земной коры к экватору; величина этих сил, как и глубина проникновения внешнего глобального ротационного поля напряжений в литосферу Земли, достигает максимума на широте 45°, уменьшаясь к полюсам и экватору [Долицкий и Кийко, 1963; Ребецкий и др., 2016].

Структурные проявления «ромбической симметрии» земного шара наиболее четко выражены в низких и средних широтах, тогда как литосфера приполярных зон геоида имеет целый ряд отклонений от описанного выше глобального порядка. Таким отклонением является, прежде всего, **структурно-динамическая антисимметрия северной и южной полярных областей**, заключающаяся: 1) в антиподальности Антарктического континента и Арктического океана; 2) в «кардиоидной» [Каттерфельд, 1962] конфигурации осевого сечения геоида: южная полярная полуось оказалась короче северной; 3) в преобладании структур меридионального растяжения в Южном полушарии [Божко, 1992; Милановский и Никишин, 1988; Сывороткин, 2002] и структур меридионального сжатия – в Северном [Гончаров, 2007], что может быть связано с северным дрейфом внутреннего ядра по отношению к мантии [Баркин, 2005; Гончаров и др., 2012].

Другая важнейшая структурно-динамическая неоднородность литосферы заключается в ее **восточно-западной антисимметрии** [Pavoni, 1969, 1981; Моссаковский и др., 1998 и др.]: крупнейшей на планете области океанической литосферы (Тихий океан, обрамленный по периферии планетарным поясом активных океанических окраин – островодужных и окраинно-континентальных складчатых сооружений субдукционно-подвигового типа, сочетающихся со структурами сдвига и растяжения) в противоположном полушарии противостоит антиподально к нему расположенный Африканский континент, обрамленный Циркум-Африканским кольцом планетарных структур растяжения с элементами сдвига. Ниже будет показано, что эта фундаментальная восточно-западная структурно-динамическая неоднородность земной литосферы связана с эллипсовидностью экваториального сечения геоида, с планетарными флуктуациями литостатического давления в разделённых глобальными зонами скалывания тектодинамических секторах («квадрантах») мантии и с развитием Тихоокеанского и Африканского суперплюмов, природа которых связана с глубинной декомпрессией нижней мантии в квадрантах растяжения земного эллипсоида.

Глобальные зоны скалывания и Земля как единый эллипсоид деформации

Выше были приведены данные о том, что расположение на поверхности Земли и позднеальпийское развитие океанов и континентов, подвижных поясов и стабильных областей, а также планетарных дизъюнктивных систем сжатия, сдвига и растяжения закономерно относительно ротационно обусловленной фигуры геоида. В дополнение к этим достаточно общеизвестным положениям «планетарной геологии» [Наливкин, 1963] в работе [Расцветаев, 1980] были выделены ещё две крупные дизъюнктивные системы планетарного ранга – **глобальные зоны скалывания** («критические диагонали») геоида, выполняющие важную структуроконтролирующую функцию в

строении земной литосферы. Эти два планетарных пояса дизъюнктивных деформаций земной коры, ориентированные диагонально к широтно-меридиональной сети складчатых и рифтовых поясов нижних и средних широт и пересекающиеся на экваторе в районе Индонезийского и Южно-Американского гравитационных минимумов (в точках выхода на поверхность малой экваториальной оси земного эллипсоид), трактуются нами как проявление в структуре земной коры двух сопряженных зон глобального скалывания, сформированных под воздействием максимальных касательных напряжений вдоль «круговых сечений» трёхосного эллипсоида деформации Земли как единого целого [Расцветаев, 1980, 1991; Rastsvetaev, 1993; Расцветаев, Тверитинова, 2015]. Одна из них охватывает Восточно-Азиатскую зону левосдвиговых деформаций и Западно-Американскую зону правосдвиговых деформаций, плавно сочленяющиеся через дугообразные структуры сжатия в северной части Тихого океана. Вторая ветвь включает Черноморско-Индонезийскую зону позднеальпийских орогенных структур сжатия и правого сдвига, сопрягающуюся в центре Западной Европы с Альпийско-Карпатской складчато-надвиговой дугой и Альпийско-Пиренейской левосдвиговой складчато-разрывной зоной, которая далее протягивается через левокулисный ряд океанских структур Северной Атлантики до Колумбийских Анд. В южном полушарии эти зоны представлены трансензивными системами срединно-океанических хребтов и зон спрединга южного (Периантарктического) океанического бассейна.

