

Дискуссии

УДК 550:551

ОБЗОР ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ПО ГЛАВНЫМ ГЕОДИНАМИЧЕСКИМ НАПРАВЛЕНИЯМ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ НАУКИ В КОНТЕКСТЕ ДАННЫХ РОССИЙСКОГО РЕФЕРАТИВНОГО ЖУРНАЛА ЗА 2006-2007 гг. (часть первая)

© 2008 А.Ю. Антонов

*Институт геохимии СО РАН им. А. П. Виноградова, Иркутск, 664033;
e-mail: anant@igc.irk.ru*

В данной статье продолжается обзор, критический анализ и эволюция представлений по таким разделам мировой геологической науки как вопросы космологии и планетологии вообще, различные модели происхождения и эволюции Земли, а также основные положения концепции глубинных «термохимических плюмов», исходя из опубликованных материалов в Российском реферативном журнале за 2006-2007 гг.

Ключевые слова: космология, планетология, плюмы, Российский реферативный журнал.

Предлагаемые материалы являются продолжением ранее начатого обзора (Антонов, 2007а, 2007б) и критического анализа эволюции представлений по наиболее важным фундаментальным направлениям геологической науки, отраженных в Российском реферативном журнале за 2006-2007 гг. Как и ранее, он состоит из двух частей.

Данная статья является первой частью предлагаемого обзора и касается вопросов космологии и планетологии вообще, уже имеющих и появившихся новых моделей происхождения и эволюции Земли, а так же основных положений наиболее актуальной сейчас концепции глубинных «термохимических плюмов».

Начиная наш обзор, сразу отметим, что, как и в 2004-2005 гг., в 2006-2007 гг. по России явно уменьшилось количество публикаций по геохимии, петрографии и петрологии. В тоже время, как и раньше, продолжается издание

весьма значительного количества публикаций по экологии, климатологии и т.д., космологических и планетологических обобщений (таблица), а также статей по различным моделям происхождения и эволюции Земли (134 статьи). При этом в 2007 году количество статей по «различным моделям...» и моделям «термохимических плюмов» увеличилось в ~ 2.5-3 раза.

КОСМОЛОГИЯ И ПЛАНЕТОЛОГИЯ

В отношении новых наиболее общих космологических обобщений можно отметить книгу «Строение и законы Вселенной» (Черкасов, 2002), выявление прямой зависимости изменения напряженности магнитного поля Солнечной системы от температуры в ее центре и обратную зависимость от периода вращения тела вокруг собственной оси (Тупицын, Тупицын, 2004), а также геологические факторы, отражающие

Соотношение опубликованного материала по соответствующим тематикам в РЖ России за 2004-2007 гг.

Тематика	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.
Космология и планетология	52	35	40	33
Различные модели происхождения и эволюции Земли	45	27	38	96
К теории термохимических плюмов	47	36	85	133

не только вращательное, но и на хаотическое движение Солнечной системы в космическом пространстве (Palike et al., 2004). Особо выделим книгу А.Г. Павлова (2005) по новой «горячей» гипотезе происхождения планет Солнечной системы. Ее исходная точка зрения – гипотеза Г. Гамова (стр. 7-9) о «Большом взрыве Прототела», включающего весь объем Вселенной, с образованием плазменных «обломков» и «капель» (горячих и плотных). После этого взрывались наиболее крупные обломки «Прототела» – «кварзары». Их «обломки» меньшего порядка (будущие звезды, планеты, кометы, метеориты, газы и пыль) формировали различные «Галактики», вращающиеся по эллипсу вокруг Кварзаров, и «протосолнечные» системы. В «протосолнечных системах» со слабым гравитационным полем вещество «планет» начинало разуплотняться, формируя в них наиболее плотное ядро и меняя форму этих образований на шарообразную. Соответственно, коснемся и близкой к предыдущей «горячей» теории П. Лапласа (Злобин, 2003), согласно которой структуры Земли сформировались в момент рождения всей Солнечной системы. При этом вначале образовалось «невероятно высокотемпературное облако (плазма)», а далее последовало его расслоение и создалась возможность для образования ядра Земли и т.д.

С другой стороны, продолжается публикация материалов, посвященных «холодным» механизмам образования планет из газа и льда (Currie, 2005).

В связи с отмеченным предложена новая трактовка происхождения элементов и развитие подхода к решению задачи их распространенности в Солнечной системе в зависимости от заряда ядра (Степанов, Билевич, 2004). Появились и такие новые направления исследований как нанокристаллографическая космохимия. Так, в примитивных хондритах (Huss, 2005), обнаружено до ~ 1500 млн. алмазов нанометрового размера с изотопным составом химических элементов, указывающим на происхождение алмазов вне Солнечной системы и до ее образования. Экспериментально (Kouchi et al., 2005) отождествлены способы формирования алмазов в межзвездных облаках и родительских телах углистых хондритов.

В отношении планетологии Солнечной системы отметим работу по химической дифференциации галилеевых спутников Юпитера и моделям строения спутника Каллисто (Кронрод, Кусков, 2005), на котором мощность водно-ледяной оболочки – 270-315 км, а размеры железокремнистого ядра < 500-700 км. Выделим и несколько статей о Марсе. В них подчеркнута сходство геологических процессов на Земле и Марсе, за исключением тепловых, протекавших

на Марсе значительно быстрее; предполагаются длительные марсианские водяные и породообразующие циклы, связанные с эволюцией литосферы (Baker, 2006), а также то (Жарков, Гудкова, 2005), что весовой % S в ядре планеты равен ~ 14, а молекулярный % H₂ в ядре ~ 50.

Переходя к более детальным работам о происхождении планеты Земля, следует подчеркнуть (Жарков и др., 2005), что сейчас... ни один по-настоящему глубокий и принципиальный вопрос, касающийся строения и развития Земли, не может быть решен без привлечения данных о планетах, метеоритах и астероидах, полученных в последнее время. В начале остановимся на серии работ по аккреционной модели формирования Земли. В них описаны процессы аккреции Земли, занявшей около 30-40 млн. лет, формирования «магматического океана», дифференциации вещества и образования дифференцированного ядра планеты (Wood et al., 2006). На основе пересмотра модели эволюции небулы солнечного вещества предложена модель (Yue et al., 2005) образования Земли путем неоднородной аккумуляции в 2 стадии, влияющие на химическую гетерогенность верхней мантии и коры. Выявлено плохое соответствие некоторых геохимических характеристики Луны с гипотезой ее образования из мантии Земли (Галимов и др., 2005), и предложена новая модель образования Земли и Луны из общего облака примитивного (хондритового) состава. Здесь же отметим книги «История Земли в галактических и солнечных циклах» (Куликова и др., 2005) и «Конституция, свойства минералов и строение Земли (энергетические аспекты)» (Зуев, 2005).

Сужая область исследований, отметим обзор по теории и практике интерпретации геолого-геофизических данных в рамках различных моделей геодинамики (Михайлов и др., 2007). К этому добавим объяснение земного тектогенеза по кислородно-водородной модели академика Н.П. Семенов (Соботович, 2005) и по новейшим вариантам геосинклинально-контракционной теории (Дулин, 2004). Здесь же подчеркнем, что по «Горячей модели» образования Земли обсуждается несколько ее вариантов, нередко противоположных. Так, по мнению А.Г. Павлова (2005), после Большого взрыва «Прототела» вещество плазменных «обломков» будущих планет, включая Землю, попав в пространство со слабым гравитационным полем, начинало разуплотняться и дифференцироваться при все большем увеличении объема. Соответственно, радиус Земли в архее был в ~ 10 раз, а плотность в 1000 раз меньше, чем нынешние, температура же – были гораздо большими (100-270°). С другой стороны, по мнению (Сорохтин, 2004) эту эволюцию можно выстраи-

вать и с позиций плейт-тектонической гипотезы, по которой земной силикатный магматический океан возник при аккреции нижней мантии в результате импактного тепловыделения.

