

Г.И.Аносов<sup>1</sup>, А.В. Колосков<sup>2</sup>, Г.Б. Флеров<sup>2</sup>

*1 – Институт вулканологии ДВО РАН*

*2 – Институт вулканической геологии и геохимии ДВО РАН*

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ УЛЬТРАМАФИТОВ КАМЧАТСКОГО РЕГИОНА С ПОЗИЦИЙ ВИХРЕВОЙ ГЕОДИНАМИКИ**

"... всем известно, что литература доставляет слишком много примеров рассуждений, которые кажутся убедительными для специалистов, их предлагающих, но которые обнаруживают свою несостоятельность или заблуждение автора, когда подвергаются испытаниям с точки зрения различных научных дисциплин..."

(Л.К. Грейтон. Предположения о вулканическом тепле. М.: - ИЛ. 1949. С. 12)

*Аннотация.* Предложена вихревая модель проявления магматизма Камчатского региона, начиная с верхнемелового-палеогенового и до современного времени, которая выдвигается как альтернатива субдукционной модели. Сделана попытка теоретического обоснования проявления вихревых тектоно-магматических структур с позиций глубинной геодинамики. Согласно экспериментальным данным и теоретическим расчетам, изменение ротационного режима Земли приводит к возникновению мощных вихревых движений в Экмановских верхнем (на подошве литосферы) или нижнем (на подошве астеносферы) слоях, которые создают условия и энергетическое обеспечение для возникновения колонно-подобных структур, названных в статье как "флюидно-магматические торнадо". Геодинамические процессы, результатом которых явились описанные закономерности, могут быть восстановлены в рамках концепции дифференциально вращающихся геосфер, между которыми располагается «смазочный слой» астеносферы. Гидродинамика этого слоя хорошо описывается теорией сферического подшипника. Известно, что в метеорологии и океанологии эти приемы являются основными при анализе синоптических вихрей и вихревых течений. Глубинная геодинамика эволюции рассматриваемой флюидно-магматической системы может быть подтверждена и прямыми геофизическими наблюдениями за гравитационным и геомагнитным полями Земли.

### **Геологическая преамбула**

Попытки анализа вихревых структур применительно к различным регионам неоднократно предпринимались как отечественными (Слензак, 1972; Мелекесцев, 1979; Рычагов, 1985; Щеглов, Говоров, 1985), так и зарубежными (Ли Сы-Гуан, 1958) учеными. Вихревая гипотеза, однако, не получила широкого распространения, вероятно, в силу того, что декларировалась, в большинстве случаев, только на базе структурно-описательного и морфометрического анализа. Авторы настоящего сообщения, полагая вслед за (Слензак, 1972 и Байков, 2001), что вихревые структуры на поверхности Земли представляют собой "структурные слепки глубинных процессов", сделали попытку

генетического рассмотрения динамики проявления вихревых структур полуострова Камчатка на примере анализа разновозрастных магматических образований (Аносов и др., 2003).

Не вызывает сомнений, что следы магматической деятельности, которые фиксируются ареалами распространения вулканических и интрузивных образований, прямо или косвенно являются следствиями глубинных процессов, происходящих на всех этапах эволюции Земли. К сожалению, проявления тектонических движений в земной коре, процессы магматической дифференциации на относительно малых глубинах и последующего метаморфизма столь интенсивны и многообразны, что зачастую полностью уничтожают признаки первичных мантийных источников. Поэтому, основную проблему поисков подобных признаков составляет выбор объектов, которые должны быть достаточно информативными в отношении явлений, протекающих на больших глубинах в течение достаточно длительного времени. Представляется, что, среди немногих, такими объектами могут быть породы ультраосновного состава. На Камчатке подобные образования представлены мафит-ультрамафитовыми плутоническими и вулканическими ассоциациями верхнемелового-палеогенового возраста, а также ксенолитами базит-гипербазитового состава, которые связаны с вулканитами плиоцен-четвертичного возраста.

Верхнемеловое-палеогеновое (палеоценовое) время в Камчатско-Корякском регионе, как и во всей Зоне перехода от Азиатского континента к Тихому океану, было периодом интенсивного существенно базальтового вулканизма. Вулканическая активность на большей части территории Зоны перехода проистекала на фоне общего поднятия земной поверхности (Варнавский, 1982). На Камчатке и в Корякии в конце сенона – начале палеоцена происходит формирование сложно расчлененного островного поднятия с вулканизмом островодужного типа (Очерки тектонического развития..., 1987), который в ряде районов полуострова (Валагинский хребет, восточные и северо-восточные отроги Срединного хребта, Камчатский перешеек, Корякское нагорье) характеризуется повышенной калиевой щелочностью (Флеров, Колосков, 1976; Колосков и др., 1999). В последовавшую затем эпоху ларамийской складчатости произошло становление многочисленных гипербазитовых и базит-гипербазитовых массивов. В формационном плане среди них выделяются (Колосков, 2000):

- 1) альпинотипные гипербазиты (дунит-гарцбургитовая ассоциация) с небольшим объемом габброидов;
- 2) дунит-верлит-пироксенитовые массивы с повышенной калиевой щелочностью;
- 3) габбро-монцонит-сиенитовые и перидотит-пироксенит-норитовые массивы.

Эти массивы по гравиметрическим данным (Литвинов и др. 1999) не всегда имеют так называемые "глубинные корни" и, в ряде случаев, характеризуются отрицательными гравиметрическими аномалиями. Тем не менее, если взять за основу ареал распространения ультрабазит-базитовых проявлений, характеризующихся повышенной калиевой щелочностью, то трассируется обширная вытянутая с северо-востока на юго-запад полуспираль, которая вблизи выходов метаморфических пород Срединного массива Камчатки заканчивается эффектным разворотом (рис.1). Альпинотипные гипербазиты, развитые в пределах Восточной Камчатки и Ганальского выступа метаморфических пород, также как проявления подобного типа в северо-западной части рассматриваемого региона, образуют самостоятельные ареалы. Интрузии перидотит-пироксенит-норитового состава (без щелочного уклона) также обособляются, группируясь в районе выходов Срединного массива метаморфических пород Камчатки. Базит – гипербазитовые проявления этих двух типов фиксируют внешнюю (разомкнутую на месте Охотского моря) область рассматриваемой вихревой структуры. Сторонники концепции тектоники литосферных плит включают, однако, эти образования в состав

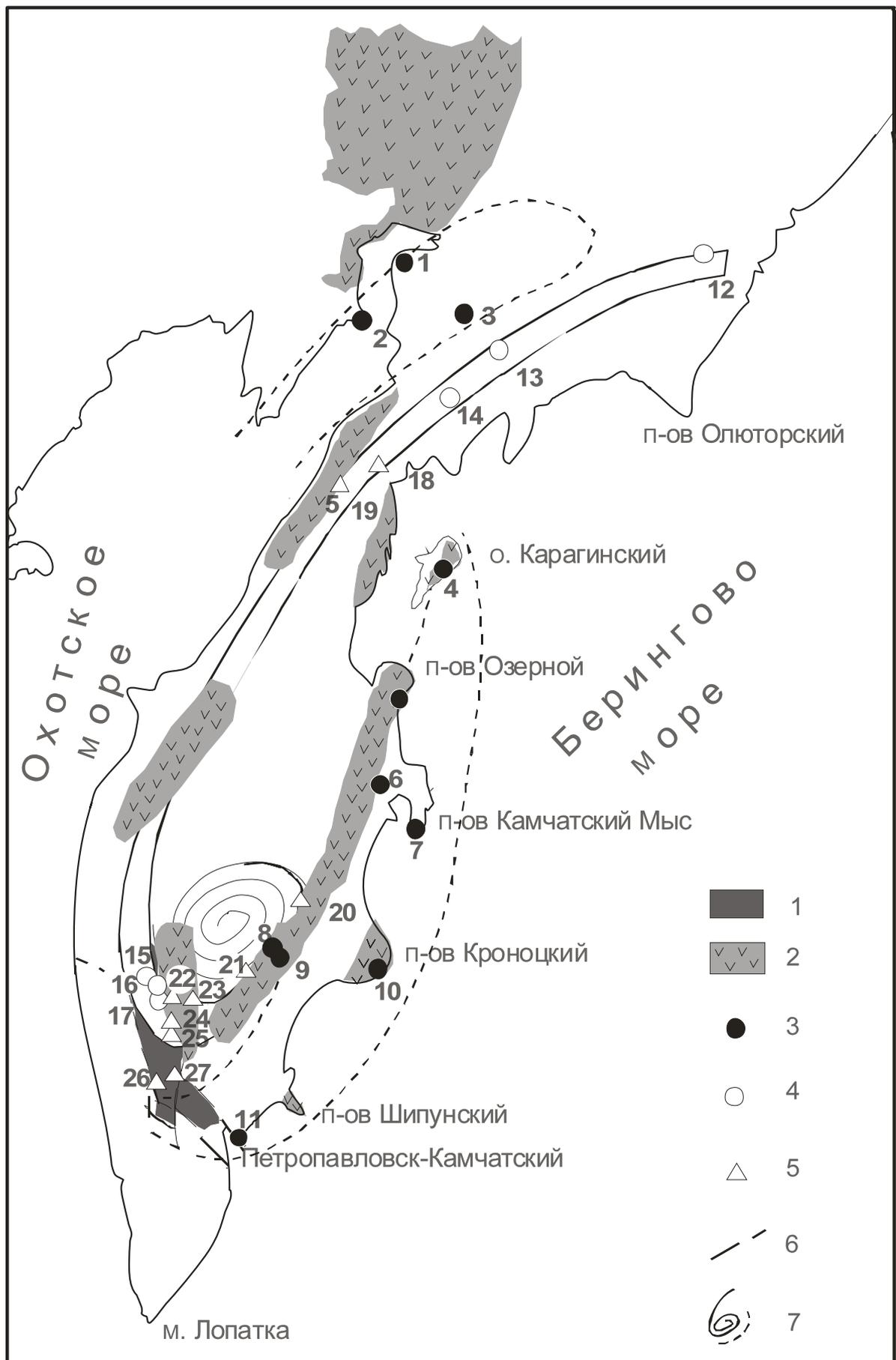


Рис. 1. Верхнемеловые-палеогеновые базит-гипербазитовые массивы Камчатки и контуры вихревой тектоно-магматической структуры.

*1 - выступы метаморфизованных пород фундамента; 2 - верхнемеловые и верхнемеловые-палеогеновые вулканы; 3 - массивы альпийского типа гипербазитов и сопутствующих габброидов (1 - п-ов Валижген, 2 - п-ов Елистратова, 3 - Куюльский, 4 - Карагинский, 5 - Озерновский, 6 - хр.Кумроч, 7 - Камчатского Мыса, 8 - г.Крыша, 9 - г.Попутная, 10 - п-ов Кроноцкий, 11-бухта Раковая); 4 - дунит-верлит-пироксенитовые массивы (12 - р.Эпильчик, 13 - Гальмоэнанский, 14 - Ветровая, 15 - р.Филиппа, 16 - р.Евсейчиха, 17 - р.Лев.Андреановка); 5 - габбро-монзонит-сиенитовые и пироксенит-норитовые массивы (18 - р.Белая, 19 - р.Пр.Лесная, 20 - Адриановский, 21 - Урц-Савульч, 22 - р.Евсейчиха, 23 - Кувагдач, 24 - р.Кунч, 25 - р.Оз.Камчатка, 26 - Дукук, 27 - Кувалороз); 6 - тектонические нарушения; 7 - условные контуры вихревой тектономагматической структуры.*

офиолитовых комплексов, участвующих в строении отдельных террейнов и имеющих различное происхождение (Цуканов, Федорчук, 2000).

В плиоцен-четвертичное время на фоне регионального эрозионного размыва уже сформировавшегося структурного этажа (Варнавский, 1982), Камчатка вновь становится ареной проявления интенсивного базальтового вулканизма. Происходит формирование линейно вытянутых вулканических поясов, часть из которых наследует положение более древних ареалов вулканизма, а некоторые из них закладываются на гетерогенном невулканическом фундаменте (Петрология и геохимия..., 1987). В составе продуктов вулканизма преобладают (до 80% всего объема пород) базальты и андезитобазальты (Очерки тектонического развития..., 1987). Выделяются как обычные островодужные ассоциации, так и вулканы внутриплитного геохимического типа (Volynets, 1994). С позиции тектоники литосферных плит эволюция вулканических поясов связывается с динамикой субдукционных зон (Авдейко и др., 2002). При этом Срединно-Камчатская зона является примером затухания субдукции (с ее перескоком на восток в конце миоцена - начале плиоцена), а Восточно-Камчатская - отражением начального этапа новой (современной, т.е. не старше 10 млн. лет) субдукционной области.

Одной из характерных особенностей плиоцен-четвертичных вулканических комплексов является присутствие в них в ряде мест включений ультраосновного состава. Наиболее широко и в наиболее крупных размерах (размер некоторых ксенолитов гарцбургитов на Авачинском вулкане достигает до 45-50 см.) включения представлены во взрывных туфопирокластических образованиях. Среди включений ультрамафитов выделяются (Колосков, 1999) следующие ассоциации:

- 1) дунит-гарцбургитовая,
- 2) дунит-верлит-пироксенитовая и
- 3) верлит-пироксенитовая.

Как видно на рис.2, включения 1-ой ассоциации отмечаются на вулканах фронтального вулканического пояса, имеющих преимущественно низкокальциевый толеитовый состав. Образования второго типа распространены в базальтоидах (известково-щелочных, реже субщелочных) Ключевской группы вулканов. Наконец, включения 3-ей ассоциации выносятся субщелочными и щелочными оливиновыми базальтами внутриплитного геохимического типа. Детальное изучение этих образований (Колосков, 1999) показало, что они не являются «реститами мантийного субстрата», как это обычно принято при трактовке генезиса подобных проявлений. Не могут они быть также и

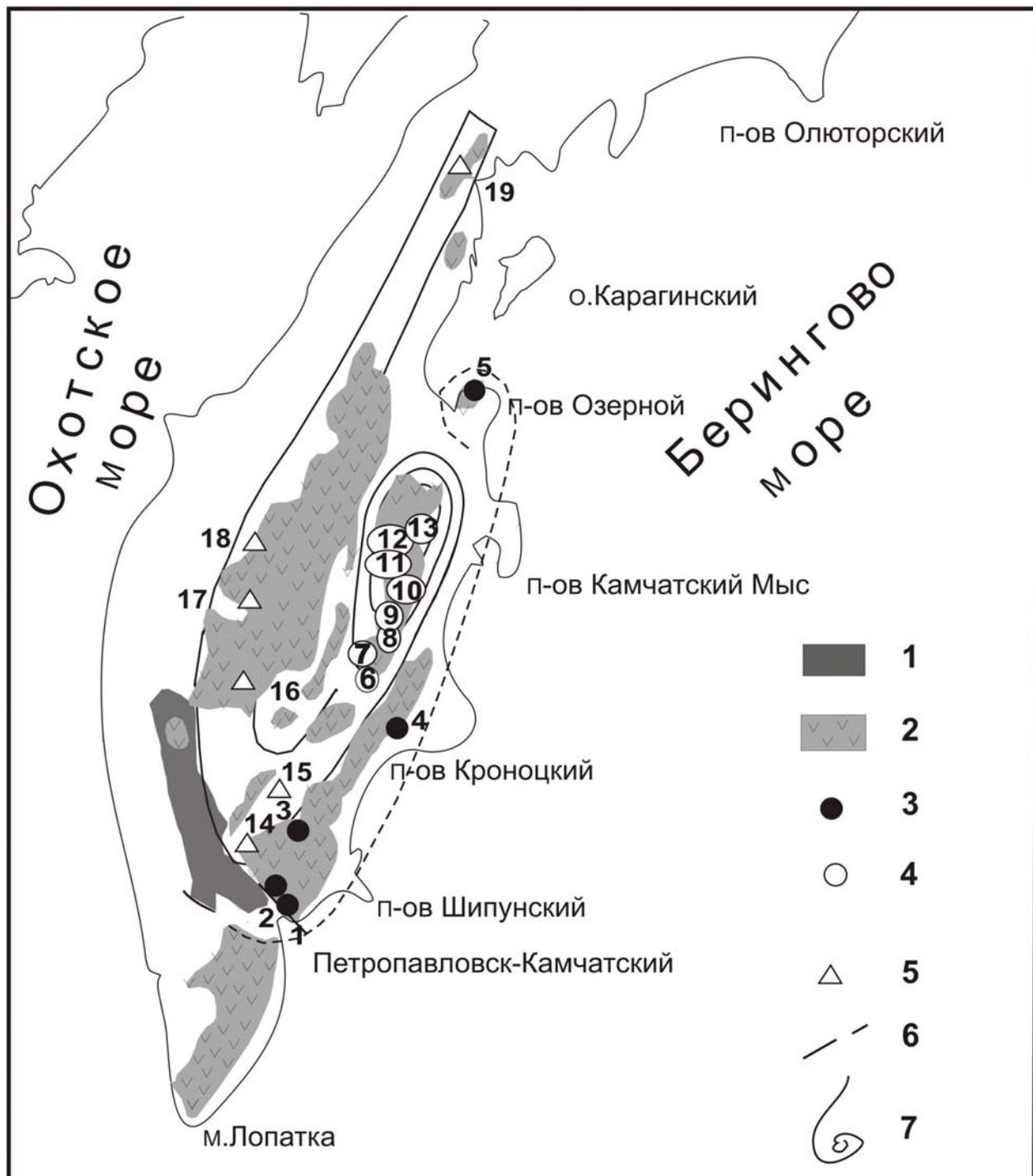


Рис.2. Плиоцен-четвертичные вулканы Камчатки, ассоциирующиеся с ними ультраосновные включения и контуры вихревой тектоно-магматической структуры. 1 - выступы метаморфизованных пород фундамента; 2 - проявления четвертичного вулканизма; Вулканы с ксенолитами: 3 - дунит-гарцбургитовой ассоциации (вулканы: 1 - Авачинский, 2 - Корякский, 3 - Жупановский, 4 - Кроноцкий, 5 - Начикинский); 4 - дунит-верлит-пироксенитовой ассоциации (вулканы: 6 - Николка, 7 - группа конусов Большого трещинного Толбачинского извержения, 8 - Зимица, 9 - Безымянный, 10 - Ключевской, 11 - Заречный, 12 - Харчинский, 13 - Шивелуч); 5 - верлит-пироксенитовой ассоциации (14 - плато-базальты в р-не в.Бакенинг, 15 - дайки и силлы базальтов на р.Степанова, 16 - Ичинский вулкан, 17 - ареальные и покровные проявления Дола Геологов, 18 - вулкан Кетепана, 19 - р. Валовая; 6 - тектонические нарушения; 7 - условные контуры вихревой тектоно-магматической структуры.

ксенолитами плутонических пород мел-палеогенового фундамента, так как существенно отличаются по ряду минералогических, а также изотопно-геохимических характеристик. Скорее всего, они являются плутоническими аналогами несущих их вулканитов (Колосков, 1999; Колосков и др., 2001). Первая ассоциация включений является высокотемпературной и относительно «сухой». Здесь развиты только редкие интерстиционные паргаситы и роговые обманки контактово-реакционных зон на границе с вмещающими породами. Вторая и третья ассоциации весьма сходны по набору петрографических разностей, хотя и отличаются составом минералов. Объединяет их также присутствие флогопита и широкое развитие амфиболов в зонах вторичного ощелачивания и флюидной метасоматической проработки.

Если оконтурить ареал распространения вулканитов, содержащих включения второй и третьей ассоциаций, то получается обширная линейно-вытянутая в северо-восточном направлении вихревая структура, весьма напоминающая таковую для сходного типа гипербазитовых проявлений рисунка 1. При этом разворот вихревой структуры также происходит вблизи выходов метаморфид Срединного и Ганальского хребтов, а заканчивается она образцами ксенолитов ультрамафитов Ключевской группы вулканов, многие из которых несут ксенолиты дунитов, верлитов и пироксенитов. Большая часть вулканитов с ксенолитами второй и третьей ассоциаций характеризуются повышенной калиевой щелочностью. Кроме того, в пределах выделенной вихревой структуры располагаются практически все (за исключением самого южного сегмента) известные на Камчатке (Цветков и др., 1993) проявления шошонитов плиоцен-четвертичного возраста. Вдоль восточного края этой структуры локализованы вулканиты низкокалиевого толеитового типа, несущие дунит-гарцбургитовый тип включений. Таким образом, и для этого возрастного этапа характер зонального распределения ультрамафитов сходен с таковым для позднемиоценового-палеоценового времени.

### **Тектонофизические предпосылки**

Переходя к геодинамическому толкованию установленных закономерностей размещения выделенных индикаторных ассоциаций, которые, как сказано в начале работы, есть следствия глубинных процессов, необходимо коротко рассмотреть суть проблемы. Дело в том, что в настоящее время в рамках рассматриваемой проблемы наблюдается назревание конфликтной ситуации. В сейсмологии за последние годы намечился определенный отход от традиционной субдукционной концепции интерпретации геофизических данных. В петрологии же практически все модели в зоне перехода океан-континент прямо или косвенно строятся на основе учета этой концепции. Как правило, подобный анализ в вулканологии проводится по традиционной схеме (Раст, 1972; Элдер, 1972; Федотов, 1976; Добрецов и др., 2000) и с учетом обязательных составных частей: а) область зарождения магмы, б) транспортировка магмы к дневной поверхности, в) источники энергии и энергетический баланс вулканизма.

При этом следует иметь в виду, что: 1) это деление достаточно условно и все элементы такого деления пересекаются при совместном рассмотрении; и 2) к каждому из выделенных элементов существуют детальные комментарии, без которых могут быть непонятны частности в описании этих подразделов. Например, для: части (а) существуют достаточно жесткие требования по моделям областей генерации магм, которые вытекают из факта высокой однородности и постоянства состава изливающегося материала (Кузнецов, 1955; Горшков, 1963; Шейнман, 1970; Добрецов и др., 2000); для раздела (б), во-первых, содержится огромное количество взаимоисключающих моделей, потому что большинство из них не решают две главные проблемы – проблему отсутствия по имеющимся геологическим данным (Шеймович, 1975; Шеймович, и Патока, 1980 и др.) широкой оторочки (апикальной части) сильно измененных вмещающих пород, свидетельствующих о медленном подъеме расплавленного вещества, как следует

практически из всех предлагаемых моделей транспортировки магм; во-вторых, низкие скорости "транспортировки" не обеспечивают работу механизма саморазогрева (feedback), о возможности которого неоднократно сообщалось в печати (Shaw, 1969, 1973); и наконец, часть (в), которая охватывает наиболее расплывчатые представления об энергетической стороне вулканизма, ибо одни оперируют "фактами" и "объемами выброшенного (излившегося) вещества", другие – просто декларируют требуемую мощность, мало обращая внимание на возможные источники такой энергии. Более того, такие «импульсные мощности» практически не обсуждаются для планеты Земля, но это мало смущает исследователей, т.к. считается, по-видимому, что это не их проблема. Парадокс данной проблемы заключается в том, что практически все исследователи, занимающиеся энергетикой вулканизма (Поляк, 1966; Giardini, Melton, 1982 и др.), оценивают вулканическую энергию в общем, т.е. «размазанную в пространстве и во времени» для всей планеты и в течение всей ее эволюционной истории, тогда как вулканизм – процесс импульсный (относительно масштаба земной жизни) по времени и локальный по месту протекания. Такие требования к параметрам процесса накладывают существенные ограничения и на выбор энергетических источников, которые могут обеспечить достаточно энергоемкий по мощности вулканический процесс. Однако, ни в одном из предложенных источников эти требования не учтены.

Представляется, что прежде чем отдать предпочтение той или иной из существующих эволюционных гипотез, следует охарактеризовать тектонофизическое состояние глубинных горизонтов, ответственных за процессы вулканизма и магматизма, не только собственно под полуостровом Камчатка, но и в близлежащих районах Дальневосточной зоны перехода от континента к океану и для прилегающих регионов северо-западной Пацифики.

Геолого-геофизическая изученность данной территории имеет длительную историю, а ее глубинные аспекты - начинались с комплекса работ в период Международного Геофизического года (МГГ) на акваториях Охотского и Японского морей и на приграничных частях суши Советского Дальнего Востока (Вейцман, Косминская, 1963). В этот же период осуществлялось создание Дальневосточной сети региональных сейсмологических станций, результаты работ которых по регистрации местных и планетарных землетрясений создали основу знаний о глубинном строении литосферы данного региона.

Вместе с тем, эти знания слабо использовались для оценки агрегатного и химического (точнее, кристаллохимического) состояния вещества (что, как представляется, является определяющим при реализации тех или иных механизмов (Соболев, 1949; Керн, Вайсброд, 1966)) на глубинах, превышающих доступные для прямого исследования уровни. И поэтому построенные только на данных геофизики тектонофизические модели земной коры и верхней мантии носили и носят до настоящего времени искусственный характер, далекий, скорее всего, от реальных условий на больших глубинах. Линейная экстраполяция получаемых при наземных и лабораторных экспериментах данных о величинах физических, упругих, тепловых и т.п. параметров могут приводить в теоретической петрологии и геохимии и приводят порой к фантастическим результатам (например, роль воды (?) на границе ядро – мантия Земли, Добрецов и др., 2000). Представляется, что высказанная А.Ф. Капустинским (Капустинский, 1956) точка зрения о том, что в верхней мантии Земли, по-видимому, должны существовать ограничения на применимость периодического закона Д.И Менделеева, обусловленные влиянием сверхвысоких давлений и температур (стр. 47-59), заслуживает пристального внимания (Болотов и др., 1997), тем более, что с 1956 г. накоплен огромный, хотя и косвенный, но экспериментальный материал, о поведении химических элементов и силикатного вещества в условиях 5000 – 6000 МПа (свыше 50–60 кбар) давлений и при высоких температурах (Персиков, 1981; Новгородова и Рассказов, 1992; Пушаровский, 1996; Колясников, 1997).

Кроме того, данные по азимутальной анизотропии скоростей упругих волн в мантии (Estey, Douglas, 1986; Karato, 1993; Wen, Anderson, 1997) свидетельствуют не только о возможности перетекания вещества в астеносферном слое, но и об его «аморфизации» (или частичной «металлизации», в терминологии А.Ф. Капустинского и Н.В. Белова), кристаллического вещества на больших глубинах, в понимании М.С. Красса. (Тарков, 1970), которое является следствием изменений (Воробьев, 1980) агрегатных модификаций - состояния вещества и его кристаллической структуры (габитуса), "обобществлением электронных оболочек" при "насильственном" уменьшении ионных и молекулярных радиусов (Эйтель, 1962; Трубицын, Улинич, 1964; Лебедев, 1969; Савич и др., 1986), и, возможно, возникновением новых физико-химических ансамблей (Комов, 1982; Действие ..., 1986; Анохин, Лотков, 1989).

Эти представления подчеркиваются результатами работ Е.В.Артюшкова (Артюшков, 1969, стр. 106), который характеризует астеносферную оболочку как область с пониженной вязкостью, но с повышенным относительно адиабатического закона нарастанием плотности, что хорошо согласуется с теорией статистической термодинамики (Ландау, Лифшиц, 1967; Зубарев, 1971) и термодинамикой неравновесных процессов (Карн, Вайсброд, 1966; Киптель, 1977; Святловский, Китайгородский, 1988). Представляется в связи с этим, что выявляемая электроразведочными методами высокая проводимость астеносферы (Браун, Массет, 1984) связана, скорее всего, не с расплавами, как принято считать (Chan et al., 1973; Сычев, 1979), а с высокой проводимостью «конденсированного» в условиях высоких давлений вещества (Белов, 1947; Капустинский, 1956; Трубицын, Улинич, 1964; Колясников, 1997), тем самым ставя под сомнение наличие «готовых» расплавленных масс на этих уровнях. Более того, переход от одного агрегатного состояния к другому должен подчеркиваться скачкообразным изменением всех физико-параметрических (Савич и др., 1986) характеристик среды (плотность, модули сжимаемости и модули сдвига, теплопроводность и теплоемкость и т.д.), в том числе к появлению сложных зависимостей таковых от давления, температуры и агрегатного состояния (в том числе типа кристаллической решетки) на момент измерений (Franck, Stiller, 1980). Хорошо известно, что при повышении всестороннего давления в породе начинают закрываться имеющиеся пустоты, что приводит к росту плотностей и скоростей пробега упругих волн. Плохо известно, как ведут себя те же породы при сверхвысоких давлениях (Тихомиров, 1960; Поспелов, 1970; Действие ..., 1986), когда пустоты масштабируются на уровне молекулярном – атомном, т.е. на уровне кристаллической решетки. Как неоднократно подчеркивалось, переход от плотной к плотнейшей упаковке (Белов, 1947) приведет к скачкообразному изменению всех упругих констант (Дортман, Магид, 1969; Войткевич, 1983; Бармин и др., 1989), таких как модуль сжимаемости, модуль сдвига, модуль Юнга и т.д. Это вызывает другие функциональные зависимости скоростей упругих волн от этих параметров. Также следует ожидать и другие аномальные эффекты в функциональных параметрах среды, в том числе при анализе закономерностей изменений плотности от удельного (молекулярного) объема, коэффициентов вязкости и температуропроводности от типа кристаллической решетки и т.п., которые также определяются вышеназванными модулями. И доказанный факт (Дортман, Магид, 1969; Franck, Stiller, 1980), что после разрыва имеющихся функциональных кривых этих параметров, они «стартуют» не на более высоком амплитудном уровне, а, наоборот, на более низком, как это наблюдается в опытах с нагружением горных пород и материалов (Николаевский, 1983; Бражкин, Ляпин, 2000). Особенно чутко реагируют на такие изменения, как известно, модуль сдвига и вязкость (Магницкий, 1965). Такие изменения этих параметров должны приводить к развитию «процессов с обострением» (Галактионов и др., 1981; Змитренко, Михайлов, 1988), которые являются следствием нелинейных зависимостей вязкости, температуропроводности, модулей сдвига и тому подобного от уровня и градиентов давления, температуры, агрегатного и

кристаллохимического состояний и т.д., и, которые обеспечивают лавинообразное протекание процессов, уменьшая время их реализации в пределе до нулевых значений (Николис, Пригожин, 1979; Курдюмов, 1982). С этой точки зрения такое протекание процессов может стать, в частности, физическим обоснованием высказанной Ф.Ш. Кутыевым (1990) идеи о наличии "энергочанов" в астеносфере и литосфере. Если это так, то многие подходы, принятые в настоящее время в теоретической вулканологии, будут нуждаться в первую очередь в существенном уточнении (Святловский, Китайгородский, 1988; Колясников, 1997).

Таким образом, только применение различных методов, имеющих самостоятельное и независимое значение в исследованиях земных оболочек, таких как термодинамика, геохимия вещества при высоких давлениях и геохимия ядерных превращений, квантово-механические решения гидродинамической теории тепломассопереноса и т.д. с учетом данных астрометрии, т.е. все то, что служит фактической и теоретической базой изучения среды и вещества в условиях реальной Земли, может приблизить к решению стоящих перед исследователями в Науках о Земле задач (Капустинский, 1956; Магницкий, 1965; Тарков, 1970; Авсюк, 1987; Френкель, 1995; Пушаровский, 1996).

Однако, базируясь на экспериментальных данных, полученных в «тепличных» условиях атмосферного давления и поверхностных температур и перенесенных на глубинные условия, либо экстраполяцией результатов лабораторных (далеко не адекватных реальным не по уровню магнитуд давления и температур), либо, что главное, в условиях архи-краткосрочных воздействий (взрывных, микроплощадных штампов и т.д.) сверхвысоких давлений - были предложены многочисленные модели строения тектоносферы (рис.3), которые, зачастую, резко отличаются друг от друга (Туезов, 1975; Сычев, 1979; Ващилов, 1980; Stander et. all, 1986; Маслов, Романовский, 1989; Красный, 1990; Тектоносфера..., 1992).

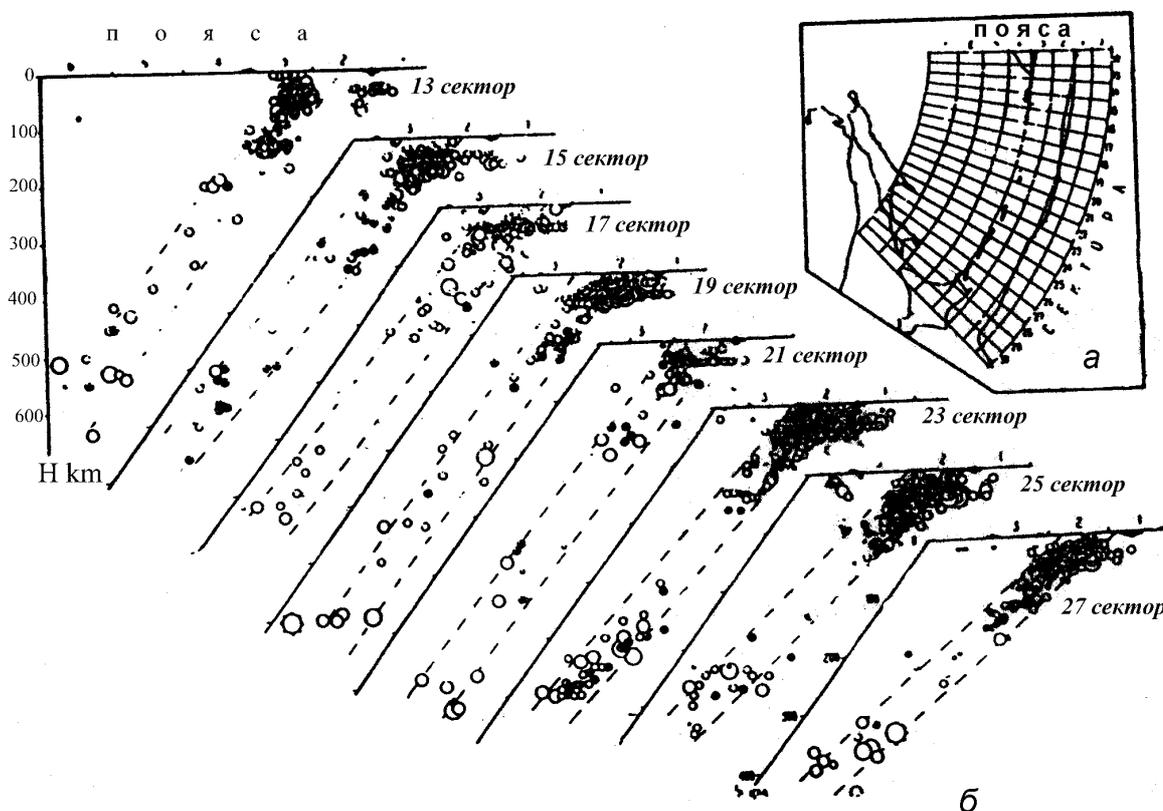


Рис.3. Геометрия сейсмофокальной зоны вдоль Курило-Камчатской островной системы

*а) – проекции на дневной поверхности секторов - сечений СФЗ; по [Тараканов, 1971]; б) – разрезы СФЗ по секторам 1- 25.*

Вместе с тем, ни одна из этих моделей не может игнорировать тот факт, что существуют, по крайней мере, две структурно-тектонические черты планетарного масштаба, которые не могут исключаться при создании модельного портрета верхних оболочек Земли (Булин и др., 1975; Бурмаков и др., 1988; Тараканов, 1997; Tarakanov and Omelchenko, 2000):

1 - наличие круто наклоненной под Азиатский континент зоны скопления очагов землетрясений, т.н. «сейсмофокальной зоны» - СФЗ;

2 - огромный объем аномальной геофизической среды под литосферой Охотского моря, который характеризуется (Веселов и др., 1983; Красный, 1990; Тектоносфера....1992; Sugrobov et.all, 1993) резко повышенными температурами и, соответственно, резко пониженными упруговязкими параметрами (так называемый "мантийный астенодиапир" в формулировке Ф.Г.Корчагина).

На фоне этих особенностей установлено горизонтальное (субгоризонтальное) расслоение вещества, находящегося в различных термодинамических условиях и, в частности, приводящее к реологической расслоенности (Ranalli, 1984; Ranalli and Murphy, 1987). При этом, границы между этими слоями «размыты» и искажены относительно субгоризонтальных уровней (Вашилов, 1980).

Аналізу строения и изучению параметров собственно сейсмофокальной зоны (Тараканов, Левый, 1967; Тараканов, Ким Чун Ун, 1969, 1979; Аниконов и др, 1974; Туезов, 1975; Швандюк, 1977; Вашилов, Фединский, 1980) или "субдущуирующей плиты" уделяется пристальное внимание с разных точек зрения. Наиболее популярны, начиная с "пионерских" работ (Oliver, Isacks, 1967; Mckenzie, and Parker, 1967; Isacks et.al., 1968; Isacks, Molnar, 1971), чисто сейсмологические методы, базирующиеся на выявлении особенностей так называемых "механизмов очагов землетрясений" и увязке их с механикой движения литосферных плит (Аки, Ричардс, 1983; Kincaid, and Olson, 1987; Geist and Scholl, 1994).

Детальные данные о строении СФЗ западной периферии Тихого океана выявили много интересных особенностей в их структуре, которые напрямую увязываются с местными (Burbach and Frohlich, 1986) тектонофизическими условиями и позволяют усомниться в правомочности существования самой субдукции как реального процесса (Балакина, 1987; Тектоносфера.... 1992). При этом методика, которая положена в основу определения параметров (Mckenzie, and Parker, 1967) такой плиты вызывает не только некоторую настороженность по отношению к получаемым построениям, но и "позволяет даже из Млечного пути, видимого на небе, сформировать высококачественную бетонную автострад"», а не гигантское скопление, тем не менее, разобщенных "звездных гнезд". (Рудич, 1962; Петрушевский, 1964; Тараканов, Ким Чун Ун, 1969; Пушаровский, 1972; Carr et.al, 1973; Эрлих, 1973; Swift, and Carr, 1974; Veith, 1974).