Решающую роль в строении этих глобальных зон скалывания играют сдвиговые дизъюнктивы, образующие в низких и средних широтах две комплементарные системы разноименных диагональных сколов, а в средних и высоких широтах - системы субвертикальных взрывов взбросового или сбросового типа. При развертке в меркаторской проекции (рис. 1, 2) эти дизъюнктивные зоны образуют две симметричные синусоиды, делящие литосферу на четыре сектора – два сектора растяжения (с осью вдоль большой экваториальной оси) и два сектора сжатия (с осью вдоль оси вращения). Первые отмечены широким развитием структур растяжения (зоны активной магматической проницаемости, рифтогенные и сбросо-раздвиговые системы разломов), вторые характеризуются высокой концентрацией континентальной коры и её сильной деформированностью, клиновидными очертаниями континентов и, нередко, глубокофокусной сейсмичностью.

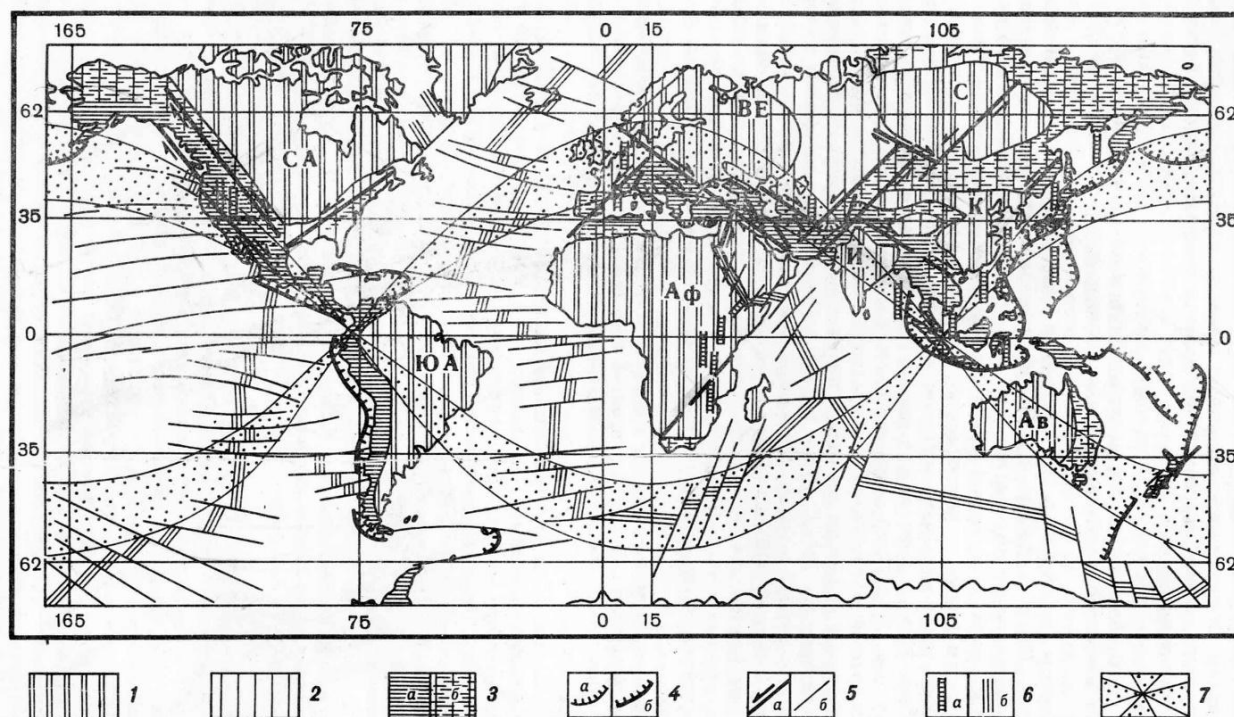


Рис. 1. Глобальные зоны скалывания («критические диагонали») Земли и их соотношение с крупнейшими структурами литосферы [Расцветаев, 1980].