РАЗЛИЧНЫЕ МОДЕЛИ ЭВОЛЮЦИИ ЗЕМЛИ

Переходя к проблемам геодинамики, отмечаем, что также как и в 2004-2005 годах многие публикации фиксируют нешуточный спор о причинах эволюции Земли. При этом, наиболее общие причины этой эволюции в основном объясняются с позиций «Волновой» и «Ударной» моделей.

1. Новая «Волновая» модель отражена в 10 статьях.

С позиции «Волновой» теории обосновывается роль стационарных волновых полей естественного упругого поля Земли в формировании специфического структурного облика участков земной коры (Дубянский, 2005), включая радиально-лучистую структуру некоторых кольцевых систем. Проанализировано развитие концепции деформационных волн Земли за последние 35 лет (Быков, 2005), и показано ее место в проблеме миграции землетрясений. Кроме того, рассмотрен приливной дискретно-волновой механизм тектонических движений литосферы (Гарецкий, Добролюбов, 2005, 2006), и смоделированы волновые явления в структурированных средах (Айзенберг-Степаненко, Шер, 2007).

В связи с первой общей концепцией, чуть ли не втрое интенсивнее продолжают исследования о главенстве «ротационных» причин геодинамических перестроек Земли, чему посвящено около 30 статей. В связи с этим, прежде всего, отметим книги о ротационно-пульсационном режиме Земли как источнике геосферных процессов (Одесский, 2005), а также сборник «Ротационные процессы в геологии и физике» (2007).

В более конкретных работах проведено совместное рассмотрение высококачественных компонент изменений скорости вращения Земли и движения полюсов (Зотов, 2005). Последнее было продемонстрировано на примере особенности строения геологических структур вообще и структур гигантских радиальных роев мафических даек докембрия Сибирской платформы (Глуховский, 2005), приземной температуры воздуха в фанерозойское время (Назаркин, 2006), субширотных ротационных зон в континентальной земной коре (Наливкина, 2005), а также соответствующих трансгрессий и регрессий океанических вод (Одесский, Чернышев, 2006).

Здесь же выделим целый ряд работ, утверждающих, что вращение Земли — единственный реальный источник энергии ее тектогенеза

(Тяпкин, Довбнич, 2007; Ротационные..., 2007), который регулируется законами взаимодействия нашей планеты с окружающими ее физическими полями космоса. Соответственно, построена схема глобального распределения областей гедеформационных пульсаций земной коры, формируемых процессами ритмического изменения скорости вращения Земли (Рудаков, 2006). Рассчитаны уравнения, определяющие взаимосвязь движений материала Земли, ее орбитального движения и вращения как целого (Воевода, 2004), величины силы трения между плазмой солнечного ветра и геомагнитным полем, изменение которой могут играть важную роль в вариациях периода вращения Земли и быть одним из возможных спусковых механизмов сильных землетрясений (Дарахвелидзе и др., 2004). Обращено внимание на периодическое широтное распределение магматизма Земли, управляемого эволюцией вращательных параметров системы Земля-Луна (Авсюк и др., 2007).

Особо интересно отметить исследования о связи ротационного режима планеты с неоднородным вращением ее различных оболочек (Ротационные... 2007), включая вращение мантии по ядру. При этом, выявляется неоднозначность гипотез «организации» атмосферных, гидросферных и литосферных процессов Земли (Ротационные..., 2007), в том числе по различному отношению к теории плейт-мобилизма.

Здесь же коснемся и продолжения исследований (~ в 15 статьях) по еще более конкретной «Вращательно-вихревой» модели геодинамики Земли, которая обсуждается в рамках ее волновой ротационной модели (Ротационные..., 2007). Соответственно, проведен обзор большого комплекса известных во Вселенной и на Земле вихревых движений и их влияние на различные породы, в том числе на пространственно-временную неустойчивость океанообразования. С позиции некоторых исследователей (Мирлин, 2006; Мирлин и др., 2005) полученные результаты не имеют противоречий ни с тектоникой плит, ни с тектоникой плюмов, т.к. и поступательные, и вихревые движения принадлежат единой структуре мантийной конвекции. С другой стороны, на основании наличия у Земли вихревого привода вращения предложена гипотеза альтернативная тектонике плит (Ротационные..., 2007). В соответствии с ней осесимметричные сдвиговые напряжения в земной коре возникают вследствие торможения вращения планеты приливными эффектами. Тектоно-химическая же эволюция литосферы изменяет ориентацию вихря и последующий разворот оси вращения планеты.

2. Ударная модель в вариантах концепции «катастрофизма» отражена более, чем в 20 рабо-

тах. Отметим работы по моделям распада и расщепления метеоритных тел (Иванов, Рыжанский, 2005) и по идентификации древних ударных структур на Земле (Koeberl, 2006). При этом подчеркнем гипотезы о решающем влиянии гигантского удара небесного тела об остывающую Землю на всю последующую историю ее развития (Liu, Zhang, 2005; Wood, Halliday, 2005), в том числе на изменение движения между мантией и ядром Земли. Бомбардировки же Земли галактическими кометами рассматриваются как более действенное средство поддержания тектонической активности планеты, чем механизм глобальной мантийной конвекции (Зейлик, Кузовков, 2006). Здесь же отметим механизм формирования земной протокоры (Tolstikhin, Hofmann, 2005), основывающийся на ее аккреционной концентрации (зарождение ядра) и последующем (до 3.9 назад) столкновении Земли с планетным телом лунного масштаба. Отметим и предположение о связи образования траппов Деканского плато с ударом гигантского болида, вызвавшего мощнейшую дегазацию, повлиявшую на климат земного шара и т.д. (Elkins-Tanton, Nager, 2005; Nevala, 2006).

В отношении других моделей эволюции Земли отметим статьи об определяющей роли космических факторов в формировании ритмов геодинамической активности Земли и в преобразованиях ее оболочек (Тарасов, 2006; Шестопалов, Харин, 2006), в том числе (Vanyo, 2004) смещений ядра, вызванных лунно-солнечной прецессией мантии. При этом (Чумаков, 2005), периоды различных климатических колебаний Земли коррелируются с циклами ее эндогенной активности, с вариациями параметров ее орбиты и оси вращения, а также с колебаниями солнечной активности. Выявлено, что время образования земной коры по изотопии кислорода в магматическом цирконе – 4.4 млрд. лет (Valley et al., 2005). При этом, режим дестабилизации вращения Земли в протерозое был в ~ 5 раз слабее, чем в фанерозое. Это позволяет предположить, что до протерозоя распределение масс внутри мантии и (или) внутри ядра Земли не было полностью завершено (Denis et al., 2002), а твердое внутреннее ядро Земли сформировалось только в протерозое (Щербакова и др., 2006).