Прежде всего, переход от структуры СФЗ как некоторого объема среды, в котором могут происходить землетрясения вдоль или в объеме наклонных разломных зон (Шатский, 1946; Пронин, 1979) к некоторой жесткой упругой плите – произошел достаточно "мягко, волюнтаристскими методами" (Sykes, 1966; Mckenzie, and Parker, 1967; Oliver, and Isacks, 1967; Oliver et.al., 1973; Ле Пишон и др., 1977) и без какого – либо доказательного обоснования (Сычев, 1979), только как необходимый «инструмент» уничтожения "лишней" литосферы, возникающей при разрастании океанического дна в процессе его спрединга (Isacks et.al., 1968, p. 5866). Детальные работы по регистрации землетрясений с очагами на разных глубинах, которые осуществляются Мировой сейсмологической сетью, а также развитие региональных регистрирующих цифровых (сейсмостанции типа IRIS или Paseidon) систем позволяют более обоснованно судить о структуре сейсмофокальных зон (СФЗ), в том числе и с позиций жесткой субдущуирующей литосферной плиты (Тараканов, 1997).

Примечательно, что несмотря на установленные разрывы в Курило–Камчатской СФЗ (Федотов, 1966; Тараканов, Левый, 1967; Тараканов, 1971; Федотов и др., 1994; Christova, 2001; Tarakanov, and Omelchenko, 2001), сама эта зона (область, объем!) упорно рассматривается как сплошная жестко–упругая плита океанической литосферы, которая "заталкивается" в процессе субдукции под континентальную литосферу в более плотную по сравнению с ней астеносферу (?) Охотоморской части Дальневосточной Зоны перехода и еще глубже вплоть до мезосферы (Gorbatov et.al., 1997; Селивестров, 1998; Авдейко и др., 2001).

На северо-востоке Зоны Перехода многие ее особенности описаны в обобщающих (Селиверстов, 1998; Тектоносфера ..., 1992) и оригинальных (Mishin, 1996) работах. При этом, одна из главных черт строения СФЗ Камчатского сектора Зоны, - это ее "аномальное" выполаживание в верхней (до 100 км глубины) части и резкое погружение (более 60°) на стыке Курило-Камчатского и Алеутского желобов (Fedotov et al., 1988, 1990; Селиверстов, 1998). Другой, не менее заметной чертой ее строения, может считаться выделение в самостоятельный блок участка Камчатской СФЗ от Авачинско – Колпаковской поперечной зоны дислокаций на юго-западе до границы ее аномального участка на северо–востоке, так как черты строения этого сектора СФЗ отличны как от юго-запада, так и от северо–востока (Токарев, 1974; Зобин, 1982).

С рассмотренных позиций, поперечный разрез литосферы и астеносферы в районе полуострова Камчатка может быть охарактеризован (Тараканов, 1997; Tarakanov and Omelchenko, 2000) по линии профиля г. Магадан – г. Петропавловск-Камчатский (т.е. практически вкрест простирания Курило-Камчатской СФЗ) и представлен в следующем виде (сверху вниз):

1. Континентальная литосфера мощностью от 60 км до 100-150 км (от дневной поверхности до глубин 100-150 км) объединяет континентальную кору северо-востока России, мощностью до 50 км и верхнюю мантию, вещество нижней части которой за счет изменения термодинамических и физико-химических свойств плавно переходит в иное, чем в вышележащей литосфере агрегатное состояние.

2. Астеносфера – слой пониженной реологической прочности, пониженных скоростей распространения объемных волн и повышенной электропроводности. Мощность слоя и глубина его кровли сильно варьируют вдоль заданного разреза. Минимальные глубины залегания его верхней границы, по некоторым оценкам (Туезов, 1975; Сычев, 1985), прогнозируются под впадиной ТИНРО (т.е. образуют своеобразный низкоскоростной и высокотемпературный барьер), где они могут достигать величин не более 30-40 км. Далее на восток (юго-восток вдоль выбранной линии) глубина кровли слоя увеличивается до 60-100 км под западной Камчаткой, образуя бухтообразное расширение термального мантийного клина (Красный, 1990; Мороз, 1991; Тектоносфера..., 1992).

Подосва слоя с аномальными геофизическими характеристиками вдоль выбранного направления не установлена даже в постановочном плане. Региональные работы Елизовской экспедиции Камчатского комитета МПР РФ (Мишин, 1997), базирующиеся на сети широтных сквозькамчатских профилей метода Обменных Волн от удаленных Землетрясений (МОВЗ), дают некоторую возможность прогнозных оценок в комплексе с гравиметрическими данными. Тем не менее, точность таких оценок не очень высокая (Красный, 1990; Мороз, 1991; Мишин, 1997).

Вместе с тем, и что важно, под Камчаткой, как и под всей зоной перехода от континента к океану, главная (и во многом определяющая) структура – сейсмофокальная зона (СФЗ) не может рассматриваться в качестве единой упругой пластины, потому что на всем протяжении такой структуры от Алеутского желоба (островной дуги) до Новозеландской СФЗ, несмотря на собственные черты строения (особенности), устанавливается ряд параметров, которые свидетельствуют о самостоятельном «существовании» по крайней мере трех частей в каждой СФЗ: литосферной (до 50–70

км), промежуточной (250–450 км) и глубокой (более 550 км), которые разделены асейсмичными низкоскоростными зонами (Burbach, and Frohlich, 1986; Красный, 1990; Christova, and Tsapanos, 2000; Christova, 2001). В связи с тем, что даже результаты по осредненным механизмам очагов (СМТ Harvard solutions) редких землетрясений, происходящих в промежуточной и глубокой зонах СФЗ (Modern Global Seismology, 2001), заметно отличаются от таковых в литосферных частях, кажется вполне достоверной идея о самостоятельности этих зон для всех СФЗ (Giardini et.al.,1982; Фронлих, 1989; Тектоносфера..., 1992), обусловленной термодинамическими и вещественными отличиями геоболочек Земли на этих глубинах. Более того, имеются обнадеживающие данные о том, что высокопластичный термальный клин, который предполагается между кровлей СФЗ и подошвой литосферной плиты (Nelson, and Tamplly, 1972; Bostrom, 1978; Savage and Prescott, 1978; Kincad and Olson, 1987), здесь на Камчатке наиболее подвижен в субмеридиональном направлении (Peyton et.al., 2001), что подчеркивается азимутальной анизотропией распространения сейсмических волн. Перетекание масс с повышенной пластичностью (рис.4) и, как считается, в состоянии, близком к расплаву (Smirnov et. all, 1992; Sugrobov and Yanovski, 1993) фиксируется сейсмологическими методами (в частности, 2D и 3D томографией (Modern Global Seismology..., 2001) с учетом западного дрейфа литосферы (Nelson, Temple, 1972; Bostrom, 1978; Добровольский, 1982).

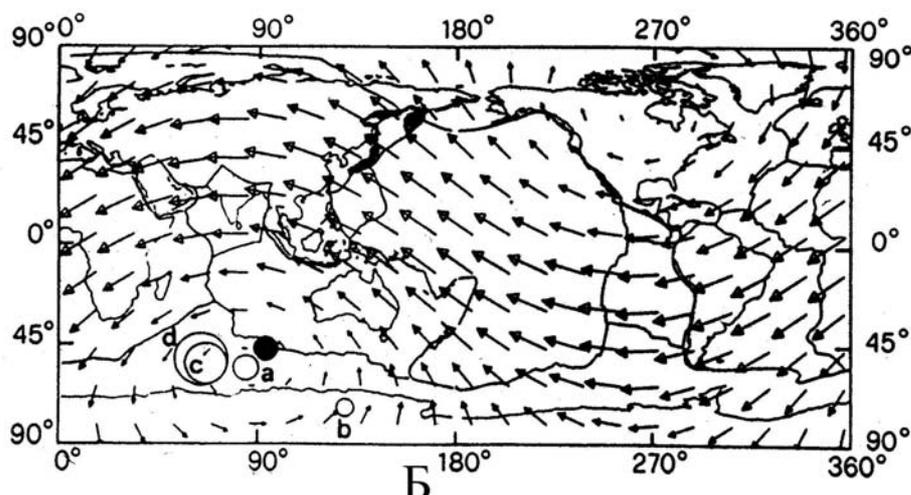
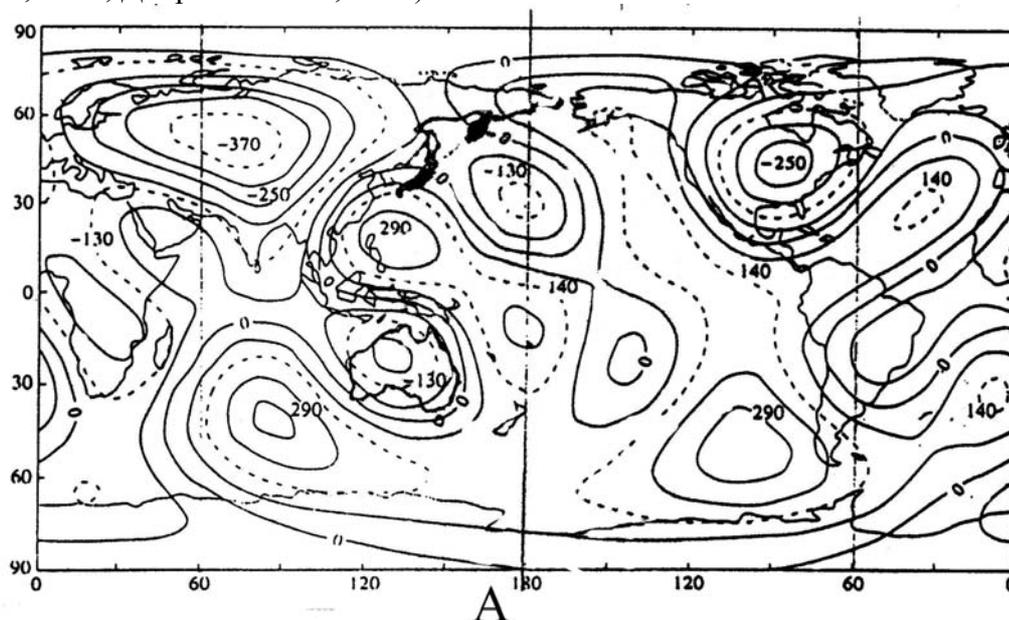


Рис.4. Тектонофизические характеристики литосферы и астеносферы Земли.

*а) – горизонтальные вариации температуры на глубине 150 км по [Артюшков, Якоби, 1994]; б) – предполагаемые векторы течений вещества в мантии по [Richard et al, 1991, pp. 8409, fig.2].*

Предлагаемая интерпретация детальной структуры СФЗ имеет ряд кардинальных следствий для геодинамических построений, учитывающих ротационный режим среды, для которой они могут осуществляться. Прежде всего, снимаются сомнения ряда исследователей о возможности западного дрейфа литосферы из-за наличия преграды – якоря в виде субдуцирующей пластины СФЗ (Шатский, 1960; Сычев, 1979; Белоусов, 1982). Кроме того, получают достоверные объяснения сходства глубинного строения континентов и океанов, которое отмечалось по данным зондирований Longshot и морскими сейсмологическими данными (Carder et al., 1967; Clearly, 1967; McDermott et al., 1967; Asada et al., 1976; Булин, 1979; Старшинова, 1984; Павленкова, 1988) и которые подтверждают продолжение астеносферного "разрыва" СФЗ на восток, под океанической литосферой с близкими тектонофизическими параметрами. Таким образом, можно полагать, что имеются убедительные экспериментальные (хотя и дистанционные) данные о возможности перетекания вещества с запада на восток или в обратном направлении, которое предполагается при наличии западного дрейфа литосферы (Bostrom, 1971; Nelson, and Temple, 1972). Имеющиеся возражения некоторых исследователей против существования "глобальной астеносферной оболочки" (Сычев, 1979 и др.) из-за не повсеместного распространения слоя пониженной скорости, с которым они ее ассоциируют, то, перефразируя остроумные замечания авторов работ "Непознанная Земля" (Браун, Массет, 1989), можно сказать, что «реологические свойства вещества, конечно, коррелируют с физическими - упругими, но подчиняются совсем другим законам» (стр.161). В качестве примера, как правило, приводятся данные о постгляциальных поднятиях древних щитов (под которыми нет установленных в понимании цитируемых исследователей астеносферы в виде слоев с пониженными скоростями) или релаксационные вертикальные движения земной поверхности, реагирующие на изменения ротационного режима планеты (Саваренский и др., 1955; Shaw et al., 1971; Savage, and Prescott, 1978; Фадеев, 1989; Авсюк, 1996) или как следствия сейсмической активности геофизической среды (Sabadini et al., 1984; 1990).

Таким образом, имеющиеся данные позволяют сформулировать основные особенности строения сейсмофокальной зоны и с иных, чем принято, позиций, а именно:

1 - сейсмофокальная зона (СФЗ) может по падению подразделяться на несколько самостоятельных сегментов (Тараканов, Ким Чун Ун, 1969), структура которых и углы падения которых, по-видимому, определяются скоростями течения вещества на различных, обусловленных реологической стратификацией, глубинных уровнях астеносферы. В свое время Т.К. Злобин (Злобин, 1985, устное сообщение) высказывал мнение, что СФЗ может быть рассеченной рядом субпараллельных по глубине полос, которые по неизвестным причинам сдвинуты относительно друг друга в горизонтальном направлении, образуя в конечном итоге тот или иной суммарный наклон СФЗ. Примечательно, что к близкому выводу пришли и сейсмологи по японским данным (Carr et al., 1973; Сычев, 1979). Косвенное подтверждение данному тезису может служить практическое симметричное относительно экватора (т.е. области с максимальными скоростями течений вещества в астеносфере) распределение углов падения СФЗ, которое, скорее всего, определяется реологически-расслоенным распределением скоростей замедления вращения оболочек, начиная с жидкого ядра Земли. Последнее, как известно, обуславливается жестким требованием постоянства момента инерции (Кропоткин, 1970; Гринспен, 1975; Федорин, 1984; Лукьянчук, 1991) вращающихся оболочек;

2 - верхняя часть СФЗ до глубин 80–120 км от дневной поверхности, которая охватывает область сочленения континентальной и океанической литосфер (надвиг –

подвиг или т.н. *fingering*), отвечает, скорее всего, той области тектоносферы, где еще могут существовать условия для сдвигово - взбросовых механизмов землетрясений. Более глубокие сегменты СФЗ совпадают, по-видимому, с областью расслоенной по реологии и по скоростям течений вещества астеносферы, в пределах слоев которой происходят полиморфные твердотельные превращения. Последние, как известно (Шуколюков, Данг В.М, 1977; Ярославский, 1982; Ениколопян и др., 1987), при наличии сдвиговых деформаций в условиях больших всесторонних давлений осуществляются в виде реологических или тепловых взрывов, по существу, трансмутационных (межатомных или ядерных) превращений, и сопоставимых по энергии с ядерными взрывами (Прасолов, 1974; 1976; Колясников, 1984; Новгородова, Рассказов, 1992; Колясников, 1997). На возможность такой природы глубоких и сверхглубоких землетрясений указывалось неоднократно (Orowan, 1960; Griggs, and Handin, 1960; Вермишова, Гангнус, 1975; Балакина, 1981; Wortee, 1986; Fronlich, 1989; Фронлих, 1989).

3 - реологическое переслаивание вещества в астеносфере связано в значительной степени, и, в первую очередь, с глубинной аморфизацией и полиморфизацией (Соболев, 1949; Савич и др., 1986) на диаграммах состояния сложноупакованных (Белов, 1947; Соболев, 1973) металлизированных соединений (Капустинский, 1956; Свенсон, 1963; Дортман, Магид, 1969; Барсуков, Урусов, 1982; Малкин, 1985; Бармин и др., 1989), нежели с наличием значительных объемов расплавов.

Вместе с тем, более детальное обсуждение проблем, связанных с сейсмофокальными зонами, выходит за пределы настоящей работы. Главный вывод, который может быть сделан из анализа имеющихся тектонофизических характеристик среды под полуостровом Камчатка и прилегающих областей Зоны перехода и дна Тихого океана – это наличие здесь условий для существования стратифицированной пластической астеносферы, вещество которой обладает особым кристаллохимическим состоянием на молекулярном и атомном уровнях (Кейес, 1966; Твердые ..., 1966; Физика..., 1980; Действие..., 1986), и которая здесь, как и вдоль всей западной периферии Тихоокеанского "огненного кольца", обладает рядом особенностей, создающих аномальные условия для возникновения не просто "размяченного" (Жарков, 1983, стр.93) верхнего слоя, но и обеспечивающих протекание (Тепломассоперенос ..., 1990) аномальных геодинамических процессов.

Более того, возникает специфическая ситуация, когда литосфера становится природной границей между земной атмосферой и внутриземной астеносферой (рис.5а). При этом, если для атмосферы имеется тепловая граница на уровне "суша – океан", то для астеносферы – аналогичная тепловая граница между континентом и океаном может рассматриваться в виде СФЗ. Отличие, при этом, чисто механическое: в случае атмосферы - литосфера – это нижнее ограничение геофизической среды, и для последней верхним ограничением принимают тропосферу. В случае астеносферы – литосфера верхнее ограничение геофизической среды, а в качестве нижней границы – может рассматриваться "сейсмический раздел 400 км", который контролирует кровлю третьего сегмента СФЗ и на котором прогнозируются резкие полиморфные изменения вещества (Giardini et al., 1982; Жарков, 1983). Наличие таких границ, как известно, в динамической климатологии увязывается с областями циклонической деятельности в атмосфере Земли (Шулейкин, 1953; Наливкин, 1969; Монин, 1972), а в геодинамической вулканологии - прогнозируются динамические возмущения, которые по аналогии могут рассматриваться в качестве своеобразных "астеносферных циклонов" (Святловский, Китайгородский, 1988; Дмитриевский и др., 1993; Сеславский, 1995).

#### **Астрометрические данные и геодинамика**

Астрометрическими (Ержанов, Колыбаев, 1984; Баранов и др., 1986; Смирнов, 1986 и др.) и геофизическими (Михайлов, 1970; Павлов, 1970; Сидоренков, 1971; Авсюк, 1973; Авсюк, Щеглов, 1986 и др.) исследованиями установлено, что наблюдаемое несоответствие центра масс Земли и мгновенной оси вращения, следы движения которой на поверхности

планеты фиксируется перемещениями полюса, связано со смещениями внутреннего ядра, "взвешенного" и вращающегося во вращающейся "жидкости" внешнего ядра (возможно более точно, в области переходной зоны - слой D<sup>''</sup>), а также асимметрией и несовпадением осей вращения мантии Земли и внутреннего ядра (Szeto, and Smyle, 1984; Никитина, 1990; Никитина, Рузмайкин, 1990). Существуют серьезные указания на несовпадение и оси

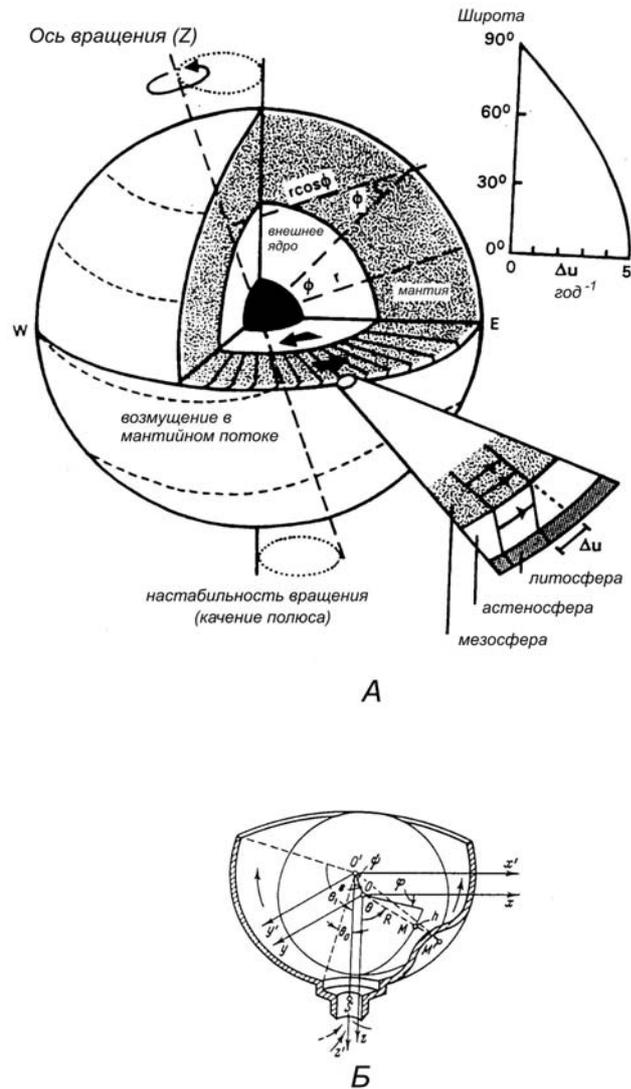


Рис.5. Модель Земли как система вращающихся ее геоболочек (А) и аналог сферического подшипника (Б)

А – взаимоотношение геоболочек по [A.D. Smiht, Ch. Lewis, 1999, fig.1, p.100], где  $\Delta U$  – скорость дифференциального вращения литосферы и мантии, которая может рассматриваться как скорость относительного потока вещества в астеносфере. Б – модель сферического подшипника по [Лойцянский, 1975], условные обозначения на рисунке. Внутренняя сфера подшипника является аналогом внутреннего твердого ядра Земли, которое поддерживается во взвешенном состоянии не за счет поддавливания внешним источником как в сферическом подшипнике, а за счет вращения его в жидком ядре.

вращения, и центра тяжести с общепланетарной системой координат таковых, принадлежащих самой верхней (литосфере) оболочки (Pan, 1983; Долицкий, 1985). Такие движения обуславливаются, скорее всего, взаимодействием планет солнечной системы и, в первую очередь, Земли и Луны (Авсюк, 1997), которое выражается в регистрируемом

астрометрическими методами замедления вращения Земли, обусловленном действием сил трения. Последние вызывают нерегулярное перемещение верхней оболочки - литосферы в западном направлении (Шейдеггер, 1987). В связи с этим и на сегодняшнем уровне знаний несомненно, что гипотезы о развитии и геодинамические модели зоны перехода от Азиатского континента к Тихому океану будут несостоятельны без их увязки с астрометрическими данными.

В современных моделях стандартной Земли (Ботт, 1978; Буллен, 1978; Жарков, 1983) предполагается выделение радиально-концентрических зон, имеющих собственные кинематические (скорости вращения) и динамические (амплитуда) характеристики диссипативной функции (Ахияров и др., 1988). С этих позиций, возможно выделение (Жарков, 1983; Озима, 1990) трех областей в недрах планеты, на уровне которых следует ожидать такие дифференциальные движения оболочек: 1) литосфера - астеносфера и мезосфера; 2) мезосфера (нижняя мантия) - раздел нижняя мантия и внешнее ядро (слой D') и 3) раздел между внутренним ядром и внешним. С геофизической точки зрения эти области различаются величинами диссипативной функции Q: от 100 до 1000 на первой и третьей границе, и свыше 2000 в пределах мезосферы (Жарков, 1983; Ахияров и др., 1988). Отсюда, так как от величины диссипативной функции зависит угол запаздывания приливного трения, следует возможность дифференциального движения оболочек относительно друг друга и возникновение в пограничных зонах значительных сдвиговых напряжений. Эти напряжения по абсолютным значениям превышают, скорее всего, пределы текучести, обуславливая, тем самым скольжение оболочек относительно друг друга (Bostrom, 1988). Оценки параметров такого движения обычно выполняются по величинам дифференциальных моментов инерции, которые улавливаются современными астрофизическими и геофизическими измерениями. Эти измерения позволяют регистрировать флюктуации во времени некоторых фундаментальных констант (включая микроизменения гравитационного поля (Гамбурцев, 1987) и формы Земли (Сидоренков, 1971), характеризующих динамическую активность Земли (Грушинский, 1963; Яцкив, 1976)). В первую очередь, это касается измеренной момента инерции, угловой скорости Земли, отставания по фазе земных приливов и, наконец, неприливных изменений поля силы тяжести (Беррот, Хофманн, 1963; Буланже, 1984; Авсюк, 1988).

Кроме того, особенности вращения твердого ядра Земли и его перемещения относительно центра масс, фиксируются в геологическом времени по палеомагнитным данным (Кропоткин, 1970; Джекобс, 1979) и коррелируют с мегациклами в эволюции планеты (Милановский, Никитин, 1985; Ясаманов, 1993; Милановский, Хаин, 1999).

Изменение фундаментальных астрофизических постоянных во времени (включая и гравитационную постоянную (Дикке, 1965; Кропоткин, 1983)) имеют сильную корреляцию как с геофизическими параметрами, такими как сейсмичность, так и с геологическим (Хизанашвили, 1984; Стовас, 1962). При этом влияние космологических факторов на энергетику внутренних процессов Земли более предпочтительно (Трапезников, 1963; Кропоткин, 1983; Кропоткин, Ефремов, 1992).

Скольжение литосферы по астеносфере одним из первых в 1921 г. рассмотрел В. Швейдар (Кропоткин, 1970), изучая явление прецессии земной оси. По его расчетам силы вращения для континентов, расположенных между "-30" и "40" градусов широты и от 0 до 40 градусов западной долготы, будут в 220 раз больше, чем проявляются в прецессии оси всей Земли. В дальнейшем эти силы вычислялись многими исследователями (Bostrom, 1988; Knoroff et al, 1989). Так, А. Надаи (1969) пришел к выводу, что притяжение Луны вызывает медленное проскальзывание внешних геосфер относительно внутренних, в том числе мезосферы по земному ядру. Особенно подчеркивалось такое движение применительно к западному дрейфу геомагнитного поля Земли, которое рассматривается или как движение литосферы - астеносферы по мезосфере, или земного ядра относительно нижней мантии. Различаясь отдельными тонкими особенностями исследуемых моделей, большинство авторов склоняются к идее о существовании таких движений и указывают на

высокую чувствительность момента инерции и изменения скорости вращения Земли к перестройкам структуры в верхней части планеты (Бердотт, Хофманн, 1963; Bostrom, 1971; Melhinmy, 1973; Press, and Briggs, 1975; Мельхиор, 1975; Шейдеггер, 1987) и, в первую очередь, в области астеносферы. Поэтому "при любых тектонических построениях, в которых рассматриваются перераспределение масс по горизонтам, должно учитываться, что эти явления отражаются в астрометрическом наблюдательном материале и, если даже на современном этапе они еще не улавливаются, то все равно может быть предсказана общая тенденция хода изменения скорости вращения Земли" (Авсюк, 1977, стр.104).

Существуют различные мнения на причины и следствия флуктуаций угловой скорости вращения Земли за исторический период. Известно, что она постепенно уменьшается (Runcorn, 1964; Шейдеггер, 1987), однако, на фоне этого глобального замедления происходят резкие, скачкообразные возрастания угловой скорости с последующим плавным уменьшением. Кроме того, на фоне глобального замедления, прослеженного от 610 лет н.э. до настоящего времени (Шейдеггер, 1987), устанавливается ускорение вращения Земли за счет изменения ее момента инерции (Парийский, 1945), а так же наблюдаются годовые и полугодовые вариации из-за сезонной динамики атмосферы и планетарного распределения атмосферных осадков (Баранов и др., 1986), изменения уровня океанов в связи с таянием льда в Антарктике и Гренландии (Стовас, 1975; Wieson, Naubrich, 1976; Хизанашвили, 1983). Тем не менее, эта точка зрения оспаривается. По мнению Борисенкова Е.П. (1965), влияние движения Солнца в Галактике и суммарный вектор скорости имеет большее влияние на угловую скорость Земли, нежели метеорологические факторы. "Максимум скорости движения Земли в принятой Р.Дикке космологической системе отсчета, связанной с Галактикой и Мегалактикой падает приблизительно на июнь-июль и совпадает с тем временем, когда скорость вращения Земли вокруг своей оси достигает максимального значения, а момент инерции и радиус, по-видимому, сокращаются до минимума" (Кропоткин, 1970, стр.41). Исследованиями ряда авторов по выявлению корреляции между числом землетрясений (и их энергией) и изменениями угловой скорости вращения Земли, была установлена причинно-следственная связь, в которой, однако, у разных авторов причина и следствие меняются местами (Стовас, 1975). Перемещение масс в теле Земли, которое следует из выше названных геофизических процессов (Певнев, 1970), в любом случае должно приводить к изменению тензора инерции (Баранов и др., 1986), т.е. к изменению значений главных центральных моментов и ориентации ее мгновенных центральных осей инерции в теле Земли. Эти изменения в настоящее время устанавливаются по астрометрическим и геофизическим измерениям (Kane, 1972; Whitten, 1972; Press, and Briggs, 1975; Грушинский, 1976; Абрикосов, 1985; Смирнов, 1986; Краснорылов, 1987). Весьма важным здесь является то, что около 93% всей энергии движения полюса связано с Чандлеровыми движениями (Еремеев, Юркина, 1971; Ержанов, Колыбаев, 1984), которые в значительной мере обусловлены движениями внутреннего твердого ядра Земли (Mateo, 1973; Стовас, 1975; Press, and Briggs, 1975; Авсюк, 1988). По геомагнитным данным имеется слабая рассогласованность вращения оболочки и внутреннего твердого ядра (Джекобс, 1979) на величину  $10^{-5}$  рад. По расчетам (Шейдеггер, 1987; Szeto, and Smyle, 1989) дифференциальная скорость вращения может достигать 1 м/с, что соответствует периоду порядка 90 дней. Более того, анализ приливов в теле Земли указывает на возможность системы мантия-ядро иметь собственные резонансные колебания с почти суточными и полусуточными периодами (Латынина и др., 1983; Knopoff et al., 1989).

Движение внутреннего сфероида (ядра) «разводит в пространстве» на некоторую величину  $\Delta R$ - земного радиуса центр масс и мгновенную ось вращения Земли. Проекция этой оси на земной поверхности практически совпадает с магнитным полюсом и описывает эпициклоиду его движения во времени. Эта кривая устойчиво прослеживается по геофизическим (палеомагнитным) и геологическим данным (Авсюк, 1980; Долицкий, 1985). Думается, однако, что траектория перемещения полюса должна содержать и

компоненту смещения, обусловленную перемещением верхней оболочки Земли (Стовас, 1975). Расчеты показывают (Авсюк, 1973), а измерения абсолютного гравитационного поля подтверждают (Буланже, 1981), что внутреннее ядро движется относительно центра масс Земли с периодом в половину синодического месяца и с амплитудой до 5-7 м, которая вызывает на земной поверхности изменения в значениях гравитационного поля до  $30 \times 10^{-6}$  см/с<sup>2</sup>. Несомненно, что на это движение накладывається влияние всех (включая краткoпериодные и длиннопериодные) возмущения орбитального движения Земли.

Одним наиболее существенным эффектом такого влияния следует признать изменение величины фундаментальной гравитационной постоянной (Canuto, 1981). Имеются данные (Попандопуло, 1982), что во время максимума прилива от притяжения Луны в толще земной коры происходит объемное расширение и раскрытие трещин, что приводит к уменьшению гравитационного потенциала Земли на ее поверхности, т.е. наблюдается эффект, обусловленный увеличением радиуса планеты. Показано, что существует (Canuto, 1981; Кропоткин, 1983) устойчивая зависимость:

$\sim f(\delta) \sim -12(\delta) \sim$ , где  $R$  – радиус земли и его изменения,  $G$  – гравитационная константа и ее изменения,  $g$  – сила тяжести и ее флуктуации,  $\omega$  – угловая скорость вращения Земли и ее отклонения,  $I$  – момент количества движения и его изменения.

В связи с этим ясно, что, если движение внутреннего ядра Земли достаточно тесно коррелирует с расстоянием в системе Земля-Луна (Авсюк, 1986), изменение которого влияет на величину  $G$ , то есть и несомненная автоколебательность описываемых процессов, которая присуща открытым термодинамическим системам (Николас, Пригожин, 1979). Таким образом, должны наблюдаться взаимовлияние и взаимодействие. Видимо, не исключено при этом, что в совокупности планетарных и геофизических процессов, описывающих эволюцию планеты Земля и системы Земля-Луна и Солнца, должен существовать набор дискретных значений резонансных частот (Латынина, 1983), которые позволяют расшифровать и сформулировать основные черты динамического состояния, как Земли, так и всей системы в целом (Приливы ..., 1975). Вышесказанное весьма надежно иллюстрируется корреляционными сопоставлениями многих геофизических и геологических явлений, изученных достаточно подробно (Morgan et al., 1961; Machado, 1967; Стовас, 1975; Авсюк, 1986). Суммируя сказанное, можно полагать, что представления В.Н.Жаркова (Жарков, 1983) о наличии в Земле, по крайней мере, двух астеносфер – аномальных слоев, которые по своим характеристикам могут стать "смазочным слоем" между вращающимися геосферами, подтверждаются экспериментальными данными (Dziewanski et al., 1975). В тоже время существуют серьезные возражения некоторых исследователей против планетарного характера первой (самой верхней) астеносферы (глубины 70-270 км), основанные, по их мнению, на отсутствии планетарного слоя пониженной скорости (Сычев, 1979). Другим серьезным возражением - может служить свидетельство о возможном продолжении сейсмофокального слоя в нижнюю мантию (Hager, Connell, 1986).

Думается, однако, что отождествление астеносферы со слоем пониженных скоростей (ЗПС) не совсем правомочно. Исследование причин возникновения астеносферы свидетельствует о ее преимущественно реологической природе (Браун, Массат, 1984). Об этом говорит, в частности, факт изостатического выравнивания древних кристаллических щитов, хотя под ними зоны пониженных скоростей не установлены. Эти два слоя, по-видимому, тесно связаны, но их природа различна (Браун, Массат, 1984). Они могут в ряде случаев совпадать по местоположению в разрезе, когда температура земных недр приближается к солидусу или достигает его, и, в то же время, параметры астеносферы (в отличие от ЗПС) не определяются наличием расплава, а соотносятся только с "ползучестью" материала в твердом состоянии и с уровнем имеющихся напряжений, и временем их действия, т.е. скоростью деформации (Браун, Массат, 1984 стр. 154). В целом, наличие планетарной первой астеносферы, как реологического тела, подтверждается и глобальной изостатической компенсацией

поверхностного рельефа Земли, и следует из данных по регистрации собственных колебаний планеты для компонент высшего порядка (Ботт, 1974; Булен, 1978; Жарков, 1983). Тем не менее, представляется вполне оправданным предполагать для этой зоны более строгую зависимость от времени. Это может проявляться во временной зависимости ее свойств от прилагаемых напряжений, и пульсационный характер «разгрузки» их в виде пластических (криповых) течений. Кроме того, наблюдаются также изменения величин ее вязкости по горизонтали в пределах до одного порядка и, что важно, вязкость должна, по-видимому, чутко реагировать на изменения той части земного радиуса, которая приходится на астеносферу. Характерно, что особенности строения этого слоя выражаются в движении литосферы не как единого целого, а как совокупность контактирующих, не связанных между собой, разъединенных жестких глыб (Косыгин, Маслов, 1987; Дедеев, Куликов, 1988). Несомненно, что установленная цикличность в изменении скорости вращения и перемещении оси вращения в теле Земли (Авсюк, 1986), найдет отражение и в динамике системы литосфера-астеносфера.

Другим важным элементом, который влияет на развитие внутриземных процессов, является величина радиуса Земли и динамика его изменения во времени. В целом, измеряемое замедление вращения планеты может служить доказательством изменения момента инерции во времени. Как показывают результаты расчетов, которые подтверждаются измерениями суточных, месячных и годовых колец ископаемых кораллов, направленное уменьшение длины суток составило от 400 до 365 за период Фанерозоя (Runcorn, 1964; Шейдеггер, 1987). По данным многих авторов такое замедление должно сопровождаться увеличением радиуса Земли со скоростью от 0,01 мм/год до 1,2 мм/год (Runcorn, 1964). Однако, результаты интерпретации палеомагнитных измерений, базирующихся на различающихся методических подходах, дает значительный разброс расчетных параметров. По данным (McElhinly et al., 1978) за последние 400 млн. лет увеличение радиуса Земли не могло превышать 0,8%, что составляет не более 0,1 мм/год и совпадает со средним значением выше приведенного диапазона.

Таким образом, несмотря на различные подходы к анализу палеомагнитных данных, они свидетельствуют однозначно о наличии незначительного (в рамках геологического времени) увеличения радиуса Земли, которое увязывается, как с замедлением вращения планеты, так и с изменениями за это же время моментов инерции (Чебаненко, Федорин, 1984). Однако, на фоне общего замедления устанавливаются циклы локальных ускорений и замедлений. Продолжительность циклов составляет 20-25 млн. лет (Милановский, 1975; Чебаненко, Федорин, 1984). При этом, в эпохи ускорения растет "эллипсоидность" планеты; в эпохи замедления – ее "шаровидность", и так как эти изменения сопровождаются изменениями радиуса и площади поверхности Земли, то, на первый взгляд, в преобразованиях участвуют все внутренние геосферы радиально-концентрической расслоенной планеты. Однако, в связи с различием физико-химических и реологических параметров этих геосфер их реакция не может быть равномерной. Это приведет и, видимо приводит к резкому отличию форм разграничивающих их поверхностей. Не исключено, что наблюдаемые аномалии геоида и гравитационного поля являются следствием таких отличий. Частично сказанное совпадает с представлениями Ю.А.Тараканова, Л.П.Винник (1975) и Т.В.Рузмайкиной (1976). Естественно, что изменения величины земного радиуса серьезно сказываются на текущих параметрах предполагаемых "смазочных" слоев. Как известно, Runcorn S.K. (1973), указывая в споре с Lyllelton на малость изменения радиуса Земли относительно полного радиуса Земли, отрицал серьезное влияние таких изменений на геодинамические процессы. Представляется, однако, что это незначительное варьирование величины радиуса становится существенным, если оно происходит в основном в «смазочных», податливых слоях – тогда изменение мощности астеносферы (верхний «смазочный» слой) или слоя D" на величину нескольких километров, приведет к значительным

геотектоническим перестройкам. Представляется, что наибольшая часть роста или уменьшения радиуса Земли определяется вариациями мощности астеносферного слоя, так как его верхнее ограничение в виде литосферы наиболее неустойчиво с точки зрения реологии, поэтому, естественно, и наиболее чувствительного по последствиям к изменению ротационного режима Земли из-за его "разбухания" или его "усыхания", на что указывалось выше. Думается, что в период увеличенного радиуса значения вязкости резко уменьшаются, способствуя увеличению дифференциальной скорости вращения геосфер. В настоящее время имеется много вариантов математического описания таких движений (Авсюк, 1986; Bostrom, 1988; Szeto, Smyle, 1989). Вместе с тем, наиболее целесообразным и перспективным для этих целей использовать аппарат, который создан для описания движений, существующих в сферических подшипниках (Лойцянский, 1955; Лойцянский, 1956) и который позволяет более подробно анализировать особенности течений смазочной жидкости в широком диапазоне реологических параметров.