Условные обозначения: 1-2 – доальпийские ядра стабилизации континентов: 1 – древние платформы (Ав – Австралийская, Аф – Африканская, ВЕ – Восточно-Европейская, И – Индийская, К – Китайская, С – Сибирская, СА – Северо-Американская, ЮА – Южно-Американская); 2 – молодые платформы; 3-6 – альпийские структуры: 3 – области проявления альпийской складчатости на континентах: а – более интенсивной, б – менее интенсивной; 4-6 – главнейшие дизъюнктивные системы на континентах (а) и в океанах (б): 4 – взбросы и надвиги, 5 – сдвиги и зоны сдвиговых деформаций, 6 – раздвиги и сбросо-грабеновые системы; 7 – зоны глобального скалывания геоида и узлы их пересечения

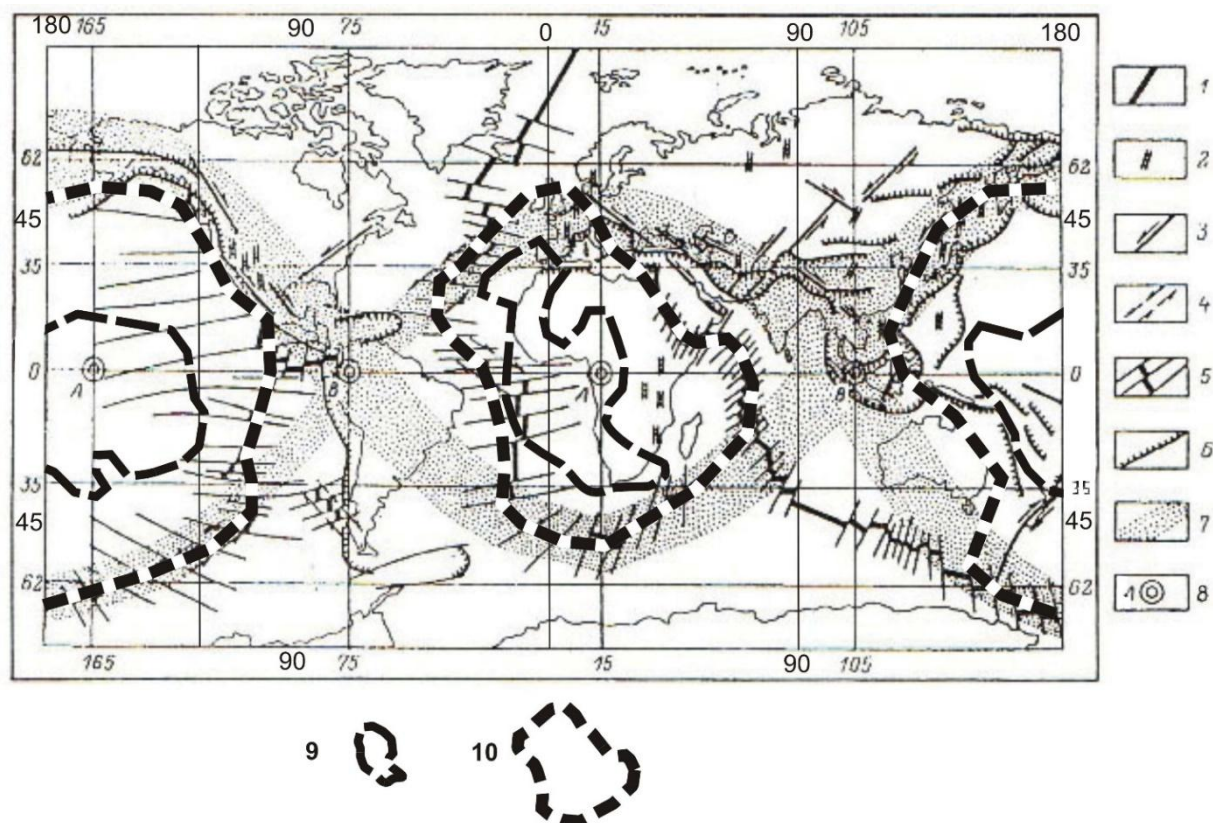


Рис. 2. Соотношение крупнейших разломных зон литосферы и глобальных зон скалывания [Расцветаев, 1991] с аномалиями скорости сейсмических волн в нижней и верхней мантии (по [Ritsema a.o., 1999]; сильно упрощено).