В заключение раздела коснемся работ по общему современному строению Земли. В связи с этим отметим книгу «Внутреннее строение и физика Земли» (Магницкий, 2006) и работы о строении и составе внутренних оболочек Земли в свете новых данных о структурных трансформациях минералов под высоким давлением (Пушаровский, Оганов, 2006), о распространности химических элементов в земной коре (Ярошевский, 2006), о планетарных процессах

электрической природы в недрах Земли (Бобровский, Кузнецов, 2006) и насыщенности гравитонами геологических сфер Земли (Злобин, 2003), распределение которых отвечает на многие вопросы геодинамики плазмы.

К КОНЦЕПЦИИ ГЛУБИННЫХ ТЕРМОХИМИЧЕСКИХ ПЛЮМОВ

Не останавливаясь на предпосылках концепции «глубинных термохимических плюмов» и переходя к ней непосредственно, сначала остановимся на ее исходных положениях, связанных с земным ядром.

Так, отметим работу о сегрегации и явлении макроскопического переноса вещества, приводящих к металлическим ядрам в силикатных мантиях планет (Rushmer et al., 2005). В ходе анализа разрешенности моделей Земли установлены неоднородности ядра, определена форма и строение границы ядро-мантия (Soldati, Boschi, 2005; Restivo, Helffrich, 2006). Выявлена сильная неоднородность в интервале нескольких десятков километров вглубь от поверхности ядра (Koper et al., 2004). Еще глубже, в пределах 300 км (Leyton et al., 2005) сейсмические границы отсутствуют. В связи с этим можно полагать (Сао, Romanowicz, 2004), что в противоположность жидкому внешнему ядру Земли ее внутреннее ядро является твердым, а в верхах внутреннего ядра существует пористый слой с жидкими включениями. Здесь же отметим математическую модель вихревых течений в жидком внешнем ядре Земли и т.д. (Liner, 2006), а также новые данные, позволяющие полагать (Galimov, 2005), что ядро состоит из самородного и сульфидного Fe, а на границе с мантией – из FeO. Выполнен анализ уравнения термального состояния Fe_3S при давлениях в 80 ГПа и температурах в 2500°K (Seagle et al., 2006). Экстраполяция данных на уровень границы ядро-мантия при допущении о температуре в 3500°K указывает на то, что содержание серы в Земном ядре может достигать 15%.

В связи со сказанным проведен обзор работ по использованию физики высоких энергий для исследования Земли и планет Солнечной системы (Vi, 2005). В нем показано, что температура плавления железа на границе внутреннего ядра Земли соответствует 5950 ± 100 °K. К этому же добавим данные о попытке установить связи между вращением внешнего жидкого ядра, изменениями магнитного поля, длительности суток и оледенениями (Nakada, 2006). При этом предположено (Малышков, Малышков, 2006), что появление суточных и годовых ритмов сейсмичности и импульсных электромагнитных полей Земли связано с давлением внутреннего

твёрдого ядра на нижнюю мантию в результате эксцентричного вращения ядра и оболочки Земли с разными угловыми скоростями. К тому же (Shirai et al., 2005), если ранее эти возмущения ядра связывались только с внешними факторами, теперь их причину можно искать и внутри Земли, в частности – в мантии. В связи с этим отметим анализ относительного движения ядра, вызванного лунно-солнечной прецессией мантии (Vanyo, 2004), исследование свойств тепловой турбулентности в жидком ядре Земли (Решетняк, 2005), а также работу (Шалимов, 2006) о формировании структур течений в жидком ядре Земли, заключенном в прецессирующую и вращающуюся оболочку (мантию). Последние процессы обуславливают механизм геодинамо на раннем этапе эволюции Земли (до формирования твёрдого ядра).

По соотношению свойств ядра и мантии выделим работы о влиянии латеральных изменений вязкости в зоне границы ядро-мантия (Cadek, Fleitout, 2006), о соотношении между внутренней и внешней областями ядра и мантией (Ishii, Dziewolski, 2005), а также о синтезе Fe-Mg силикатов с параметрами границы мантии и ядра (Mao et al., 2005) и о обогащении этой области железом.

Также следует учесть работы по общему строению и основным свойствам мантии Земли (Пушаровский, Пушаровский, 2007), включая результаты анализа сейсмологических и минералогических данных о структуре верхней мантии и переходного слоя (Sammarano et al., 2005). При этом выявлено (Boyet, Carlson, 2005), что, судя по $^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ для метеоритов и земных пород, химический состав (70-95%) земной мантии подобен составу источника базальтов срединно-океанических хребтов, обедненного несовместимыми элементами. Это подобие является результатом дифференциации Земли 4.5 млрд. лет назад в период первых 30 млн. лет. К тому же выявляется (Кадик, 2006), что формирование металлического ядра и сопряженное с ним крупномасштабное плавление силикатной части Земли обусловлены химической дифференциацией мантии, в свою очередь повлиявшей на окислительно-восстановительное состояние и состав летучих компонентов планеты, в основном определявшегося взаимодействием водорода и углерода с расплавами при весьма низких значениях f_{O_2} .

Здесь же коснемся некоторых новых реологических представлений о континентальной литосфере (Ruiz et al., 2006). В них сделан упор не на традиционные представления о ней как модели с энергетически сильной верхней корой, слабой нижней корой и сильной верхней литосферной мантией, а на модель слабой литосферной

мантии и ее незначительном вкладе в общую энергетику литосферы континента. Показано, что «сырая» перидотитовая реология для литосферной мантии лучше совпадает с независимыми оценками эффективной упругой мощности литосферы изученного региона, чем «сухая».

К сказанному добавим, что содержание воды в верхней мантии, установленное по количеству воды в базальтах (Xie et al., 2005), составляет 0.02%. Таким образом, более 74% общего количества воды в мантии сосредоточено в переходной зоне и верхней части нижней мантии. Иными словами, если количество воды Земли равно сумме мантийной воды и воды морей, то вода морей составляет 6.6% от ее общего количества. По другим данным (Wolfan-Casanova, 2005) в верхней мантии содержание H_2O оценивается в 250-700 ч/млн., (при $P=2-4$ ГПа), а на глубине 410 км – до 4000 ч/млн. К тому же выявлено (Matsukage et al., 2005), что вода в расплавах силикатов более сжимаема, чем другие компоненты, и ее влияние на снижение плотности расплавов заметно уменьшается при высоких давлениях. В тоже время существуют условия захвата расплава 410-км границей, указывающие на возможность изоляции несовместимых элементов в глубокой мантии.

Переходя непосредственно к проблемам происхождения и динамики глубинных термохимических плюмов, отметим очевидный возросший интерес к этой проблеме, так как к настоящему времени количество опубликованных работ по ней (>200) резко, почти вчетверо, увеличилось.

Данный обзор начнем с анализа современного состояния «концепции плюмов» (Блюман, 2005) и ее соответствия данным геодинамики и т.д. Здесь же отметим (Котелкин, Лобковский, 2007) моделирование эволюции Земли из горячего начального состояния по мере многократного возникновения и эволюции мантийных переворотов-овертонов. Их пространственная конфигурация представляет воронкообразный сток и несколько (3-5) восходящих суперплюмов, достаточно убедительно объясняющих причины образования континентов, океанов и асимметрию планеты.