### **Приближение смазочного слоя**

Правомерность применения теории гидродинамической смазки к анализу движения геосфер Земли следует из сопоставления параметров «смазочных» слоев-астеносфер и параметров как внутренних, так и внешних вращающихся сфер. При этом можно условно отнести внешнюю оболочку (литосферу) Земли к неподвижной обойме подшипника относительно внутренней мезосферы. Эти параметры могут быть легко приведены к безразмерным аналогам, которые позволяют использовать для целей анализа механического взаимодействия геосфер математический аппарат этой теории (Лойцянский, 1978). Главное при этом те следствия, которые могут быть предсказаны на основе этой теории. Успешные попытки такого рода применительно к движениям в литосфере известны (Каракин и др., 1974). Одним из самых важных из ожидаемых следствий, будет прогнозирование так называемых «точек отрыва» смазочного слоя, которые возникают при наличии шероховатости поверхности (наличие «зубьев») неподвижной геосферы. В этом случае, как известно (Зоммерфельд, 1947), за таким выступом появляется "след", который по своим физическим характеристикам может быть сопоставлен с кавитационными процессами. Тогда в условиях астеносферы, если вещество находится в ней вблизи точки солидуса, такое быстрое снятие избыточного давления должно приводить к «вскипанию» вещества и возникновению определенных объемов локализованных расплавов. В связи с такими процессами следует ожидать возникновение землетрясений, связанных с вскипанием (Тылтин, 1985), а также кавитационной эрозии подошвы литосферы. Физико-математическая основа таких процессов рассмотрена во многих теоретических работах, которые посвящены Куэттовскому и Пуазейлевскому течениям, имеющими приближения к Экмановским пограничным слоям (Verhoogen, Mason, 1961; Астарита, Мараучи, 1974; Goldsmith, 1978; Галахов и др., 1985; Ишлинский, 1986).

Под этим углом зрения становятся весьма спорными результаты ряда исследований, связанных с анализом механизмов, размещения и эволюции так называемых "горячих точек" (Duncan et al., 1972; Molnar, Atwater, 1973; McElhinny, 1973; Stewart, 1976), которые вступили в противоречие с дифференциальным проскальзыванием геосфер, и поэтому потребовали дополнительные усилия для их согласования с устоявшимися представлениями. Так возникла современная парадигма "горячих полей" (Smith and Lewis, 1999; Seidler et al., 1999; Добрецов и др., 2000).

Другим важным следствием из теории гидродинамической смазки применительно к относительным движениям геосфер внутри Земли является способность смазывающего слоя к "расклиниванию" сужающихся участков и других "узкостей", а также явления, которые объясняют обратные течения (при движении ламинарном в так называемом диффузоре – расходящемся канале – здесь в термальном клине над СФЗ) и турбулентные завихрения, сопровождаемые обычно отрывом жидкости от стенки. Теория строго

устанавливает место отрыва, интенсивность турбулентности и условия ее возникновения (Лейбензон, 1934).

Весьма важным следствием, вытекающим из предлагаемого подхода, является возможность анализировать изменения во времени мощности «смазочного» слоя. На границе ядро-мантия наибольшим смазочным эффектом обладает, скорее всего, слой у подошвы нижней мантии, мощность которого оценивается в пределах (50–150 км) и перепадами температуры (300–650°K). Эти оценки соответствуют состоянию конвективной неустойчивости (Жарков, 1983) слоя, поэтому изменения прежде всего его мощности из-за перемещения ядра Земли под действием сил Робинс-Магнуса (Магнус, 1974; Авсюк, 1988) может создавать области с развитой конвекцией и стимулировать химико-плотностную дифференциацию на границе ядро-мантия, как это предполагается рядом авторов (Артюшков, 1970; Сорохтин, 1974; Монин, Кеоджан, 1979), а также, обуславливать развитие зон трещиноватости - проницаемости в перекрывающей его нижней мантии (Young, Lay, 1989), - своеобразные мантийные "протуберанцы". Эти "протуберанцы" могут положить начало зонам сквозь мантийного растрескивания и, более того, при достижении достаточно высоких уровней – стать путепроводом "проникающей конвекции" (Elder, 1961), но не плумов по масштабности проявления. Не исключено, что такие участки могут стать и зонами возникновения конвективных потоков в понимании сторонников конвективных движений в мантии (Геофизика океана ..., 1979). Возможно также, что выявляемые сейсмологическими методами зоны неоднородностей (повышенных плотностей и скоростей) в мантии могут быть отождествлены с раскристаллизацией таких внедрений на верхних этажах, которые не смогли с энергетической точки зрения достичь уровня литосферы-астеносферы. Аналогичные по механизму включения могут устанавливаться и в пределах самой литосферы, источники которых следует искать в подстилающей астеносфере. Однако, рассматривая возможное перемещение вещества из нижних этажей (внутренних) Земли, необходимо сразу подчеркнуть, что такой перенос оказывает заметное влияние на величину моментов инерции (Яцкив и др., 1976). При этом, если не принимается во внимание «возвращение» масс обратно во внутрь Земли в масштабах не менее 2/3 от поднятых, то изменения моментов инерции расчетных и наблюдаемых согласовать не удастся. В связи с этим, необходимо в гипотезах, в которых перемещение вещества является основой (Сычев, 1984), обязательно предусматривать его возврат (Яцкив и др., 1976). Это соображение дополняет необходимость замкнутой системы тепломассопереноса, которое следует из конвективного механизма «охлаждения» внутренних областей планеты (Жарков, 1983). Таким образом, теория гидродинамической смазки в приложении к геодинамическому описанию геотектонических процессов может стать полезным инструментом изучения последствий таковых и, в первую очередь, при анализе вулканизма как наиболее «осязаемого» из них.

#### **Геодинамические следствия**

Учитывая, что имеются, по крайней мере, две зоны с характеристиками «смазочного» слоя (на границе ядро-мантия и на границе литосфера-мезосфера), следует полагать, что возможно несовпадение систем координат, связанных с этими вращающимися геосферами. В этом случае должны наблюдаться: система координат всей Земли в целом; система координат, относящаяся к ядру; система координат, связанная с геосферой, объединяющая как единое тело ядро и нижнюю мантию (точнее мезосферу). В теле Земли, в связи с этим, будут развиваться дифференциальные вращательные движения, не всегда совпадающие и, скорее всего, не совпадающие по фазе и амплитуде. Траектории движения индивидуальных центров систем координат будут описывать в пространстве сложную кривую, которая в сумме реализуется на поверхности Земли в виде движения полюса.

В связи с тем, что в разное время преимущество в суммарном движении будет иметь та или иная система координат, это будет выражаться более сложным по

сравнению с одиночным рисунком следом перемещения полюса, которое и наблюдается по экспериментальным данным (Долицкий, 1985). Устанавливаемый разброс единичных измерений, по-видимому, не всегда обуславливается точностью измерений, а свидетельствует об указанном выше сложном составе суммарного движения. Сказанное иллюстрируется также и современным знанием фигуры Земли, которая устанавливается по спутниковым данным (Грушинский, 1976). Если Землю представить в виде трехосного эллипсоида, то большая экваториальная ось должна проходить через области экватора вблизи мест с аномальными высотами геоида. Однако, наблюдается асимметрия: в западной части максимум высот геоида смещен в северные широты, восточный – лежит в экваториальной области. Кроме того, западный конец наибольшего экваториального радиуса падает на долготы  $0-10^\circ$  к западу от Гринвича, а восточный – на долготы порядка  $30-40^\circ$  к западу от меридиана  $180^\circ$ , т.е. противоположные концы наибольшего экваториального диаметра асимметричны примерно на  $30^\circ$ . Больше того, асимметрично, в свою очередь, северное и южное полушария. Это выражается в том, что геоид в северном полушарии проходит на 20 м выше полюса, тогда как в южном – на столько же ниже эллипсоида (Шейдеггер, 1987). Отрицательные высоты выявлены у западного побережья Америки и в Карибском море, где амплитуда достигает 50 м; на юге Индии отрицательная аномалия высот геоида достигает 100 м. В целом, Земля имеет "грушевидную" форму (Шейдеггер, 1987), при которой наблюдается несимметрия южного и северного полушарий, о чем сказано выше (расстояние от южного полюса до центра тяжести Земли на 20 м больше такового от северного). Две трети всей суши находится в северном полушарии, и лишь треть ее расположена в южном. Большая часть островных дуг, океанических хребтов и глубоководных желобов расположена к северу от экватора. Однако на южном полюсе Земли располагается самый высокий континент планеты – Антарктида, в тоже время на ее северном полюсе расположен Северный ледовитый океан, площадь которого практически равна площади Антарктиды (Баранов и др., 1986). Тихий океан, покрывая 35% поверхности Земли в северном и южном полушариях, образует меридианальную асимметрию планеты. Несомненно, что это находит отражение в динамическом состоянии Земли. Ее современная фигура соответствует современной скорости вращения, однако, современное вздутие планеты несколько больше того, каким оно должно быть при полном равновесии. Это связано, скорее всего, с большей  $10^{24}-10^{26}$  пуаз вязкостью нижней мантии и приливное трение не может привести к равновесию. При этом форма вздутия отстает от равновесной на 10 млн. лет (Дедеев, Куликов, 1988). По геомагнитным данным, главный диполь отстает от центра тяжести Земли на 436 км и наклонен относительно оси вращения примерно на  $11,5^\circ$ .

В заключение, последнее совместное рассмотрение гравиметрических и геомагнитных длинноволновых компонент полей показало (Hilde, Malin, 1971), что существует высокая корреляция между этими самыми низкими гармониками полей при повороте одного из них по долготе на  $160^\circ$ ; что обусловлено физической причиной, связанной с неровностями границы ядро-мантия и вызываемыми ими изменениями структуры гидродинамических течений во внешнем ядре. В связи с тем, что сцепление мантии и ядра обуславливается значениями электропроводности мантии, весьма примечательными становятся данные о возможной генеральной дисимметрии этих значений в северном и южном полушариях. Если это так, то должно наблюдаться и некоторое проскальзывание этих полушарий друг относительно друга. Возможно, что поверхностным выражением этого движения является Средиземноморско-Азиатский субширотный разлом на западе и субширотные зоны разломов на востоке. Во всяком случае, определенный относительный сдвиг структур вдоль этих разломов усматривается (Долицкий, 1985). Реконструкция глобального поля напряжений, выполненная рядом авторов показала, что существует осевая симметрия этого поля относительно контуров Африки и Тихого океана. Возможный механизм этого феномена связан (Долицкий, 1985)

с глобальным пластическим потоком масс земной коры малой амплитуды. Было сказано, что угловая скорость этих движений достигает максимальных значений в экваториальной области относительно полюсов вращения (Южной Африки и антиподальной части Тихого океана). Вблизи полюсов эта скорость падает. Последнее обуславливает развитие деформаций кручения и отвечающее этой деформации поле напряжений. В целом, рассмотренные особенности фигуры Земли, находят отображение в обобщенном гравитационном поле, которое более мозаично, нежели те глобальные черты, о которых говорилось выше. Однако и в нем наблюдается указанная асимметрия и выявляется преимущественное направление аномалий с северо-запада на юго-восток.

Таким образом, весь комплекс данных (геофизических, геологических и астрометрических) свидетельствует, что фигура Земли соответствует не абсолютно твердому телу, вращающемуся вокруг стабильной оси вращения, которая проходит через ее центр тяжести, а вокруг мгновенной оси вращения, которая является следствием перемещения внутри планеты масс вещества. Последнее, в свою очередь должно приводить (Вуллард, 1963; Баранов и др., 1986; Молоденский, Крамер, 1961) к изменению тензора инерции и, следовательно, к изменению главных центральных моментов инерции Земли и ориентации ее главных центральных осей инерции относительно осей координат ее фигуры. В настоящее время установлено, что оси земной системы координат не совпадают с главными центральными осями инерции, а средний полюс не совпадает с полюсом инерции. Отмечается также эксцентриситет границ оболочки относительно ядра, на что указывалось выше. По анализу спутниковых наблюдений удалось установить существование в мантии конвективных течений со скоростью около 1 см/год (Баранов и др., 1986), а также нутацию вектора кинетического момента одной оболочки (Молодецкий, Крамер, 1961). В связи с тем, что "вещество Земли не обладает конечным сопротивлением, ее мгновенный полюс вращения будет всегда следовать за полюсом инерции в движениях, обусловленных медленной конвекцией в мантии и может занимать в течение геологических эпох практически любые положения на поверхности Земли" (Яцкив и др., 1976, стр.63).

Вместе с тем, остается не выясненным вклад каждой из геосфер в суммарное движение. Выше рассмотрено три возможных геосферы, которые могут оказать влияние на перемещение полюса по поверхности Земли: литосфера с прилегающей частью астеносферы; дифференциальное движение возможно, скорее всего, относительно мезосферы. Экмановские пограничные слои располагаются на ограничительных поверхностях смазочных слоев. По данным многих авторов (Артюшков, 1978; Жарков, 1983) динамическая вязкость этих слоев значительно ниже как верхнего (т.е. самого смазочного слоя), так и нижнего (переход к мезосфере) ограничений зоны прилипания. Вторая разграничительная зона выделена на уровне подошвы нижней мантии и ядра. Здесь также выделяются Экмановские слои, совпадающие, скорее всего, со слоями прилипания, вязкость которых оценена на уровне  $10^9$  пуаз и менее (Молоденский, 1982), что позволяет сделать вывод (из-за малой величины вязкости) о том, что приливные вариации скорости вращения Земли должны описываться уравнениями изменения инерции оболочки. Так как этот вывод получен на периодах, превышающих час (60 сек), то он может быть распространен и на более длиннопериодные изменения (Молоденский, 1976).

Полагая, что короткопериодные (суточные и полусуточные компоненты изменений) составляющие приливов могут реализовываться в геологических процессах через достаточные по длительности значительные временные интервалы, можно утверждать о преимущественном вкладе в эти процессы так называемых долгопериодных компонент лунно-солнечных приливов. Эти приливы вызывают изменения момента инерции Земли относительно оси вращения и приводят к наблюдаемым вариациям скорости вращения планеты и, естественно, к тем внутрипланетным перестройкам, о которых говорилось выше. Известно, что (Вращение

..., 1982) момент инерции ядра составляет 10-12% момента инерции Земли. Поэтому основное влияние на перемещение мгновенной оси будет оказывать деформации внешней оболочки.

Смещение ядра под действием Луны-Солнца вызывают колебательные изменения его момента инерции. При этом постоянство момента количества движения, которое вытекает из закона сохранения углового момента, приводит к передаче момента количества движения от ядра к оболочке. Таким образом, при ускорении вращения ядра происходит торможение оболочки и наоборот. Энергия колебания внутреннего ядра равна около  $3 \cdot 10^{23} \text{ гсм}^2/\text{сек}^2$ . Через жидкое ядро эта энергия передается (Авсюк, 1973) в виде изменения давления внешней оболочке. Оценки изменения кинетической энергии вращательного и орбитального движения в системе Земля-Луна, по данным современных астрометрических измерений параметров этой системы, дают величину  $3,9 \cdot 10^{23} \text{ эрг}$ , что соответствует диапазону вариаций расстояния Земля-Луна порядка 8 радиусов Земли и ожидаемые наклоны экватора к эклиптике  $17-30^\circ$ .

Известно, что в результате уменьшения скорости вращения Земли теряется около  $7 \cdot 10^{26} \text{ эрг}$  кинетической энергии в год (Яцкив и др., 1976), что значительно превосходит энергию перемещения внутреннего ядра. Следовательно, основной вклад в замедление вращения Земли, по-видимому, вносит система "литосфера-мезосфера", а система нижняя "мантия-ядро", скорее всего, является "пусковым устройством" процессов на границе ядро-мантия, обеспечивая реализацию их в соответствии с траекторией перемещения ядра под действием Лунно-Солнечного притяжения. Различие моментов, действующих на различные геосферы, приводят к их дифференциальному движению.

#### **Приближение сферического подшипника.**

Компонента главного момента инерции "С" относительно мгновенной оси вращения компонента z по астрометрическим и спутниковым данным имеет величину, равную  $C = 8,04 \cdot 10^{44} \text{ гсм}^2$ . В приближении сферического подшипника из гидродинамической теории смазки аналог этого момента – главная компонента силы вязкого трения  $L_z$ , приложенная к поверхности внутренней геосферы, имеет вид (Лойцянский, 1978, стр.423, ф. 197):

$$L_z = -R^4 \omega (1-\lambda) \cos \gamma K_2(\lambda)$$

где: R – радиус внешней сферы – срединная линия в литосфере;

$\varepsilon$  - разница радиусов внешней и внутренней - поверхность мезосферы или подошва астеносферы - сфер, т.е. мощность смазочного слоя как функция мощности астеносферы;

$\lambda$  - параметр, характеризующий эксцентриситет, т.е. несовпадение центров, равный отношению амплитуды несовпадения «e» к разности радиусов;

$\omega$  - угловая скорость вращения внутренней сферы;

$\mu$  - динамическая вязкость смазочного слоя;

$\gamma$  - одна из координат сферической системы, соответствующая широте;

$K_2(\lambda) \rightarrow 1$  при  $\lambda \rightarrow 0$  (по определению).

Компонента главного момента силы вязкого трения, приложенная к поверхности мезосферы, при значениях параметров верхнего "смазочного слоя", соответствующих параметрам реальной Земли (Артюшков, 1979; Жарков, 1983) по порядку величин:

$R = 6,37 \cdot 10^8 \text{ см}$ ;  $\mu \sim 10^{20} \text{ пуаз}$ ;  $\varepsilon \sim 2,5 \cdot 10^7 \text{ см}$ ;  $\omega \sim 7,29 \cdot 10^{-5} \text{ рад/с}$ ;  $\gamma = 0$  (на экваторе) и  $\lambda \sim 0$ ;  $K_2(\lambda) \sim 1$ ,

1. Имеем  $L_z \sim 4,03 \cdot 10^{44} \text{ гсм}^2$ , что составляет 50% полного значения астрономического. Учитывая большую неопределенность в значениях величин вязкости и мощности «смазочного слоя», полученная расчетная величина момента инерции может быть признана достаточной. Она легко согласуется, если значение вязкости будет определяться с учетом так называемой горизонтальной вязкости (Толкунова, 1973), т.е. в среднем  $2 \cdot 10^{20} \text{ пуаз}$ , и расчетная величина момента составит  $8,06 \cdot 10^{44} \text{ гсм}^2$ , что

соответствует экспериментальному. Это согласование позволяет оценить коэффициент  $\lambda$ . Учитывая, что  $L_z \cong C$ , получим  $\lambda = 0,6$ . При мощности "смазочного слоя"  $\varepsilon = 250$  км имеем эксцентриситет мезосферы и литосферы, равный 150 км, который по порядку отвечает реальным величинам и выражается в изменениях мощности астеносферы под континентами и океанами в различных регионах Земли.

Сила вязкого трения направлена в соответствии с эффектом Магнуса (Лойцянский, 1978) преимущественно вдоль оси вращения (перпендикулярно потоку жидкости), хотя может достигать значимых амплитуд относительно других осей координат, если внутренняя геосфера будет иметь и поступательное движение относительно внешней геосферы. Для внутреннего ядра Земли такое движение установлено. По данным Ю.Н. Авсюка, внутреннее ядро движется относительно центра масс Земли с периодом половину синодического месяца; амплитуда этого короткопериодного движения достигает 1,5 м, а форма движения для неподвижного наблюдателя, находящегося на северном полюсе, представляет систему сходящихся и расходящихся спиралей. Более длиннопериодные колебания, судя по траектории движения геомагнитного и географического полюсов по поверхности Земли, имеют близкий по форме циклонический рисунок, но с большими радиусами элементов таких спиралей - вихрей (Долицкий, 1985). Учитывая тот факт, что земное ядро описывает движения не только в плоскости экватора, проекция которых видна на полюсе в виде таких спиралей, но и вдоль мгновенной оси вращения планеты, т.е. имеет вертикально ориентированное поступательное движение за счет силы Магнуса–Робертсона, то упомянутый выше эксцентриситет геооболочек будет также переменным по месту. Это должно приводить к изменению мощности, например, астеносферы в зависимости от геологического времени, а как следствие – к геотектоническим движениям. По современным данным, если центр главного геомагнитного диполя совпадает с центром ядра, смещение последнего относительно центра масс может достигать 400 км и более (Дедеев, Куликов, 1988). В связи с этим мгновенный центр масс планеты будет так же перемещаться по близким по форме орбитам, но, скорее всего, с меньшими параметрами. Представляется, что появление значимых по амплитуде компонент движений относительно других осей координат, проявляются по геологическим данным в конструкциях зон разломов того или иного геологического времени (Долицкий, 1985).

Таким образом, теорией в приближении сферического подшипника прогнозируется, что:

а) при наличии неровностей на поверхности опорных оболочек за ними по ходу течения смазки возникают кавитационные разрушения поверхностей и возбуждаются локальные вихревые (турбулентные) течения. В нашем случае, такие течения должны возбуждаться на входе в термальный клин, геометрия которого напрямую связана с указанной выше областью сочленения континентальной и океанической литосфер в той его части, где намечаются "литосферные корни" Восточно – Камчатского вулканического пояса (Аносов и др., 1978);

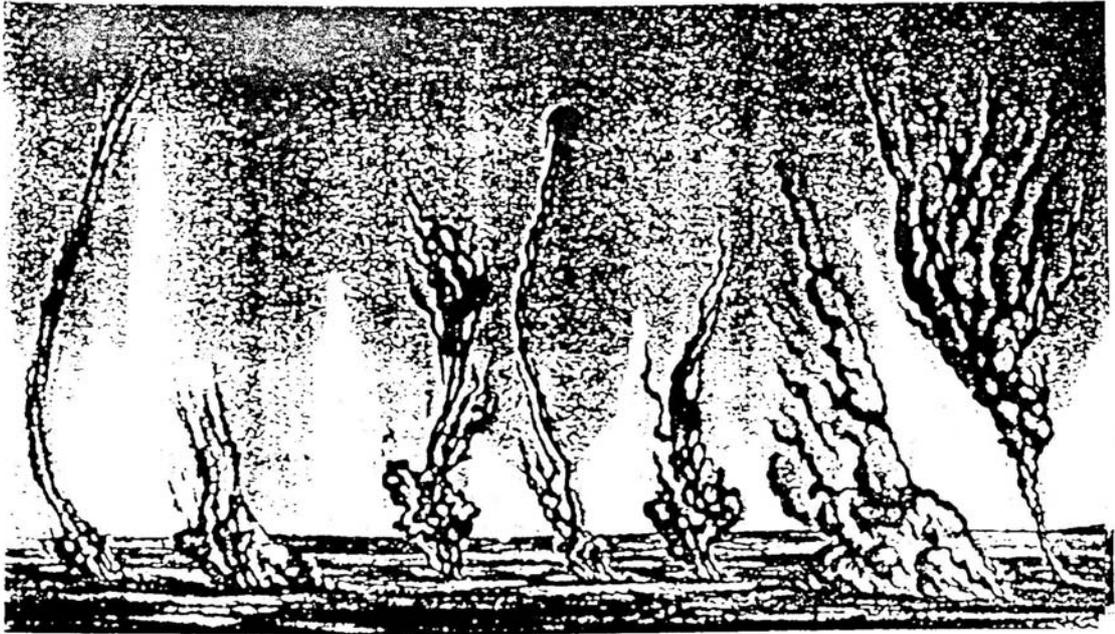
б) в случае неравномерного (ускоренного или замедленного) вращения опорной поверхности подшипника смазочный слой превращается в слой с переменной мощностью либо из-за всплывания под действием силы Магнуса – Робертсона (Магнус, 1974) внутреннего ядра – сферы нижней мантии в период ускоренного вращения, либо из-за их погружения в момент замедления такового (Авсюк, 1996). Такие внешние воздействия создают дополнительные возмущения в характере течений смазочной жидкости и провоцируют возникновение нелинейного поведения "мягкой" среды в виде эффекта "расклинивания" опорных поверхностей и разрыва сплошности Экмановского слоя. В возникающих "разрывах" создаются условия декомпрессии и "кавитационного схлапывания", последствием которого и является "вскипание" смазочного слоя. Проявления таких нелинейностей описаны при решении задач термальной конвекции (Каракин и др., 1974; Каракин, 1975; Сорокин, 1983; Ardes et al., 1997 и др.) численными

методами или на моделях – центрифугах (Гринспен, 1975; Симановский, 1983). Полученные теоретические результаты впечатляют хотя бы потому, что они с высокой точностью совпадают с теми экспериментальными данными, которые получены в метеорологии при изучении гигантских смерчей – торнадо – тромбов (Шулейкин, 1953; Наливкин, 1969) как по динамике и кинематике самого явления, так и по месту (траекториям движения) их возникновения и перемещения, и согласуются по месту возникновения с геотектоническими аномальными зонами (Пейве, 1961; Кутейникова и др., 1987; Дмитриевский и др., 1993) для Дальневосточной зоны переход

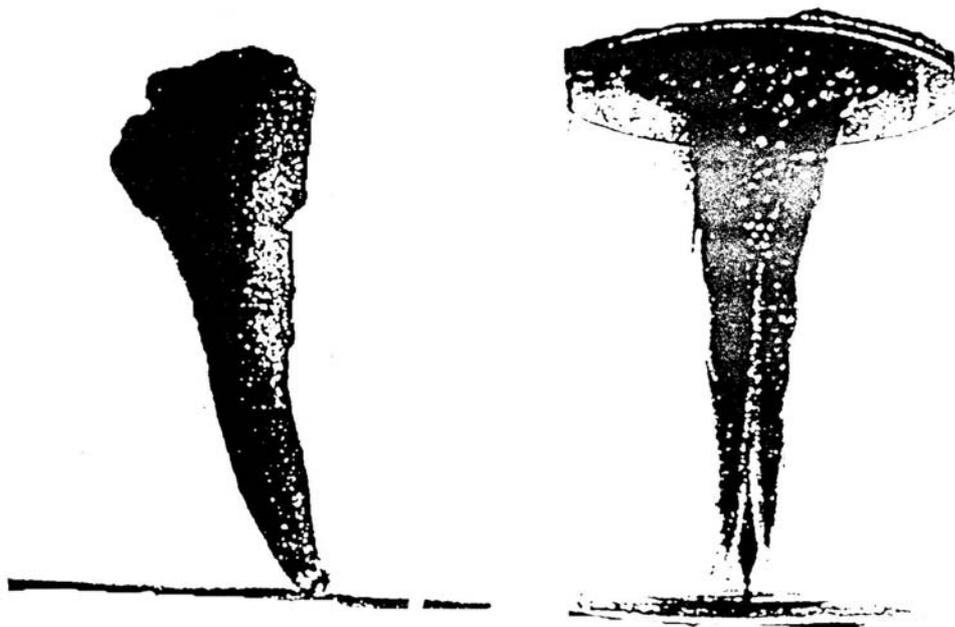
#### **Флюидо – магматическое торнадо**

Сопоставляя условия возникновения смерчей - торнадо с вихревыми движениями, возбужденными на неровностях опорной поверхности сферического подшипника или в местах резкого сужения смазочного канала, можно получить (рис. 5) один и тот же тип вихревой колонны (Гринспен, 1975, рис. 2.21; стр. 114; Лойцянский, 1975; Ardes et al, 1997, рис.5-8, С.57-59). Разрабатывая теорию смерчей – торнадо большинство исследователей исходили из того факта, что "хобот торнадо всегда работает как гигантский пылесос" (Наливкин, 1969; рис.91, С.187), тогда как ядро смерча (внешняя плотная оболочка, видимая как черное субвертикальное тело) – характеризуется практически сверхзвуковыми скоростями потока воздуха. Теоретические модели этого процесса, впервые предложенные еще Вегенером (Wegener, 1917), и модель, развиваемая В.В. Шулейкиным (Шулейкин, 1953, раздел 13, вслед за американцем Бруксом (1949: цитир. по Наливкин, 1969, С.187)) на основе циркуляционной теории, во многом, коррелируют с двумерным распределением «слоя прилипания – Экмановским слоем», в котором существуют максимальные градиенты изменений практически всех реологических параметров.

Согласно (Гутман, 1957), вихрь, порождающий смерч, обусловлен воздействием вращательного момента, который возникает на, так называемой, "материнской поверхности" (предложена Вегенером в 1911 г.: цитир. по Гутману, 1957, С.81) и далее развивается как вихревая спираль Архимеда, в которой радиус витков изменяется вдоль оси его вращения в зависимости от числа витков. Форма смерча – торнадо определяется суперпозицией вращательного движения по спирали Архимеда и поступательного по оси, т.е. образуется коническая форма движения. При этом отмечается одна важная деталь – в сечении смерча установлены два встречных потока воздуха, один из которых направлен вверх, другой – вниз: радиальная составляющая ветра в смерче мала, а воздух вовлекается с боков, так, что «смерч действует как мощный насос» (Гутман, 1957, С.87). И далее, для того, чтобы возник смерч, необходимы как минимум технические условия, при которых начинает работать так называемая «вихревая труба Ранке» (ВТ). Вопросы вихревых движений и их энергетика, в целом, обсуждаются (Лукьянчук, 1991) и в монографии (Потапов и др., 2000). В последней отдельным разделом рассмотрены и вихревые движения в тайфунах и смерчах на базе «парадокса вихревой трубы»: направление вращения газа по оси (т.е. центрального) оказывается противоположным направлению вращения основного (т. е. периферийного, в теле смерча) вихревого потока газа в вихревой трубе. Более того, что особенно важно для понимания магматического процесса, тип и динамика вихревого движения определяются «конструктивными особенностями вихревой трубы»: в одних случаях она может работать как холодильник, в других – как нагреватель (Финько, 1983). В вихревом охладителе Финько, имеющем вихревую трубу, периферийный поток газа движется по расширяющейся конической спирали, а встречный осевой поток – по сужающейся. Такую конфигурацию потоков в ВТ и в торнадо определяет геометрия стенок аппаратов и тела смерча (Потапов и др., 2000).



A



Б

В

Рис.6. Торнадо в сферических вращающихся оболочках Земли:

A – природные пыльные вихри в атмосфере [Наливкин, 1969], аналог *multi-humped structures* [Ardes et al., 1997], которые могут рассматриваться в качестве аналога внутрикоровых интрузий; Б – природный торнадо в Канзас-Сити в 1929 г. [Гринспен, 1975]; В – теоретическое, модельное торнадо, цитируется по [Гринспен, 1975].

При изменении геометрической конфигурации ВТ – можно получить обратный эффект саморазогрева (Мартынов, Бродянский, 1975). Эти «парадоксы» были открыты и описаны французским инженером Ж. Ранке еще в 30-тые годы прошлого века и позволили создать аппараты разделения газа в ВТ на горячий пристеночный (т.е. вдоль образующей тела конуса) и холодный осевой вихревые потоки. В.Е. Финько модернизировал трубу Ранке, вложив встречно – телескопически два конуса и получил либо охладитель, либо нагреватель в зависимости от вертикальной ориентировки внешнего конуса (Финько, 1983). Примечательно, что подобные эффекты наблюдаются в природе (рис.6) при развитии смерчей типа «вращающихся термиков» или вращающихся струй (Вульфсон, 1954).

Таким образом, можно констатировать, что наличие под полуостровом Камчатка термального трехмерного клина, внутри которого происходит перетекание вещества со скоростями и в направлениях, напрямую зависящих от ротационного режима Земли, позволяет предполагать (Широков, 1977; Гущенко, 1985) тесную зависимость глубинной

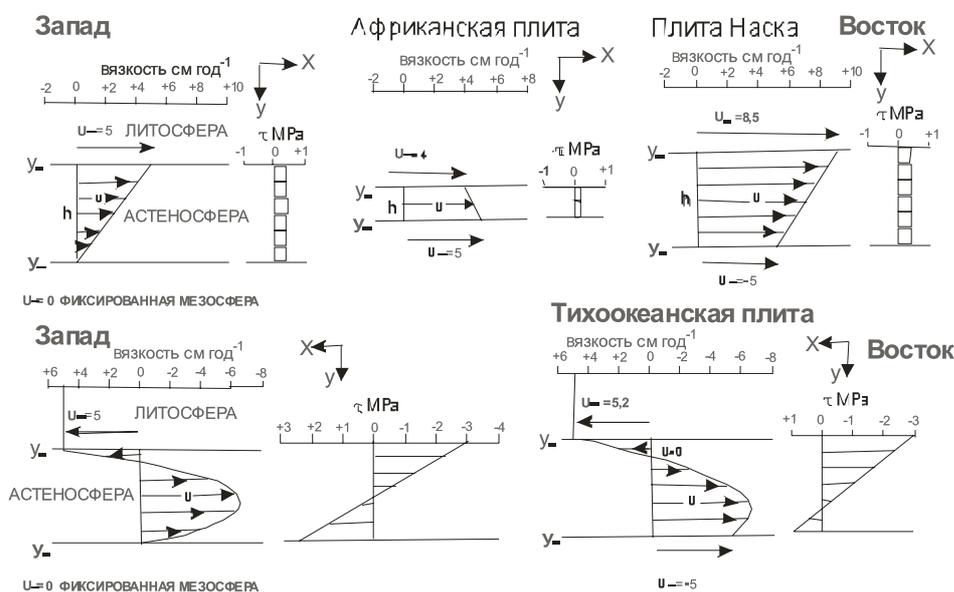


Рис.7. Возможные гидродинамические параметры потоков вещества в астеносфере, отвечающие имеющимся тектонофизическим характеристикам мантийной среды под некоторыми планетарными структурами. По данным [Smiht A.D., and Ch. Lewis, 1999, fig. 3, p. 102].

магматической активности от интенсивности течений вещества в этом термальном клине, т.е. от ротационного режима планеты. Действительно, согласно экспериментальным данным и теоретическим расчетам (рис.7), резкое изменение ротационного режима Земли может приводить к возникновению мощных вихревых движений в Экмановских верхнем (на подошве литосферы) или нижнем (на подошве астеносферы) слоях (Новиков, 1969; Калашников и др., 1970; Дубровский, 1985), которые создают условия и энергетическое обеспечение для зарождения "флюидо-магматических торнадо", развивающихся поперек основного течения в субвертикальном направлении. Эти торнадо начинаются с капиллярно-вихревых движений в направлении возникновения больших турбулентных вихрей в условиях преимущественно "ползущих" (Педлоски, 1984; Ишлинский, 1984; Монин, 1988) течений астеносферы с быстрым переходом к вертикально (т.е. поперек основного) ориентированным ускоряющимся движениям вихревой спирали Архимеда (Фоминский, 1998).

Концептуально, предлагаемый механизм возникновения и транспортировки магмы - вулканическое торнадо - может быть представлен в следующем виде.

В соответствии с эволюционной схемой Ю.Н. Авсюка (Авсюк, 1996, стр.171) ротационный режим Земли (рис.8) изменяется от «замедления» через фазу стационарного (твердотельного) вращения к «ускоренному» и далее с наблюдаемой периодичностью 80

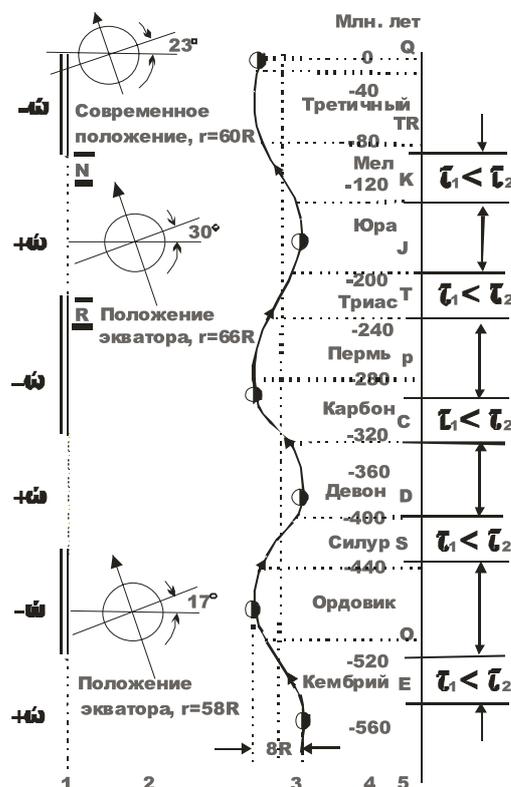


Рис. 8. Схема приливной эволюции системы Земля-Луна, совмещенная со шкалой геохронологии [А.Н.Авсюк, 1999].

1 – интервалы ускорения  $+\dot{\omega}$ , замедления  $-\dot{\omega}$  вращения Земли; известные интервалы времени, когда магнитное поле имело постоянный знак N – нормальное или R – обращенное без частых обращений полярности; 2 – расположение экватора относительно эклиптики в крайних положениях эволюционной кривой; 3 – кривая хода эволюции; 4 – геохронологическая шкала; 5 – примерные границы интервалов  $\tau_1 < \tau_2$ , сопоставимые с циклами орогенеза; здесь  $\tau_1$  – характерное время изменения напряженного состояния в теле планеты, обусловленное изменением ее ротационного режима,  $\tau_2$  – время релаксации этих изменяющихся напряжений, возникших в теле планеты, во время стабильной фазы ротационного режима.