Условные обозначения: 1-2 – дизъюнктивные системы растяжения: рифтовые зоны океанов (1), материков и окраинных морей (2); 3-5 – сдвиговые системы разломов планетарного ранга: в континентальной литосфере (3) и в структурах океанического дна (4, 5); 6 – зоны сжатия: взбросо-надвиговые, поддвиговые и содвиговые дизъюнктивно-складчатые системы; 7 – области динамического влияния глобальных зон скалывания геоида на деформации земной коры; 8 – выходы на поверхность геоида большой (А) и малой (В) экваториальных осей земного эллипсоида; 9 – контуры Африканской и Тихоокеанской глобальных низкоскоростных аномалий нижней мантии (проекция на поверхность с глубины 2850 км); 10 – оси поясов низкоскоростных аномалий в верхней мантии (проекция на поверхность с глубины 500 км)

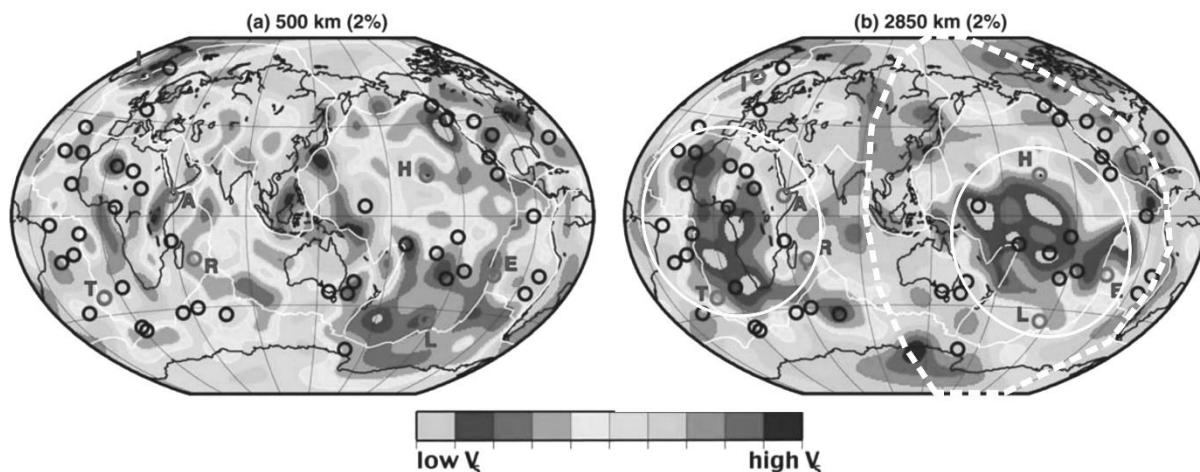


Рис. 3. Распределение горячих точек на поверхности литосферы (чёрные полые кружочки), низкоскоростных и высокоскоростных аномалий в мантии на глубинах 500 км (а) и 2850 км (б) [Courtillot et al., 2003; томография из Ritsema a.o., 1999].

Тонкие ломаные белые линии – системы рифтовых зон Земли; дополнительные линии на правом рисунке: белые круги – обобщенные контуры низкоскоростных Западно-Африканской и Тихоокеанской аномалий; жирный белый пунктир – ось глобальной высокоскоростной зоны в нижней мантии

Выявление глобальных зон скалывания и их связи с трёхосно-эллипсоидальной фигурой Земли позволило нам уподобить геоид трёхосному эллипсоиду деформации, широко употребляемому в структурной геологии для описания объёмного деформирования и разрушения массивов горных пород. в условиях действия девиаторных напряжений. В этом «общеземном» эллипсоиде деформации

малая (полярная) ось является осью сжатия *С*, а большая и малая экваториальные оси – соответственно осью растяжения *А* и промежуточной осью *В*. Глобальные зоны скалывания, играющие роль круговых сечений эллипсоида деформации, рассекают весь земной шар и разделяют его **на сопряжённые квадранты сжатия и растяжения** [Ажгирей, 1956]; эти зоны ориентированы под углом около 45–60° к плоскости экватора (плоскость *АВ* эллипсоида деформации) и оси вращения Земли (ось *С* эллипсоида деформации), пересекаются вдоль малой экваториальной оси геоида (ось *В* эллипсоида деформации) и по своему геологическому проявлению оказываются в структуре низких и средних широт разноименными сдвигами (северо-западного простирания – правыми, северо-восточного – левыми), а в средних и высоких широтах – радиальными взрезами. В приповерхностных частях земной коры эти взрезы преобразуются во взбросо-надвиговые (северное полушарие) или в сбросо-раздвиговые (южное полушарие) системы.

Представление о глобальных сколах заставляет внести поправку в общую реологическую характеристику геоида, считавшегося обычно почти идеальной фигурой равновесия вращающегося вязко-жидкого тела. Наличие глобальных сколов говорит о том, что при известных условиях геоид может рассматриваться, как хрупкое и упругое твердое тело значительной жесткости. Геолого-кинематические особенности глобальных зон скалывания свидетельствуют об осевом (полярном) сжатии земного эллипсоида в позднеальпийскую эпоху.