В отношении общей теории «мантийных плюмов» отметим работу по ограничениям на их динамику (Рябчиков, 2005) с выводом о том, что мантийный плюм в верхней мантии может быть значительно более горячим, чем предполагалось. Кроме того, экспериментально показано (Добрецов и др., 2006; Кирдяшкин и др., 2005), что термохимические плюмы образуются при наличии теплового потока из внешнего ядра и при локальном поступлении химической добавки, понижающей температуру плавления вблизи подошвы нижней мантии. При этом диа-

метр канала плюма по мере его подъема остается практически постоянным. В тоже время, если плюм достигает более «тугоплавкого» слоя, у него формируется грибообразная «голова» и т.д. Рассчитана высота массива над кровлей плюма, где образуются магмоподводящие каналы. К тому же, по новой численной модели (Li, Wang, 2005), выявляется производность мантийного плюма от термальной плавучести, причем вязкость флюида в большей степени влияет на форму и состав мантийного плюма. Здесь же отметим и продолжение исследований плюмового механизма «гидроэкструзии» (Анфилогов, Хачай, 2006).

Исходя из предположения о том, что мантия включает обогащенные «плюмы» в деплетированной матрице, составлены уравнения мантийного прекондиционирования (Pearce, 2005). Представлены результаты моделирования движений в астеносфере под действием локального поднятия легких мантийных веществ (Куралбаев, 2005). Показано (Рябчиков, 2005, 2006), что материал глубинных плюмов характеризуется низкими содержаниями летучих компонентов (на уровне валовой силикатной Земли и ниже), а масштабное поступление летучих компонентов из земного ядра отсутствует. При этом, находки металлических фаз в мантийных ксенолитах позволяют полагать, что наиболее крупные мантийные плюмы берут начало от границы мантии с ядром и, следовательно, часть глобального теплотока черпается из запасов энергии кристаллизующегося металлического ядра.

В связи со сказанным интересно отметить гипотезу о транспортировке плюмами к поверхности первичных благородных газов (Trieloff, Kunz, 2005). С использованием данных по изотопам гелия проведено глобальное обобщение данных по базальтам океанических островов (Class, Goldstein, 2005). Показано, что высокие значения $^3\text{He}/^4\text{He}$ в базальтах могут отражать неполную дегазацию глубин Земли, а различия между плюмами и верхнемантийным источником базальтов отражают изоляцию источников плюмов от конвектирующей мантии. При этом (Шарапов и др., 2006), место и время развития надастеносферных мантийно-коровых флюидных систем меняется на прогрессивной и регрессивной ветвях существования астенотлинзы и зависит от структурных характеристик проницаемых зон над их кровлей. Устойчивость же алюминия при взаимодействии флюидов с породой в глубинных условиях маловероятна (Manning, 2006).

С помощью петролого-термомеханической модели исследовано влияние метаморфических изменений и плавления на сейсмические характеристики термально-химических плюмов, расположенных под вулканическими дугами

(Gerya et al., 2006), а также термальной диффузии на эволюцию мантийных плюмов (Ismail-Zadeh et al., 2006). На базе соотношений несовместимых летучих элементов, калия и т.д. в базальтовых магмах океанических островов оценены средние составы и вещественная структура океанических мантийных плюмов (Коваленко и др., 2006а, 2006б). Выделены типы базальтовых магм, характеризующие 3 типа плюмовых источников. Предположено, что мантия плюмов неоднородна и соответствует зональной модели мантийного плюма, включающей горячую бедную H_2O , Cl и S центральную часть, а также богатую летучими и несовместимыми элементами периферию и вмещающую мантию, взаимодействующую с плюмом. По мнению (Ren et al., 2005), геохимическая зональность изверженных пород Гавайской области связана с наличием такой зональности в мантийном плюме под ними. К этому же добавим предложенный анализ связи плюмов с плавучестью литосферы платформ (Sleg, 2006).

Здесь же весьма важно заметить, что с позиции плюмовой геодинамики гораздо легче объяснить процессы происхождения офиолитовых ассоциаций. Именно диапировое становление офиолитовых ассоциаций выявилось как при изучении магматитов из «классических офиолитов» Омана (Le et al., 2004) и мантийных офиолитов Лобуса по наличию ультра-высокобарных минералов (Bai et al., 2004), так и при исследовании офиолитов всего комплекса зрелых, развитых и примитивных палеодуг (Юркова, Воронин, 2006).

Все больше появляется работ и по связи образования «плюмов» с глубинными конвективными процессами. По результатам изучения конвективных потоков жидкого материала Земного ядра представлены уравнения термоконвекции, обуславливающей формирования магнитного поля Земли (Anufriev, 2005). При моделировании конвекции мантии и т.д. проведен анализ внутреннего разогрева нижней части мантии и «магнитной» истории Земного ядра (Costin, Butler, 2006). В терминах нелинейной конвекции в кольцевом канале, вращающемся вокруг вертикальной оси и нагреваемом снизу тепловым потоком, изучено влияние теплового взаимодействия ядро-мантия на динамику жидкого ядра Земли и долговременные вариации магнитного поля (Zhan et al., 2006). Представлено новое приложение метода конечного объема в численном моделировании термической конвекции в пределах быстро ротирующего сферического твердого прослоя (Harder, Hansen, 2005). При этом приводятся доводы (Дубинин и др., 2007; Cserepes et al., 2006;), что основным поставщиком тепловой энергии

Земли является мантийная конвекция.

Кроме того, томографические методы подтвердили наличие двуслойной конвекции в мантии выше и ниже раздела 660 км (Detrick, 2004). В пользу гипотезы о раздельной конвекции, происходящей в верхней и нижней мантии, свидетельствуют (Wolbern et al., 2006) значения диаметра Гавайского плюма в зависимости от глубины (изменяющейся от 120 до 200 км) и наклон к юго-западу тоннеля, обнаруженного в нижней его части. В тоже время (Тычков и др., 2005; Yang, Forsyth, 2006), характер аномалий скорости распространения поперечных волн свидетельствуют о существовании в верхней мантии, включая астеносферу, активных трехмерных зон конвекции. К тому же (Lenardic et al., 2006), изменения вязкости мантии приводят к увеличению длины волны, характеризующей конвекции мантии; рассчитаны параметры конвекции во флюидном пласте, где вязкость зависит от глубины.

Освещаются результаты численного моделирования конвекционных структур в основании литосферы (Dumoulin et al., 2005). Представлена модель свободно-конвективных течений в астеносфере под срединно-океаническими хребтами (Кирдяшкин и др., 2006), определены поля устойчивости основных глубинных парагенезисов и область частичного плавления (около 80 км). С помощью 2-мерной термической конвекционной модели, аналогичной перемещению плит, исследовано влияние мелкомасштабной подлитосферной конвекции на рельеф морского дна (Huang, 2005). Показано, что она может приводить к выравниванию рельефа только в случае модели с постоянной вязкостью. Представлены численные модели термальной и механической связи течений вязкой мантии с континентами (Trubitsyn et al., 2006) и литосферными плитами (Quere, Forte, 2006).

С использованием трехмерных численных моделей (Zhong, 2005) исследовано влияние конвективных сил на свойства термальных плюмов и расстояний между ними в среде с постоянной вязкостью и термальной конвекцией. Представлена новая трехмерная модель термохимической структуры региона Африканского суперплюма (Simmons et al., 2007). Предположено (Davaille et al., 2005), что 250 млн. лет назад под Пангеей произошло структурное изменение мантии, т.е. разделение ее на несколько выступов, обусловивших возникновение 6 крупных и большого числа локальных плюмов.

В связи со сказанным особо следует подчеркнуть, что исследование возможных типов мантийной конвекции в пределах планет совсем не выявило окончательного решения данной проблемы (Stevenson, 2003).