млн. лет (точнее, к одной трети галактического – астрономического года (Федоров, 1989; Ясаманов, 1993а, б; Хаин, Ясаманов, 1993), который по разным данным равен 215 - 230 млн. лет)).

В случаях резкого изменения ротационного режима планеты, как следствие - изменяется ее форма: в эпохи ускорения растет "эллипсоидальность", а в эпоху замедления – ее "шаровидность" (Чебаненко, Федорин, 1984; Дедеев, Куликов, 1988). Так как эти изменения связаны с изменениями радиусов и поверхности Земли, в преобразованиях участвуют генетически связанные горизонтальные и вертикальные (радиальные) движения. Следует подчеркнуть, что такие изменения охватывают преимущественно наиболее "пластичные и податливые" части земного сфероида, т.е. слой "D" и астеносферу (Anosov et al., 1995). Более того, наиболее значимые изменения радиальной мощности геоболочки следует ожидать в пределах последней, так как она перекрывается существенно более тонкой и менее прочной по сравнению с мезосферой (нижней мантией), литосферой. Несмотря на то, что такие изменения, по

палеогеомагнитным данным, могут достигать за 13-25 млн. лет величин не более 0,1–1,0 процента по отношению к полному современному радиусу (Machado, 1967; Кропоткин, 1970; Кропоткин, Ефремов, 1992), т.е. от 6 до 60 км со скоростью 0,5–1,0 см/год, приложение этих величин к мощности современной астеносферы дает изменения на уровне 3–30%. Последнее весьма значительное изменение и, по-видимому, ощущается в геодинамическом статусе этой геоболочки. По М.В. Стывасу (1963), при уменьшении скорости вращения, когда растет "шаровидность" планеты, происходят меридианальное растяжение высокоширотных областей (от полюсов до 34° широты) и меридианальное сжатие низкоширотных (от 34° до экватора) и общее долготное горизонтальное сжатие оболочек. При ускоренном движении – все наоборот. Вместе с тем, изменения в ротационном режиме планеты Земля реализуются в качестве последствий не столько в изменениях линейных размеров астеносферы (т.е. ее мощности), сколько в изменениях режимов перетекания вещества или в отличии его вращения от твердотельного режима. Несомненно, что в первую очередь такие "срывы" должны коснуться слоев прилипания – слоев Экмана, которые в наибольшей степени подвержены воздействиям инерционных и ускоряющих сил (Лойцянский, 1975). В зависимости от направленности последних "основным" действующим из этих слоев будет либо верхний, подошва литосферы, либо нижний, расположенный вблизи границы "400 км".

Изменения твердотельного режима течения вещества астеносферы проявляются в возникновении дифференциальных составляющих (модуляций) в простом Куэттовском течении. Как правило (Никитина, 1990), такие возмущения проявляются наиболее отчетливо (см. выше) в пограничных слоях на внутренних и внешних сторонах сферических оболочек - слоях прилипания, - в слоях Экмана (Лойцянский, 1975). Магнитуа возмущений определяется интенсивностью турбулентности (завихренности) и появлением вихревых движений (вихрей), которые в реологически стратифицированной вращающейся среде провоцируют возникновение поперечного по отношению к главному потоку, тепломассопереноса в форме вихревых спиралей Архимеда – торнадо (Гринспен, 1975; Потапов и др., 2001). Несмотря на относительно слабую изученность динамики процессов в смерчах – торнадо, основные параметры таковых хорошо известны (Наливкин, 1969; Гутман, 1975; Симановский, 1983; Педлоски, 1984; Непомнящий, Симановский, 1989) и детально рассмотрены теоретически с позиций общей теории движений (Финько, 1983; Фоминский, 1998). Было показано, что в условиях тепловой (температурной) неоднородности среды, возникновение торнадо определяется временем зарождения вихревого движения на так называемой "материнской поверхности". В рассматриваемом случае, как определено ранее, в качестве таковой выступает либо подошва литосферы на входе в термальный клин, либо поверхность "400 км", которая подстилает здесь первую асейсмичную область СФЗ. Рост тела торнадо и его теплофизические параметры определяются законами процессов с обострением (Змитренко, Михайлов, 1988) в существенно нелинейной среде подстилающей Камчатку астеносферы в согласии с законами вихревой энергетики (Лукьянчук, 1991; Фоминский, 1998; Потапов и др., 2000).

Несомненно, что базовой составляющей предлагаемого тепломассопереноса энергии является перенос тепла (Теплофизика ..., 1990), который начинается механизмом лучистого переноса с переходом к электронному и далее к молекулярному, и который заканчивается непосредственно переносом сильно разогретого (скорее всего, перегретого) вещества. Все стадии этого энергетического переноса существенно нелинейные (Воробьев, 1970; 1971; Stiller et al., 1978; Franck, Stiller, 1980; Stiller, Franck, 1980; Бражкин, Ляпин, 2000), потому что происходят в сложном как по кристаллохимическому состоянию, так и по химическому (соотношение и типы анионов и катионов твердых или почти твердых растворов, или, что более вероятно, твердотельных коллоидных смесей (Белов, 1947; 1963; Чухров, 1955; Нарсеев, 1966; Летников, 1966; Перчук, 1972; Воюцкий, 1975; Кагарко, Арутюнян, 1982; Пономарев,

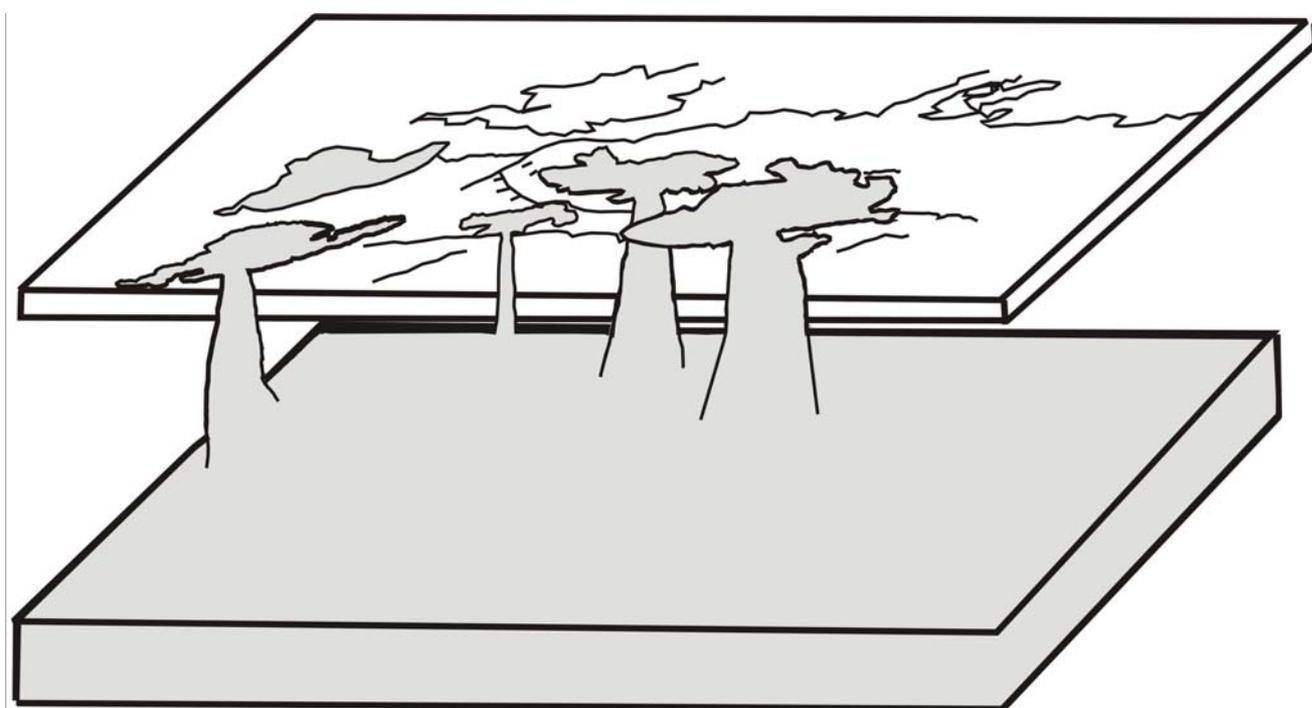
Пузанков, 2002)) составу, которые обуславливают существование значительной нелинейности всех, в первую очередь, теплофизических параметров, начиная с коэффициента температуропроводности, которая для этого параметра выражается степенной зависимостью от температуры и давления (Френкель, 1945; Кейес, 1966; Персиков, Эпельбаум, 1979). Следует подчеркнуть существенное влияние на скачкообразное изменение этих параметров, в том числе, возврат тепла, при возвратном изменении кристаллохимического габитуса химических соединений, формирующих поднимающуюся магму в процессе снятия давления при подъеме на более высокие уровни.

Более того, существуют достаточно веские доказательства (Зубарев, 1971; Попова, Бенделиани, 1974; Физика и техника..., 1980; Действие высоких..., 1986; Штакельберг, Сычев, 1990), согласно которым вещество на глубинах свыше 100–150 км (т.е. при давлениях более 45–50 Кбар) и при температурах более 1200 °С, скорее всего, не может рассматриваться с позиций классической механики и теплофизики твердого тела (Электрические ..., 1966; Комов, 1982), а должно анализироваться в рамках сложных коллоидных твердотельных растворов или в виде стохастических (метамиктных тел) молекулярных систем (Чухров, 1955; Лебедев, 1965; 1969; Зубарев, 1971; Киттель, 1977; Марч, Паринелло, 1986), характеристики которых в P–T условиях астеносферы близки либо к бараплазменному (Колясников, 1997) состоянию, либо к экзотической электронной твердотельной плазме, возникающей в обычном силикатном веществе при тектонических движениях (Слензак, 1985). Такие состояния вещества обладают, в первую очередь, нелинейными теплопроводностью и упруго-вязкими параметрами (Самарский и др., 1972; Бараш, 1988). Для таких сред, как известно, характерны и локализация тепла в узком пространстве (вдоль тепловых трубок (?) Архимедовой спирали), и высокая скорость нарастания температур в этом пространстве, которое может являться своеобразным «направляющим проводником-туннелем» основного этапа тепломассопереноса (Теплофизика..., 1990; Штакельберг, Сычев, 1990), т.е. практически процесс близок к эффекту горения или квазиплазменного тепломассопереноса по механизму шаровой молнии (Самарский и др. 1976; Самарский и др., 1977; Змитренко, Михайлов, 1988; Колясников, 1997) вдоль этих тепловых трубок. Геометрия (или траектории) таких псевдотепловых спиралей, являющихся гидродинамическим следствием изменений скорости вращения Земли (земного глитча (Лукьянчук, 1981)), определяется динамикой и энергетикой вихревых решеток и вихревых движений (Потапов и др., 2000).

Таким образом, представляется, что в случае замедления вращения Земли «хобот» предполагаемого торнадо (т.е. основание его внешнего конуса), основание которого располагается на подошве литосферы, протягивается на глубину, во внутрь астеносферы. При этом, внешняя часть будет иметь более низкие температуры, тогда как осевая область – саморазогреваться за счет поступления снизу (эффект пылесоса) высокотемпературного материала и диффузионного разогрева (ВТ– нагреватель). В другом случае (ускоренное), основание конуса вулканического торнадо будет возникать на подошве астеносферы, "хобот" будет вытягиваться вверх в направлении подошвы литосферы и "затягивать" вещество верхних горизонтов астеносферы вниз, в область высоких температур. Это затягивание должно обеспечить взрывное разогревание вещества и выделение высокоподвижных, обогащенных газом и флюидами магм, которые создадут в теле флюидно-магматического торнадо быстро поднимающиеся встречные потоки вещества. На подошве литосферы в виде кольцевых (малых вихревых) будут развиваться вторичные, наложенные вулканические структуры, в которых температурные параметры магматических расплавов нарастают от периферии к центру. В то же время, первичные вихревые структурные образования будут характеризоваться обратной картиной, т.е. породы более высокотемпературные располагаются по периферии, а низкотемпературные – в центральных частях на фоне купольно-сводового поднятия, т.е.

именно с такой конфигурацией, которая выделена в Приморье (на Дальнем Востоке РФ) при геологических съемках (Мясников, 1999).

Возможность реализации предложенных механизма и формы флюидно-магматических торнадо подтверждена данными детальной сейсмической томографии в литосфере под Центральным Французским массивом (French Massif Central), Северная Франция, где подошва конуса расположена глубже 220–270 км, а «хобот» стремится в пределы нижней части земной коры (Granet et al., 1995) на глубинах менее 30 км (рис.9).



*Рис.9. Томографический образ флюидно-магматических торнадо под Центральным массивом (Франция)*

*По материалам сейсмической трехмерной томографии [Granet et al., 1995 а,б].*

Аналогичные структуры (но в виде перевернутого конуса) описываются в работе Ю.П. Оровецкого (Оровецкий, 1990, С.131). Они имеют форму усеченного книзу конуса. При этом, к периферии вулкано – тектонической структуры, закартированной на поверхности, происходит перераспределение состава магмы от существенно ультрабазитового (т.е., возможно, глубинного и высокотемпературного) до базитовых разностей (т.е. заведомо более низкотемпературных). Также, в районе Ключевской группы вулканов, по сейсмологическим данным, П.П. Фирстов и В.А. Широков (1971) установили на глубинах 100–150 км по затуханию амплитуд и пониженным скоростям аномальную зону, которая, возможно, отвечает верхней, литосферной части конусной структуры вулканотектонического торнадо (рис.10).

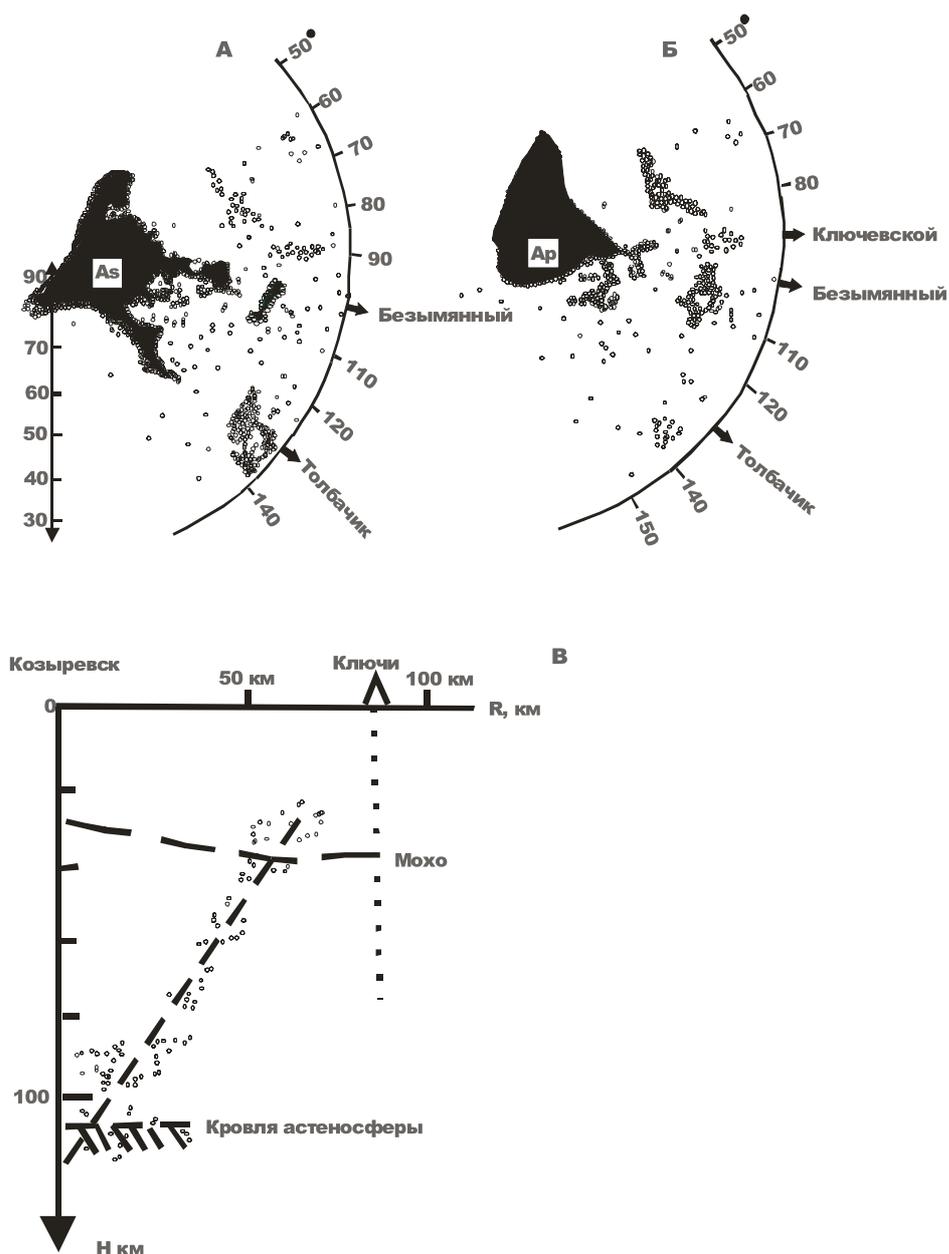


Рис. 10. Схематическое представление следов образующей конуса возможного флюидо-магматического торнадо под Ключевской группой вулканов.

А) по  $P$ - волнам; Б) по  $S$ - волнам; В) реконструкция вертикального разреза литосферы; по материалам [Фирстов, Широков, 1971].

В заключении данного обзора следует кратко остановиться на **энергетической стороне** рассматриваемых процессов, так как это одна из самых запутанных и сложных проблем вулканологии. Действительно, существуют многочисленные попытки оценить энергетический уровень вулканических извержений (Грейтон, 1949; Горшков, Богоявленская, 1965; Рябинин, Родионов, 1964; Поляк, 1966; Ковалев, 1971; Шейнманн, 1972; Федотов, 1982; Settle, M. 1978; Giardini, Melton, 1989), суммируя которые можно сказать, что единой точки зрения на источники энергии, обеспечивающие вулканизм, нет, а приводимые оценки просто не укладываются в рамки тех энергетических оценок, которые считаются доказанными для планеты Земля за всю историю ее существования и

развития. Так, оценки Г.С.Горшкова и Г.Е. Богдавленной (1965), сделанные для взрывного извержения вулкана Безымянный в марте 1956 г., указывают на значение тепловой энергии на уровне  $(3,8-4,8) \times 10^{18}$  Дж. при КПД тепловой энергии до 23 % (Giardini, Melton, 1989) и с учетом энергетических затрат на другие сопутствующие процессы, источник энергии этого извержения должен быть по порядку на уровне  $10^{19}$  Дж, что при длительности взрыва не более 15–20 секунд (Рябинин, Родионов, 1966) реализованная мощность составит не менее  $(5-7) \times 10^{17}$  Вт. По расчетам С.А.Федотова (Федотов, 1982), эта мощность не превысила  $10^{16}$  Вт, т.е. на 1,5 порядка меньше, но все равно – очень большая для одного извержения. Если сопоставить эту мощность со средней для Земли за 4,67 млрд. лет, то она (Giardini, Melton, 1989, табл.1) превысит усредненную мощность **всей Планеты** более, чем на порядок –  $2,0 \times 10^{16}$  Вт, а по расчетам С.А.Федотова, сопоставима со средней, планетарной. В то же время, вулканизм является не единственным потребителем энергетической мощности Земли. По данным (Поляк, 1966) усредненный энергетический источник вулканизма не превышает  $2,13 \times 10^{10}$  Вт или не более 0,1 % от всей планетарной мощности. При этом, средняя мощность одного, не катастрофического извержения достигает не более (Поляк, 1966)  $10^8 - 10^{10}$  Вт. Таким образом, мощности тепловой энергии, реализуемой при вулканических извержениях, сопоставимы с теми, которые оцениваются в среднем для **всей Планеты**. Между тем, планетарная мощность имеет множество независимых источников, ряд из которых (например, плотностная – гравитационная дифференциация на границе жидкого – твердого ядер – подошва нижней мантии) никак не может напрямую влиять на развитие вулканизма и учитываться в его общем энергетическом балансе из-за "размазанности в пространстве и во времени" таковых. Из всех возможных источников энергии, которые могут обеспечить вулканизм, наиболее реальными будут являться энергия радиоактивного распада, энергия фазовых переходов и энергия, связанная с ротационным режимом существования планеты. По данным (Океанология ..., 1979, стр. 87), затраченная суммарная энергия тектоно – магматических процессов за всю историю Земли составляет  $3,6 \times 10^{29}$  Дж, в т.ч. конвективные потери и потери на излучение - не превышают  $3 \times 10^{29}$  Дж (там же, стр.85), что соответствует средней тепловой мощности  $0,89 \times 10^{12}$  Вт. Вместе с тем, вулканизм как процесс должен рассматриваться, по-видимому ближе к импульсным процессам, нежели к тем, которые имеют непрерывно - стационарный в течение длительного времени характер. Такие процессы, как известно (Ландау, Лифшиц, 1988; 2001), требуют иных подходов при оценке затрачиваемой энергии и выборе источников такой энергии. В связи с этим представляется, что получаемые при расчетах энергетических параметров извержений «завышенные» оценки, больше соответствуют реальным, нежели средне - планетарные для 4,67 млрд. лет развития планеты Земля. Тем самым, ставится вопрос об источниках энергии в несколько иной плоскости, а именно: нужны не просто источники энергии, а только те из них, которые могут обеспечить импульсный режим ее утилизации. Характерно также, что такая утилизация происходит не на "размазанном по всей планете пространстве", а строго в определенных местах – в областях тектоно-магматической активизации. Следовательно, размещение геодинамических процессов заведомо будет определяться неравномерной концентрацией энергетических скоплений – локализацией источников энергии в пространстве и времени. Безусловно, что работа последних будет происходить на энергетическом фоне, в котором планета "живет и развивается", и оценка уровня этого фона является определяющей.

Тектоно–магматические процессы претендуют в таком случае только на часть фоновой энергетики, но эта часть имеет узко локализованный в пространстве и импульсный во времени характер. С учетом этих замечаний, источниками тектоно-магматических в целом, и вулканических, в частности, могут быть только "импульсно-разрядные или взрывного типа" источники, в качестве которых наиболее вероятными могут быть ядерные. При этом, под ядерными следует понимать не только

общепринятые радиоактивные, но и другие атомно – молекулярные полиморфные превращения с высвобождением большого количества внутриатомной энергии (Кузнецов, 1955; Войткевич, 1961; Шуколюков, Данг Ву Минь, 1977; Колясников, 1984; Белоусов и др., 1999), хотя, естественно, есть и противники таких источников энергии, не предлагающие серьезной альтернативы (Соболев, 1957).

Вместе с тем, существуют исследования (Неручев, 1982), которые показали, что и радиоактивный распад, энергетическая мощность которого обладает значительным преимуществом перед всеми остальными в обеспечении тектоно–магматических процессов энергией, имеет импульсно–циклический характер, временные параметры которого хорошо коррелируют с геологическими эпохами и с изотопными аномалиями геологических образований. Было показано также, что радиоактивный распад и эпохи повышенной радиоактивности геологической среды имеют генетическую связь с эпохами глобального растяжения земной поверхности и происходят либо перед фазой сжатия (складчатости), либо непосредственно после них. Это позволяет утверждать, что активизации рифтогенеза и вулканических процессов сопровождаются (Неручев, 1982, стр. 197) импульсно–пульсационным характером радиоактивных процессов, который обусловлен влиянием космических факторов. При этом, полный период такой активизации совпадает с галактическим годом (215–230 млн. лет: Ясаманов, 1993), а длительность пульсаций соответствует величине 31-32 млн. лет (Неручев, 1982, стр. 195), которая близка той, что предсказывается астрометрией (Федоров, 1989). С учетом того факта, что при некоторых современных извержениях вулканов неоднократно фиксировалось повышение радиоактивного фона и отмечались выбросы продуктов ядерных реакций (Святловский, 1973; Колясников, 1997), участие энергии радиоактивного распада (Ершов и др., 1975; Дерягин и др., 1986; Колясников, 1997; Мазитов, 1989; Липсон и др., 1989) в обеспечении вулканического процесса не является такой уж фантастической идеей.

Таким образом, энергетическое обеспечение предложенного выше флюидно–магматического торнадо видится в суммарном вкладе общепланетарного энергетического фона, локального импульсного энергетического впрыскивания энергии кавитационного схлопывания (вихревой составляющей) и освобожденной внутриатомной энергии полиморфных процессов (межатомных ядерных превращений), происходящих в момент зарождения турбулентности. Кроме того, значительная часть утилизированной в процессе развития вулканизма энергии обеспечивается за счет вихревого (вихревого движения) тепломассопереноса в условиях режимов с обострением.

Предлагаемый механизм тепломассопереноса в вулканическом процессе, безусловно, носит "экзотический" характер. Поэтому необходимо хотя бы краткое сопоставление его с уже устоявшимися представлениями - конструкциями имеющихся моделей "плюмов" (Добрецов и др., 2001), "мантийных диапиров" (мантийный диапиризм - Оровецкий, 1990), а также других известных механизмов (Сычев, 1979), чтобы разобраться в ее жизнеспособности. И, как показано выше, основными параметрами сопоставления должны быть энергетические затраты и источники и скорости подъема мантийных потоков.

Известно, что в последние годы набирает силы парадигма "тектоники горячих полей" или "тектоники плюмов" (Добрецов и др., 2000), которая призвана дополнить существующие постулаты тектоники плит с целью приближения последней к реальной геологической обстановке (Милановский, 2000). Вместе с тем, теория горячих точек, которая была составной частью плейттектоники на протяжении многих лет, также как и новая тектоника плюмов мало объясняют как линейную структуру распределения вулканов островных дуг, так и, тем более, их эшелонированное распределение на фоне этой линейности (Сергеев, 1976). Другой, возможно, не менее важной проблемой развития вулканизма в островных дугах является энергетическая, то есть, откуда и в каком объеме поступает энергия не только для нагрева вещества до точки плавления, но и

для компенсации удельной теплоты плавления (Аносов, 2000). Кроме того, имеются серьезные разногласия по поводу необходимых температур в области возникновения расплавов, скоростей подъема магм к дневной поверхности и т.п., т.е. попытка детализации параметров процессов, которые обеспечивают протекание вулканизма, мгновенно создает значительные трудности при нахождении необходимого энергетического обеспечения (Сычев, 1979; 1985).

Известно, что при допущении процесса субдукции океанической плиты под островные дуги создается иллюзия автоматического устранения указанных выше трудностей (Сорохтин, 1974; Добрецов и др., 2001). Однако, при более детальном просчете (например, величина теплоты, выделяемая при так называемом "трении субдуцирующей плиты") энергетических равенств, возникает дефицит, который не может быть преодолен в рамках данной парадигмы (Сычев, 1979). Формальное рассмотрение данной проблемы в форме фиксации зависимости динамики вулканических извержений в островных дугах от «минимальной мощности зоны плавления» (Добрецов и др., 2001, С. 272), не выдерживают критики хотя бы потому, что не указывается источник энергии для начала плавления в этом слое и, тем более, энергии, поддерживающей этот процесс в течение миллионов лет. Более того, вытекающие из сделанных посылок скорости подъема магмы в 28 км/млн лет (по сравнению со скоростью подъема базальтов при Толбачинском извержении с глубины 20–30 км в 1975 г., равной 100–150 м/час или более 850–1200 км/год, или 28 км за 7,77–11,65 суток Федотов, 1976) – трудно представить без плотностной дифференциации, расслоений магмы, дегазации и т.п., что сводит на нет сделанные авторами оценки динамического развития магматического процесса (Грейтон, 1949; Сычев, 1979; Giardini, and Melton, 1989). Наконец, в работе (Добрецов и др., 2001) все расчеты по плавлению вещества сделаны для температуры 1200°C и в условиях обводненности субстрата (например, С. 275). Во-первых, уровень температуры явно занижен, т.к. значения температур выходящих на поверхность магм после практически полной дегазации имеют не меньшие значения, чем 1100–1300°C, и должен достигать величин не менее 1400–1600°C (Сычев, 1979), во-вторых, "обводненность" продуктов извержений не обязательно связана с наличием воды на глубинах возникновения расплавов, а может быть следствием прохождения магм сквозь обводненные этажи нижних частей земной коры под вулканами (Хубуная, Аносов, 1998).

Еще одним интересным фактом может служить игнорирование течений вещества, которое предусматривается и которое моделировалось во многих случаях, связанных с возникновением окраинных (задуговых) бассейнов, в термальном клине (Isacks et al., 1968; Reyton, et.al., 2001). Тем не менее, при анализе вулканических процессов наличие этого течения практически, за редким исключением, не учитывается (Федотов, 1979; Аносов, 2000; Добрецов и др., 2001), тогда как и это течение, и учет ротационного режима планеты Земля, может значительно изменить существующие представления о первичных магматических очагах под вулканами островных дуг, и об их пространственном размещении.

Действительно, как показано выше, согласно экспериментальным данным и теоретическим расчетам, резкое изменение ротационного режима Земли приводит к возникновению мощных вихревых движений в Экмановских верхнем (на подошве литосферы) или нижнем (на подошве астеносферы) слоях, который создают условия и энергетическое обеспечение для возникновения колонно-подобных структур (columnarlike arises), т.е. "вулкано–магматических торнадо", развивающихся поперек основного течения в субвертикальном направлении (Ardes et al., 1997), разделенных участками развития промежуточных «многогорбных выступов» (multi-humped structures), высота которых сопоставима с шириной их основания (Гринспен, 1975).

С позиций, обозначенных выше, наиболее затратным механизмом обладает механизм мантийных диапиров (Теркотт Шуберт, 1985), ибо при подъеме диапир должен приподнимать всю вышележащую толщу горных пород до начала их раскола и

т.д.; при этом основной источник энергии и силы - гравитационное всплывание, которое обеспечивается (при всех прочих равных параметрах) дефицитом плотности вещества на заданной глубине (закон Стокса). Таким образом, при подъеме диапир должен выполнять работу против гравитации, которая является суммой энергетических затрат по перемещению собственного веса плюс вес вышележащих пород. Моделирование этого процесса в рамках гравитационной и тепловой неустойчивости (Наймарк, Малевский, 1984) показало, что для условий "стандартной системы литосфера – астеносфера" скорость подъема расплава может составить величины от 13 км/млн. лет до 27 км/млн. лет **при изменении вязкости на семь порядков (!)**. Полученные результаты близки к таковым работы (Добрецов и др., 2001) и указывают на то, что мантийный диапиризм может рассматриваться как начальный этап рифтогенеза, но не может быть "рабочим механизмом" подъема магм под вулканами и обеспечивать геодинамику вулcano – тектонических процессов (Малевский, 1984, С.59), как это провозглашается Ю.П.Оровецким (Оровецкий, 1990).

Переходя к оценке геодинамических параметров плюмовой концепции вулканического процесса, следует подчеркнуть изначальное линейное расположение вулканических центров Курило–Камчатской дуги, которое по аналогии с океаническими вулканическими цепями (например, Гавайско-Императорской) хочется увязать с горячей точкой, над которой движется литосферная плита островной дуги, либо, что более вероятно, под неподвижной плитой движется горячая точка (точки). Известно (Добрецов и др., 2001), что плюмы на поверхности Земли представлены в виде вулканических излияний, как правило, щелочного состава. При этом достаточно подробно описываются кинематика литосферных плит, базирующаяся на определении возраста вулканитов и географических координат вулканических центров, и в меньшей степени, динамика самого вулканического процесса. В частности, только в последние годы были сформулированы основные критерии, по которым плюмы стали называться плюмами (т.е. "струями"), а не горячими точками. Вместе с тем, природа плюмов базируется на идеях тепловой и химической дифференциации и, чтобы найти решение многих концептуальных трудностей, их возникновение увязали с разделом внешнее (жидкое) ядро – нижняя мантия (слой "D"), откуда они поднимаются до самой дневной поверхности. Если учесть, что геометрически такая структура представляет собой даже не струю, а тонкую нить (в сопоставимых масштабах, возможно, тоньше человеческого волоса), то возможность существования такой нити в расплавленном состоянии при пересечении всей толщи верхней и нижней мантии Земли и в течение миллионов лет, вызывает определенные сомнения. Приводимые авторами монографии "Глубинная геодинамика" (Добрецов и др., 2001) результаты лабораторных исследований и численных расчетов не убедительны, хотя бы потому, что не учитывают ротационный режим Земли, дифференциальное вращение геооболочек (которое подтверждается даже в каркасе горячих точек) и данные спутниковых наблюдений (Аксенов, 1977; Burša, 1983). Тем не менее, главной неясностью приводимых моделей в динамике плюмов остается механизм продвижения расплавов через в общем-то не пустое пространство нижней и верхней мантии. Если для диапиров предполагается подъем верхних слоев и последующий их разрыв для пропуска нового вещества, то для плюмов этот вопрос молчаливо опускается, хотя это совсем не простая проблема. Не исключено, что наиболее приемлемым решением, если такой механизм неоспоримая реальность, будет механизм лазерного прожигания, т.е. своеобразный гиперболоид А. Толстого или «пробой шаровой молнии» длиной несколько тысяч километров (Воробьев, 1970), который исправно работает непрерывно в течение десятков (не менее 30, см. выше) миллионов лет. Только при этих условиях может быть обеспечена высокая скорость подъема расплавов, которая подчеркивается практически неизменной текстурой и составом включений (ксенолитов) и отсутствием дифференциатов в глубинных расплавах, доставленных на дневную поверхность. Кроме того, предлагаемая концепция

плюмов не рассматривает постоянный приток энергии, для поддержания термодинамических характеристик на весь период его существования, так как геометрические размеры (т.е. соотношение высоты–диаметра) не дают возможность развития ни для полномасштабного конвективного притока тепла, ни для перераспределения его по длине потока (Shaw, 1973), как это предполагается в "модели с обратной связью" (feedback-model). Наконец, вулканизм островных дуг резко отличается от такового океанических плит и по возрасту лав в вулканических центрах, и по химическому их составу.

Таким образом, предлагающиеся механизмы и геодинамика вулканизма и магматизма полуострова Камчатка с большим трудом могут быть объяснены с позиций мантийного диапиризма и ни в какой степени не могут быть сопоставлены с механизмом сквозьмантийных плюмов. Более того, ни тот, ни другой механизмы не позволяют интерпретировать наблюдаемую спиралеобразную геометрию пространственного распределения вулканических центров.

### Утраты и приобретения.

#### Подведем теперь некоторые итоги.

Итак, что мы теряем, принимая постулируемую концепцию тектономагматического развития Камчатского региона? Прежде всего, уверенность в том, что субдукционный механизм является единственно правильной, строго аргументированной моделью зоны перехода океан-континент. Далее, механизм «сквозьмантийных плюмов», вроде бы увязывающийся с этой моделью, а на самом деле противоречащий ей, также кажется не столь беспорочным при критическом рассмотрении.

Посмотрим теперь, какие преимущества несет принятый тип интерпретации геологических данных.

1. Проявившаяся дважды в пределах одного и того же региона вихревая структура имеет циклонический характер с известным для северного полушария разворотом против часовой стрелки.

2. Как видно на рис.11, базит-гипербазитовые массивы северного ареала значительно

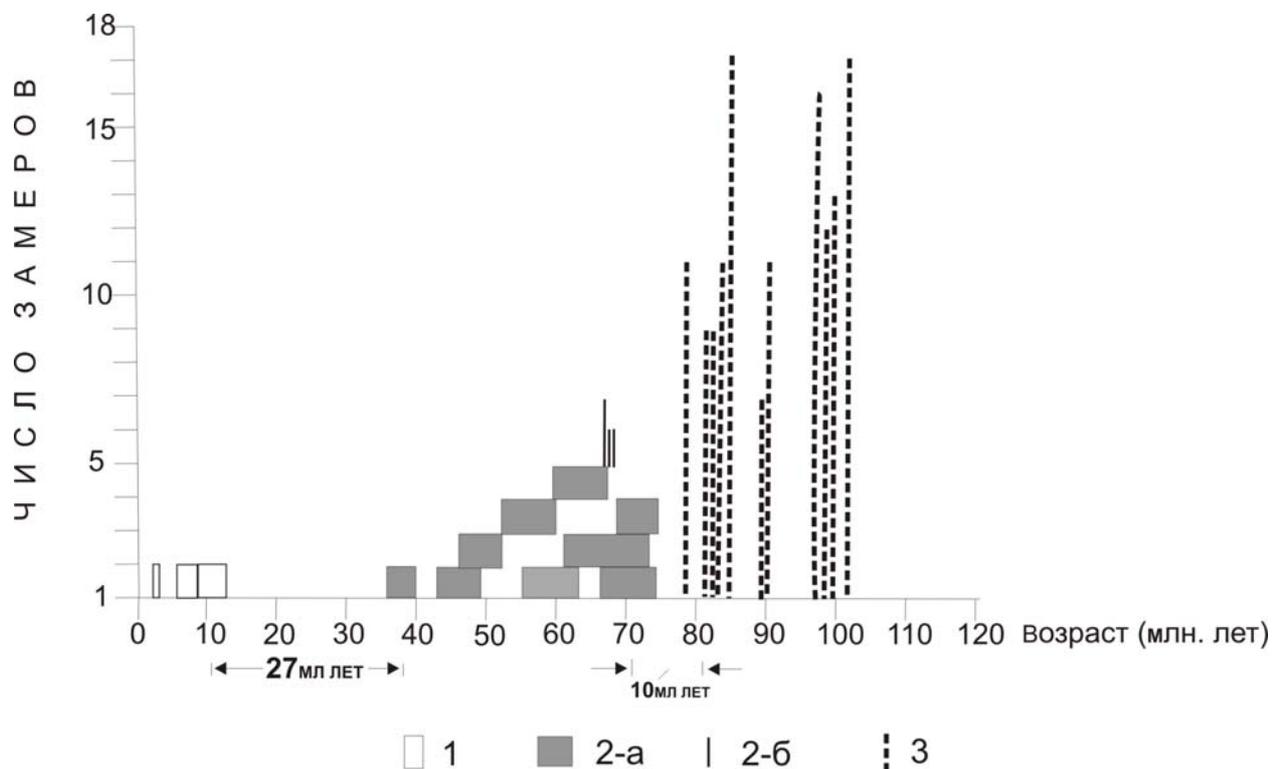


Рис 11. Схема возрастных корреляций.