Роль глобальных зон скалывания и ротационных добавочных напряжений в распределении сейсмоскоростных неоднородностей мантии и внешнего ядра

Представления о глобальных зонах скалывания и о разделении земного эллипсоида на тектодинамически разные квадранты, ранее высказанные лишь как предположения, основанные на исследовании структурного рисунка земной поверхности и его связи с геодезической фигурой геоида [Расцветаев, 1980], сегодня подтверждаются ещё и весьма убедительными данными о распределении скоростей прохождения сейсмических волн в разных секторах нижней и средней мантии (рис. 2, 3).

Сейсмотомографическими исследованиями [Richards a.o., 1988; Su & Dziewonski, 1991; Pavoni, 1991; Ritsema a.o., 1999; Seidler a.o., 1999; Хаин и Гончаров, 2006; Гончаров и др., 2012 и мн. др.] в нижней мантии установлена приэкваториальная широтная зона пониженных скоростей сейсмических волн, состоящая из двух крупных низкоскоростных аномалий (Тихоокеанской и Индо-Атлантической), строго приуроченных к секторам («квадрантам») растяжения всеземного эллипсоида деформации и разделённых узкими пережимами в областях выхода малой экваториальной оси геоида. Отмечается, что аномально низкоскоростные области нижней мантии совпадают с центрами Африканского и Тихоокеанского суперплюмов и, одновременно, с зоной главного глобального растяжения вдоль оси *А* земного эллипсоида.

Большинство исследователей связывает формирование глубинных суперплюмов с «горячими зонами» нижней мантии [Courtillot et al., 2003; Richards a.o., 1988; Pavoni, 1991; Seidler a.o., 1999; Хаин и Гончаров, 2006 и др.]. Мы однако предполагаем, что в глубинных частях **квадрантов растяжения** происходит не разогрев, а частичная декомпрессия, разуплотнение и, возможно, незначительное подплавление пород нижней мантии. Соответственно и некоторое упрочнение («отверждение») нижней мантии в глубинных недрах **квадрантов сжатия** следует связывать не с прибытием сюда холодных литосферных слэбов, а с общим увеличением всестороннего давления на горные породы в соответствии с их тектодинамической позицией в структуре всеземного эллипсоида деформации. На рис. 2 и 3 отчетливо видно, что области пониженной скорости сейсмических волн в мантии заметно тяготеют к секторам геоида, окружающим большие экваториальные полуоси Земли, тогда как области малых экваториальных полуосей и приполярные области характеризуются повышенными скоростями сейсмических волн. Именно такая картина должна была возникнуть вследствие падения давления и частичного расплавления материала в квадрантах растяжения «общеземного» эллипсоида деформации. Любопытно также, что при сравнении ареалов областей пониженного давления в верхних (500 км) и нижних (2850 км) горизонтах мантии отмечается конусообразное сужение этих областей с глубиной; в нижней мантии аномально «плавкие» зоны отчётливо локализуются в центральных областях Африканского и Тихоокеанского квадрантов растяжения, фиксируя области максимального понижения общего литостатического давления. вдоль оси *А* глобального эллипсоида деформации. В средней и особенно верхней мантии низкоскоростные зоны становятся более узкими и кольцеобразно расходятся в стороны, образуя структуру конуса скалывания вокруг большой оси эллипсоида деформации. Здесь же локализуется большая часть известных на сегодня «горячих точек» (см. рис. 3).

На наш взгляд, данные сейсмической томографии свидетельствуют о том, что разделение Земли глобальными зонами скалывания на квадранты сжатия и растяжения является геологической реальностью и прослеживается на значительную глубину геоида - по крайней мере до подошвы мантии, а может быть и внешнего ядра (рис. 4). В связи с этим мы вправе предположить, что в нижней мантии Тихоокеанского и Африканского квадрантов растяжения преобладает субглобальная тектодинамическая обстановка относительно пониженного литостатического давления и, как следствие этого, возможность образования глубинных очагов декомпрессионного подплавления мантийных пород. Традиционная трактовка сейсмоскоростных аномалий в мантии как областей более горячей или более холодной мантии должна уступить место представлению о зонах относительно разуплотненной или более сжатой мантии.