В соответствии с развивающимися взглядами на происхождение и на эволюцию «плюмов» все больше появляется работ по их связи с магматизмом. Так, предположено (Блюман, 2005), что процессы формирования разнотипных расплавов (карбонатитовых, кимберлитовых и базальтоидных) происходят в результате взаимодействия нижнемантийных потоков восстановленных флюидов с верхнемантийными неоднородностями-доменами, обогащенных амфиболом и флогопитом. Систематизированы материалы моделирования динамики мантийно-коровых систем от области декомпрессионного плавления и выделения флюидных потоков из кристаллизующихся интрузивов до отложения рудных масс в коровых областях (Шарапов, 2005; Шарапов и др., 2006). Это позволило заключить, что область плавления в литосфере больше размеров лавового щита и многослойна, причем зоны магмогенерации относительно автономны. Все это отражает первопричину отличия разных петрохимических провинций. По составу расплавных включений и закалочных стекол срединно-океанических хребтов (Коваленко и др., 2006б) сделан вывод о малой вероятности выплавления обычных магм MORB из деплетированной мантии, уже подвергавшейся частичному плавлению. Изучение расплавных включений в лавах Сибирской платформы позволило оценить условия магмообразования в суперплюмах (Рябчиков, 2005, 2006). Выявлено, что вариации магнезиальности и содержаний NiO в оливинах из магматических пород, а также обнаружение иридий-осьмиевых зерен и синхронных положительных отклонений от хондритовых значений $^{186}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ и $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ отношений для пикритов Гавайских островов и т.д. могут быть использованы в качестве индикаторов присутствия вещества ядра в материале глубинных плюмов. Этот же процесс ограничивает масштаб мантийной конвекции. К тому же, данные по изотопам гелия в океанических базальтах указывают (Class, Goldstein, 2005), что различия по составу между плюмами и верхнемантийным источником этих базальтов отражают изоляцию источников плюмов от конвектирующей мантии ~1-2 млрд. л.н. Следовательно, существование изначально недегазированного резервуара в мантии в этом случае не требуется.

Здесь же отметим результаты исследования гетерогенной гидратации нижней мантии и прогноз состояния базальтоидной магмы на глубине >660 км (Litasov, Ohtani, 2005). Для объяснения причин аномальной обогащенности щелочных расплавов несовместимыми и рассеянными элементами предложена модель формирования и развития зонального магматического очага, обусловленного теплом распада радиоактивных

элементов в земных недрах или внедрением дайко- или трубообразного плюма (Орлов, Орлова, 2005). Выявлено (Куликов и др., 2005), что разнообразие составов коматиитов наилучшим образом воспроизводится при давлении ~ 8 кбар, т.е. на глубинах ~ 25 км, а их дифференциация происходит в подкоровой «плюмовой подушке». К тому же исследования Эмейшаньской и Сибирской трапповых провинций свидетельствуют об их формировании за очень короткий период. Это позволяет предложить модель суперплюмов (Добрецов, 2005) с периодами активности в 30, 120, 250 и, возможно, 360 и 480 млн. лет назад.

На примере кимберлитовых полей Якутии и Африки установлена связь мантийных плюмов с кимберлитогенезом (Василенко, Зинчук, 2005). В связи с этим рассмотрена проблема формирования астеносферных жидкостей и показано (Соловьева и др., 2005), что характер распределения HFSE и REE в гранатах, клинопироксенах и рассчитанных равновесных расплавах наиболее логично соотносится с просачиванием астеносферных жидкостей вверх через астеносферу и далее. При этом (Рябчиков, Гирнис, 2005), плавление магнезитсодержащего гарцбургита при давлении около 6 ГПа дает кимберлитоподобные расплавы, насыщенные CO_2 . В них отношения содержания CO_2 к содержаниям элементов с близкой степенью несовместимости (например Th) практически не отличаются от таковых в примитивной и деплетированной мантиях. Таким образом, при образовании кимберлитовых магм высокие содержания в них несовместимых элементов могут быть результатом очень низких степеней плавления источника. С другой стороны, после оценки химизма кимберлитового расплава (Уханов, 2006), после удаления из него всех ксенокристаллов и ксенолитов, был получен так называемый карбонатитовый кимберлит со средним составом CaO - 22%; MgO - 20%; SiO_2 - 15%; FeO - 6%. Это показывает, что при своем зарождении кимберлитовая магма могла представлять собой смесь карбонатитового расплава с фрагментами ультраосновных пород мантии с последующим превращением карбонатного расплава в карбонатно-силикатный.

Весьма важно коснуться и применения теории мантийных плюмов при геодинамических разработках в различных регионах, которых уже весьма много (>51). В связи с этим отметим работы о происхождении Тихоокеанской впадины (Геологическое строение..., 2005), о расколе комплексов Пангеи (Beutel et al., 2005), о формировании средиземноморского ансамбля независимых микроплит (Lavecchia et al., 2005) и т.д. Особо же подчеркнем, что появившиеся работы касаются эволюции геологических объектов всего мира и любого возраста. Это наглядно фиксирует все

нарастающую степень использования данной теории.

Плюмовая геодинамика несомненно связана и с процессами рудообразования (Vi, 2005; Hu et al., 2005). Так показано (Глуховский, 2006), что пространственное совмещение алмазоносных кимберлитовых полей фанерозоя с гигантскими роями мафических даек докембрия обусловлено зарождением в субэкваториальном «горячем поясе» ранней Земли мантийных плюмов и связанных с ними астенолинз высокотемпературного плавления мантии. При этом выявлено (Шарапов и др., 2006), что при ассимиляции базитовыми расплавами пород коры, особенно карбонатно-соленосных и углеводородных, образуются «аномальные» магматические флюиды, в которых суммарное содержание H_2O , H_2S , N_2 и H_2 значительно больше, чем содержание CO_2 и CO. Именно такие флюиды являются рудоносными.

Особо же важно отметить, что в настоящее время уже не существует единой парадигмы нефте-газообразования (Смекалов, 2006), а преобладает парадигма его полигенеза, обусловленного очевидным фактом его тесной связи с глубинным строением Земли и глобальными геодинамическими процессами. При этом сделан вывод о существовании глубинных локализованных потоков углеводородно-водных флюидов. Соответственно этому, произведен анализ предпосылок возможности глубинного синтеза нефти (Меленевский, Конторович, 2007) и высказаны концепции (Сарсенов и др., 2006), по которым биогенное происхождение нефти и газа исключается вообще, так как эволюция живой природы и эволюция углеводородов происходит во времени совместно, а не последовательно друг другу.

Здесь же интересно отразить и модель образования нефтяных месторождений с момента перехода Земли в планетный период развития, когда в ее системе во флюидном состоянии сохранилось только внешнее ядро (Индукаев, 2003). Оно и определило последующую эндогенную активность Земли, проявляющуюся изначально в бурном отделении углеродно-флюидальных потоков. В процессе эволюции последние способствовали развитию и рудных формаций, и нефтяных месторождений. Именно этому была посвящена и монография (Драгунов, 2006), в которой на примере Волго-Уральской нефтегазовой провинции рассмотрены активные зоны планетарной трещиноватости и обоснована «Концепция геодинамической обусловленности узлов нефтегазообразования».

В связи со сказанным отметим и несколько иную модель нефте-газогенерации (Исмагилов, Фархутдинов, 2005). Она основана на предположении о существовании метановых морей на

самой ранней стадии формирования Земли, т.е. 4.5 млрд лет назад. Будучи окислены кислородом, они обусловили появление только части воды на планете. Оставшаяся же часть метана была погребена в недрах Земли.