1 – плиоцен-четвертичные вулканы с включениями гипербазитов; 2 - гипербазиты южного ареала: а) K-Ar возраста, б) Rb-Sr возраста; 3 – гипербазиты северного ареала (Rb-Sr возраста).

Помимо материалов авторов использованы данные из работ [Ланда и др., 2002; Корякско-Камчатский..., 2002; Kerezhinskas et al., 1997]

более древние, чем их однотипные аналоги южного ареала. Это смещение во времени находит свое логическое объяснение как следствие эволюции единой вихревой структуры. Не трудно подсчитать, что такое смещение происходило со средней скоростью около 9 см/год. Возрастные датировки проявлений вулканизма плиоцен-четвертичного этапа свидетельствуют о том, что смещение эндогенной активности происходило также со скоростью около 9,5 см/год. Такие скорости хорошо согласуются со сделанными выше оценками термодинамических движений в астеносфере камчатского региона по существующим методикам (Новиков, 1969; Герценштейн, Шмидт, 1974).

3. Если еще раз обратиться к рис.11, можно заметить, что рассматриваемые в статье этапы проявления пород ультраосновного состава разделены перерывом около 27-30 млн. лет (эоцен, олигоцен, миоцен). С этим периодом на Камчатке связано формирование многочисленных интрузивных образований преимущественно диоритового и гранодиоритового состава (Геология СССР, 1964, Колосков, 1982), которые в предлагаемой модели интерпретируются как многогорбные (multi – humped structures) внедрения (рис.7). Плутоническая деятельность сопровождалась интенсивным вулканизмом, в составе продуктов которого также преобладают андезиты и более кислые разности. Паузу в проявлении ультраосновного магматизма можно объяснить периодичностью волновых процессов в мантии, период которых около 30 млн. лет (Святловский, Китайгородский, 1988), что согласуется с существующими периодичностями тектоно-магматических процессов (Слензак, 1985; Ясаманов, 1993).

4. Большой интерес вызывают области конечных завихрений рассмотренных вихревых структур, названных нами «стационарными флюидно-магматическими торнадо». Они, действительно являются аномальными участками проявления наименее дифференцированного (высокотемпературного и быстротечного) магматизма. Скорее всего, здесь реализуются условия лучшей сохранности изначальной природы магматических проявлений. На рис. 1. – это ареал крупномасштабного ультраосновного вулканизма (хребты Валагинский, Тумрок, р-он Шаромского мыса (Kamenetsky et al., 1995)), среди которых были обнаружены лампроитоподобные щелочно-ультраосновные породы (Селиверстов и др., 1994) и карбонатиты (Расс, Фрих-Хар, 1987). Здесь же в единственном пока на Камчатке месте обнаружена (Селиверстов и др., 1984) высокобарическая (пироповый гранат, клинопироксен с высоким содержанием жадеитовой составляющей) ассоциация минералов из включений в меймечитах. На рис. 2. аномальный участок соответствует ареалу распространения вулканитов Ключевской группы вулканов. Здесь в наибольшем объеме по сравнению с другими районами распространены высокомагнезиальные базальтоиды, почти на каждом вулкане обнаружены ультраосновные ксенолиты. Район является аномальным по ряду геохимических признаков, а также высокой флюидонасыщенности магматических расплавов (Хубуная, Аносов, 1999; Колосков и др., 2001).

5. Находит разумные объяснения и наблюдаемая пауза в проявлениях ультраосновных ассоциаций (преимущественно андезитовый вулканизм и гранитоидный магматизм эоцен-олигоценного этапа). Для стадии проявления ультраосновных ассоциаций в нашей модели «хобот торнадо» направлен вверх и вещественная основа магм – глубинные слои астеносферы. Для этапа паузы – "хобот торнадо" направлен вниз и основа магм – вещество подошвы литосферы.

6. Наконец, решается проблема транспортировки ксенолитного материала (особенно крупнообъемного) в магматическом расплаве. Столь высокие скорости, необходимые для ее реализации (Кутыев, Шарапов, 1979; Щека, 1983), вполне могут быть обеспечены в столбе "флюидно-магматического торнадо". Отсюда вытекает и обратная зависимость – проявление глубинных включений в вулканитах являются своеобразным индикатором вихревых тектоно-магматических систем.

Таким образом, характер проявления магматизма Камчатского региона определяется особенностями эволюции вихревых тектоно-магматических структур, в которых четко просматривается волновой (Святловский, Китайгородский, 1988) характер процесса.

Вопросы вещественной зональности магматических образований в пределах выделенных вихревых структур рассматриваются нами с позиций динамики вулканического торнадо, о котором сказано выше. Как видно на рис. 1 и 2, эти структуры, в первую очередь, маркируются базит-гипербазитовыми ассоциациями, характеризующимися повышенной калиевой щелочностью, либо ассоциирующими с базальтоидами повышенной щелочности (т.е. более глубинных) и флюидонасыщенности (т.е. перегретых, с элементами вскипания). Вместе с тем, по периферии вихревых структур наблюдаются проявления менее щелочного, высокотемпературного и относительно "сухого" магматизма (альпинотипные гипербазиты на рис.1 и преимущественно толеитовые базиты с ксенолитами дунит-гарцбургитовой ассоциации на рис.2). Эта зональность вполне согласуется с таковой для "торнадо с хоботом наверх". Однако, также возможно, что альпинотипные гипербазиты не напрямую связаны с эволюцией вихревой структуры и характеризуются своей геодинамической обстановкой, как это следует из работ С.Е.Апрелкова (Апрелков и др., 2000), Н.В.Цуканова и А.В.Федорчука (Цуканов, Федорчук, 2000). Тем не менее, повторяющаяся зональность в характере проявления этих дунит-гарцбургитовых ассоциаций (как массивов альпинотипных гипербазитов и как ксенолитов в вулканитах) наводит на мысль о том, что они, скорее всего, действительно связаны с вихревыми структурами длительного и, возможно, унаследованного развития (Слензак, 1972).

Таким образом, можно констатировать, что в пределах Камчатского полуострова, начиная, по крайней мере, с мелового периода дважды проявились следы вихревой тектоно-магматической структуры. Несомненно, что она является отражением на дневной поверхности следов эволюции глубинной флюидно-магматической системы, динамика которой может быть подтверждена и прямыми геофизическими наблюдениями за гравитационным и геомагнитным полями (Крылов, Соболев, 1998).

Работы выполнены при поддержке ДВО РАН (проект 03-1-0-07-004).

Авторы искренне признательны своим коллегам, принявшим участие в обсуждении и подготовке к печати этой статьи: Мелекесцеву И.В., Пономареву Г.П., Округину В.М., Широкову В.А., Викулину А.В.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Абрамович И.И., Клушин И.Г.** Петрохимия и глубинное строение Земли. Л.: Недра, 1978. 275 с.
2. **Абрикосов О.А.** Об определении направления главных осей инерции Земли // Кинематика и физика небесных тел. 1985. Т.1. № 6. С. 69-71.
3. **Аввакумов Е.Г.** Механические методы активизации химических процессов. Новосибирск: СО Наука, 1986. 304 с.
4. **Аверьянова В.И.** Глубинная сейсмоструктура островных дуг. М.: Наука, 1975. 219 с.

5. **Авдейко Г.П., Попруженко С.В., Полуева А.А.** Тектоническое развитие и вулcano-тектоническое районирование Курило-Камчатской островодужной системы // Геотектоника, 2002. № 4. С.64-80.
6. **Авсюк Ю.Н.** Механическая интерпретация некоторых особенностей лунной сейсмичности // ДАН СССР. 1983. Т. 268. № 1. С. 51-56.
7. **Авсюк Ю.Н.Ю Щеглов С.Н.** Неприливная глобальная вариация и ее исследования при абсолютных определениях силы тяжести // ДАН СССР. 1986. Т. 286. № 1. С. 71-74.
8. **Авсюк Ю.Н.** Сопоставление эндогенных режимов материалов в устойчивую геосинклинально-платформенную стадию со схемой приливной эволюции системы Земля-Луна // Строение и эволюция тектоносферы. М.: ИФЗ РАН СССР, 1987. С.193-216.
9. **Авсюк Ю.Н.** Движения в ядре Земли и их связь с наблюдаемыми на поверхности явлениями (диссертация докт. физ.-мат. наук. МГУ. 1989. 383 с., библиографический список. им. Ленина, 71689 - 1/308-3).
10. **Авсюк Ю.Н.** Роль внешнего воздействия в нелинейной геодинамике. // Нелинейная геодинамика. М.: Наука, 1994. С. 13–22.
11. **Авсюк Ю.Н.** Приливные силы и природные процессы. М.: ОИФЗ РАН, 1996. 188 с.
12. **Акасофу С.И., Чепмен С.** Солнечно-земная физика. Часть I (пер. с англ.). М.: Мир, 1974. С. 86-151.
13. **Аки К., Ричардс П.** Количественная сейсмология. М.: Мир, 1983. В 2-х томах. 880 с.
14. **Аксенов Е.П.** Теория движения искусственных спутников Земли. М.: Наука, 1977. 321 с.
15. **Алексеев В.А., Лаврухина А.К., Мильникова З.К.** Вариации содержания радиоуглерода в годичных кольцах секвойи (1990-1916 гг.) // Геохимия. 1975. № 5. С. 667-675.
16. **Альтенбах Х., Жилин П.А.** Общая теория упругих простых оболочек // Успехи механики. 1988. Т. 11. Вып. 4. С. 107-148.
17. **Аниконов Ю.Е., Пивоварова Н.Б., Славина Л.Б.** Трехмерное поле скоростей фокальной зоны Камчатки // Математические проблемы геофизики. Вып. 5. Часть 1. Новосибирск: СО АН СССР, 1974. С. 92-117.
18. **Аносов Г.И.** Глубинное строение и геодинамическая обстановка района Ключевской группы вулканов (Центральная Камчатка) // Современный вулканизм Курило-Камчатской и Алеутско-Аляскинской островных дуг: Вопросы вулcanoопасности, цунамиопасности, магмообразование, землетрясения, геодинамика; сравнительный анализ (тезисы докл. Междунар. Конфер., П-Камчатский, 1-9 июня, 1998), г. Петропавловск-Камчатский, Из-во ИВГиГ ДВО РАН, 1998. С.82.
19. **Аносов Г. И.** Соотношение тектоники и очаговых зон землетрясений (на примере Северной части Камчатской сейсмогенной зоны) // Проблемы сейсмичности Дальнего Востока. Новая карта сейсмического районирования ОСР-97, ее роль и значение для Петропавловска–Камчатского и области. (Материалы научно-практической конференции, 6–9 июля 1999 г., г. Петропавловск-Камчатский). Петропавловск-Камчатский: Из-во КОМСП ГС РАН, 1999. С.69.
20. **Аносов Г.И.** Вулканы: геологическое строение и геодинамика вулканов. // Природные опасности России, в 6-ти томах; Т. 2: Сейсмические опасности. М.: Из-во «КРУК», 2000. С. 200–205.
21. **Аносов Г.И., Колосков А.В., Флеров Г.Б.** Проявление нелинейностей в петрологии и геодинамика магматического процесса Камчатского региона // Геодинамика, магматизм и минерализация континентальных окраин Севера Пацифики: в 3-х томах [Материалы Всероссийского совещания, посвященного 90-

- летию академика Н.А. Шило (XII – годовое собрание Северо-Восточного отделения ВМО) г. Магадан, 3-6 июня 2003 г.]. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2003. Т.2. 258 с. С. 174–177.
22. **Анохин С.В., Лотков А.И.** Изменение электронной и кристаллической структур в сплавах  $T_i(Ni,Fe)$  перед мартенситным превращением // ДАН СССР, 1989. Т.307. № 5. С.1112 – 1114.
  23. **Апрелков С.Е., Попруженко С.В., Богдан П.С.** Структурная позиция базит-гипербазитовых тел Камчатки и Корякского нагорья. В сб. Петрология и металлогения базит-гипербазитовых комплексов Камчатки. Петропавловск-Камчатский, 2000. С. 12-14.
  24. **Арнаутов Г.П., Камич Е.Н., Коронкевич В.П., Нестерихин Ю.Е., Стусь Ю.Ф.** Неприливные изменения гравитационного поля Земли в разных по долготе точках // ДАН СССР. 1985. Т.208. № 5. С. 1084-1086.
  25. **Артюшков Е.В.** О возможности возникновения и общих закономерностях развития конвективной неустойчивости в осадочных породах // ДАН СССР. 1963. Т. 153. № 1.
  26. **Артюшков Е. В.** Слой пониженной вязкости в верхней мантии Земли и связанные с ним явления. (доктор. Диссертация)., М.: ГПНТБ. 1969. 315 с.
  27. **Артюшков Е.В.** Дифференциация по плотности вещества Земли и связанные с ней явления // Физика Земли. 1970. № 5. С. 18-30.
  28. **Артюшков Е.В.** Геодинамика. М.: Наука, 1979. 327 с.
  29. **Артюшков Е.В.** Физическая тектоника. М.: Наука, 1993. 455 с.
  30. **Артюшков В.Е., Якоби В.Р.** Вязкость астеносферного слоя и силы, под влиянием которых происходит дрейф литосферных плит // Доклады АН СССР. 1994. Т. 337. № 6. С. 779-802.
  31. **Ахияров В.Х., Петросян Л.Г., Шимелевич Ю.С.** Об изменении геофизических характеристик верхнего слоя Земли под действием приливных явлений // Вопросы нелинейной геофизики. М.: ВНИИЯГГ. 1981. С. 109-112.
  32. **Ахмедов Р.Б. и др.** Аэродинамика закрученной струи. М.: Энергия, 1977. 240 с.
  33. **Ацюковский В.А.** Общая эфиродинамика. М.: Энергоатомиздат, 1990. 70 с.
  34. **Байков А.И., Делемень И.Ф.** Спиралевидные структуры и оледенения // Минерало-образование в вулcano-гидротермальных системах островных дуг. Мат. Межд. Совещания. г. Петропавловск-Камчатский, 1988. С. 33-36.
  35. **Байков А.И., Делемень И.Ф., Кузьмин Ю.Д.** Рудоносная гранитоидная вулcano-тектоническая ассоциация в спиралевидной структуре вулcano-купольного поднятия на территории южной Камчатки // Гранитоидные вулcano-плутонические ассоциации. Тезисы докладов Всероссийского совещания. Сыктывкар, 21-23 мая 1997. Сыктывкар: ИГ КНК УО РАН, 1997. С. 113-114.
  36. **Байков А.И.** Проблемы нелинейной металлогении на Камчатке // Петрология и металлогения базит-гипербазитовых комплексов Камчатки. Материалы II научной сессии Камчатского отделения ВМО. М.: Научный Мир, 2001. С. 267-284, (рис.1, стр.272).
  37. **Базелян Э.М., Райзер Ю.П.** Механизм притяжения молнии и проблема лазерного управления молнией // Успехи Физических Наук. 2000. Т. 170. № 7. С. 753-769.
  38. **Балакина Л.М.** Цунами и механизм очага землетрясений северо-западной части Тихого океан. Труды СахКНИИ. 1972. Вып. 29. С.
  39. **Балакина Л.М., Введенская А.В., Голубева Н.В., Мишарина Е.И.** Поле напряжений Земли и механизм очагов землетрясений. М.: Наука, 1972. 192 с.
  40. **Балакина Л.И.** Ориентация разрывов и подвижек в очагах сильных землетрясений северной и северо-западной частей Тихого океана // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1979. № 4. С. 43-52.

41. **Балакина Л.И.** Механизм промежуточных землетрясений в Курило-Камчатской фокальной зоне // Изв. АН СССР. 1981. № 8. С. 3-24.
42. **Балакина Л.И.** О природе тектонических движений в островных дугах. Бюллетень МОИП, отд. геол. 1991. Т.66. Вып.1. С. 3-12.
43. **Балакина Л.М., Захарова А.И., Москвина А.Г., Чепкунас Л.С.** Закономерная связь механизмов очагов землетрясений с геологическим строением районов // Физика Земли. 1996. № 3. С. 33-52.
44. **Баранов Ю.Б.** Некоторые закономерности строения и развития центральной части Олекмо-Витимской горной страны по данным дистанционных методов исследований. М.: Деп. в ВИНТИ 22.05.77. 1984. № 3803. 23 с.
45. **Баранов В.Н., Бойко Е.Г.** и др. Космическая геодезия. М.: Недра, 1986. 512 с.
46. **Бараш Ю.С.** Силы Ван-дер Ваальса. М.: Наука, 1988. 344 с.
47. **Бармин Ю.В., Вавилов В.В., Золотухин И.В., Ковнеристый Ю.К., Обвинцев Ю.А., Стогней О.В.** Аморфные сплавы системы рений – тантал // ДАН СССР. Т.307. № 2. С.371 – 374.
48. **Барсенков С.Н.** Выделения долгопериодических волн из приливных вариаций силы тяжести // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1972. № 6. С. 46-51.
49. **Басков Е.А., Суриков С.Н.** Гидротермы Тихоокеанского сегмента Земли. М.: Недра, 1975. 170 с.
50. **Белецкий В.В.** Движения спутника относительно центра масс в гравитационном поле. М.: МГУ, 1975. 308 с.
51. **Белов Н.В.** Систематика плотнейших и плотных упаковок // ДАН. 1939. XXIII. С. 171-175.
52. **Белов Н.В.** Структура ионных кристаллов и металлический фаз. // Труды Института кристаллографии АН СССР. М.: Из-во АН СССР, 1947. 237 с.
53. **Белов Н.В., Белова Е.Н., Андрианова Н.И., Смирнова Р.Ф.** Определение параметров в структуре оливина (форстерита) методом трехмерного гармонического синтеза // ДАН СССР. 1951. Т. 81. С. 399-402
54. **Белов Н.В.** Основной магматический процесс в свете кристаллохимии // Сб. «Химия земной коры». М.: Из-во АН СССР, 1963. Т. I. С. 5-22.
55. **Белов Н.В.** Очерки по структурной кристаллографии и федоровским группам симметрии. М.: Наука, 1986. 279 с.
56. **Белов С.В.** О периодичности современного и древнего вулканизма Земли // ДАН СССР. 1986. Т. 291. № 2. С. 421-425.
57. **Белоусов В.И.** Геология геотермальных полей в областях современного вулканизма. М.: Наука, 1978. 72 с.
58. **Белоусов В.И., Рычагов С.Н., Фазлулин С.М., Кузьмин Ю.Д., Исидоров В.А., Белоусова С.П.** Кремнезем в высокотемпературных гидротермальных системах областей современного вулканизма // Экологическая химия. 1998. Т. 7. Вып. 3. С. 200-216.
59. **Белоусов В.И., Рычагов С.Н., Кузьмин Ю.Д., Словцов И.Б., Делемень И.Ф., Кирюхин А.В., Пушкарев В.Г., Фавзлуллин С.М., Белоусова С.П., Шульга О.В., Кузьмин Д.Ю.** Адсорбционные свойства гидротермальных систем и перспективы их использования для консервации радионуклидов и других промышленных отходов // Экологическая химия. 1999. Т. 8. С. 262-275.
60. **Белоусов В.В.** Переходные зоны между континентами и океанами. М.: Недра, 1982. 150 с.
61. **Бениофф Х.** Движение по крупнейшим разломам // Дрейф континентов, М.: Мир, 1966. С. 75-104.
62. **Бенькова Н.П., Винникова Т.Л., Тюрмина А.О.** Геомагнитный эксцентричный диполь // Геомагнитизм и аэрономия. 1964. Т. IV. Вып. 5. С. 917-923.

63. **Биргер Б.И.** Реология мантии Земли. // Физика и внутреннее строение Земли. М., 1989. С. 11-18.
64. **Биргер Б.И.** Реологическая модель мантии Земли и планет Земной группы // Вычислительная сейсмология. М.: Наука, 1994. Вып. 27. С. 42-55.
65. **Бобков А.О., Ким Ч.У.** Оценка скоростей Р-волн в центральной части Курильской Фокальной Зоны // Вулканология и сейсмология. 1985. № 4. С. 120-126.
66. **Бобряков А.П., Ревуженко А.Ф., Шемякин Е.Н.** О возможном механизме перемещения масс Земли. ДАН СССР. 1983. Т. 272. № 3. С. 1097-1099.
67. **Болдырев С.А.** О схеме распределения скорости упругих волн в области смыкания Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг // ДАН СССР. 1974. Т. 215. № 2. С. 331-334.
68. **Болдырев С.А.** Горизонтальные неоднородности и сейсмическая анизотропия верхней мантии у юго-восточного побережья Камчатки // Исследования по физике землетрясения, М.: Наука, 1976. С. 201-216.
69. **Болдырев С.А., Пивоварова Н.Б., Славина Л.Б.** Трехмерное поле скоростей и анизотропия зоны Бенъофа-Заварицкого у побережья Камчатки // Новые данные о строении коры и верхней мантии Курило-Камчатского и Японского регионов.. Владивосток, 1978. С. 100-110.
70. **Болдырев С.А.** О верхней границе распределения очагов в сейсмофокальной зоне Курило-Камчатских землетрясений // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1981. № 4. С. 25-32.
71. **Болдырев С.А., Пономарев С.Ф.** Построение скоростной модели Охотоморского блока мантии // Физика сейсмических волн и внутреннее строение Земли. М., 1983. С. 139-151.
72. **Болотов Б.В., Болотова Н.А., Болотов М.Б.** Основы строения вещества (физико-химическая таблица изостеров Болотовых). Запорожье: Из-во ЗГИА, 1997. 110 с.
73. **Болт Б.** В глубинах земли. М.: Мир, 1984. 187 с.
74. **Борисенков Е.П.** Взаимодействие геофизических процессов в северном и южном полушариях в проблеме общей циркуляции атмосферы. Л., Проблемы Арктики и Антарктиды. 1965. Вып. 20,
75. **Ботт М.** Внутреннее строение Земли (пер. с англ., ред.: Е.Ф. Саваренский) М.: Мир, 1974. 373 с. (стр. 313: о природе глубоких землетрясений).
76. **Брагинский С.И.** Происхождение магнитного поля Земли и его вековых вариаций // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1972. № 10.
77. **Брагинский С.Н., Николайчик В.В.** О времени запаздывания активизации вековых вариаций геомагнитного поля по отношению к изменению скорости вращения Земли // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1973. № 9. С. 55-83.
78. **Бражкин В.В., Ляпин А.Г.** Универсальный рост вязкости металлических расплавов в мегабарном диапазоне давлений: стеклообразное состояние внутреннего ядра // Успехи физических наук. 2000. Т. 170. № 5. С. 535 - 551
79. **Браун Д., Массет А.** Недоступная Земля (пер. с англ.) М.: Мир, 1984. 262 с.
80. **Буланже Ю.Д.** Некоторые результаты изучения неприливных изменений силы тяжести // ДАН СССР. 1981. Т. 256. № 6. С. 1330-1333.
81. **Булах А.Г.** Общая минералогия. С-Петербург: Из-во С-ПГУ. 1999. 315 с.
82. **Булин Н.К., Афанасьева Н.А., Проняева Е.А, Эрглис Е.И.** Сравнительный анализ строения земной коры и верхней мантии в пределах некоторых сейсмоактивных районов СССР // Геофизические поля и сейсмичность. М.: Наука, 1975. С. 5-15.
83. **Булин Н.К.** Глубинное строение Сахалина, Курильских островов и юго-восточной Камчатки по наблюдениям обменных PS-волн от землетрясений // Сейсмичность и глубинное строение Сибири и Дальнего Востока, Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1976. С.120-135.

84. Булин Н.К. Глубинное строение дна океанов // Сов. геология. 1979. № 11. С. 30-42.
85. Буллен К.Е. Плотность земли. М.: Мир, 1978. 367 с.
86. Варнавский В.Г. Проблемы глобальных пульсаций тектоно-магматической активности // Тихоокеанская геология. 1982. № 2. С. 89-97.
87. Варнавский В.Г., Малышев Ю.Ф. Восточно-Азиатский грабеновый пояс // Тихоокеанская геология. 1986. № 3, С. ..
88. Ващилов Ю.Я., Федынский В.В. Слоисто-блоковое строение литосферы // Геофизика, геология и катастрофические природные явления. М.: Наука, 1980. С. 37-44.
89. Ващилов Ю.Я. Блоково-слоистая модель земной коры и верхней мантии. М.: Недра, 1984. 240 с.
90. Вейцман П.С., Косминская И.П. Обзорная карта специальных сейсмических наблюдений по изучению земной коры в период Международного геофизического года // Результаты исследований по программе МГГ. Сейсмологические исследования. № 5. Из-во АН СССР. 1963. С. 3-11.
91. Вермишева Л. Ю., Гангнус А.А. Проблема пространства в сеймотектонике // Природа. 1975. № 11. С. 86-94.
92. Веселов О.В., Туезов И.К. Тепловой поток в северо-западном секторе Тихоокеанского подвижного пояса // Труды СахКНИИ ДВНЦ АН СССР. Вып. 35. геофизический сборник. № 3. г. Южно-Сахалинск. 1972. С. 171-180.
93. Веселов К.Е. Концепция релативистской геодинамики // Геофизика. 1998. № 2. С. 52-57.
94. Викулин А.В. Физика волнового сейсмического процесса. г. Петропавловск-Камчатский: Из-во КГПУ, 2003. 151 с.
95. Винник Л.П., Лукк А.А., Мирзокурбанов М., Тараканов Ю.А., Черевко Т.И. Источники крупнейших ундуляций геоида по сейсмическим и гравитационным данным // ДАН СССР. 1978. Т. 241. С. 789-792.
96. Винник Л.П., Аветисян Р.А., Ратникова Л.Н. Тонкая структура перехода от верхней мантии к нижней // ДАН СССР. 1982. Т. 262. № 2. С. 314-318.
97. Виноградов А.П. О происхождении вещества Земной коры. Сообщ.1 // Геохимия. 1961 № 1. С. 3-29.
98. Виноградов Л.А. Ротационная оболочка Земли // ДАН СССР. 1982. Т. 262. № 2. С. 318-321.
99. Власов Г.М. К вопросу о «господстве» тектоники плит за рубежом // Советская геология. 1992. № 6. С. 80-86.
100. Войткевич Г.В. Проблемы радиогеологии // М.: Госгеолтехиздат, 1961. 349 с.
101. Войткевич Г.В. Основы теории происхождения Земли. М.: Недра, 1979. 155 с.
102. Войткевич Г.В. Происхождение и химическая эволюция Земли // М.: Наука, 1983. 168 с.
103. Воларович М.П., Баюк Е.И., Левыкин А.И., Томашевская И.С. Физико-механические свойства горных пород и минералов при высоких давлениях. М.: Наука, 1974. 312 с.
104. Воробьев А.А. О возможности электрических разрядов в недрах Земли // Геология и геофизика. 1970. № 12. С. 13 – 22.
105. Воробьев А.А. Физические условия залегания вещества в земных недрах Томск: Из-во ТПИ, 1971. 212 с.
106. Воробьев А.А. Равновесие и преобразование видов энергии в недрах. Томск: Из-во ТГУ, 1989. 133 с.
107. Воронов П.С. Очерки о закономерностях морфометрии глобального рельефа Земли. Л.: Наука, 1968. 124 с.
108. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. М.: Химия, 1975. 2-ое изд. 574 с.

109. **Вуллард Э.** Теория вращения Земли вокруг центра масс. Физматгиз. 1963.
110. **Вульфсон Н.И.** Конвективные движения в кучевых облаках // ДАН СССР. Т.97. № 1. 1954. С.372-374.
111. **Галактионов В.А., Курдюмов С.П., Михайлов А.П., Самарский А.А.** Локализация тепла в нелинейных средах // Дифференциальные уравнения. 1981. Т. 17. № 10. С. 1826-1841.
112. **Галибина И.В., Каттерфельд Г.Н., Чарушин Г.В.** Типы и системы линеаментов планет // Изв. АН СССР, сер. геологич. 1975. № 11. С. 5-28.
113. **Геодинамика и астрономия.** Киев: Наукова Думка, 1980. 166 с.
114. **Геология СССР.** 1964. Т. XXXI. Ч.1. М.: Недра. С. 491-507.
115. **Герловин И.Л., Баранова Р.Х., Баранов П.С.** Новый подход к низкотемпературному ядерному синтезу // Журнал общей химии. 1992. Т. 62. № 1. С. 230-232.
116. **Гершунн Г.З., Жуховицкий Е.М., Першина Е.А.** О возникновении конвекции в некоторых двухслойных системах // Конвективные течения (Сб. ст.), Пермь: Из - во ПГУ, 1983. С. 3-24.
117. **Герценштейн С.Я., Шмидт В.М.** О взаимодействии волн конечной амплитуды в случае конвективной неустойчивости вращающегося плоского слоя // ДАН СССР. 1974. Т. 219. № 2. С. 297-310.
118. **Гетузи Я.Е.** Очерки о диффузии в кристаллах. М.: Наука, 1974. 75 с.
119. **Гидродинамические** неустойчивости и переход к турбулентности, (пер. с англ.), ред. Сункнии, Дж.
120. **Гидротермальные** системы и термальные поля Камчатки // Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1976. С. 267-280.
121. **Гзовский М.В., Михайлова А.В.** Энергетика тектонических процессов // Энергетика геологических и геофизических процессов, М.: Наука, 1972. С. 120-137.
122. **Гледзер Е.Б., Должанский Ф.В., Обухов А.И.** Системы гидродинамического типа и их применение. М.: Наука, 1981. 213 с.
123. **Глубинное** сейсмическое зондирование Камчатки, М.: Наука, 1978. 130 с.
124. **Голицын Г.С.** Исследование конвекции с геофизическими приложениями и аналогиями // Новости и проблемы науки. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 133 с.
125. **Гольшев В.Д., Гоник М.А., Путилин Ю.М.** Теплопроводность искусственных слюд в поликристаллическом и расплавленном состояниях // Изв. АН СССР. Неорган. Матер. 1988. № 1. С. 133-135.
126. **Гончаров В.П.** Вихревые структуры в сдвиговых течениях // Изв. АН СССР сер. МЖТ. 1980. № 2. С. 65-67.
127. **Гончаревич И.Ф.** На гребне волны. Способы переноса энергии в природе и технике // М.: Наука, 1989. 67 с.
128. **Горшков Г.С.** О связи вулканических и сейсмических явлений при извержении вулкана Безымянного (1955-1956) // Бюллет. Вулканол. Стат. АН СССР. 1961. № 3. С. 32-37.
129. **Горшков Г.С.** Глобальные особенности петрохимии вулканологических пород и основные структуры Земли // Петрохимические особенности материалов вулканизма. М.: Из-во АН СССР, 1963. С. 15-23.
130. **Горшков Г. С., Богоявленская Г.Е.** Вулкан Безымянный и особенности его последнего извержения. М.: 1965. С. 3-170.
131. **Гравитация и относительность** (Цзю Х., Гоффман В.М. – ред.), М.: Мир, 1965. 544 с
132. **Грачев А.Ф., Малевский А.В.** Об анизотропии вязкости аномальной мантии // ДАН СССР. 1988. Т.303. № 4. С. 830-833.

133. **Григорьев А.С.** О деформациях земной коры, отвечающих гипотезе воздействия подкорковых конвективных потоков // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1974. № 6. С. 3-11.
134. **Гринспен Х.** Теория вращающихся жидкостей. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 304 с.
135. **Грушинский Н.П.** Теория фигуры Земли. М.: ФМЛ, 1963. 446 с.
136. **Губерман Ш.А.** О некоторых закономерностях возникновения землетрясений. // ДАН СССР. Т.224. № 3. 1975. С. 573-576.
137. **Губерман Ш.А.** Д-волны и неравномерность вращения Земли // ДАН СССР. 1976а. Т.230. № 4. С. 811-814.
138. **Губерман Ш. А.** Землетрясения, неравномерность вращения Земли и Д-волны // ДАН СССР. 1976б. Т.230. № 6. С. 1314–1317.
139. **Гутман Л.Н.** Теоретическая модель смерча // Изв. АН СССР. Серия геофизика. 1957. № 1. С. 79-93.
140. **Гущенко И.И.** Цикличность извержений вулканов мира // Вулканология и сейсмология. 1985. № 2. С. 27-48.
141. **Дайсон Ф. И.** др. Устойчивость и фазовые периоды. М.: Мир, 1975. С. 373.
142. **Действие** высоких давлений на материалы (сборник научных трудов: АН УССР. Инс-т проблем материаловедения. Киев: Наукова Думка, 1986. 135 с.
143. **Дерягин В. П., Ключев В.А., Липсон А.Г. и др.** О возможности ядерных реакций при разрушении твердых тел // Коллоидный журнал. 1986. Т. 48–I. С. 12 –14.
144. **Джекобс Дж.** Земное ядро (пер. с англ., ред. Л.Н. Рыкунов), М.: Мир, 1979. 305 с.
145. **Джеффрис Г.** Неупругие смещения на Земле и планетах // Верхняя мантия. М.: Мир, 1975. С. 257-266.
146. **Дикке Р.** Влияние переменного во времени гравитационного взаимодействия на солнечную систему // Гравитация и относительность. М.: Мир, 1965. С. 251-294.
147. **Дмитриевский А.И., Володин И.А., Шилов Г.К.** Энергоструктура Земли и геодинамика. М.: Наука, 1993. 150 с.
148. **Добрецов Н.Л., Ревердатто В.В., Соболев В.С., Соболев Н.В., Хлестов В.В.** Фации метаморфизма. М.: Недра, 1970. 256 с.
149. **Добрецов Н.Л., Кирдяшкин А.Г., Кирдяшкин А.А.** Глубинная геодинамика. Новосибирск, Из-во СО РАН. Филиал «Гео». 2000. 406 с.
150. **Добролюбов А.И.** Глобальный механизм генерации горизонтальных движений земной коры. ДАН БССР. 1982. Т. XXVI. № 4. С. 358-361.
151. **Долгинов А.З.** О происхождении магнитных полей Земли и небесных тел // УФН. 1987. Т. 152. Вып. 2. С. 231-262.
152. **Долицкий А. В.** Нахождение составляющих геомагнитного поля, их физическая природа и движение // Геомагнитизм и аэрономия. 1984. № 4.
153. **Долицкий А.В.** Образование и перестройка тектонических структур. М.: Недра, 1985.
154. **Долицкий А.В.** Периодичность обращений геомагнитного поля и выводы о его природе // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1990. № 8. С. 122-124.
155. **Дортман И.Б., Магид М.Ш.** Зависимость скорости упругих волн и плотности пород от кристаллохимических особенностей минералов // Геология и геофизика. 1969. № 4. С. 35-105.
156. **Дорфман И.Я., Крючков А.И., Прут Э.В., Ениколопан Н.С. (академик)** Явление потери устойчивости пластического течения в процессе твердофазной экструзии полимеров // ДАН СССР. 1984. Т. 278. № 1. С. 141-144.
157. **Древние** сейсмофокальные зоны. (Г.М. Власов – редактор) М.: 1980. С.
158. **Дубровский В.А.** Тектонические волны. // Изв. АН СССР. сер. Физика Земли. 1985. № 1. С. 4-13.

159. **Ежов Б.В.** О связях кольцевых морфоструктур с геофизическими оболочками Земли // Геолого-геоморфологические конформные комплексы Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1980. С. 71-80.
160. **Екимова Т.Е., Лаврова Л.Д., Надеждина Е.Д., Петрова М.А., Печников В.А.** Условия образования алмазного месторождения Кумдыколь (Северный Казахстан) // Геология рудных месторождений. 1994. Т. 36. № 5. С. 455-465.
161. **Ениколопян Н.С.** (академик) Сверхвысокая молекулярная подвижность в твердых телах // ДАН СССР. 1985. Т. 283. № 4. С. 897-899.
162. **Ениколопян Н.С., Вольева В.Б., Хзарджен А.А., Ершов В.В.** Взрывные химические реакции в твердых телах // ДАН СССР. 1987. Т. 292. № 5. С. 1165-1169.
163. **Ержанов Ж.С., Колыбаев А.А.** Общая теория вращения Земли. М.: Наука, 1984. 253 с.
164. **Ершов В.М., Сенько – Булатный И.Н., Харус Р.Л.** Исследования аномальных отношений стабильных изотопов некоторых элементов // ДАН СССР. 1975. Т. 224. № 2. С.329 – 331.
165. **Жаринов В.А., Иванов И.П., Литвин Ю.А., Ишбулатов Р.А.** Экспериментальные исследования плавления изверженных пород щелочноземельной серии при давлении 35 кбар. // ДАН СССР. 1974. Т. 219. № 2. С. 443-446.
166. **Жаринов В.А., Иванов И.П., Литвин Ю.А., Ишбулатов Р.А.** Экспериментальные исследования плавления изверженных пород щелочноземельной серии при давлении 5 кбар. // ДАН СССР. 1975. Т. 220. № 4. С. 936-938.
167. **Жарков В.Н.** Вязкость недр Земли // Труды ИФЗ М.: ИФЗ, 1960. Вып. 1. С. 15-23.
168. **Жарков В.Н., Дорофеева Л.Н., Дорофеев В.И., Любимов В.М.** О зоне пониженных значений диссипативной функции Q в оболочке на границе с ядром. ДАН. 1974. № 4. С.214.
169. **Жарков В.Н.** Об отсутствии сверхглубоких землетрясений и распределение вязкости и температуры в мантии Земли // ДАН СССР. 1980. Т. 252. № 6. С. 1350-1353.
170. **Жарков В.Н.** О тепловом режиме Земли // ДАН СССР. 1981. Т. 261. С. 321-324.
171. **Жарков В.Н.** Внутреннее строение Земли и планет. М.: Наука, 1983. 416с.
172. **Жарков В.Н., Карпов П.Б., Леонтьев В.В.** О тепловом режиме погранслоя мантии на границе с ядром // ДАН СССР. 1984. Т. 275. № 2. С. 335-338.
173. **Жорин В.А., Макарова И.Ф., Ген М.Я., Ениколопян Н.С.** Образование твердых растворов металлов при пластическом течении под высоким давлением // ДАН СССР. 1981. Т. 261. № 2. С. 405 - 408
174. **Журавлев А.И., Акопян В.Б.** Ультразвуковое свечение жидкостей. М.: Наука, 1977. 135с.
175. **Заварицкий А.Н.** Некоторые данные, которые необходимо учитывать при тектонических построениях // Изв. АН СССР. сер.геол. 1946. 3 2, С. 3–12.
176. **Зельдович Я.Б., Молчанов С.А., Рузмайкин А.А., Соколов Д.Д.** Перемежаемость в случайной среде // УФН. 1987. Т. 152. № 1. С. 3-32.
177. **Земные приливы и внутреннее строение Земли.** Наука, 1967.
178. **Злобин Т.К.** Вероятный механизм образования наклона сейсмофокальных зон. Препринт. Южно-Сахалинск: ИМГИГ ДВО РАН, 1988. 34 с.
179. **Злобин Т. К.** Природа наклона сейсмофокальных зон Бенъоффа и вероятный механизм их образования // ДАН СССР. 1986. Т.289. № 3. С. 689 – 692.
180. **Змитриенко И.В., Михайлов А.П.** Явление инерции тепла // Компьютеры, модели, вычислительные эксперименты: Введение в информатику с позиции математического моделирования. М.: Наука, 1988. С. 137-170.
181. **Зобин В.М.** Землетрясение 22 марта 1980 г в районе Камчатского залива и его афтершоки // Вулканология и сейсмология. 1982. № 5. С. 92-94.