Рис. 4. Принципиальная схема распределения планетарных зон скалывания, растяжения и сжатия в мантии Земли: схематический разрез геоида в меридиональном сечении 15° в.д. – 165° з.д. (т. е. в главной кинематической плоскости АС эллипсоида деформации Земли). Условные обозначения: 1 – зоны уплотнения нижней мантии в квадрантах сжатия, 2 – зоны растяжения и разуплотнения, декомпрессии и частичного плавления нижней мантии в квадрантах растяжения; 3 – суперплюмы, зарождающиеся в нижней и средней мантии вследствие декомпрессии центральных частей квадрантов растяжения; 4 – плюмы, зарождающиеся на разных мантийных уровнях в зонах глобальных сколов, раздвигов и содвигов, а также в локальных зонах понижения давления или повышения температуры; 5 – 6 – оси главных напряжений сжатия (5) и растяжения (6) земного эллипсоида; 7-8 – тектодинамические обстановки сжатия (7) или растяжения (8), возникающие в приповерхностных горизонтах литосферы вследствие полярной асимметрии Земли; 9 – направления сдвиговых смещений вдоль глобальных сколовых зон

Геодинамические следствия структурно-динамической неоднородности геоида, разделённого сколовыми швами на квадранты растяжения и сжатия

Как было показано выше, вследствие понижения общего литостатического давления в глубинных зонах Африканского и Тихоокеанского квадрантов растяжения происходит частичное плавление материала нижней мантии и возникают очаги Тихоокеанского и Африканского глобальных плюмов. Даже весьма умеренная декомпрессия глубинных недр и связанное с ней частичное плавление мантийного субстрата активизирует процесс дифференциации вещества в глубинных зонах квадрантов растяжения, резко изменяет его реологические и деформационные свойства и включает механизмы термогравитационной и термохимической конвекции. Выплавка легкоплавких компонентов мантийного вещества в глубинных очагах декомпрессии приводит к подъёму флюидных потоков и горячих «астенолитных струй», включает процессы и механизмы термогравитационной и термохимической конвекции. Наиболее ярко эти процессы проявляются в центральных частях Тихоокеанского и Африканского секторов глобального растяжения (где и формируются одноименные суперплюмы - см. рис. 3 и 4); вдоль зон максимальных касательных напряжений геоида (дизъюнктивные системы глобальных зон скалывания как естественные тепло- и флюидопроводы всей тектоносферы); в локальных зонах декомпрессии, связанных с глубинными разломами литосферы, с присутствием локальных очагов разогрева или скопления флюидов в верхней мантии и земной коре.

Появление жидкой и газообразной фаз не только активизирует процессы тепло- и массопереноса, передачи давления и изменение концентраций; велика также роль жидкой фазы как поверхностно-активной среды, облегчающей деформацию и разрушение горных пород в результате снижения их поверхностной энергии, («эффект Ребиндера»). Наиболее эффективными поверхностно-активными агентами, влияющими на физико-механические и деформационные свойства горных пород, являются их расплавы и химически родственные им жидкости. Появление межзеренных прослоек расплава в породном массиве резко снижает его прочность и эффективную вязкость, увеличивает пластичность и ползучесть горных пород. Таким образом, даже самое незначительное плавление нижнемантийных пород, которое могло произойти вследствие понижения литостатического давления в квадрантах растяжения общеземного эллипсоида деформации, приводит в действие законы физико-химической

геомеханики [Перцов и др., 1982], которые в значительной мере начинают определять дальнейший ход геолого-тектонических процессов в мантии и земной коре. Именно с этими процессами мы связываем возникновение и функционирование Тихоокеанского и Африканского глобальных суперплюмов, а также многих более частных плюм- и плейтектонических проявлений в Тихоокеанском и Индо-Атлантическом секторах геоида: горячих точек разного уровня глубинности [Courtillet et al., 2003 и др.], конвективных ячеек разного геодинамического ранга в мантии и литосфере [Pavoni, 1991; Гончаров, 2006] и др. Все эти явления, которые большинство исследователей [Richards a.o., 1988; Pavoni, 1991; Courtillet et al., 2003; Трубицын, 2000; Хаин и Гончаров, 2006; Хаин и Ломизе, 2005 и мн. др.] обычно связывает с термической историей Земли, на самом деле могут быть связаны с действием структурно-динамического механизма понижения давления в определённых квадрантах эллипсоида деформации Земли. Перемещение континентов и литосферных плит является одним из периферических проявлений этих глубинных процессов, сложно интерферирующих с приповерхностной ротационной геодинамикой земной коры.