Анализируя опубликованные материалы за отмеченный период, можно констатировать, что наблюдается все большая углубленность взглядов на космологию, планетологию и, конечно, процессы происхождения и эволюции Земли. При этом появляется все больше различных и часто оппозиционных моделей по отмеченным проблемам, что без сомнения способствует развитию и углублению научного мышления и научных знаний. В полной мере это касается и концепции «термохимических плюмов», которая, несмотря на нередко различную трактовку проявления плюмов в природе, все энергичнее набирает своих сторонников и уже используется на объектах всего мира. К тому же становится очевидным, что именно данная концепция имеет максимальную практическую значимость в отношении поиска и разведки месторождений самых различных полезных ископаемых как неорганического, так и органического генезиса. Здесь же важно добавить и то, что развитие данной концепции в связи с параллельным действием плитовой тектоники многими исследователями уже либо не рассматривается вообще, либо рассматривается заметно ограничено. Все это является очень многообещающим выводом и вполне может привести к уже назревшей переоценке, включая полную, прежних масштабных геодинамических представлений и реконструкций.

Список литературы

- Авсюк Ю.Н., Салтыковский А.Я., Геншафт Ю.С.* Широтная активизация магматизма как отражение циклического хода приливной эволюции Земля-Луна-Солнце // ДАН. 2007. Т. 413. № 1. С. 66-67.
- Айзенберг-Степаненко М.В., Шер Е.Н.* Моделирование волновых явлений в структурированных средах // Физ. мезомех. 2007. Т. 10. № 1. С. 47-57.
- Антонов А.Ю.* Критический обзор представлений по главным геодинамическим направлениям современной геологической науки в контексте информативности основных рекламных научных изданий России (часть первая) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2007а. № 1. Вып. 9. С. 93-104.
- Антонов А.Ю.* Критический обзор представлений по главным геодинамическим направлениям современной геологической науки в контексте информативности основных рекламных научных изданий России (часть вторая) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2007б. № 2. Вып. 10. С. 118-129.
- Анфилов В.Н., Хачай Ю.В.* Гидроэкструзия — возможный механизм движения диапиров, куполов и мантийных плюмов // Геохимия. 2006. № 8. С. 873-878.
- Блюман Б.А.* Концепция плюмов. Современное состояние и альтернативы // Регион. геол. и металлогения. 2005. № 26. С. 185-194.
- Бобровский В.С., Кузнецов Д.А.* Электросетевая модель космометеотектоники. Водородная модель тектонического очага. Гамма-излучение гроз // Дистанц. шк. «КОСМЕТЕКОР». Петропавловск-Камчатский, 2006, 71 с. Деп. в ВИНТИ 17.07.2006. № 954-В2006.
- Быков В.Г.* Деформационные волны Земли: концепция, наблюдения и модели // Геол. и геофиз. 2005. Т. 46. № 11. С. 1176-1190.
- Василенко В.Б., Зинчук Н.Н.* Важнейшие петрохимические особенности формирования кимберлитовых полей. Геология алмазов — настоящее и будущее. Сборник статей. Якут. н.-и. геол.-развед. предприятие ЦНИГРИ АК «АЛРОСА». Воронеж: Изд-во Воронеж, гос. ун-та, 2005. С. 424-436.
- Воевода О.Д.* Уравнения движения Земли. Анализ геодинамических и сейсмических процессов: Сборник научных трудов. М.: МИТП РАН, 2004. С. 107-137.
- Галимов Э.М., Кривцов А.М., Забродин А.В. и др.* Динамическая модель образования системы Земля—Луна // Геохимия. 2005. № 11. С. 1139-1150.
- Гарецкий Р.Г., Добролюбов А.И.* Приливной дискретно-волновой механизм тектонических движений литосферы // ДАН. 2005. Т. 400. № 4. С. 500-504.
- Гарецкий Р.Г., Добролюбов А.И.* Приливные дискретно-волновые движения и дрейф континентов // Геотектоника. 2006. № 1. С. 3-13.
- Геологическое строение и происхождение Тихого океана / Отв. ред. Б.И. Васильев. Владивосток: Дальнаука, 2005. 169 с.
- Глуховский М.З.* Ротационный фактор и некоторые проблемы геотектоники и сравнительной планетологии // Геотектоника. 2005. № 6. С. 3-18.
- Глуховский М.З.* Гигантские рои мафических даек докембрия и вопросы алмазности древних платформ // Геотектоника. 2006. № 1. С. 14-30.
- Дарахвелидзе Л., Жонтжолодзе Н., Кереселидзе З. и др.* О возможном сейсмическом эффекте вязкого взаимодействия между солнечным ветром и магнитосферой Земли // Тр. Ин-та геофиз. АН Грузии. 2004. 58. С. 27-33.
- Добрецов Н.Л.* Крупнейшие магматические