182. **Зобин В.М.** Вулканические землетрясения и их роль в вулкано – тектоническом процессе // Вулканология и сейсмология. 1992. № 5-6. С. 87–100.
183. **Зоммерфельд А.** Механика М.: Из-во ИЛ, 1947. 390 с.
184. **Зоненшайн Л.П., Савостин Л.А.** Введение в геодинамику. М.: Недра, 1979. 311 с.
185. **Зубарев Д.Н.** Неравновесная статистическая термодинамика // М.: Наука, 1971. 415 с.
186. **Иванов А. А., Легасов В.А., Смирнов Б.М.** Химия плазмы // Природа. 1975. № 11. С. 2-11.
187. **Иванова Т.К., Иванов М.К.** Спиралевидные тектоно-магматические структуры и характер локализации в них эндогенного оруденения // Металлогеническое значение вулкано-тектонических структур. Тезисы докл.. Хабаровск, 1988. С. 51-53.
188. **Изучение** приливных деформаций земли. М.: Наука, 1973.
189. **Исаев Е.Н.** О вязком течении астеносферы под островными дугами. // ДАН СССР. 1969. Т.184. № 2. С. 406-409.
190. **Исследования** физических свойств минерального вещества Земли при высоких термодинамических параметрах. Киев: Наукова Думка, 1977. 275 с.
191. **Ишлинский А.Ю.** Механика относительного движения и силы инерции // М.: Наука, 1981. 175 с.
192. **Ишлинский Ф.Ю.** Прикладные задачи механики: т.1 «Механика вязкопластических и не вполне упругих тел» М.: Наука, 1986. 358 с.
193. **Йодер Г.С., Тилли К.Э, (мл)** Происхождение базальтовых магм. М.: Мир, 1965. 248 с.
194. **Каган Б.А.** О соотношении между астрономическими и геофизическими оценками диссипации приливной энергии // Океанология. 1985. Т. XXV. Вып. 3. С. 373-377.
195. **Казарян В.А., Мизникова Б.И., Непомнящий А.А., Черткова Е.А.** Конвективный теплоперенос в двухслойной системе // Гидродинамика и процессы теплообмена, Свердловск: УРО АН СССР, 1989. С. 29-36.
196. **Калинин Ю.Д.** Удары гигантских астероидов как причины геомагнитных инверсий и суперхронов геомагнитной полярности // Геомагнетизм и аэрономия. 1993. Т. 33. № 3. С. 145.
197. **Калашников В.Н., Райский Ю.Д., Тункель Л.Е.** О возвратном течении закрученной жидкости в трубе // Изв. АН СССР. МЖГ. 1970. № 1. С. 185-187.
198. **Кан М.А.** Определение фигуры Земли и аномалии массы по возмущениям орбит искусственных спутников // Земная кора и верхняя мантия. М.: Мир, 1967. С. 298-313.
199. **Капица П.Л.** Теплопроводность и диффузия в жидкой среде при периодическом течении // ЖЭТФ. 1951. Т. 21. Вып. 9. С. 964-978.
200. **Капица П.Л.** Эксперимент. Теория. Практика. М.: Наука, 1987. 122 с.
201. **Капустинский А.Ф.** К теории Земли // Вопросы геохимии и минералогии. М.: Из-во АН СССР, 1956. С. 37-88.
202. **Каракин А.В.** О напряжениях, возникающих при горизонтальном перемещении литосферы // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1975. № 10. С.7 –16.
203. **Каракин А.В., Калашникова И.В., Магницкий В.А.** Об эффектах «смазочного слоя», возникающих при горизонтальных перемещениях литосферы // ДАН СССР. 1974. Т.214. № 3. С. 561-564.
204. **Каракин А.В., Лобковский Л.И., Николаевский В.Н.** Образование серпентинитового слоя океанской коры и некоторые геолого-геофизические явления. ДАН СССР. 1982. 265. № 3. С.572-576.
205. **Каракин А.В., Мясников В.П., Фадеев В.Е.** Качественные особенности движения литосферы в конвективных моделях эволюции земли // Сб. Проблемы движений и структурообразования в коре и верхней мантии. М., 1983.

206. **Каракин А.В., Лобковский Л.Н.** К выводу уравнений трехкомпонентной вязкодеформируемой среды (кора и астеносфера) // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1985. № 12. С. 3-13.
207. **Каула У.** Спутниковая геодезия. М.: Мир, 1970. 317 с.
208. **Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф.** Основы линеаментной тектоники. М.: Недра, 1986. 240 с.
209. **Кейес Р.** Континуальные модели влияния давления на активационные процессы. //Твердые тела под высоким давлением. М.: Мир, 1966. С. 13–22.
210. **Кеннет Дж. П.** Морская геология. Т.1. М.: Мир, 1987. 396 с.
211. **Кеонджян В.П.** Концентрационная конвекция в бинарной стратифицированной среде // Проблемы теор. геодинам. и тектоники литосфер. плит. М., 1981. 178. С. 45-55.
212. **Керн Р., Вайсброд А.** Основы термодинамики для минерологов, петрографов и геологов. М.: Мир, 1966. 278 с.
213. **Киреевкова С.М., Волярович М.П., Сафаров И.Б.** Влияние минерального состава на упругие характеристики глубинных пород при высоких давлениях // Сб. Свойства и состояние минерального вещества в недрах Земли, М.: Наука, 1989. С. 72-77.
214. **Кирдяшкин А.Г.** Тепловые гравитационные течения и теплообмен в астеносфере. Новосибирск: Наука, 1989. 80 с.
215. **Киркинский В.А.** Изоморфизм минералов при сверхвысоких давлениях // Эксперименты в минералогии и петрографии. М.: Наука, 1975. С. 17-35.
216. **Кирлинец д.А., Юдин С.Н.** Парадоксы вращения сверхтекучей жидкости // Успехи физических наук, т. 165, № 11, С. 1335-1340.
217. **Киттель, Чарльз** Статистическая термодинамика (пер. с англ., С.П. Капица, ред.) М.: Наука, 1977. 336 с.
218. **Клеро А.** Теория фигуры Земли, основанная на началах гидростатики. М.: Из-во АН СССР, 1947. 358 с.
219. **Клюев В.А., Липсон А.Г., Топоров Ю.П. и др.** О высокоэнергетических процессах при разрушении твердых тел // Письма в ЖТФ. 1986. Т.12. С. 1333–1336.
220. **Коваль Г.И.** К вопросу об энергетике активного вулканизма // Вулканизм и глубины Земли. (Мат-лы III Всесоюзного вулканологического совещания). М.: Наука, 1971. С. 41-46.
221. **Когарко Л.Н., Арутюнян Л.А.** Отношение Ni/Co базальтовых магм - индикатор окислительно-восстановительных равновесий мантий // Геохимия. 1982. № 12. С. 1744-1753.
222. **Колосков А.В.** Интрузивные тела как возможные индикаторы геодинамического режима островных дуг // Магматизм и метаморфизм как индикаторы геодинамического режима островных дуг. М.: Наука, 1982. С. 61-80
223. **Колосков А.В., Флеров Г.Б., Селиверстов В.А., Дорендорф Ф., Чурикова Т.Г.** Калиевые вулканы Центральной Камчатки в составе верхнемеловой-палеогеновой Курило-Камчатской щелочной провинции. // Петрология. 1999. Т.7. № 5. С. 559-576.
224. **Колосков А.В.** Особенности вещественного состава и природа базит-гепербазитовых ассоциаций Камчатки // Петрология и металлогения базит-гипербазитовых комплексов Камчатки. Петропавловск-Камчатский, 2000. С. 31-32.
225. **Колосков А.В.** Изотопно-геохимическая неоднородность плиоцен-четвертичных вулканитов Камчатки, геометрия субдукционной зоны, модель флюидно-магматической системы // Вулканология и сейсмология. 2001. № 6. С. 16-42.
226. **Колосков А.В., Пузанков М.Ю., Пирожкова Е.С.** Включения ультрамафитов в базальтоидах островных дуг: к проблеме состава и генезиса переходного слоя

- "коро-мантийной смеси" в островодужных системах. // Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. П.-Камчатский, 2001. С.123–152.
227. **Кондорская Н.В., Лпндырева И.С.** Особенности сейсмичности Камчатки. // Изв. АН СССР, серия Геофизика. 1962. № 10. С. 1318-1327.
228. **Колясников Ю.А.** О возможности естественных ядерных реакций в геологических процессах // Вулканология и сейсмология. 1984. № 1. С. 59-70.
229. **Колясников Ю.А.** К тайнам мироздания (Препринт СВКНИИ). Магадан: Из-во СВНЦ, 1997. 254 с.
230. **Комов И.Л.** Радиационная минералогия. Л.: Энергоатомиздат, 1982. 112 с.
231. **Комова О.С., Маслов Л.А., Туезов И.К.** Решение прямой трехмерной задачи геомеханики для аномальных плотностных тел // Тихоокеанская геология. 1984. № 3. С. 110-115.
232. **Коптелкин В.Д., Лобковский Л.И.** Причины цикличности глобального геодинамического процесса // ДАН. 1999. Т. 336. № 3. С. 369-371.
233. **Коржинский Л.С.** Преувеличение солнечной энергии в энергостатике земной коры. // Изв. АН СССР, серия геология. 1955. № 1. С. 52-64.
234. **Коржинский Д.С.** Потоки трансмагматических растворов в процессе гранитизации // Магматизм, формации кристаллических пород и глубины Земли. М.: Наука, 1972. С. 144-152.
235. **Корякско-Камчатский регион** - новая платиноносная провинция России. Санкт-Петербург, 2002. 382 с.
236. **Крамаровский Я.М., Чечев В.П.** Синтез элементов во Вселенной. М.: Наука, 1987. 213 с.
237. **Красный М.Л.** Геофизические поля и глубинное строение Охотско-Курильского региона. Владивосток: ДВО АН СССР. 1990. 162 с.
238. **Красовский С.С., Познанский Н.Ф., Куприенко П.Я.** Корреляционные зависимости некоторых физических параметров пород глубинных зон земной коры // Изучение литосферы геодинамическими методами. Физические свойства, сейсмометрия, гравиметрия и магнитометрия. Киев, 1986. С. 15-23.
239. **Кригер Н.И., Кожевников А.Д., Колосков Е.В.** Вопросы энергетики природных и техногенных геологических процессов. М.: ИНЖЭКО, 1992. 64 с.
240. **Кропоткин П. Н.** Возможная роль космических факторов в геотектонике // Геотектоника. 1970. № 2. С. 30 - 46
241. **Кропоткин П.Н., Поляк Б.Г.** Энергетический баланс Земли // Земная кора сейсмоопасных зон. Верхняя мантия № 11. М.: Наука, 1973. С. 7-24.
242. **Кропоткин П.И.** Новая геодинамическая модель // ДАН СССР. 1983. Т. 272. № 3. С. 575-576.
243. **Кропоткин П.Н., Ефремов В.Н., Макеев В.М.** Напряженное состояние земной коры и геодинамики. Геодинамика. 1987. № 1. С. 3-34.
244. **Кропоткин П.Н., Ефремов В.Н.** Изменения радиуса Земли в геологическом прошлом // Геотектоника. 1992. № 4. С. 3 – 14.
245. **Крылов С.М., Соболев Г.А.** О вихревых гравитационных полях естественного и искусственного происхождения и их волновые свойства // Вулканология и сейсмология. 1998. № 3. С. 78-92.
246. **Кузин И.П.** Скорости волн Р и S в верхней мантии Камчатки // Изв. АН СССР, серия Физика Земли. 1973. № 3. С. 3-16.
247. **Кузин И.П.** Фокальная зона и строение верхней мантии в районе Восточной Камчатки. М.: Наука, 1974. 132 с.
248. **Кузин И.И.** К вопросу о скоростной неоднородности зоны Бенъоффа. (Вадати-Заварицкого-Бенъоффа) // Физика Земли. 1994. № 4. С. 12-24.
249. **Кузнецов Ю.А.** Происхождение магматических пород // Магматизм и связь с ним полезных ископаемых. М.: Из-во АН СССР, 1955. С. 296-331.

250. **Куликов А.А.** Изменяемость широт и долгот. М.: Физматгиз, 1962. 400 с.
251. **Кунин Н.Я., Сардонников Н.М.** Глобальная цикличность тектонических движений // Бюллетень МОИП, отд. Геологии. 1976. № 3. С. 5-27.
252. **Курдюмов С.П.** Собственные функции горения нелинейной сферы и конструктивные законы построения ее организации // Современные проблемы математической физики и вычислительной математики. М.: Наука, 1982. С. 217-243.
253. **Кутыев Ф.Ш.** К энергетике геологических процессов («Энерговоды») // Вулканология и сейсмология. 1990. № 5. С. 69-75.
254. **Кучай В.К.** Астенолинзы: оро- и депрессогенез // Геология и геофизика. 1985. № 7. С. 82-91.
255. **Кэри У.** В поисках закономерностей развития Земли и Вселенной. М.: Мир, 1991. 431 с.
256. **Лаврухина А.К., Ревина Л.Д., Ибраев Т.А., Юкина Л.В.** Глубинное распределение ядерноактивных частиц в железных метеоритах // Геохимия. 1967. № 1. С. 20-30.
257. **Лаврухина А.К., Каличева И.С., Колесов Г.М.** Нейтроноактивационное определение скандия в метеоритах с применением субстехиометрического разделения и  $\gamma$ -спектрометрии // Геохимия. 1967. № 6. С. 651-654.
258. **Лаврухина А.К., Устинова Г.К., Ибраев Т.А.** Эффекты ядерных реакций с космическими лучами в космических телах разных размеров и составов // Геохимия. 1967. № 11. С. 1350-1360.
259. **Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.** Теоретическая физика в 10-ти томах. Т. 6. Гидродинамика, 4-ое изд. М.: Наука, 1988. 733 с.
260. **Ландау Л.Д.** Теоретическая физика в 10-ти томах.. Т. 9. Статистическая физика. Ч. 2. Теория конденсированного состояния (Е.М. Лифшиц, Л.П. Питьевский – 3-е изд). М.: Физматлит, 2001. 493 с.
261. **Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Питкевский Л.П.** Статистическая физика. Ч. 2. Теория конденсированного состояния. 3-ье изд. (стереот). М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. 496 с.
262. **Ларин В.Н.** Гипотеза изначально гидридной Земли. М.: Недра, 1980. 215 с.
263. **Лебедев Л.И.** Металлоколлоиды в эндогенных месторождениях. М.: Наука, 1965. 311 с.
264. **Лебедев В.И.** Ионно-атомные радиусы и их значение для геохимии и химии. Львов: Из-во ЛГУ, 1969. 217 с.
265. **Лебедев Г.С., Корниец Л.В., Шаповал В.И., Корин В.А.** Упругие свойства горных пород при высоких давлениях. Киев: Наукова Думка, 1972. 230с.
266. **Левый Н.В.** О горизонтальной слоистости мантии и возможности субвертикального волновода в Курило-Камчатской зоне по макросейсмическим данным // Сб. Труды СахКНИИ. 1975. № 30. С. 100-106.
267. **Леонов Н.И.** Хаитское землетрясение 1949 г. и геологические условия его возникновения // Изв. АН СССР, серия Геофизика. 1960. № 3. С. 409-424.
268. **Летников Ф.А.** Некоторые вопросы термодинамики магматических процессов // Вулканизм и глубинное строение Земли. (Труды второго Всесоюзного вулканологического совещания 3-17 сентября 1964). Т. III. 1966. С. 102-107.
269. **Летников Ф.А.** Образование алмазов в глубинных тектонических зонах // ДАН СССР. 1983. Т. 271. № 2. С. 433-436.
270. **Липсон А. Г., Соков Д.М., Ключев В.А. и др.** Генерация нейтронов при механическом воздействии на титан в присутствии дейтерированных веществ // Письма в ЖЭТФ. 1989. Т.49 (II). С.588–590.
271. **Ли Сы-Гуан** Вихревые структуры северо-западного Китая. Москва: Государственное научно-техническое Из-во литературы по геологии, 1958. 129 с.

272. **Литвинов А.Ф., Марковский Б.А., Попруженко С.В.** Геолого-структурная позиция дунит-клинопироксенит-габоровых массивов Корякско-Камчатского региона // Корякско-Камчатский регион: новая платиноносная провинция России.: Из-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2002. С. 5-21.
273. **Лобковский Л. М., Баранов В.В.** Клавишная модель сильных землетрясений в островных дугах и активных континентальных окраинах // ДАН СССР. 1984. Т. 275. № 4. С. 843–847.
274. **Лойцянский Л.Г.** Гидродинамическая теория сферического подшипника // ПММ. 1955. Т. XIX. Вып. 5. С. 531-540.
275. **Лойцянский Л.Г.** Ламинарный пограничный слой. М.: ИФМЛГИЗ, 1962. 477 с.
276. **Лойцянский Л.Г.** Механика жидкости и газа. М.: Наука, 1975. 755 с.
277. **Лойцянский Л.Г.** Механика жидкости и газа. М.: Наука, ИФМЛ, 1987. 840 с.
278. **Лукьянчук И.В.** Вихревые решетки // Новое в жизни, науке, технике. Ч. 3. Вихревое движение. М.: Знание, Физика. № 2. 1991. 63 с.
279. **Лутц Б.Г., Киреевкова С.М., Сафаров И.Б.** Петрофизические исследования офиолитов Троодоса: вещественный состав, упругие и плотностные свойства пород при высоких давлениях // Вулканология и сейсмология. 1998. № 4-5. С. 63-78.
280. **Люстих Е.Н.** Некоторые замечания об использовании физики в геотектонических построениях // Изв. АН СССР, сер. геол. 1962. № 1. С. 3 –11.
281. **Магма** глубинных камер М.: Наука, 1970. (Шеймович В.С. С. 144-148).
282. **Магницкий В.А.** Внутреннее строение и физика Земли. М.: Недра, 1965. 379 с.
283. **Магницкий В.А, Жарков В.Н.** Природа слоев пониженных скоростей сейсмических волн в верхней мантии Земли // Проблемы строения земной коры и верхней мантии. Верхняя мантия. № 7. М.: Наука, 1970. С. 3–17.
284. **Магнус К.** Гироскоп. М.: Мир, 1974. 112 с.
285. **Мазитов Р.К.** О возможности ядерных превращений при химических реакциях // ДАН СССР. 1989. Т. 307. № 5. С. 1158–1160.
286. **Макдональд Г.** Вулканы М.: Мир, 1975. 431 с.
287. **Мак-Кензи Д.П.** Мантия Земли // В мире науки. Динамическая Земля. 1983. № 11. С. 29-43.
288. **Малевский А.В.** Механика процесса образования астеносферного диапира // Численное моделирование и анализ геофизических процессов (Вычислительная сейсмология. Вып. № 20). М.: Наука, 1987. С. 52–60.
289. **Малевский А.В.** Численная модель астеносферного диапиризма // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1986. № 9. С. 37-43.
290. **Малиновский Ю.М.** Проблема синфазной стратиграфии и стратиграфические критерии поиска крупных месторождений // Материалы конференции молодых ученых геологов Москвы. М.: Недра, 1971. С. 18–35.
291. **Малкин А.Я.** Реология и технология полимеров (основные закономерности течения полимеров) М.: Знание, 1985. 32 с.
292. **Манк У., Макдональд Г.** Вращения Земли. М.: Мир, 1964. 384 с.
293. **Маргулис М.А.** Звукохимические реакции и сонолюминисценция. М.:Химия, 1986. 288 с.
294. **Маррел С.** Глобальная тектоника, механические свойства горных пород и механизм вулканических интрузий // Наука о Земле. Т. 48. Механизм интрузий магмы (пер. с англ. под ред. - В.П. Петрова). М.: Мир, 1972. 316 с. С. 198-213.
295. **Маслов Л.А.** К методике расчета напряженно-деформированного состояния коры и литосферы Земли по данным о ее внешнем гравитационном поле // Тихоокеанская геология. 1984. № 4. С. 75-80.
296. **Маслов Л.А.** Изучение геодинамики литосферы Азиатско-Тихоокеанской зоны сочленения путем сопоставления аномалий гравитационного поля и рельефа // Тихоокеанская геология. 1988. № 5. С. 112-...

297. **Маслов Л.А., Косыгин В.Ю., Комова О.С.** Изучение глубинных геодинамических процессов в Курило-Камчатской зоне перехода на основе ее плотностных моделей // Тихоокеанская геология. 1988. № 2. С. 3-10.
298. **Математические** методы анализа цикличности в геологии. М.: Наука, 1984. 136 с.
299. **Масуренков Ю.П., Комкова Л.А.** Геодинамика и рудообразование в купольно-кольцевой структуре вулканического пояса. М.: Наука, 1978. 274 с.
300. **Мартынов А.В., Бродянский В.М.** Что такое вихревая труба? М.: Энергия, 1975. 156 с.
301. **Машимов М.М.** Стиль, рождающий парадоксы // Геодезия и картография. 1994. С. 22-30.
302. **Мелекесцев И.В.** Вихревая вулканическая гипотеза и некоторые перспективы ее применения // Проблемы глубинного магматизма. М.: Наука, 1979. С 125-154.
303. **Мельхиор П.** Земные приливы. М.: Мир, 1968. 482 с.
304. **Мельхиор П.** Земные приливы и движение полюса // Верхняя мантия. М.: Мир, 1975. С. 149-157.
305. **Мельхиор П.** Земные приливы и движения полюса. Верхняя мантия. М.: Мир, 1975. С. 149-157.
306. **Меркулов А.** Самая удивительная на свете жидкость М.: Сов. Россия, 1978. С. 1-134.
307. **Методика** измерений земных приливов и медленных деформаций земной поверхности. М., 1970.
308. **Микишев А.Б., Фрик П.Г.** Моделирование локальной структуры двухмерной турбулентности с помощью иерархической модели // Гидродинамика и процессы тепломассопереноса. Свердловск: УРО АН СССР, 1989. С. 74-81.
309. **Милановский Е.Е.** Некоторые закономерности тектонического развития и вулканизма Земли в Фанерозое. (Проблемы пульсаций и расширения Земли) // Геотектоника. № 6. 1978. С. 3-16.
310. **Милановский Е.Е., Никитин А.М.** Характер мегациклов эволюции Земли, Марса и Луны // ДАН СССР. 1985. Т. 280. № 5. С. 1204-1209.
311. **Милановский Е. Е.** Мобилистическая концепция А. Вегенера и ее роль в развитии наук о Земле в XX в. // Отечественная геология. 2000. № 4. С. 4-14.
312. **Михайлов А.А.** О вековом движении земных полюсов // Астроном. журн. 1970. Т. 47. Вып. 6. С. 1296-1299.
313. **Мишин В.В.** Геолого-геофизическое строение юга Камчатки // Тихоокеанская геология, 1997, т. 16, № 4, С. 64-70.
314. **Модели в механике** сплошной среды. ( ред. Н.Н. Яненко), Новосибирск: ИТПМ, 1979.
315. **Моисеенко В.Г., Сахно В.Г.** Глубинные флюиды, вулканизм и рудообразование Тихоокеанского пояса М.: Наука, 1982. 123 с.
316. **Молоденский М.С.** Труды Геофизического ин-та АН СССР. 1953. № 19. 146.
317. **Молоденский М.С.** Упругие приливы, свободная нутация и некоторые вопросы строения Земли. Труды Ин-та геофизики АН СССР. 1953. 19(146).
318. **Молоденский М.С.** Влияние вязкости на фазу земных приливов // Изв. АН СССР, сер. Геофизика. 1963. № 10.
319. **Молоденский М.С.** Направление главных осей напряженного состояния при земных приливах. // Изв. АН СССР, серия Геофизика. 1963. № 10. С. 1483-1485.
320. **Молоденский С.М.** Влияние вязкости ядра на приливные изменения скорости вращения Земли // Вращения и приливные деформации Земли. Киев: Наукова Думка, 1982. № 14. С. 46-50.
321. **Молоденский С.М.** Приливы, нутация и внутреннее строение Земли // Комплексные исследования по физике Земли. М.: Наука, 1989. С. 88-97.

322. **Монахов Ф.И.** Сравнительная характеристика процесса подготовки сейсмических толчков на различных глубинах // ДАН СССР. 1981. Т. 261. № 2. С. 458–460.
323. **Монин А. С.** Вращение Земли и климат. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 112с.
324. **Монин А.С., Сороктин О.Г.** О тектонической перидиозации истории Земли. Докл. АН СССР. 1977. 234. № 2.
325. **Монин А.С.** История Земли. Л.: Наука, 1977. 187 с.
326. **Монин А.С.** Теоретические основы геофизической гидродинамики. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 424 с.
327. **Мороз Ю.Ф.** Электропроводность земной коры и верхней мантии Камчатки. М.: Наука, 1991. 182 с.
328. **Моффат Г.** Возбуждение магнитного поля в проводящей среде. М.: Мир, 1980. 113 с.
329. **Мухин К.Н., Патаракин О.О.** Экзотические процессы в ядерной физике // УФН. 2000. № 8. Т. 170. С. 855-897.
330. **Мучник В.М.** Физика грозы Л.: Гидрометеиздат, 1974. 143 с.
331. **Мясников Е.А.** Магматические и рудоконтролирующие морфоструктуры центрального типа (на примере Верхнего Приамурья). Владивосток: ДальНаука, 1999. 84 с.
332. **Мясников В.П., Фадеев В.Е.** Гидродинамические модели эволюции планет земной группы. М.: Наука, 1979. 231 с.
333. **Мясников В.П., Фадеев В.Е.** Модели эволюции Земли и планет земной группы. «Итоги науки и техн. ВИНТИ. Физики Земли». 1980. № 5. 232 с.
334. **Мясников В.П., Новиков В.Л., Савельев А.А.** Геологическая цикличность – отражение высоко надкритической конвекции в недрах Земли // ДАН СССР. 1986. Т. 288. № 5. С 1189-1191.
335. **Наблюдения искусственных небесных тел, № 15 (часть 1).** Астрономический Совет АН СССР. М., 1976. 112 с.
336. **Надаи А.** Пластичность и разрушение твердых тел. М.: Мир, 1969. Т.2. 863 с.
337. **Наймарк Б.М, Малевский А.В.** Приближенный метод решения задач о гравитационной и тепловой устойчивости и расчеты полей смещений и напряжений для моделей верхней мантии Земли // Численное моделирование и анализ геофизических процессов (Вычислительная сейсмология. Вып. № 20). М.: Наука, 1987. С. 33–51.
338. **Наливкин Д.В.** Ураганы, бури и смерчи (географические особенности и геологическая деятельность). Л.: ЛО Наука, 1969. 487 с.
339. **Нарсеев В.А.** Спонтанная полимеризация и ее роль в вулканическом процессе // Вулканизм и глубинное строение Земли (Труды Второго всесоюзного вулканологического совещания 3-17 сентября 1964). Т. III. М.: Наука, 1966. С. 98-102.
340. **Нелинейные свойства** твердых тел. (сб. статей) М.: Мир, 1972. 226 с.
341. **Непомнящий А.А., Симановский И.Б.** Возникновение колебательной конвекции в двухслойной системе, обусловленное наличием поверхностно-активного вещества на границе раздела // ДАН. 1989. Т. 306. № 2. С. 310-313.
342. **Нефедов В.И.** Холодный ядерный синтез // Вестник АН СССР. 1991. Т.1. С.49–60.
343. **Никитина Л.В.** Угол между осями вращения земного ядра и мантии // Геомагнетизм и аэрономия. 1990. Т. 30. № 5. С. 832-836.
344. **Никитина Л.В., Рузмайкин А.А.** Течение внутри Земли, создаваемое относительным вращением мантии и твердого ядра // Геомагнетизм и аэрономия. 1990. Т. 30. № 1. С. 127-131.
345. **Никишин А.М., Лейбов М.Б.** О корреляции эпох тектонической истории Земли с изменениями ее магнитного поля // ДАН СССР. 1987. Т. 297. № 1. С. 167-170.

346. **Николаев В.А.** К вопросам теории процессов эндогенного минералообразования // Вопросы геохимии и минералогии. М.: Из-во АН СССР, 1956. 176 с. С. 109-128.
347. **Николаевский В.Н.** Механика геоматериалов и землетрясения // Итоги науки и техники. Механика твердого деформированного тела. М.: ВНИИТИ, 1983. Т. 15. С. 149-215.
348. **Николаас Г., Пригожин И.** Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир, 1979. 354 с.
349. **Новгородова М.И., Рассказов А.В.** Зарождение высокобарических минеральных фаз углерода как результат теплового взрыва при сдвиговом течении графита // Докл. РАН. 1992. Т. 322. № 2. С. 379-381.
350. **Новиков И.И.** Экспериментальное определение скорости распространения длинных центробежных волн, отражающихся в поступательно-вращательном потоке жидкости // ДАН СССР. 1969. Т. 184. № 2. С. 313-314.
351. **Новиков И.И.** Прикладная магнитная гидродинамика. М.: Атомиздат, 1969.
352. **Норман М., Паринелло М.** Коллективные эффекты в твердых телах и жидкостях (пер. с англ. : В.Л. Бон-Бруевич, ред.). М.: Мир, 1986. 318 с.
353. **Обручев В.А.** Пульсационная гипотеза геотектоники // Изв. АН СССР, серия Геология. 1940. № 1. С. 3-17.
354. **Озима М.** Глобальная эволюция Земли. М.: Мир, 1990. 165 с.
355. **Океанология**, т. 2, Геодинамика. М.: Наука, 1979. 416 с. Ч. III. Основные источники тепловой энергии Земли. С. 62-87.
356. **Определение** постоянной тяготения и измерение некоторых тонких гравитационных эффектов. (под ред. Ю.Д.Буланже, М.У.Сагитова). М.: Наука, 1973. 68 с.
357. **Оровецкий Ю.П.** Мантийный диапиризм. (отв. ред. Чекунов А.В.) Киев: Наукова думка, 1990. 172 с.
358. **Островский Л.А., Степаненц Ю.А.** Нелинейные волны во вращающейся жидкости // Нелинейные волны. Физика и астрофизика. М.: Наука, 1993. С. 132-152.
359. **Открытия** советских ученых. М.: Из-во МГУ, 1988. Ч. I. Физико-технические науки. 477 с.
360. **Очерки** тектонического развития Камчатки. М.: Наука, 1987. С. 143-162
361. **Павленкова Н.И.** Сравнительная характеристика верхней мантии континентов и океанов // Геофизический журнал. 1988. Т. 10. № 4. С. 3-16.
362. **Павлов Н.Н.** Возможные перемещения материковых блоков в 1960 // Астрономический журнал. 1970. Т. 47.
363. **Панов В.К., Слезин Ю.Б., Сторчеус А.В.** Механические свойства лавы побочного прорыва Предсказанного (1983 г. Ключевской вулкан) // Вулканология и сейсмология. 1985. № 1. С. 21-28.
364. **Парийский Н.Н.** Неравномерность вращения Земли. М.: Из-во АН СССР, 1954. 90 с.
365. **Парийский Н.И.** Земные приливы и внутреннее строение Земли // Изв. АН СССР, сер. Геофизика. 1963. № 2. С. 193-215.
366. **Парийский Н.Н., Кузнецов М.В., Кузнецова Л.В.** О влиянии океанических приливов на вековые замедления вращения Земли // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1972. № 2. С. 3-12.
367. **Парийский Н.И.** Нерегулярные изменения силы тяжести и вращение Земли // Письма в АЖ. 1983. Т. 8. № 6. С. 378-380.
368. **Певнев А.К.** Некоторые задачи и перспективы изучения современных движений земной коры // Физика Земли. 1970. № 4. 108.
369. **Певнев А.К.** Современные движения земной коры. Итоги науки и техники. Геофизика. 1969. М., 1970.

370. **Педлоски Дж.** Геофизическая гидродинамика. М.: Мир, 1984. Т. 1. С. 1-400. С. 405-811.
371. **Пейве А.В.** Тектоника и магматизм // Изв. АН СССР, сер. геол. 1962. № 3. С. 5–24.
372. **Пеллинен Л.П.** Исследование гравитационных полей и формы Земли, других планет и Луны по наблюдениям космических аппаратов. Итоги науки. Исследование космического пространства. М., 1972. С. 180.
373. **Персиков Э.С., Эпельбаум М.Б.** Влияние давления на вязкость водосодержащих магматических расплавов // ДАН СССР. 1979. № 5. С. 1198-1200.
374. **Персиков Э.С.** Экспериментальное исследование вязкости базальтовых расплавов // Вулканология и Сейсмология. 1981. № 2. С. 70-77.
375. **Персиков Э.С.** Вязкость магматических расплавов. М.: Наука, 1984. 159 с.
376. **Перчик Л.Л.** Проблемы термодинамических условий минеральных равновесий в глубинных зонах земной коры и верхней мантии // Магматизм, формации кристаллических пород и глубины земли (Труды IV Всесоюзного петрографического совещания, часть I) М.: Наука, 1972. 233 с. С. 169-176.
377. **Перчук Л.Л.** Термодинамический режим глубинного петрогенеза. М.: Наука, 1973. С. 1–318.
378. **Петрова Г.Н.** Изменение магнитного момента Земли за последние 340 тыс. лет // Физика земли. 1996. № 10. С. 48-54.
379. **Петровская М.С., Лобкова Н.И.** Аппроксимация потенциала Земли в различных областях пространства. II результаты. Кинематика и физика небесных тел. 198. Т. 1. № 6.
380. **Петрология и геохимия островных дуг и окраинных морей.** М.: Наука, 1987. С. 56-85.
381. **Петрунин Г.И., Юрчак Р.П.** О фоновой теплопроводности в мантии Земли // ДАН СССР. 1975. Т. 220. № 4. С. 833-836.
382. **Петрушевский Б.А.** Вопросы геологической истории и тектоники Восточной Азии. М.: Наука, 1964.
383. **Пилипенко В.Н., Кирейко Г.В.** Влияние анизотропных свойств жидкости на пристенную турбулентность // ДАН СССР. 1984. Т. 278. № 1. С. 61-64.
384. **Пильник Г.П.** Астрономические наблюдения земных приливов // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1970. № 3. С. 3-14.
385. **Пильник Г.П.** Сравнение теорий вращения Земли с наблюдениями // Физика Земли. 1996. № 3. С. 21-25.
386. **Плеханов В.Г.** Изотоническая инженерия // УФН. 2000. Т. 179. № 11. С. 1245-1252.
387. **Поляк Б.Г.** К энергетической оценке вулканических явлений // Вулканизм и глубинное строение Земли. (Труды Всесоюзного вулканического совещания 3-17 сентября 1964). Т. III. М.: Наука, 1966. С. 61-67.
388. **Пономарев Г.П., Пузанков М.Ю.** Распределение железа и магния в системе расплав – шпипель-оливин по экспериментальным данным. Геологические приложения. Петропавловск-Камчатский: Из-во КГПУ, 2002. 80 с.
389. **Попандопуло Г.А.** Влияние земных приливов на скорости сейсмических волн // ДАН СССР. 1982. Т. 262. № 3. С. 580-586.
390. **Попков В.В., Шипицын Е.В.** Золотое сечение в цикле Карно // УФН. 2000. Т. 170. № 11. С. 1253-1255.
391. **Попов В.С.** К механике внедрения маломощных доек и силлов // Изв. АН СССР, сер. Геол. 1973. № 10. С. 48-57.
392. **Попова С.В., Бенделиани Н.А.** Высокие давления. М.: Наука, 1974. 168 с. (АН СССР, серия «Проблемы науки и технические процессы»).
393. **Поспелов Г. Л.** Об основных структурно – энергетических уровнях возможных состояний реальных макромасс Земли // Геол. и геоф. 1970. № 5. С. 23–36.