Основные выводы

Земля – трёхосный сфероид вращения, работающий как единый природный эллипсоид деформации. Среди планетарных дизъюнктивных систем важнейшую роль в структуре геоида играют глобальные зоны скалывания, делящие его на четыре сектора – два квадранта сжатия (Северный и Южный) и два квадранта растяжения – Тихоокеанский и Африканский (Индо-Атлантический); данные сейсмической томографии позволяют полагать, что это разделение прослеживается на всю глубину активной тектоносферы.

Вследствие понижения общего литостатического давления в глубинных зонах квадрантов растяжения происходит частичное плавление материала мантии и возникают нижнемантийные очаги Тихоокеанского и Африканского глобальных суперплюмов и более мелких горячих точек нижних и средних широт. Выплавка летучих и легкоплавких компонентов мантийного вещества в зонах общей декомпресии квадрантов растяжения приводит к формированию и подъёму флюидных потоков и «астенолитных струй», включает механизмы термогравитационной и термохимической конвекции.

Исследование планетарных систем скалывания, растяжения и сжатия является одной из интереснейших задач глобальной структурной геологии. Получаемые при этом данные говорят о важной роли ротации как фактора глобального структурообразования на разных глубинных уровнях нашей неутомимо вращающейся планеты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ажгирей Г.Д. Структурная геология / М.: Изд-во Моск. Ун-та. 1956. 568 с.
2. Баркин Ю.В. Небесная механика ядра и мантии Земли: геодинамические и геофизические следствия // Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых. М.: ГЕОС. 2005. Т. 1. С. 30-33.
3. Божко Н.А. Геодинамическая инверсия в полярных системах северного и южного полушарий Земли // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 1992. № 5. С. 24-33/
4. Воронов П.С. Очерки о закономерностях морфометрии глобального рельефа Земли / Л.: Наука. 1968.
5. Географический сборник, вып. XV. Астрогеология / М.-Л.: Изд. АН СССР. 1962.
6. Гончаров М.А. Количественные соотношения геодинамических систем и геодинамических циклов разного ранга // Геотектоника. 2006. № 2. С. 3-23.
7. Гончаров М.А. Кинематическая модель северной компоненты дрейфа континентов как причины расширения южного и сокращения северного полушарий Земли // Ротационные процессы в геологии и физике. М.: КомКнига, 2007. С. 279-286.
8. Гончаров М.А., Разницин Ю.Н., Баркин Ю.В. Особенности деформации континентальной и океанической литосферы как следствие северного дрейфа ядра земли // Геодинамика и тектонофизика. 2012. Т. 3, вып. 1. С. 27-54
9. Долицкий А.В. Осевая симметрия линейных структурных элементов земной коры // Докл. АН СССР. 1967. Т. 177. С. 159-162.
10. Долицкий А.В., Куйко И.А. О причинах деформации земной коры // Проблемы планетарной геологии. М.: Госгеолтехиздат. 1963. С. 299-311.
11. Каттерфельд Г.Н. Лик Земли и его происхождение / М.: Географиздат. 1962. 151 с.
12. Кропоткин П.Н. Возможная роль космических факторов в геотектонике // Геотектоника. 1970. № 2. С. 30-46.