- провинции Азии (250 млн. лет): Сибирские и Эмейшаньские траппы (платобазальты) и ассоциирующие гранитоиды // Геология и геофизика. 2005. 46. № 9. С. 870-890.
- Добрецов Н.Л., Кирдяшкин А.А., Кирдяшкин А.Г. и др.* Параметры горячих точек и термохимических плюмов в процессе подъема и излияния // Петрология. 2006. Т. 14. № 5. С. 508-523.
- Драгунов А.А.* Роль планетарной трещиноватости при формировании Волго-Уральской нефтегазовой провинции. Казань: Нов. Знание, 2006. 136 с.
- Дубинин Е.П., Иванов О.П., Свешников А.А.* Особенности самоорганизации магматических систем в рифтовых зонах СОХ // Синергетика геосистем. Сборник статей Симпозиума, Москва, 16-19 апр., 2007. М., 2007. С. 153-158.
- Дубянский В.И.* О проявлении стационарных волновых процессов в некоторых структурах земной коры // Вести. Воронеж. Гос. ун-та. Сер. Геология. 2005. № 2. С. 161-167. 224.
- Дулин А.В.* Механизм развития Земли (новейший вариант геосинклинально-контракционной теории). Смоленск: Универсум, 2004. 187 с.
- Жарков В.И., Гудкова Т.В.* Построение модели внутреннего строения Марса // Астрон. вести. 2005. Т. 39. № 5. С. 387-418.
- Жарков В.Н., Гудкова Т.В., Собисевич А.Л.* Собственные колебания Земли и планет. Современные методы геолого-геофизического мониторинга природных процессов на территории Северного Кавказа: Сборник научных трудов. Объед. ин-т физ. Земли РАН, Кабард.-Балк. гос. ун-т. М.: ИФЗ РАН; Нальчик: Кабард.-Балк. гос. ун-т, 2005. С. 5-28.
- Зейлик Б.С., Кузовков Г.Н.* Проблема формирования платформенных депрессий, взрывных кольцевых структур и космическая защита Земли для сохранения жизни на планете // Отеч. геол. 2006. № 1. С. 78-82.
- Злобин В.С.* Насыщенность гравитонами геологических структур, составляющих сферы Земли // Междунар. акад. 2003. № 20. С. 61-63.
- Зотов Л.В.* Вращение Земли: анализ вариаций и их прогнозирование: Автореф. дис. канд. физ.-мат. наук. МГУ. Москва, 2005. 23 с.
- Зув В.В.* Конституция, свойства минералов и строение Земли (энергетические аспекты). СПб: Наука, 2005. 400 с.
- Иванов А.Г., Рыжанский В.А.* Модель распада и рассеяния малого космического тела в атмосфере планеты // Физика горения и взрыва. 2005. Т. 41. № 3. С. 121-132.
- Индикаев Ю.В.* Связь магматизма и формирования рудных и нефтяных месторождений с глубинными углеродно-водородными флюидами. Рудные месторождения. Минералогия. Геохимия: Сборник. Вып. 3. Томск. гос. ун-т. Томск: Изд-во ТГУ, 2003. С. 46-54.
- Исмаилов Р.А., Фархутдинов И.М.* Проблема происхождения углеводородов в свете новых данных // Миров. сообщество: пробл. и пути решения. 2005. № 17. С. 112-114.
- Кадик А.А.* Режим летучести кислорода в верхней мантии как отражение химической дифференциации планетарного вещества // Геохимия. 2006. № 1. С. 63-79.
- Кирдяшкин А.А., Добрецов Н.Л., Кирдяшкин А.Г. и др.* Гидродинамические процессы при подъеме мантийного плюма и условия формирования канала излияния // Геология и геофизика. 2005. Т. 46. № 9. С. 891-907.
- Кирдяшкин А.А., Кирдяшкин А.Г., Сурков Н.В.* Тепловая гравитационная конвекция в астеносфере под срединно-океаническим хребтом и устойчивость основных глубинных парагенезисов // Геол. и геофиз. 2006. Т. 47. № 1. С. 76-94.
- Коваленко В.И., Наумов В.В., Гирнис А.В. и др.* Состав и вещественная структура океанических мантийных плюмов // Петрология. 2006а. Т. 14. № 5. С. 482-507.
- Коваленко В.П., Наумов В.В., Гирнис А.В. и др.* Оценка средних содержаний H₂O, Cl, F, S в деплетированной мантии на основе составов расплавных включений и закалочных стекол срединно-океанических хребтов // Геохимия. 2006б. № 3. С. 243-266.
- Котелкин В.Д., Лобковский Л.И.* Общая теория Мясникова эволюции планет и современная термохимическая модель эволюции Земли // Физика Земли. 2007. № 1. С. 26-44.
- Кронрод В.А., Кусков О.Л.* Химическая дифференциация галилеевых спутников Юпитера. 3. Модели внутреннего строения Каллисто // Геохимия. 2005. № 4. С. 355-368.
- Куликова В.В., Куликов В.С., Бычкова Я.В., Бычков А.Ю.* История Земли в галактических и солнечных циклах. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2005. 251 с.
- Куликов В.С., Бычкова Я.В., Куликова В.В. и др.* Роль глубинной дифференциации в формировании палеопротерозойского лавового плато коматиитовых базальтов Синегорье (Юго-Восточная Фенноскандия) // Петрология. 2005. Т. 13. № 5. С. 516-537.
- Куралбаев З.К.* Модельное исследование влияния локального поднятия мантийных веществ на тектоносферу // Науч. вести. НГТУ. 2005. № 1. С. 37-49.
- Магницкий В.А.* Внутреннее строение и физика Земли. 2 стер. изд. М.: Физ. фак. МГУ, 2006. 380 с.
- Малышков Ю.П., Малышков С.Ю.* Ритмы ядра Земли и их проявления в геофизических

- полях // Ин-т мониторинга климат. и экол. систем СО РАН. Томск, 2006. 33 с. Деп в ВИНИТИ 14.08.2006. № 1063-В2006.
- Меленевский В.Н., Конторович А.Э.* Глубинный (мантийный) синтез нефти: мифы или реальность? // Технол. ТЭК. 2007. № 1. С. 18-21.
- Мирлин Е.Г.* Фрактальное структурообразование на различных стадиях формирования океанской литосферы: предпосылки, примеры, проблемы // Океанология. 2006. Т. 46. № 1. С. 133-144.
- Мирлин Е.Г., Кононов М. В., Сущевская Н.М.* Вихревые спрединг-системы в литосфере и верхней мантии океанов // ДАН. 2005. Т. 401. № 4. С. 507-510.
- Михайлов В.О., Гордин В.М., Тимошкина Е.П. и др.* // Геодинамические модели и их применение при совместной интерпретации геологических и геофизических данных: обзор // Физика Земли. 2007. № 1. С. 4-15.
- Назаркин Л.А.* О влиянии ротационного режима Земли на природные процессы // Изв. Саратов. Гос. ун-та. Н. С. Науки о Земле. 2006. Т. 6. № 1. С. 72-79.
- Наливкина Э.Б.* Глобальные ротационные зоны континентальной земной коры // Регион., геол. и металлогения. 2005. № 26. С. 195-199.
- Одесский И.А.* Ротационно-пульсационный режим Земли - источник геосферных процессов. СПб: Изд-во СПбГПУ, 2005. 100 с.
- Одесский И.А., Чернышев Г.А.* Эвстатика и ее геологические и экологические следствия // Изв. Рус. геогр. о-ва. 2006. Т. 138. № 2. С. 56-62.
- Орлов Д.М., Орлова Н.П.* Зональные очаги магм повышенной щелочности как источники высоких концентраций несовместимых элементов // Геохимия. 2005. № 8. С. 824-835.
- Павлов А.Г.* Происхождение месторождений. Новосибирск: Наука, 2005. 251 с.
- Пушаровский Д.Ю., Оганов А.Р.* Структурные перестройки минералов в глубинных оболочках Земли. Обзор // Кристаллография. 2006. Т. 51. № 5. С. 819-829.
- Пушаровский Ю.М., Пушаровский Д.Ю.* Опыт подхода к истории развития геосфер мантии Земли // Геотектоника. 2007. № 1. С. 6-15.
- Решетняк М.Ю.* Каскадные процессы в жидком ядре Земли // Геофизические исследования. 2005. № 4. С. 145-157.
- Ротационные процессы в геологии и физике* / Сборник. Милановский Е. Е. (ред.). М.: КомКнига, 2007. 523 с.
- Рудаков В.П.* Центры геодеформационных пульсаций литосферы в проблеме глобальной дегазации земной коры и генезисе сейсмической активности // Изв. вузов. Геология и разведка. 2006. № 4. С. 71-74.
- Рябчиков И.Д.* Мантийные магмы — сенсор состава глубинных геосфер // Геол. руд. месторожд. 2005. Т. 47. № 6. С. 501-515.
- Рябчиков И.Д.* Главные компоненты геохимических резервуаров силикатной Земли // Геохимия. 2006. № 1. С. 14-22.
- Рябчиков И.Д., Гирнис А.В.* Происхождение низкокальциевых кимберлитовых магм // Геология и геофизика. 2005. 46. № 12. С. 1223-1233.
- Сарсенов А.М., Шаяхметова Ж.Б., Куангалиев З.А. и др.* Химическая эволюция Земли и проблемы происхождения нефти // Юж.-Рос. Вестн. геол., геогр. и глобал. энергии. 2006. № 4. С. 3-4.
- Смекалов А.С.* Структурирование верхней мантии в полях сейсмотомографических характеристик в связи с глобальным распределением наиболее богатых нефтегазоносных бассейнов // Изв. Рус. геогр. о-ва. 2006. Т. 138. № 1. С. 43-51.
- Соботович Э.В.* Геохимическая модель Земли академика Н. П. Семеновского: К 100-летию со дня рождения // Минерал. ж. 2005. Т. 27. № 4. С. 18-21.
- Соловьева Л.В., Костровицкий С.И., Егоров К.Н., Зинчук Н.Н.* Проблема формирования астеносферных жидкостей в кимберлитобразующем цикле: геохимия граната и клинопироксена из деформированных перидотитов и мегакрит // Геология алмазов - настоящее и будущее. Сборник статей. Якут. н.-и. геол.-развед. предприятие ЦНИГРИ АК «АЛРОСА». Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2005. С. 705-715.
- Сорохтин О.Г.* Глобальная эволюция Земли // Вестн. Рос. акад. естеств. наук. 2004. Т. 4. № 4. С. 3-16.
- Степанов В.М., Билевич О.В.* Распространенность химических элементов в космо- и геохимических объектах // Вестн. Нижегород. ун-та. Сер. Химия. 2004. № 1. С. 200-205.
- Тарасов Б.Г.* О космической природе ритмов геодинамической активности. О космической природе ритмов геодинамической активности // Зап. Горн. ин-та. 2006. Т. 168. С. 87-90.
- Тулицын И.С., Тулицын Д.И.* К проблеме оценки магнетизма в Солнечной системе // Науч. чтения памяти П.П. Чирвинского. 2004. № 6. С. 22-23.
- Тычков С.А., Червов В.В., Черных Г.Г.* О численном моделировании тепловой конвекции в мантии Земли // ДАН. 2005. Т. 402. № 2. С. 248-254.
- Тяпкин К.Ф., Довбнич М.М.* Вращение Земли — единственный реальный источник энергии ее тектогенеза // Геофизика. 2007. № 1. С. 59-64.
- Уханов А.В.* Кимберлит как продукт контаминации карбонатитовой магмы мантийными гипербазиитами: новый взгляд на старую про-