394. **Поспелов Г.Л.** Парадоксы, геолого-геофизическая сущность и механизм метасамозота. Новосибирск: СО Наука, 1973. 355 с.
395. **Потапов Ю.С., Фоминский П.П., Потапов С.Н.** Вихревая энергетика и холодный ядерный синтез с позиций теории движения. Кишинев-Черкаскы: Из-во ОКО-Плюс, 2000. 387 с.
396. **Прасолов Р.С.** Вулканизм, ЕЯР современности и изотопные аномалии // Геодинамика вулканизма и гидротермального процесса. Петропавловск-Камчатский, 1974. С. 51-53.
397. **Приливы и резонансы в солнечной системе.** М.: Мир, 1975. 287 с.
398. **Приставакина Е.И.** Определение степени частичного плавления астеносферы по сейсмическим данным // Океанология. 1984. Т. XXIV. Вып. 3. С. 477-483.
399. **Проблемы морфотектоники западно-Тихоокеанской переходной зоны.** Владивосток: ДальНаука, 2001. 188 с.
400. **Проблемы расширения и пульсации Земли.** (ред. Е.Е. Милановский), М.: Наука, 1984. 192 с.
401. **Пронин А.А.** Морфология и тектоническая природа глубоководных желобов в океанах и проблема «зон Беньоффа» // Бюлл. МОИП, отд. геол. 1979. Т. 54. Вып. 3. С. 81-91.
402. **Пушаровский Ю.М.** Основные черты строения Тихоокеанского подвижного тектонического пояса // Геотектоника. 1965. № 6. С. 19-34.
403. **Пушаровский Ю.М.** Введение в тектонику Тихоокеанского сегмента Земли. М.: Наука, 1972. 222 с.
404. **Пушаровский Ю.М.** Сейсмотомаграфия и структура мантии: тектонический ракурс // Докл. РАН. 1996. Т. 351. № 6. С. 806-809.
405. **Пушаровский Ю.М.** Линейность и нелинейность в геологии // Геотектоника. 1998. № 3. С. 42-49.
406. **Пушаровский Ю.М., Миланхолина Е.Н., Мосаковский А.А., Пушаровский Д.Ю., Руженцев С.В.** Глубинная тектоника Земли: строение, структурная асимметрия, геодинамика геосфер // ДАН. 199. Т. 366. № 1. С. 88-92.
407. **Пэк А.А.** Об интрузивной способности магматических расплавов при дайкообразовании // Изв. АН СССР, сер. Геология. 1968. № 7. С. 3-14.
408. **Рабинович М.И., Сущик М.М.** Когерентные структуры в турбулентных течениях // Нелинейные волны: Самоорганизация. М.: Наука, 1983. С. 56.
409. **Расс И.Т., Фрих-Хар Д.И.** О находке карбонатитов в верхнемеловых ультраосновных вулканитах Камчатки // ДАН АН СССР. 1987. Т.294. №1. С. 182-186
410. **Раст Н.** Зарождение, подъем и становление магм // Науки о Земле т. 48: Механизм интрузий магмы (ред. В.П. Петров). М.: Мир, 1972. С. 284-310.
411. **Рамберг Х.** Моделирование деформаций земной коры с применением центрифуги М.: Мир, 1970.
412. **Редкие события в геологии** // Природа. 1986. № 1. С. 53-66.
413. **Ржевский В.В., Рогожников В.И., Ямщиков В.С.** Влияние растягивающих напряжений на скорости распространения продольных и поперечных упругих волн в горных породах // ДАН СССР. 1996. Т. 184. № 2. С. 334-336.
414. **Рикитаки Т.** Электромагнетизм и внутреннее строение Земли. Л.: Недра, 1968. 331 с.
415. **Ронов А.Б., Ярошевский А.А.** Химическое строение земной коры // Геохимия. 1967. № 11. С. 1285-1309.
416. **Рочестер М.Ж.** Вихри и волны (сб. статей) М.: Мир, 1984. 335 с.
417. **Рудич Е.М.** Основные закономерности тектонического развития Приморья, Сахалина и Японии как зоны Перехода от континента к океану. М.: Из-во АН СССР, 1962.

418. **Рузмайкина Т.В.** О природе крупномасштабных аномалий гравитационного поля Земли // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1976. № 4. С.63-65.
419. **Румер Ю.Б., Рывкин М.С.** Термодинамика, статистическая геофизика и кинематика (2-е изд.). М.: Наука, 1972. 400 с.
420. **Рычагов С.Н.** Кольцевые структурно-вещественные парагенезисы вулканогенных рудных полей. Владивосток: Из-во ДВНЦ АН СССР, 1984. 148 с.
421. **Рычагов С.Н., Сандимирова Е.М., Степанов И.И.** Пирит как индикатор структуры современной высокотемпературной гидротермальной системы и проблема источника рудного вещества // Вулканологии и сейсмология. 1998. № 4-5. С. 43-53.
422. **Рябинин Ю.Н., Родионов В.Н.** Оценка энергии вулканических взрывов. // Вулканизм и глубинное строение Земли (труды Второго всесоюзного вулканологического совещания 3-17 сентября 1964). Т. III. 1966. С. 56-60.
423. **Рябой В.З.** Структура верхней мантии территории СССР по сейсмическим данным. М.: Недра, 1979. 246 с.
424. **Рябчиков И.Д.** Флюидный массоперенос и мантийное магмообразование // Вулканология и сейсмология. 1982. № 5. С. 3-9.
425. **Саваренский Е., Проскурникова Т.А., Царель-Спринусон В.С.** О связи между микросейсмическими колебаниями и положением циклонов над океанами // Метео. и гидрол. 1955. № 6. С. 13-18.
426. **Савич П.П., Трофимов В.И., Тимофеева И.Н.** К вопросу о скачкообразном изменении свойств под давлением.// Действие высоких давлений на материалы (Сб. трудов). Киев: Наукова Думка, 1986. С. 3–6.
427. **Самарский А.А., Змитренко Н.В., Курдюмов С.П., Михайлов А.П.** Эффект метастабильной локализации тепла в среде с нелинейной теплопроводностью // ДАН СССР. 1975. Т. 223. № 6. С. 1344-1347.
428. **Самарский А.А., Змитренко Н.В., Курдюмов С.П., Михайлов А.П.** Тепловые структуры и фундаментальная длина в среде с нелинейной теплопроводностью и объемными источниками тепла // ДАН СССР. 1976. Т. 227. № 2. С. 321-324.
429. **Самарский А.А., Еленин Г.Г., Змитриенко Н.В. и др.** Горение нелинейной среды в виде сложных структур // ДАН СССР. 1977. Т. 237. № 6. С. 1330-1333.
430. **Сафронов В.С.** Начальное состояние Земли и некоторые черты ее эволюции // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1972. № 7.
431. **Свенсон Х.** Физика высоких давлений. М.: ИЛ, 1963. 367 с.
432. **Светлин Р.А.** Термодинамика твердого состояния. М.: Из-во Металлургия, 1968. 245 с.
433. **Святловский А.Е.** Динамика, структура и энергетика современных вулканических поясов Земли // Вулканизм и тектогенез. М.: Наука, 1968. С. 229-230.
434. **Святловский А. Е.** Геотермический проект – вулканический очаг М.: Знание, 1973. 83 с.
435. **Святловский А.Е., Китайгородский Ю.И.** Геодинамическая вулканология. М.: Недра, 1988. 255 с.
436. **Селиверстов В.А., Колосков А.В., Лапутина И.П. и др.** Первые данные о составе минералов глубинных включений в меймечитах Камчатки // Докл. АН СССР. 1984. Т. 278. № 4. С. 949-953.
437. **Селиверстов В.А., Колосков А.В., Чубаров В.М.** Лампроитоподобные калиевые щелочно-ультраосновные породы Валагинского хребта, Восточная Камчатка. // Петрология. 1994. Т. 2. № 2. С.197-213.
438. **Селиверстов Н.И.** Строение дна прикамчатских акваторий и геодинамика зоны сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. М.: Научный Мир, 1998. 164 с.
439. **Семененко Н. П.** Геохимия сфер Земли Киев: Наукова Думка, 1983. 187 с.

440. **Сергеев К.Ф.** Тектоника Курильской островной системы. М.: Наука, 1976. 240 с.
441. **Сергин С.Я., Сергин В.Я.** Взаимодействие литосферы и климата как одна из возможных причин возникновения геологических циклов // Бюл. МОИП, отд. Геологии. 1987. Т. 62. Вып. 2. С. 3-17.
442. **Сеславинский К.Б.** Корреляция вулканических и тектонических событий мезокайнозоя с изменениями климата Земли // ДАН РФ. 1995. Т. 341. № 2. С. 236-238.
443. **Сидоренков Н.С.** Тензор инерции атмосферы, годовые изменения его компонент и вариации вращения земли // Изв. АН СССР, сер. Физика атмосферы и океана. 1973. Т. 9. Вып. 4. С. 339-350.
444. **Симановский И.Б.** Конвективная неустойчивость вертикально стратифицированных вращающихся жидких сред с переменной мощностью слоев // Конвективные течения. Пермь: Из-во ПГУ, 1983. С. 32-49.
445. **Симберев И.Б.** Кольцевые магматические комплексы Камчатки // Бюлл. Вулкан. Станц. 1978. № 54. С. 53-60.
446. **Синтез и свойства** ионно-обменных материалов. М.: Наука, 1968. 319 с.
447. **Слезин Ю.,Б.** Механизм вулканических извержений (стационарная модель) М.: Научный Мир, 1998. 127 с.
448. **Слензак О.И.** Вихревые системы литосферы и структуры докембрия. Киев: Наукова Думка, 1972. 182 с.
449. **Слензак О.И.** Локальные структуры зон напряжений докембрия Киев: Наукова Думка, 1985. 103 с.
450. **Смирнов А.В.** Движение резонансных ИСЗ, вызванные несовпадением начала системы отсчета с центром масс Земли // Изв. Вузов, сер. Геодезия и аэрофотосъемки. 1986. Т. 2. С. 77-80.
451. **Соболев В.С.** Введение в минералогию силикатов. Львов: Из-ние ЛГУ, 1949. 341 с.
452. **Соболев В.С.** Современные петрологические теории и гипотезы в области образования магматических пород // Записки ВМО. 1957. Ч. 86. Вып. 2. С. 301-310.
453. **Соболев В.С., Бакуменко И.Т., Добрецов Н.Л., Соболев Н.В., Хистов В.В.** Физико-химические условия глубинного петрогенезиса // Геология и геофизика. 1970. № 4. С. 24-35.
454. **Соболев В.С.** Строение верхней мантии и способы образования магм. М.: Наука, 1973. 34 с.
455. **Соболев В.С.** Петрология верхней мантии и происхождение алмазов. (Избранные труды). Новосибирск: СО Наука, 1989. 252 с.
456. **Соболев Н. В., Ефимова Э.С., Коптев В.И., и др.** Включения коэсита, граната, и амфацита в Якутских алмазах – первая находка парагенезиса коэсита // ДАН СССР. 1976. Т. 230. № 6. С. 1146-1149.
457. **Соболев В.С., Никогосян И.К.** Петрология магматизма долгоживущих мантийных структур: Гавайские острова (Тихий океан) // Петрология. 1994. Т. 2. С. 131-168.
458. **Соинов В.В., Веселов О.В.** Новые данные о тепловом потоке в Охотском море // Труды СахКНИИ ДВНЦ АН СССР. Вып. 37. Геофиз. сб. № 5. Южно-Сахалинск. 1975. С. 243-247.
459. **Сорокин Л.Е.** Устойчивость конвективного течения бинарной смеси при наличии термодиффузии и вертикального градиента концентрации // Конвективные течения. Пермь: Из-во ПГУ, 1983. С. 63-71.
460. **Сорохтин О.Г.** Глобальная эволюция Земли. М.: Наука, 1974. 184 с.
461. **Старшинова Е.А.** Скоростные неоднородности литосферы под океанами и континентами // ДАН СССР. 1984. Т. 274. № 5. С. 1077-1081 // Успехи физических наук. 2001. Т. 171. № 3. С. 299-305.
462. **Стахеев Ю.Н., Лаврухина А.К., Стахеева С.А.** Космическая распространенность ртути // Геохимия. 1975. № 9. С. 1390-1398.

463. **Стейси Ф.** Физика Земли. М.: Мир, 1972. 342 с.
464. **Степли Т.** Фазовые переходы и кристаллические явления. М.: Мир, 1974. 117 с.
465. **Стефанов Ю. М., Осипенко А.Б., Селиверстов В.А., Аносов Г.И.** Геодинамика зоны сочленения Алеутской и Курило – Камчатской островных дуг // Закономерности строения и эволюция геосфер (Материалы V-го Международного Междисциплинарного Симпозиума, 2–5 октября 2000 г, г. Владивосток). Владивосток: ДВГИ ДВО РАН, 2000. С. 140–142.
466. **Стишов С.М.** Квантовые эффекты в конденсированных телах при высоких давлениях.
467. **Стовас М.В.** Неравномерность вращения Земли как геотектонический фактор // Извест. Всесоюзн. географич. общ. 1959. № 4. С. 336-341.
468. **Стовас М.В.** Кратко о гравитационно–инерционных силах планеты // Изв. АН СССР, сер. геол. 1962. № 11. С. 101–102.
469. **Стовас М.В.** Некоторые вопросы тектогенеза. // Проблемы планетарной геологии. М.: Научно-техническое Из-во, 1963,. С. 255-258.
470. **Стрельцов М.И.** К вопросу о закономерностях расположения вулканов Курило-Камчатской дуги // ДАН СССР. 1974. Т. 216. № 6. С. 1372-1375.
471. **Сутырин Г.Г.** К теории уединенных антициклонов во вращающейся жидкости // ДАН СССР. 1985. Т. 280. № 5. С. 1101-1105.
472. **Сычев П.М.** Аномальные зоны в верхней мантии, механизм их образования и роль в развитии структур земной коры // Тихоокеанская геология. 1985. № 6. С. 25-35.
473. **Сычев П.М.** Глубинные и поверхностные тектонические процессы северо-запада Тихоокеанского подвижного пояса. М.: Наука, 1979. С. 1-208.
474. **Схема астеносферных зон Советского Союза** // ДАН СССР. 1977. Т.234. № 4. С. 790–793. (авторы: Алексеев А.С., Ваньян Л.Л., Бердичевский М.Н. и др.).
475. **С.Р. де Гроом** Термодинамика необратимых процессов. М.: ГИТТЛ, 1956. ... с.
476. **Тамразян Г.П.** О сейсмической активности северо-западного обрамления Тихого океана // Изв. АН СССР, серия Геофизика. 1958. № 5. С. 715-726.
477. **Тамразян Г.П.** Промежуточные и глубокофокусные землетрясения в связи с космическими условиями Земли // Изв. АН СССР, серия Геофизика. 1959. № 4. С. 598-603.
478. **Тараканов Р.З., Левый Н.В.** Полиастеносферная модель верхней мантии Земли по сейсмическим данным // ДАН СССР. 1967. Т. 173. № 3. С. 571-574.
479. **Тараканов Р.З., Ким Ч.У.** О дефиците скорости продольных волн в слабо сейсмичной части Курило-Камчатской фокальной зоны // ДАН СССР. 1969. Т. 186. № 2. С. 415-418.
480. **Тараканов Р.З.** Строение фокальной зоны Курило-Камчатской островной дуги // Земная кора островных дуг и дальневосточных морей. М.: Наука, 1971. С. 215-234.
481. **Тараканов Р.З., Ким Ч.У.** Мозаика скоростей в верхней мантии Курило-Японского региона // Вулканология и сейсмология. 1979. № 5. С. 90-100.
482. **Тараканов Р.З., Ким Ч.У.** Особенности строения верхней мантии Курило-Японского региона по сейсмическим данным // Глубинное строение литосферы Дальневосточного региона (по геофизическим данным). Владивосток. 1980. С. 27-42.
483. **Тараканов Р.З.** Скоростные особенности строения верхней мантии области перехода от Азиатского континента к Тихому океану. (Препринт) Южно-Сахалинск: Из-во ИМГиГ ДВО РАН, 1997. 53 с.
484. **Тараканов Ю.А., Черевко Т.П.** Интерпретация крупнейших гравитационных аномалий Земли // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1979. № 4. С. 25-42.
485. **Тархов А.П.** Глубинное строение основных планетарных структур по геофизическим данным. Воронеж: Из-во Воронежского университета, 1970. 56 с.

486. **Тектоника** северо-западной части Тихого океана (авторы: Гнибиденко Г.С., Аносов Г.И., Аргентов В.В. и др.). М.: Наука, 1983. 120 с.
487. **Тектоническая** расслоенность литосферы. М.: Наука, 1980. 216 с.
488. **Тектоносфера** Тихоокеанской окраины Азии (авторы: Гордиенко В.В., Андреев А.А., Биккенина С.К. и др.). Владивосток, 1992. 238 с.
489. **Теркотт Д., Шуберт Дж.** Геодинамика (геологические приложения физики сплошных сред) М.: Мир, 1985. Ч. I. 374 с. Ч. II. 485 с.
490. **Тепломассоперенос** при фазовых и химических превращениях (Сб. научн. трудов: АН БССР, Ин-т тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова) Минск: ИТМО, 1990. 152 с.
491. **Теплофизика** конденсированных сред: структура и свойства. Сб. научн. Трудов АН БССР. Минск: ИТМО, 1990. 120 с.
492. **Твердые тела** под высоким давлением (пер. с англ.). М.: Мир, 1966. 494 с.
493. **Тимофеев В.Ю., Сарычева Ю.К., Анисимова Л.В., Панин С.Ф., Хомутов С.Ю.** Динамический эффект жидкого ядра в земноприливных наблюдениях на сибирских станциях // Геология и геофизика. 1994. Т. 35. № 11. С. 108-117.
494. **Тихомиров В.В.** К вопросу о развитии земной коры и о значении в этом процессе явлений метасоматоза // Материалы XXI сессии МГК. Докл. сов. геол. 1960. С. 14–22.
495. **Токарев П.И.** Сейсмическая активность фокального слоя Камчатки и ее связь с вулканизмом // Сейсмичность и сейсмический прогноз, свойства верхней мантии и их связь с вулканизмом на Камчатке. Новосибирск: Наука, 1974. С. 166-176.
496. **Толкунова Т.М.** Современные движения земной коры, связанные с движениями нижней границы астеносферы // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1973. № 11. С. 13-26.
497. **Тондл А.** Нелинейные колебания механических систем. М.: Мир, 1973.
498. **Трапезников Ю.А.** Реферативный обзор и критика современных гипотез расширяющейся Земли // Бюлл. МОИП, отделение геол. 1963. Т. 38. № 5. С. 65-74.
499. **Трубицын В.П., Улинич Ф.Р.** Теория металлизации кристаллов с малыми атомными номерами при высоких давлениях // Твердые тела в условиях высоких давлений и температур земных недр. М.: Наука, 1964. С. 80–160.
500. **Тычков С.А.** Конвекция в мантии и движения платформенных областей. Новосибирск: Наука, 1984. 95 с.
501. **Туезов И.К.** Литосфера Азиатско-Тихоокеанской зоны Перехода. Новосибирск: Наука, 1975. 231 с.
502. **Тулиани Л.Н.** Сейсмичность и сейсмическая опасность: на основе термодинамических и реологических параметров тектоносферы. М.: Научный Мир, 1999. 216 с.
503. **Уодсуорт У.А.Б.** Внутривулканические интрузии Реюньона // Механизм интрузий магмы. М.: Мир, 1972. С. 120-134.
504. **Усов М.А.** Структурная геология. М-Л. Геолиздат, 1940. 335 с.
505. **Ушаков С.Н., Красс М.С.** Сила тяжести и вопросы механики недр земли. М.: Недра, 1972.
506. **Ушаков С.А.** Строение и развитие Земли (Итоги науки и техники. Физика Земли, т.1) М.: ВИНТИ, 1974. 268 с.
507. **Фадеев В.Е.** Динамические аспекты изостазии (схема и модели). М.: ГИН РАН, 1988. 207 с.
508. **Фарберов А.И.** Вулканизм и магматогенез в мантии Земли. (Библиографический указатель 1956-1970, отв. ред. Г.С. Горшков.), Петропавловск-Камчатский: Из-во СКМР МСС, 1972. 132 с.
509. **Фарберов А. И.** Магматические очаги вулканов Восточной Камчатки по сейсмологическим данным. Новосибирск: СО Наука, 1974. 88 с.

510. **Фарберов А.И., Левыкин А.И., Глико А.О., Вавакин В.В.** Упругие параметры двухкомпонентных сред в интервале размягчения аморфной фазы под давлением // Проблемы глубинного магматизма. М.: Наука, 1979. С.231–242.
511. **Федоров Б.Г.** Земная поверхность и проблемы планетарной геодинамики Л.: Из-во ЛГУ, 1989. 215 с.
512. **Федоров Е.П.** О влиянии колебаний уровня океана, вызванных движением полюсов Земли, на это движение // ДАН. 1947. 67. № 4. С. 647-1650.
513. **Федотов С.А.** Глубинное строение, свойства верхней мантии и вулканическая деятельность Курило-Камчатской островной дуги по сейсмическим данным на 1964 г. // Вулканизм и глубинное строение Земли. М.: Наука, 1966. С. 8-25.
514. **Федотов С.А.** О связи вулканов с Тихоокеанским фокальным слоем, механизме подъема мантии и возможном положении мантийных областей питания вулканов // Геодинамика магмообразования и вулканизм. Петропавловск-Камчатский: Из-во ИВ ДВНЦ АН СССР, 1974. С. 9-20.
515. **Федотов С.А.** О подъеме основных магм в земной коре и механизме трещинных базальтовых извержений // Изв. АН СССР, сер. Геол. 1976. № 10. С. 5-23.
516. **Федотов С.А.** О вязком нагреве магм и лав при течении, диаметрах астеносферных магматических колонн, скоростях подъема и дифференциации магм в них под вулканами островных дуг // Вулканология и сейсмология. 1979. № 1. С. 3–15.
517. **Федотов С.А.** Оценка выноса тепла и пирокластики вулканическими извержениями и фумаролами по высоте их струй и от.. // Вулканология и сейсмология. 1982. № 4. С. 3-28.
518. **Федотов С.А., Гусев А.А., Чернышева Г.В., Шумилина Л.С.** Сейсмофокальная зона Камчатки (геометрия размещения очагов землетрясений и связь с вулканизмом) // Вулканология и сейсмология. 1985. № 4. С. 91-107.
519. **Федотов С.А.** Исследования по вулканологии и сейсмологии, их развитие и значение на Камчатке, история отечественной науки (статьи и очерки 1973-2002 г.). Петропавловск-Камчатский: Из-во ИВ ДВО РАН, 2002. 169 с.
520. **Физика и техника** высоких давлений (Сб. научн. Трудов АЕ УССР, Донецкий Физ.-Технич. Ин-т) Киев: Наукова Думка, 1980. Вып. 30. 90 с.
521. **Физика космоса.** Маленькая энциклопедия. (отв. ред. Сюняев Р.А.). М.: Сов. Энцикл., 1986. 784 с.
522. **Финько В.Е.** Особенности охлаждения и сжижения газа в вихревом потоке // Журнал технич. физики. 1983. Т. 53. № 9. С. 1770-1776.
523. **Фирстов П.П., Широков В.А.** Локализация корней вулканов Ключевской группы по сейсмологическим данным // Вулканизм и глубины Земли. М.: Наука, 1971. С. 113-117.
524. **Флеров Г.Б., Колосков А.В.** Щелочной базальтовый магматизм центральной Камчатки. М.: Наука, 1976. 147 с.
525. **Фоминский Л.П.** Тайны мальтийского икса или к теории движения. Черкассы: Відлуння, 1998. 112 с.
526. **Фоминский Л.П.** Начала теории движения во времени. Популярное изложение. Черкассы: Стяч, 1995. 92 с.
527. **Френкель Я.И.** Кинематическая теория жидкостей. М.: Из-во АН СССР, 1945. 424 с.
528. **Фрик П.Г.** Моделирование каскадных процессов в двумерной турбулентной конвекции // Журнал ПМТФ. 1986. № 2. С. 71-79.
529. **Фрих-Хар Д. И.** Кристаллизация магматического стекла и некоторые вопросы петрогенезиса М.: Наука, 1977. 313 с.
530. **Фролих К.** Глубокие землетрясения // В мире Науки. № 3. 1989. С. 24-32.

531. **Хаин В.Е., Левин Л.Э., Гулиани Л.И.** Некоторые количественные параметры глобальной структуры Земли // Геотектоника. 1982. № 6. С. 25-37.
532. **Хаин В.Е., Ясаманов Н.А.** Крупнейшие тектонические события и галактическая орбита // Докл. РАН. 1993. Т. 331. № 5. С. 594–596.
533. **Хайд Р.** Гидродинамика земного ядра // Физика и химия Земли. М.: Мир, 1958. 313 с.
534. **Хеннет Н.** Химия твердого тела. М.: Мир, 1966. 217 с.
535. **Хизанашвили Г.Д.** Динамика земной оси вращения и уровней океанов. Тбилиси: Из-во «Цодиа», 1960. 142 с.
536. **Химия твердого** состояния (под ред. В.Гарнер). М.: ИЛ, 1961. 274 с.
537. **Хромов С.П.** К динамической климатологии торнадо // Метео и гидр. 1939. № 4. С.13-19.
538. **Хубуная С.А., Аносов Г.И.** Малоглубинный очаг под Ключевским вулканом (Камчатка) // Современный вулканизм Курило-Камчатской и Алеутско-Аляскинской островных дуг: Вопросы вулканопасности, цунамиопасности, магмообразование, землетрясения, геодинамика; сравнительный анализ (тезисы докл. Межд. Конфер. П-Камчатский, 1-9 июня, 1998). П-Камчатский, Из-во ИВГиГ ДВО РАН, 1998. С. 20-21.
539. **Царев В.А.** Низкотемпературный ядерный синтез // Успехи физических наук. 1990. Т. 160. № 11. С. 1-53.
540. **Цветков А.А., Волынец О.Н., Дж. Бейли.** Шошониты Курило-Камчатской островной дуги // Петрология. 1993. Т.1. № 2. С.123-151.
541. **Цуканов Н.В., Федорчук А.В.** Офиолитовые комплексы Восточной Камчатки и палеогеодинамические аспекты их формирования. В сб. «Петрология и металлогения базит-гипербазитовых комплексов Камчатки. Петропавловск-Камчатский, 2000. С. 20-21.
542. **Чебаненко И.И.** Теоретические аспекты тектонической делимости земной коры. Киев: Наукова думка, 1977. 83 с.
543. **Чебаненко И.И., Федорин Я.В.** Об одном новом типе ротационно-тектонических линий в литосфере Земли. Докл. АН СССР. 1983. Т. 270. № 2. С. 406-409.
544. **Чебаненко И.И., Федорин Я.В.** Об изменении полярного сжатия Земли и его временной связи с геотектоническими циклами в фанерозое. ДАН СССР. 1984. Т. 274. № 4. С. 907-909
545. **Чердынцев В.В., Суярова О.В.** Некоторые данные о влиянии геологических условий на формирование нейтронного потока Земли // Изв. АН СССР, сер. Геология. 1959. № 2. С. 115-118.
546. **Чердынцев В.В.** Ядерная вулканология. М.: Наука, 1973. 213 с.
547. **Чечев В. П. , Крамаровский Я.М.** Радиоактивность и эволюция Вселенной М.: Наука, 1978. 137 с.
548. **Чехмир А.С., Симакин А.Г., Эпельбаум М.Б.** Динамические явления во флюидо-магматических системах. М.: Наука, 1991. 141 с.
549. **Чудинов Ю.В.** Расширение Земли как альтернатива «новой глобальной тектоники» // Геотектоника. 1976. № 4. С. 16-36.
550. **Чухров Ф.В.** Коллоиды в земной коре. М.: Из-во АН СССР, 1955. 671 с.
551. **Чуянов В. А.** Холодный ядерный синтез // Природа. 1989. № 5. С.63 и С.85.
552. **Шанцер А.Е., Шапиро М.Н.** Эволюция вулканических зон Камчатки в связи с тектоническим развитием активной континентальной окраины. // Вулканология и сейсмология. 1984. № 2. С. 26-40.
553. **Шарапов В.Н., Голубов В.С.** Динамика взаимодействия магм с породами. Новосибирск: СО Наука, 1976. 237 с.
554. **Шатский Н.С.** Гипотеза Вегенера и геосинклинали // Из-во АН СССР, серия геология. 1946. № 4. С. 7-22.

555. **Шевченко Ю.Н., Терехов Р.Г.** Физические уравнения тепловязкопластичности. Киев: Наукова Думка, 1982. 238 с.
556. **Шейдеггер А.Е.** Основы геодинамики М.: Недра, 1987. 384 с.
557. **Шеймович В.С.** Вулканически каналы // Геология и геофизика. 1975. № 9. С. 29-36.
558. **Шеймович В.С., Патока М.Г.** Питающие системы вулканов // Вулканология и сейсмология. 1980. № 6. С. 21-32.
559. **Шейнман Ю.М.** Об условиях образования магм // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1970. № 5. С. 31-60.
560. **Шейнман Ю.М.** Энергетика возникновения основных магм // Магматизм, формации кристаллических пород и глубины Земли. М.: Наука, 1972. 150 с. С. 177-184.
561. **Широков В.А.** Влияние космических факторов на геодинамическую обстановку и ее долгосрочный прогноз для северо-западного участка Тихоокеанской тектонической зоны // Вулканизм и геодинамика. М.: Наука, 1977. 262 с. С. 103-115.
562. **Шило Н.А.** О механизме образования Солнечной системы // Тихоокеанская геология. 1982. № 6. С. 20-27.
563. **Шило Н.А., Туезов И.К.** Тектоника и геологическая природа Азиатско-Тихоокеанской зоны перехода // Тихоокеанская геология. 1985. № 3. С. 3-15.
564. **Швандюк И.С.** Особенности скоростного строения Курило-Камчатского региона // Сейсмическое районирование Курильских островов, Приамурья и Приморья. Владивосток: Из-во ДВНЦ АН СССР, 1977. С. 17-26.
565. **Шкодзинский В.С.** Эволюция агрегатного состояния и генезис андезитовой магмы // Вулканология и сейсмология. 1981. № 5. С. 38-51.
566. **Штакельберг Д.И., Спив М.М.** Самоорганизация в дисперсных системах. Рига: Зинатне, 1990. 175 с.
567. **Шуколюков Ю.А., Дань Ву Минь** Самопроизвольная цепная реакция деления – характерная особенность древних урановых месторождений // Геохимия. 1977. № 4. С. 438-494.
568. **Шулейкин В.В.** Физика моря. М.: Из-во АН СССР, 1953. 517 с.
569. **Шульц С.С.** Планетарная трещиноватость (основные положения) // В кн.: Планетарная трещиноватость. Л.: Из-во ЛГУ, 1973. С. 5-37.
570. **Щеглов А.Д., Говоров И.Н.** Нелинейная металлогения и глубины Земли. М.: Наука, 1985. 323 с.
571. **Щеглов В.П.** Астрономия и дрейф континентов // Современные движения Земной коры. № 5. Тарту. 1973. С. 662-671.
572. **Щербаков Ю.Г.** К расчету состава глубинных зон Земли // ДАН СССР. 1968. Т. 184. № 6. С. 1424-1426.
573. **Эйтель В.** Физическая химия силикатов (пер. с англ., ред. Курцева Н.Н., Майер А.А., Федотов К.М.) М.: ИЛ, 1962. 1055 с.
574. **Эклунд З.** ОКЛО – ядерный реактор, запущенный за 18 млн. веков до нашей эры // Природа. 1975. 3 11. С.72–73.
575. **Элдер Д.** Количественное лабораторное изучение динамических моделей магматических интрузий // Науки о Земле. Т. 48: Механизм интрузий магмы (пер. с англ., ред. В.П. Петров) М.: Мир, 1972. 316 с. С. 213-226.
576. **Электрические** и механические свойства горных пород при высоких давлениях (авторы: Воларович В.П., Бондаренко А.Т., Пархоменко Э. И. и др., ред-В.П. Воларович). М.: Мир, 1966. 273 с.
577. **Эрлих Э.Н.** Об эволюции четвертичного вулканизма в зоне среднего хребта Камчатки // Изв. АН СССР, серия Геология. 1960. № 2.
578. **Эрлих Э.Н.** Современная структура и четвертичный вулканизм западной части Тихоокеанского кольца. Новосибирск: СО Наука, 1973. 112 с.

579. **Ялыничев Е.В., Мирзеханов Г.С.** Магматизм кольцевых структур юго-восточной части Сибирской платформы (на примере Учуро-Майского междуречья) // Тихоокеанская геология. 1983. № 3. С. 84-88.
580. **Яншин А. Л.** (1984): Предисловие к книге: Ж.С. Ержанов, А.А. Колыбаев «Общая теория вращения Земли». 1984. 253 с.
581. **Яншин А.Л. Ю. Мельхиор П., Де Бекер М., Дюкарм В., Кейлис-Борок В.И., Садовский А.М.** Глобальное распределение приливных аномалий и опыт его геотектонической интерпретации // Численное моделирование и анализ геофизических процессов. Выч. Сейсмология. Вып. 20. 1987. С. 3-11.
582. **Яншин А.Л.** Эволюция геологических процессов в истории Земли. Л.: Наука, 1988. 38 с.
583. **Ярославский М.А.** Реологический взрыв. М.: Наука, 1982. С. ..
584. **Ярославский М. А.** Эмиссия нейтронов при пластической деформации под давлением содержащих дейтерий твердых тел // ДАН СССР. 1989. Т. 307. № 2. С. 369-370.
585. **Ясаманов Н. А.** Опыт построения шкалы геологического времени (на основе цикличности геологических событий и астрономических данных) // ДАН (РАН). 1993. Т. 328. № 4. С. 487-489.
586. **Ясаманов Н. А.** Галактический год и периодичность геологических событий // ДАН (РАН). 1993. Т.328. № 3. С. 373-375.
587. **Яцкив Я.С.** Итоги науки и техники // Астрономия. 1976. Т. 12. Ч. 1. С. 102-119.
588. **Яцкив Я.С., Миронов Н.Т., Корсунь А.А., Тарадий В.К.** Движение полюсов и неравномерность вращения Земли. Часть I (Итоги науки и техники). Т. 12. Астрономия (отв. ред. Е.П. Федоров). М.: ВИНТИ, 1976. С. 5-102.
589. **Anderson, D.L., and Bass J.D.** Mineralogy and composition of the upper mantle // Geophys. Res. Lett.. 1984. V.11. P. 637-640.
590. **Anderson, D.L. and Dziewonski, A.M.** Seismic tomography // Sei. Am. 1984. V. 251. P. 60-68.
591. **Anosov, G.I., Suk, Bong-Chool, Soynov, V.V.** Some geodynamic aspects related to evolution of the Ulleung Basin (the East Sea of Korea) resulting from integrated geophysical data // Proceeding of 3-rd International Conference on Asian Marine Geology-Evolution and Geodynamic of Asian Seas, October, 17-21, 1995. Cheju, Korea. Seoul: Cultural LTD. 1996. P. 247-274.
592. **Artyushkov, E.V.** On the origin of the seismic anisotropy of the lithosphere // Geophys. J.R. Astron. Soc. 1984. V. 76. P. 173-178.
593. **Asada, T., and Shimamura, N.** Observation of earthquakes and explosions at the bottom of the western Pacific: structure of oceanic lithosphere revealed by LONGSHOT experiment // The Geophysics of the Pacific Ocean basin and its margin (G.P. Woollard, G.H. Sutton, M.H. Marghai and R. Moderli – ed.es. (Am. Geophys. Union Monogr.). 1976. V. 19. P. 135-153.
594. **Ardes, M., Busse, F.U., and Wicht J.** Thermal convection in rotation spherical Shells // Phys. Earth and Planet. Inter. 1997. V. 99. P. 55-67.
595. **Backus G.E. and J.L. Le Mouël** The region on the core-mantle boundary where a geostrophic velocity field can be determined from frozen-flux magnetic data // Geophys. J.R. Soc., 85. 1986. P. 617-628.
596. **Bass, J.D., and Anderson, D.L.** Composition of the upper mantle: Geophysical test of two petrological models // Geophys. Res. Lett. 1984. V. 11. P. 229-232.
597. **Baumgardner J.R.** 3-D numerical investigation of mantle convection (abstract) // Eos. Trans. AGU. 1984. V. 65. P. 236.
598. **Birch, F.** The alpha-gamma transformation of iron at high pressures, and the problem of the Earth's magnetism // Am. J. Sei. 1940. V. 238. P. 192-211.