13. Моссаковский А.А., Пуцаровский Ю.М., Руженцев С.В. Крупнейшая структурная асимметрия Земли // Геотектоника. 1998. № 5. С. 3-18.
14. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел // М.: Мир. 1969. Т. 2, гл. 17. 845 с.
15. Перцов Н.В., Коган Б.С., Лукьянов А.В., Расцветаев Л.М., Траскин В.Ю. Особенности тектонической деформации горных пород в присутствии поверхностно-активных жидких фаз (проблемы физико-химической геомеханики) // Экспериментальная тектоника в решении задач теоретической и практической геологии. Тезисы докладов. Новосибирск: 1982. С. 47-49.
16. Планетарная трещиноватость (ред. С.С.Шульц) / Л.: Изд-во ЛГУ. 1964. 234 с.
17. Проблемы глобальной корреляции геологических явлений (ред. Ю.Г.Леонов и В.Е.Хаин) / М., «Наука». 1980. 240 с.
18. Проблемы планетарной геологии (ред. Д.В. Наливкин и Н.В. Тупицын) / М.: Госгеолтехиздат, 1963. 344 с.
19. Расцветаев Л.М. Закономерный структурный рисунок земной поверхности и его динамическая интерпретация // Проблемы глобальной корреляции геологических явлений. М.: «Наука». 1980. С. 145-216.
20. Расцветаев Л.М. Глобальные сдвиги и зоны скалывания планетных тел // Сдвиговые тектонические нарушения и их роль в образовании месторождений полезных ископаемых. Л.: Наука. 1991. С. 137-148.
21. Расцветаев Л.М., Тверитинова Т.Ю. Земля как эллипсоид деформации // Система «Планета Земля» (нетрадиционные вопросы геологии). Материалы XXV научного семинара. М.: РОО Гармония строения Земли и планет. 2015. С. 447-456.
22. Ребецкий Ю.Л., Алексеев Р.С., Мягков Д.С. Анализ механизмов формирования структур и напряжений в коре внутриплитных областей // Тектоника, геодинамика и рудогенез складчатых поясов и платформ. Материалы XLVIII Тектонического совещания. М.: ГЕОС. 2016. Т. 2. С. 124-129.
23. Роль сдвиговой тектоники в структуре литосфер Земли и планет земной группы (ред. П.С. Воронов) / СПб: «Наука». 1997. 592 с.
24. Ротационные процессы в геологии и физике (ред. Е.Е. Милановский). М.: КомКнига, 2007. 457 с.
25. Стовас М.В. Избранные труды. М.: Недра, 1975. 155 с.
26. Сывороткин В.М. Глубинная дегазация Земли и глобальные катастрофы. М.: ООО «Геоинформцентр». 2002. 250 с.
27. Тверитинова Т.Ю. Структурные рисунки Земли // Система «Планета Земля» (нетрадиционные вопросы геологии). Матер. XIII научного семинара- М.: РОО Гармония строения Земли и планет, 2004. С. 47-56.
28. Тверитинова Т.Ю., Викулин А.В. Геологические и геофизические признаки вихревых структур в геологической среде // Вестник КРАУНЦ. Сер. Науки о Земле. 2005. № 5. С. 59-77.
29. Трубицын В.П. Основы тектоники плавающих континентов // Физика Земли. 2000, №9. С. 4-40.
30. Хаин В.Е. Общая геотектоника. М.: Недра. 1973. 510с.
31. Хаин В.Е., Гончаров М.А. Геодинамические циклы и геодинамические системы разного ранга: их соотношение и эволюция в истории Земли // Геотектоника. 2006. № 5. С. 3-24.
32. Хаин В.Е., Ломизе М.Г. Геотектоника с основами геодинамики. 2-е изд. М.: Книжный дом «Университет». 2005. 560 с.
33. Bozhko N.A., Goncharov M.A. Global balanced arrangement of the geodynamic polarity of Earth's Southern and Northern hemispheres // L.P. Zonenshain Confer. on Plate Tectonics. Kiel (Germany): GEOMAR. 1993. P. 43-44.
34. Courtillot V., Davaille A., Besse J., Stock J. Three distinct types of hotspots in the Earth's mantle // Earth and Planetary Science Letters. 2003. V. 205. P. 295-308.
35. Pavoni N. A global geotectonic reference system inferred from Cenozoic tectonics // Geol. Rdsch. 1981. V 70. P. 189-206.
36. Pavoni N. Bipolarity in structure and dynamics of the Earth's mantle // Eclogae geol. Helv. 1991. V. 84 (2), P. 327-343.
37. Pavoni N., Muller M.V. Geotectonic bipolarity, evidence from the pattern of active oceanic ridges bordering the Pacific and African plates // Journal of Geodynamics. 2000. V. 30, № 5. P. 593-601.
38. Rastsvetaev L.M. The global shear-zones and the deformation of the Earth's ellipsoid // Structures and tectonics of different lithospheric levels. Graz, Austria, 6 - 8 September, 1993. Abstract supplement №2 to Terra nova. 1993. V. 5. P. 29.
39. Richards M.A., Hager B.H., Sleep N.H. Dynamically supported highs over hot spot: observation and theory // J. Geophys. Research 93. P. 7690-7708.
40. Ritsema J., H.-J. van Heijst, J. H. Woodhouse. Complex shear wave velocity structure imaged beneath Africa and Iceland // Science 286. 1999. No. 5446. P. 1925-1928.
41. Seidler E., Jacoby W.R., Cava H., Hotspot distribution, gravity, mantle tomography: evidence for plumes. Journ. Geodynamics 27, 1999. P. 585-608.
42. Tidal friction and the Earth's Rotation (edited by P.Brosche and J.Sindermann) // Springer-Verlag. Berlin Heidelberg. 1978. P. 244.