599. **Bonafede, M., Dragoni, V. and Morelli** On existence of a periodic dislocation cycle in horizontally layered viscoelastic models // *J. Geophys. Res.* 1986. V. 91. P. 9396-9404.
600. **Bondi, H., and Lyttleton, R.A.** On the dynamical theory of the rotation of the Earth // *Proc. Cambridge Phil. Soc.* 1948 V. 44. P. 345-359
601. **Bostrom , R.C.** Westward displacement of the lithosphere // *Nature.* 1971. V.234. P. 536–538.
602. **Bostrom R.C.** Motion of the Pacific plate and formation of marginal basins: Asymmetric flow induction // *J. Phys. Earth.* 1978. 26. Supp. P. 103-122.
603. **Bostrom, R.C.** Pacific plate motion: vorticity induction under convection and  $M_2$  passage // *Inter. Geodyn. Confer. Western Pacific and magma Genery (invited papers) Tokyo.* 1978. P. 16-17.
604. **Bostrom, R.C.** Lithosphere creep // *J. Phys. Earth.* 1981. V. 29. P. 145-161
605. **Bott, M.H.P.** The interior of the Earth, Press: Edward Arnold, London. 1971. 187 p.
606. **Burbach, G.V. and Frohlich C.** Intermediate and deep Seismicity and lateral structure of subducted Lithosphere in the Circum-Pacific region // *Reviews of Geophysics.* 1986. V. 24. № 4. P. 833-874.
607. **Burša, M.** Directions of the Earth's ellipsoid of inertia derived from satellite orbit dynamics // *Studia Geophys. EtGeod.* 1983. V. 27. № 2. P. 111-113.
608. **Busse, F.N.** On the free oscillation of the Earth's in near core // *J. Geophys. Res.* 1974. V. 79. № 5. P. 753-757.
609. **Busse F.N.** A model of the geodynamo. *Geophys. J.* 42. 1975. P. 437-459
610. **Cadek, O., Ricard, Y.** Toroidal-poloidal energy partitioning and global lithospheric rotation during Cenozoic time // *Earth Planet Sci. Lett.* 1992. V. 109. P. 621-632.
611. **Caldwell, J.G., and Turcotte, D.L.** Dependence of the thickness of the elastic oceanic lithosphere on age // *J. Geophys. Res.* 1979. V. 84. P. 7572-7576.
612. **Cameron, A.G.W.** Abundances of the elements in the Solar system // *Space Sci. Rev.* 1973. V. 15. № 1. P. 121.
613. **Canuto, V. M.** The Earth's radius and the G - variation // *Nature.* 1981. V. 290. № 5809. P.739-744.
614. **Carder, D.S., Tocher, D., Bufe, C., Stewart, S.W., Eister, J. and Berg, E.** Seismic wave arrivals from Longshot,  $0^\circ$  to  $27^\circ$  // *Bull. Seism. Soc. Amer.* 1967. V. 57. P. 573.
615. **Carey, S. Worren** The expanding earth: an essay review. // *Earth. Sci. Rev.* 11. 1975. P. 5-143.
616. **Carlo, D.** The global tectonic Pattern // *J. Geodynamics.* 1990. V. 12. P. 21-38.
617. **Carr, M.J., Stoiber, R.T., Drake, Ch.L.** Discontinuities in the deep seismic zones under Japanese Arcs // *Geol. Soc. Amer. Bull.* 1973. V. 84. № 9. P. 2917-2930.
618. **Chan, T., Nyland, E., and Gough, D.I.** Partial melting and conductivity anomalies in the upper mantle // *Nature Phys. Seism.* 244. 1973. P. 89-91.
619. **Chapman, M.E., and Solomon S.C.** North American-Eurasian Plate boundary in north-Earth Asia // *J.G.R.* V. 81. P. 921-930.
620. **Christova ,C. , and T. Tsapanos** Depth distribution of stresses in Hokkaido Wadati – Benioff zone as deduced by inversion of earthquake focal mechanisms // *J. Geodynamics.* 2000. V.30. P. 557–573.
621. **Christova, C.** Depth distribution of stresses in the Kamchatka Wadati - Benioff interred by inversion of earthquake focal mechanisms // *J. Geodynamics.* 2001. V. 31. P. 355-372.
622. **Churikova T.G., Wörner G., Kronz A., Plechov P., Mironov N. S,** Cl and F in mafic Kamchtkka rocks: hited and unhited olivine melt inclusions study. 3rd International Biennial Workshop on Subduction Processes, Fairbanks, Alaska. June, 9-15, 2002.
623. **Cleary, J.R.** The D'' region // *Phys. Earth Planet Inter.* 1974. V. 9. P. 13-27.
624. **Clearly, J.** Azimuthal variation of the LONGSHOT Source term // *Earth Planetary Sci. Lett.* 1967. V.3. P. 27.

625. **Clearly, J. and Hales, A.L.** An analysis of the travel times P-wave to North American stations, in the distance range 32°-100° // *Bull. Seism. Soc. Amer.* 1966. V. 56. P. 462.
626. 1507-1510.
627. **Crawford, W.** The Pangalan paradox: where is it? *J. Petl. Geolog.*, 5(2), 1982. P. 149-160.
628. **Crossley, D.** Oscillatory flow in the liquid core // *Phys. Earth. And Planet Interior.* V. 36. № 1. 1984. P. 1-16.
629. **Cyatelain, J.L., Molnar, P., Prevot, R. and Isacks, B.** Detachment of part of the downgoing slab and uplift of the New Hebrides (Vanuatu) Islands // *Geophys. Res. Lett.* 19. 1992. P.
630. **Dahlen, F.A.** The passive influence of the Oceans upon the Rotation of the Earth // *Geophys. J.R., Astr. Soc.* 1976. V. 46. № 2. P. 363-406.
631. **Davies, G., Julian, B.R.** A study of short-period P-wave signals from LONGSHOT // *Geophys. J. Roy. Astron. Soc.* 1972. V. 29. P. 185-202.
632. **Davies, G.F.** Viscous mantle flow under moving lithospheric plates and subduction zones // *Geophys. J.R. Soc.* 1977 V. 49. P. 557-563.
633. **Davies G.F.** Whole mantle convection and plate tectonics // *J.R.Astr. Soc.* 49. 1977. P. 459-481.
634. **Decker, R.W.** Volcanoes and geophysical lineaments // *Trans. Amer. Geoph. Un.* 1963. V. 44. № 1. P. 673-685.
635. **Dogliani, C.** The global tectonic pattern // *J. Dynamics.* 1990. V. 12. P. 21-38.
636. **Duncan, R.F., and Richards, M.A.** Hotspots, mantle plumes, flood basalt, and true polar wander. // *Reviews of Geophysics.* 1991. V. 29. P. 31-50.
637. **Dziewonski, A.M., Hager, B.H. and O'Connell, R.J.** Large Scale Heterogeneities in the lower mantle // *J. Geophys. Res.* V. 82. № 2. 1977. P. 239-255.
638. **Dziewonski, A.M., Chou, T.A. and Wood-House, J.H.** Determination of earthquake source parameters from waveform data for studies of global and regional seismicity // *J. Geoph. Res.* 1981. V. 86. P. 2825-2852.
639. **Dziewonski, A.M., Anderson D.L.** Preliminary reference Earth model // *Phys. Earth and Planet Inter.* 1981. V. 25. № 4. P. 297-356.
640. **Dziewonski, A.M.** Mapping the lower mantle: Determination of lateral heterogeneity in P- velocity up to degree and order 6 // *J. Geophys. Res.* V. 89. 1984. № 137. P. 5929-5952.
641. **Dziewonski, A.M., Anderson D.L.** Seismic tomography of the Earth's interior // *Am. J. Sei.* V. 72. 1984 P. 483-494.
642. **Dziewonski A.M., Woodhouse J.H.** Global images of the Earth's interior // *Science.* 1987. V. 236. № 4797. P. 37-48.
643. **Elsasser, W.M.** Convection and stress propagation in the upper mantle, in: *The Applications of Modern Physics to the Earth and Planetary Interiors.* (S.K. Runcorn, ed.), Interscience. New York. 1969. P. 223.
644. **Elsasser, W.M., Olson, P., Marsh B.D.** The depth of mantle convection // *J. Geophys. Res.* 1979. V. 84. № 1. P. 147-155.
645. **Estey, L.H., and Douglas, B.J.** Upper mantle anisotropy: a preliminary model // *J. Geophys. Res.* 1986. V. 91. № B11. P. 11393-11406.
646. **Eaton, J.P., and Murata, K.L.** How volcanoes grow? // *Science.* 1960. V. 132. № 3432. P. 925-938.
647. **Egyed, L.** Paleomagnetism, and the ancient radii of the Earth. // *Nature.* 1961. V. 190. № 4781. P. 1097-1098.
648. **Forte, F.M., Dziewonski, A.M., and O'Connell, R.J.** Continent-ocean chemical heterogeneity in the mantle based on seismic tomography // *Science.* 1995. V. 268. P. 386-388.

649. **Franck, S., and H. Stiller** The Grüneisen parameter and equation of state at a pressure-induced phase transition // *Phys. Earth. Planet. Inter.* 1980. V.2. P. 189–193.
650. **Frolich, C.** The nature of deep-focus earthquakes // *Ann. Rev. Earth. Planet. Sci.* 1989. V. 17. P. 227-254.
651. **Fukuo, Y., Obayashi, M., Ihone, H. and Nenbai, M.** Subducting slabs stagnate in the mantle transition zone // *J. Geophys. Res.* 1992. V. 97. P. 4809-4822.
652. **Geist, E.L. and Scholl D.W.** Large-scale deformation related to the collision of the Aleutian Arc with Kamchatka // *Tectonics.* 1994. V. 13. № 2. P. 538-560.
653. **Gerhart, J., Forsyth, D.** An improved method for determining the regional stress tensor using earthquake focal mechanism data: application to the San Fernando earthquake sequence // *J. Geophys. Res.* 1984. V. 89. P. 9305-9320.
654. **Giardini A.A., Melton C.E. and Mitchell R.S.** The nature of the upper 400 km of the Earth and its potential as the source for non – biogenic petroleum // *Journ. Petrol. Geol.* 1982. № 5. P. 173-190.
655. **Granet, M., Stoll, G., Dorel, J, Achauer, U., Poupinet, G. and Fuchs, K.** Massif Central (France): new constraints on the geodynamical evolution from teleseismic tomography // *Geophys. J. Inter.* 1995. V. 121. P. 33-48.
656. **Granet, M., Wilson, M. and Achauer, U.** Imaging a mantle plume beneath the French Massif Central // *Earth and Planetary Science Letters.* 1995. V. 136. P. 281-296.
657. **Griggs, D, Handin, J.** Observations on future and a hypothesis of earthquakes // *Rock deformation (a symposium). Mem. Geol. Soc. Amer.* 1960. V. 79. P. 347–364.
658. **Gubbing D.** Energetics of the Earth's core. // *J. Geophys.* V. 43. 1977. P. 453-464.
659. **Gubbing D. and Bloxhom J.** Geomagnetic field analysis-III. Magnetic fields on the core-mantle boundary // *Geophys., J.R. Astron. Soc.* 1985. V. 80. P. 695-1985.
660. **Hager B.H., and O'Connell R.J.** Subduction zone dips and flow driven by the plates // *Tectonophysics.* 1978. V. 50. P. 111-134.
661. **Hager B.H., and O'Connell R.J.** A simple global model of plate dynamics and mantle convection // *J. Geophys. Res.* 1981. V. 86. P. 4843-4867.
662. **Hager, B.H., O'Connell R.J. and Raefsky, A.** Subduction, back-arc spreading and global mantle flow // *Tectonophysics.* 1983. V. 99. P. 165-189.
663. **Hager, B.H.** Subducted slabs and geoid: Constraints on mantle rheology and flow // *J. Geophys. Res.* 1984. V. 89. № 137. P. 6003-6015.
664. **Hager, B.H., Clayton, R.W., Richards, M.A., Camer, R.P. and Dziewonski, A.M.** Lower mantle heterogeneity, dynamic topography and the geoid // *Nature.* 1985. V. 313. P. 541-545.
665. **Hallam, A.** Re-evaluation of the paleogeographic argument for an expanding Earth // *Nature.* 1971. V. 232. № 5307. P. 180-182.
666. **Handbook** of physical constants (Clark S.P. - ed) // *Geol.Soc. Amer. Mem.* 1967. V. 97. 712 p.
667. **Hayakawa,M., and Iizuka, S.** A mechanism to explain the earthquakes around Japan by the process of partial melting // *J. Phys. Earth.,* 26 (Suppl). 1978. P. 577-578.
668. **Hardee H.C. and Dunn J.C.** Convective heat transfer in magmas near the Lioda // *J. of volcanol and Geotherm, Res.* 1981. V. 10. P. 209.
669. **Hedenquist, G.W., Brown, P.R.L., and Allis, R.G.** Epithermal Gold Mineralization Wairakei, New Zealand. 1988. 376 p.
670. **Hodson, J.H.** Nature of faulting in large earthquakes // *Bull. Geol. Soc. Amer.* 1957. V. 68. P. 611.
671. **Hodson, J.H. and Stevens, A.E.** Seismicity and earthquake mechanisms // *Rev. Geophys.* 1964. V. 2. P. 27.
672. **Isaak, D.G.** High-temperature elasticity of iron-bearing olivines // *J. Geophys. Res.* 1992. V. 97. P. 1871-1885.

673. **Isacks, B., Oliver, J., and Sykes, L.R.** Seismology and new global tectonics // *J. Geophys. Res.* 1968. V. 73. № 18. P. 5855-5899.
674. **Jackson B.V., and Scichter L.B.** The residual daily earth tides at the South pole // *J. Geophys. Res.* 1974. V.79. № 11. P. 1711-1715.
675. **Jacobsen S.B.** Lateral heterogeneity and mantle dynamics // *Nature.* 1975. V. 257. P. 745-750.
676. **Jacobsen S.B., and Wasserburg, G.j.** Transport models for crust and mantle evolution // *Tectonophysics.* 1981. V. 75. № 1-2. P. 163-179.
677. **Jawis, G.T. and Peltier, W.R.** Lateral heterogeneity in the convecting mantle // *J. Geophys. Res.* 1986. V. 91. P. 435-451.
678. **Jeffreys, B.** Tidal friction in historical time and remote past // *Geophys. J.R. Astr. Soc.* 1983. V. 73. № 3. P. 765-768.
679. **Jiao, W., Silver, P.G., Fei, Y., and Prewitt, C.T.** Do intermediate–and deep-focus earthquakes occur on preexisting weak zones? An examination of the Tonga Subduction zone // *J. Geophys. Res.* 2000. V. 10-5. № B12. P. 28125-28138.
680. **Jordan T.H., Lynn W.S.** A velocity anomaly in the lower mantle // *J. Geophys. Res.* 1974. V. 79. P. 2679-2685.
681. **Jordan T.H. and Lynn W.S.** A velocity anomaly in the mantle // *J. Geophys. Res.* 1974. V. 79. № 17. P. 2679-2685.
682. **Kamenetsky V.S., Sobolev A.V., Joron J.-L. and Semet M.P.** Petrology and Geochemistry of Cretaceous ultramafic volcanics from Eastern Kamchatka // *J. Petrology.* 1995. V. 36. № 3. P. 637-662.
683. **Kane M.F.** Rotational inertia of continents: A proposed Link between polar wandering and plate tectonics // *Science.* 1972. V. 175. P. 1355-1357.
684. **Kanasewich, E.R., and Gutowski P.R.** Detailed seismic analysis of a lateral mantle inhomogeneity // *Earth and Planet. Sei. Lett.* 1975. V. 25. P. 379-384.
685. **Kane M.F.** Rotational inertia of continents: a proposed link between polar wandering and plate tectonics // *Science.* 1972. V. 175. 4028. P. 1355-1357.
686. **Kao, H. and Wang-Ping Chen** The double seismic zone in Kuril-Kamchatka: The tale of two overlapping single zones // *J. G. R.* 1994. V. 99. № B4. P. 6913-6930.
687. **Keith M.L.** Geodynamics and mantle flow: an alternative Earth's model // *Earth-Science Rev.* 1993. V. 33. № 3-4.
688. **Kepezhinskas P, McDermott F, Defant M. J., Hochstaedter A., Drummond M.S., Hawkesworth C.J., Koloskov A., Maury R.C. and Bellon H.** Trace element and Sr-Nd-Pb isotopic constraints on a three-component model of Kamchatka Arc petrogenesis // *Geochim. Cosmochim. Acta.* 1997. V.61. № 3. P. 577-600.
689. **Kirby, S.H.** Rheology of the lithosphere // *Rev. Geophysics.* 1983. V. 20. P. 2471-2474.
690. **Kincaid, C. and Olson, P.** An experimental study of subduction and slab migration // *J. Geophys. Res.* 1987. V. 92. P. 13832-13840.
691. **King, S.D., and Anderson, D.L.** An alternative mechanism of flood basalt formation // *Earth. Plan. Sci. Lett.* 1995. V. 136. P. 269-279.
692. **Knittle, E. and Jeanloz, R.** Earth's core-mantle boundary: result of experiments at high pressures and temperatures // *Science.* 1991. V. 251. P. 1438-1443.
693. **Knoppoff, L., and F.Hilbert** Diffraction of elastic waves by the core of the Earth // *Bull. Seis., Soc., Amer.* 1961. V. 51.
694. **Knoppoff, L. and Leeds, A.** Lithospheric momenta and deceleration of the Earth // *Nature.* 1972. V. 237. № 5350. P. 93-95.
695. **Knoppoff, L., Rydelek, P.A., Zürn, W. and Agnew, D.C.** Observations of load tides at the South Pole // *Physics. Earth. Plan. Interior.* 1989. V. 54. № 1-2. P. 33-37.
696. **Kubata, S., and Berg, S.** Evidence from magma in the Katmai volcanic range // *Bull. Volcan.* 1967. V. 31. P. 175.

697. **Kusznir, N.J., and Park, L.R.G.** Intraplate lithosphere strength and heat flow // *Nature*. 1982. V. 299. № 7. P. 2234–2237.
698. **Kusznir, N. J.** Lithosphere response to externally and internally derived stresses: a viscoelastic stress guide with application // *Geophys. J.R. astron. Soc.* 1982. V. 70. P. 399-414.
699. **Labrecque J.L., Cande S.C. and Jarrad R.D.** Intermediate-wavelength magnetic anomaly field of the North Pacific and possible source distributions // *J. Geophys. Res.* 1985. V. 90. № B3. P. 2549-2564.
700. **Lambeck K.** Lateral density anomaly in the upper mantle // *J. Geophys. Res.* 1976. V. 81. № 35. P. 6333-6340.
701. **Leedes A.K., Knopoff L. and Kansel E.G.** Variations in upper mantle structure under the Pacific Ocean // *Science*. 1974. V. 186. P. 141-143.
702. **Le Pichon, X.** Sea-floor spreading and continental drift // *J. Geophys. Res.* 1968. V. 73. P. 3661-3697.
703. **Lerch F.J., Klosko S.M., Palet G.S.** A refined gravity model from LaGeos (GEM-12) // *Geophys. Res. Lett.* 1982. V. 9. № 11. P. 1263-1266.
704. **Lewis, C. and Smith, A.D.** Earth rotation and stress fields as controls on the distribution of Pacific intraplate volcanism // *Transactions of the American Geophysical Union.: EOS*. 1995. V. 46. P. 317.
705. **Liu, Han-Shou** On the breakup of tectonic plates by polar wandering // *J. Geophys. Res.* 1974. V. 79. № 17. P. 2568-2572.
706. **Liu, Lin-gun** Temperatures and Seismic discontinuities in the Earth // *J. Phys. Earth*. 1997. V. 45. № 4. P. 247-263.
707. **Loper D.E.** Some thermal consequences of a gravitationally powered dynamo // *J. Geophys. Res.* 1978. 83. P. 5961-5970.
708. **Macdonald G.J.F., and Ness N.F.** A study of the free oscillations of the Earth // *J. Geophys. Res.* 1961. V. 66 P. 1865-1911.
709. **Machado, F.** Geological evidence for pulsating gravitation // *Nature*. 1967. V. 214. № 5095. P. 1317-1318.
710. **Marsh, B.D.** On the mechanics of igneous diapirism, stopping, and zone melting // *Amer. J. Sci.* 1982. V. 282. P. 808-855.
711. **Martine B. Montagner J.- P., and Robinowicz B.** Tomographic study of upper mantle attenuation in the Pacific Ocean // *Geophys. Res. Letters*. 1993. V. 20. № 8. P. 663-666.
712. **McDermott, J.G.E., Lathert, R.J. and Marshall, V.O.** Ocean – bottom seismographic experiments // *Preliminary Bull Texas Instrum. Incorpor. Dallas (Texas)*. 1967. P. 246.
713. **McElhinny M.W.** Mantle plumes, paleomagnetism and polar wandering // *Nature*. 1973. V. 241. № 5391. P. 523-524.
714. **McKenzie, D. and Parker, R.L.** The North Pacific: an example of tectonics on a sphere // *Nature*. 1967. V. 216. № 5122. P.1276.
715. **Melton C.E., Giardini, A.A.** A model to explain the Earth's magnetic field and other geodynamic phenomena // *Journ. Petrol Geol.* 1987. 10. № 4. P. 441-452
716. **Mishin, V.V.** Deep structure and the type of crust of South Kamchatka // *Geolog. of Pacific Ocean*. 1996. V. 13. P. 145-160.
717. **Mitsuhiro T.** Preferred orientation of olivine in mantle-derived peridotites and stresses in lithosphere // *J. Phys. Earth*. 1984. V. 32. 33. P. 259-271.
718. **Modern global seismology**, New York Press, London Cmbрге. 1995. P. 512.
719. **Montagner, J.P.** Can seismology tell us anything about convection in the mantle // *Rev. Geophys.* 1994. V. 32. P. 115-137.
720. **Mörner N.A.** Eustasy and geoid changes. *J. Geol.* 1976. V. 84. P. 123-152.
721. **Morgan, W.J., and Stoner, J., and Dicke, R.** Periodicity of earthquakes and the invariance of the gravitational constant // *J. Geophys. Res.* 1961. V. 66. № 11. P. 11757-11773.

722. **Morgan, W.J.** Convection plumes in the lower mantle // *Nature*. 1971. V. 230. P. 42-43.
723. **Morrison, L.V.** Rotation of the Earth from AD 1663-1972 and the constancy of G. // *Nature*. 1973. V. 241. P. 519-520.
724. **Nagumo, S., Kubo, A., Ouchi, T., Katao, H., and Koresawe, S.** Report on DELP 1986 Cruises in the Northwestern Pacific. Part III: Seismic structure revealed by Explosion Experiments // *Bull. Earth. Res. Ins. Univ. Tokyo*. 1990. V. 65. P. 105-133.
725. **Nelson, T.N. and Temple P.G.** Mainstream mantle flow: a geologic analysis of plate motion // *Bull. Am. Assoc. Pet. Geol.* 1972. V. 56. P. 226-246.
726. **Nishimura K.** A numerical study of mantle tectonic flow as relevant to the Cenozoic structural development of the East Asiatic transition zone // *Bull. Disast. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ.* 1986. V. 36. № 320. P. 113-133.
727. **Ohno M. and Hamano J.** Geomagnetic Poles over the Past 10 000 year // *Geophys. Res. Lett.* 1992. V. 19(16). P. 1715-1718.
728. **Oliver, J. and Isacks, B.** Deep earthquake zones, anomalous structures in the upper mantle, and the lithosphere // *J. Geophys. Res.* 1967. V. 72. P. 4259.
729. **Oliver, J., Isacks, B., Barazangi, M. and Mitronovas, W.** Dynamics of the downgoing lithosphere // *Tectonophysics*. 1973. V. 19. № 2. P. 133-147.
730. **Olson, P. and Singer, H.** Creeping plumes // *J. Fluid Mechan.* 1985. V. 158. P. 511-531.
731. **Orowan, E.** Mechanism of seismic faulting // *Rock deformation (symposium: Griggs D., and Handin J. - editors). Mem. Geol. Soc. Amer.* 1960 V. 79. P.323-345.
732. **Parmanties, E.M. and Oliver, J.E.** A study of shallow global mantle flow due to accretion and subduction of lithospheric plates // *Geophys. J.R. Astron. Soc.* 1979. V. 57. P. 1-21.
733. **Pan, C.** Polar instability, plate motion, and geodynamics of the mantle // *J. Phys. Earth.* 1985. V. 33. P. 411-434.
734. **Peltier W.R.** Mantle convection and viscoelasticity // *Am. Rev. Fluid Mech.* 1985. V. 17. P. 561-608.
735. **Phenomene d'Oklo.** Vienne. 1975. 489 p.
736. **Press, F. and Briggs, P.** Chandler's wandering, earthquakes, rotation and geomagnetic fluctuations // *Nature*. 1975. V. 256. № 5515. P. 270-273.
737. **Proudman, J.** The almost rigid rotation of viscous fluid between concentric spheres // *J. Fluid Mech.* 1956. V. 1. P. 505-516.
738. **Pulliam J. and Sen K.** Seismic anisotropy in the core-mantle transition zone // *Geophys. J. Inter.* 1998. V. 135. № 1. P. 113-128.
739. **Ramberg H.** Mantle diapirism and magmatic consequences // *Phys. Earth Planet Interiors.* 1972. V. 5. P. 45-60.
740. **Ranalli, G.** On the possibility of Newtonian flow in the upper mantle // *Tectonophysics*. 1984. V. 108. P. 179-192.
741. **Ranalli G. and Murphy, D.C.** Rheological stratification on the lithosphere // *Tectonophysics*. 1987. V. 132. P. 281-295.
742. **Rapp R.N.** Gravitational potential of the Earth determined from combination of satellite, observed, and model anomalies // *J. geophys. Res.* 1968. V. 73. № 20. P. 6555-6562.
743. **Reyton, V., Levin, J., Park, J., Brandon, M., Lees, J., Gordeev, E. and Ozerov, A.** Mantle flow at a slab Edge: Seismic Anisotropy in the Kamchatka Region // *Geophys. Research Letters*. 2001. V. 29. № 2. P. 379-382.
744. **Rittman, A.** *Volcanoes and their activity.* Wiley- Press, London. 1962. p.135.
745. **Richter F.M.** Convection and the large-scale circulation of the mantle // *J. geophys. Res.* 1973. V. 78. P. 8735-8745.
746. **Rochester, M.G.** The secular decrease of obliquity due to dissipative core-mantle coupling // *Geophys. J. R. astr. Soc.* 1976. V. 46. P. 109-126.

747. **Roult, G., Romanowicz, B. and Montagner, J.P.** 3-D upper mantle shear velocity and attenuation from fundamental mode free oscillation date // *Geophys. J. Inter.* 1990. V. 101(1). P. 61-80.
748. **Runcorn, S.K.** Satellite gravity measurements and a laminar viscous flow model of the Earth's mantle // *J. Geophys. Res.* 69. 1964a. P. 4389-4394.
749. **Runcorn S.K.** Changes in the Earth's moment of inertia // *Nature.* 1964b. V. 204. № 4961. P. 823-825.
750. **Runcorn, S.K.** The geophysical consequences of professor Lyttleton // *Nature.* 1973. V. 241. P. 521-523.
751. **Runcorn S.K.** Flow in the mantle inferred from the low Degree harmonics of the Geopotential // *Geophys. J. R. astr. Soc.* 1967. V. 14. № 1-4. P. 375-384.
752. **Sabadini, R., Yuen, D.A. and Boshi, E.** Polar wandering and the forced responses of a rotating, multilayered, viscoelastic planet // *J. Geophys. Res.* 1982. V. 87. P. 2885-2903.
753. **Sabadini, R., Yuen, D.A. and Boshi, E.** The effects of post-seismic motions on the moment of inertia of a stratified viscoelastic Earth with an asthenosphere // *Geophys. J. R. Ast. Soc.* 1984. V. 79. P. 727-745.
754. **Sabadini, R., Yuen, D.A. and Boshi, E.** A comparison of the complete and truncated versions of the polar wander equations // *J/ Geophys. Res.* 1984. V. 89. № B9. P. 7609-7620.
755. **Sabadini, R., C. Doglioni, and D.A. Yuen** Eustatic sea level fluctuations induced by polar wandering // *Nature.* 1990. V. 345. P. 708-710.
756. **Sato, H., Sacks, I.S., Murase, T., Muncill, G., and Fukuyama, H.**  $Q_p$ -melting temperature relation in peridotite at high pressure and temperature: attenuation mechanism and implications for the mechanical properties of the upper mantle // *J. Geophys. Res.* 1989. V. 94. P. 10647-10661.
757. **Savage, J.C. and Prescott, W.H.** Asthenosphere readjustment and the earthquake cycle // *J. Geop. Res.* 1978. V. 83. P. 3369-3376.
758. **Seidler, E., Jacoby, W.R., Cavasak, H.** Hotspot distribution, gravity, mantle tomography: evidence for plumes // *J. Geodynamics.* 1999. V. 27. P. 585-608.
759. **Seismic tomography, Theory and Practice** // eds. Iyer, H.M., and Hirahara, K., Chapman and Yall, London. 1993. 393 p.
760. **Sengupta M.K. and Toksöz M.N.** Three dimensional model of seismic velocity variation in the Earth's mantle // *Geophys. Res. Lett.* 1976 V. 03. № 2. P. 84-86.
761. **Settle, M.** Volcanic eruption clouds and the thermal output of explosive eruptions // *J. Volcan. Geoth. Res.* 1978. V. 3. P. 309-324.
762. **Shapiro, J. N.** Lindemann law and lattice dynamics // *Phys. Res.* 1970. V.3B. P. 3982-3989.
763. **Shaw, H.K.** Rheology of basalt in the melting range // *Journ. Petrology.* 1969. V. 10. P. 510-535.
764. **Shaw, H.K.** Earth's tides, global heat flow and tectonics // *Science.* 1970. V. 168. № 3935. P. 1084-1087.
765. **Shaw, H.K., Kistler, R.W. and Evernden, J.F.** Sierra Nevada plutonic cells: Part II: Tidal energy and a hypothesis for orogenic-epirogenic periodicities // *Geolog. Soc. Amer. Bull.* 1971. V. 82. № 4. P. 869-895.
766. **Shaw, H.K.** Mantle convection and volcanic periodicity in the Pacific: evidence from Hawaii // *Geological Society of Amer. Bull.* 1973. V. 84. P. 1505-1526.
767. **Sleep N.H.** Stress and flow beneath Island arcs // *Geophys. J. Res. Astron. Soc.* 1975. V. 42. P. 827-857.
768. **Snoberg, T. And Bina C.R.** Some effects of anisotropy on velocity contrasts between subducting lithosphere and overriding mantle // *Geophys. Res. Lett.* 1994. V. 21. № 18. P. 1951-1954.

769. **Smirnov, J.B., Sugrobov, V.M. and Yanovskiy, F.A.** The terrestrial heat flow of Kamchatka // *Volcanol. Seismolog.* 1992. V. 13. P. 181-210.
770. **Smith, P.J.** Rising magma // *Nature.* 1978. V. 274. № 5667. P 117 – 118.
771. **Smitl, A.D., and Lewis, C.** Differential rotation of lithosphere and mantle, and the driving forces of plate tectonics // *J. Geodynamics.* 1999. V. 28. P. 97-116.
772. **Sobolev, S.V., Zeyen, H., Granet, M., Achauer, U., Bauer, C., Werling, F., Altherr, R. and Fuchs, K.** Upper mantle temperatures and lithosphere-asthenosphere system beneath the French Massif Central constrained by seismic, gravity, petrologic and thermal observations // *Tectonophysics.* 1997. V. 275. P. 143-164.
773. **Stauder, W. and Mualchin, L.** Fault motion in the large earthquakes of the Kurile-Kamchatka Arc and of the Kurile-Hokkaido corner // *J.Geophys. Res.* 1976. V. 81. P. 297-308.
774. **Scheidegger A.E.** Principles of geodynamics // 2<sup>nd</sup> ed Berlin a.o. Springer. 1963. Xii. 362 p.
775. **Stiller, H., and H. Vollstädt, Seipold, H.** Investigations of thermal and elastic properties of rocks by means of a cubic press // *Phys. Earth. Planet. Inter.* 1978. V. 17. P 31–34.
776. **Stiller, H., and Franck, S.** On the change of seismic velocities at pressure and temperature – induced phase transition // *Phys. Earth. Planet. Inter.* 1980. V. 22. P. 216–220.
777. **Stoiber, R.E. and Carr, M.J.** Quaternary volcanic and tectonic segmentation of Central America // *Bull. Volcanol.,* 1973, v. 37, pp. 304-325.
778. **Stothers, B.B.** Hotspots and sunspots: surface of deep mantle convection in the Earth and Sun // *Earth Planet. Sci. Lett.* 1993. V. 116. P. 1-8.
779. **Sun, Z.-P., Schubert, G. and Glatzmaier, G.A.** Transitions to chaotic thermal convection in the rapidly rotating spherical fluid shell // *Geophys. Astrophys. Fluid Dyn.* 1993. V. 69. P. 95-131.
780. **Suyehiro, K., Nishizowa, A., Fujii, T., Matsuda, N. and Kinoshova, N.** Report on DELP 1986 Cruises in North-Western Pacific. Part II: Oceanic Crust of Basin // *Bull. Of the Earthquake Research Institute, Univer. of Tokyo.* 1990. V. 65. P. 89-104.
781. **Sugrobov, V.M. and Yanovskiy, F.A.** Terrestrial heat flow, estimation of deep temperature and seismicity of the Kamchatka region // *Technophysics.* 1993. V. 217. P. 43-53.
782. **Swift, S.A. and Carr, M.J.** The segments of the Chilean Seismic zone // *Phys. Earth. Planet. Inter.* 1974. V. 9. P. 183-191.
783. **Sychev P.M., Tarakanov R.Z.** Some inferences on the upper mantle structure and deep processes occurring in the northwest Pacific // *Canad. J. Earth Sei.* 1976. V. 13. 126 p.
784. **Sykes, L. R.** The seismicity of deep structure of the Island arcs // *J. Geophys. Res.* 1966. V.71. № 12. P. 2901–3006.
785. **Szeto, A.M.K. and Smylie, D.E.** The rotation of the Earth's inner core // *Phil. Trans. R. Soc. London. A* 313. 1984. P. 171-184.
786. **Szeto, A.M.K. and Smylie, D.E.** Coupled motions of the inner core and possible geomagnetic implication // *Phys. Earth. Planet. Inter.* 1984. V. 36. P. 27-42.
787. **Szeto, A.M.K. and Smylie, D.E.** Motions of the inner core and mantle coupled via mutual gravitation: regular precessional modes // *Phys. Earth. Plan. Inter.* 1989. V. 54. № 1-2. P. 38-49.
788. **Takeuchi H. Sakada S.** Convection in the mantle with variable viscosity // *J. Geophys. Res.* 1970. V. 75. № 5. P. 921-927.
789. **Tarakanov, R.Z. and Omelchenko, O.K.** Structure of tectonosphere from Seismic Date of Geotraverse South Kamchatka-Yakutia // *Geol. Pac. Ocean.* 2000. V. 16. P. 253-270.
790. **Tanimoto, T., and Anderson, D.L.** Lateral heterogeneity and azimuthal anisotropy of the upper mantle: Love and Rayleigh Waves 100-250 s. // *J. Geophys. Res.* 1985. V. 90. P. 1842-1858.

791. **Toksöz, M.N.** The subduction of the lithosphere // *Sci. American*. 1977. V. 84. P. 89-98.
792. **Torgersen, T.** Crustal-scale fluid transport: magnitude and mechanisms // *Geophys. Res. Lett.* 1991. V. 18(5). P. 917-918.
793. **Turner, J.S.** The constraints imposed on tornado-line vortices by the top and bottom boundary conditions // *J. Fluid Mech.* 1966. V. 25. P. 377-400.
794. **Torrance K.E. and Turcotte D.L.** Structure of convection cells in the mantle // *J. Geophys. Res.* 1971. V. 76. P. 1154-1161.
795. **Utsu, T.** Anomalies in seismic wave velocity and attenuation associated with a deep earthquake zone (1) // *J. Fac. Sci. Hokkaido Univer., ser. VII*. 1967. V. 11. № 1. P. 1-25.
796. **Utsu, T.** Seismological evidence for anomalous structure of Island Arcs with special reference to the Japanese region // *Rev. Geophys. Space Phys.* 1971. V. 9. № 4. P. 839-890.
797. **Veith, K.F.** The relationship of Island arc seismicity to plate tectonics // Ph. D. dissertation, Southern Methodist. Univ. Dallas. Texas. 1974. P. 70: KORDI Library, Ansan, S.Korea.
798. **Vermeersen, L.L.A. and Vlaar, N.J.** Changes in the Earth's Rotation by Tectonic movements // *Geophys. Res. Lett.* 1993. V. 20(2). P. 81-84.
799. **Vogt P.R. and Johnson G.L.** Transform faults and Longitudinal flow below midoceanic Ridge // *J. Geophys. Res.* 1975. V. 80. № 11. P. 1399-1428.
800. **Volynets O.N.** Geochemical types, petrology and genesis of Late Cenozoic volcanic rocks from the Kurile-Kamchatka Island-arc system // *Intern. Geol. Rev.* 1994. V. 36. P. 373-405.
801. **Weinstein S.A.** Catastrophic Overturn of the Earth's Mantle Driven by Multiple Phase Changes and Internal Heat Generation // *Geophys. Res. Lett.* 1993. V. 20(2). P. 101-104.
802. **Weissel J.K.** Magnetic lineations in marginal basins of the western Pacific // *Phil. Trans. Res. Soc. London*. 1985. A 300. P. 233-247.
803. **Wen, L., and Anderson, D.L.** Slabs, hotspots, cratons and mantle convection revealed from residual seismic tomography in upper mantle // *Phys. Earth. Planet. Interiors*. 1997. V. 99. P. 131-143.
804. **Whitehead, I.A., and Luther, D.S.** Dynamic of laboratory diapir and plume model // *J. Geophys. Res.* 1975. V. 80. № 25. P. 705-717.
805. **Whitten C.A.** Crustal movement from geodetic measurements. «Earthquake Displacement Fields and Rotation Earth», Dordrecht. 1970. P. 255-267.
806. **Why expanding Earth.** A book in honour of OTT Christoph Hilgenberg. (Proceeding of the 3-rd Lautenthaler Montanistisches Colloquium held in Lautenthal, Mining Industry Museum, on May 26, 2001. INGV Publisher, Italy, 2003. 465 p.
807. **Woodhouse, J.H. and Dziewonski, A.M.** Mapping the upper mantle: Three-dimensional model of earth structure by inversion of seismic waveforms // *J. Geophys. Res.* 1984. V. 89. P. 5953-5986.
808. **Wortee, M.J.R.** Deep earthquakes and thermal assimilation of subducting lithosphere // *Geophys. Res. Lett.* 1986. V. 13. P. 34-37.
809. **Yuen, D.A., Sabadini, R. and Boshi, E.V.** Viscosity of the lower mantle as inferred from rotational data // *J. Geophys. Res.* 1982. V. 87. № B13. P. 10745-10762.
810. **Yoshiaki I.** Preferred orientation of olivine and anisotropy of the oceanic lithosphere // *J. Phys. Earth*. 1984. V. 32. № 3. P. 245-257.
811. **Yuen, D.A., Sabadini, R. and Boshi, E.V.** Viscosity of the Lower mantle as inferred from rotational data // *J. Geophys. Res.* 1982. V. 87. № B13. P. 10745-10763.
812. **Zhao, D., Hasegawa, A., Kanamori, H.** Deep structure of Japan subduction zone as derived from local, regional and teleseismic events // *J. Geophys. Res. B*. 1994. V. 99. № 11. P. 313-329.