- блему // Рудогенез и металлогения востока Азии: Материалы Конференции к 100-летию Лауреата Гос. премии Флерова Б. Л. Якутск, 2006. Якутск: ЯГУ, 2006. С. 199-201.
- Черкасов Д.* Строение и законы Вселенной. Методология. СПб: Нева, 2002. 319 с.
- Чумаков Н.М.* Причины глобальных климатических изменений по геологическим данным // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2005. Т. 13. № 3. С. 3-25.
- Шалимов С.Л.* О прецессионном геодинамо // Физика Земли. 2006. № 6. С. 14-20.
- Шарапов В.Н.* Динамика развития надстеносферных флюидных систем // Геология и геофизика. 2005. Т. 46. № 5. С. 459-470.
- Шарапов В.Н., Перепечко Ю.В., Мазуров М.П.* Мантийно-коровые флюидно-магматические системы зон спрединга // Геология и геофизика. 2006. Т. 47. № 12. С. 1326-1343.
- Шестопалов И.П., Харин Е.П.* Изменчивость во времени связей сейсмичности Земли с циклами солнечной активности различной длительности // Геофизический журнал. 2006. Т. 28. № 4. С. 59-70.
- Щербакова В.В., Щербаков В.П., Диденко А.Н., Виноградов Ю.К.* Определение палеонапряженности в раннем протерозое по гранитоидам Шумихинского комплекса Сибирского кратона // Физ. Земли. 2006. № 6. С. 80-89.
- Юркова Р.М., Воронин Б.И.* Геодинамика офиолитовых ассоциаций в преддуговых палеозонах // Область активного тектоногенеза в современной и древней истории Земли: Материалы 39 Тектонического совещания. Москва, 2006. Т. 2. М.: ГЕОС, 2006. С. 408-411.
- Ярошевский А.А.* Распространенность химических элементов в земной коре // Геохимия. 2006. № 1. С. 54-62.
- Anufriev A.P.* Adiabatic approximation in the geodynamo convection // Bulg. Geophys. J. 2005. V. 31. № 1-4. P. 3-19.
- Bai Wenji, Yang Jingsui, Shi Nicheng et al.* Обнаружение ультра-высокобарных минералов – вюстит и самородное железо в мантийных офиолитах Лобуса, Сицзан. *Dizhi lunping=Geol. Rev.* 2004. V. 50. № 2. P. 184-188. Кит.
- Baker V. R.* Water and the evolutionary geological history of Mars // *Boll. Son. geol. ital.* 2006. V. 125. № 3. P. 357-369.
- Beutel E.K., Nomade S., Fronabarger A.K., Renne P.R.* Pangea's complex breakup: A new rapidly changing stress field model // *Earth and Planet. Sci. Lett.* 2005. V. 236. № 1-2. P. 471-485.
- Bi Jin-long.* Обзор по мантийным плюмам и их рудообразующему процессу. *Dizhi yu ziyuaili Geol. and Resour.* 2005. V. 14. № 3. P. 223-226 (кит.).
- Bolfan-Casanova N.* Water in the Earth's mantle // *Miner. Mag.* 2005. V. 69. № 3. P. 229-257.
- Boyet M., Carlson R.W.* ¹⁴²Nd evidence for early (>4.53 Ga) global differentiation of the silicate Earth // *Science.* 2005. V. 309. № 5734. P. 576-581.
- Cadek O., Fleitout L.* Effect of lateral viscosity variations in the core-mantle boundary region on predictions of the long-wavelength geoid // *Stud. geophys. et geod.* 2006. V. 50. № 2. P. 217-232.
- Cammarano F., Deuss A., Goes S., Giardini D.* One-dimensional physical reference models for the upper mantle and transition zone: Combining seismic and mineral physics constraints // *J. Geophys. Res. B.* 2005. V. 110. № 1. P. B01306/1-B01306/17.
- Caio A., Romanowicz B.* Hemispherical transition of seismic attenuation at the top of the earth's inner core // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2004. V. 228. № 3-4. P. 243-253.
- Class C., Goldstein S. L.* Evolution of helium isotopes in the Earth's mantle // *Nature (Gr. Brit).* 2005. V. 436. № 7054. P. 1107-1112.
- Costin S.O., Butler S.L.* Modelling the effects of internal heating in the core and lowermost mantle on the earth's magnetic history // *Phys. Earth and Planet. Inter.* 2006. V. 157. № 1-2. P. 55-71.
- Cserepes L.O., Dovenyl P., Galsa A. et al.* Geohydrodinamika: Folyadekdinamikai jelensegek a Fold belsejeben // *Magy. geofiz.* 2006. V. 47. № 4. P. 147-151.
- Currie T.* Hybrid mechanisms for gas/ice giant planet formation // *Astrophys. J.* 2005. V. 629. № 1. P. 1. P. 549-555.
- Davaille A., Stutzmann E., Silveira G. et al.* Convective patterns under the Indo-Atlantic «box» // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2005. V. 239. № 3-4. P. 233-252.
- Denis C., Schreider A. A., Varga P., Zdvoti J.* Despinning of the earth rotation in the geological past and geomagnetic paleointensities // *J. Geodyn.* 2002. V. 34. № 5. P. 667-685.
- Detrick R.* Motion in the mantle // *Oceanus.* 2004. V. 42. № 2. P. 6-12
- Dumoulin C., Doin M.-P., Arcay D., Fleitout L.* Onset of small-scale instabilities at the base of the lithosphere: scaling laws and role of pre-existing lithospheric structures // *Geophys. J. Int.* 2005. V. 160. № 1. P. 345-357.
- Elkins-Tanton L.T., Hager B.H.* Giant meteoroid impacts can cause volcanism // *Earth and Planet. Sci. Lett.* 2005. V. 239. № 3-4. P. 219-232.
- Galimov E.M.* Redox evolution of the Earth caused by a multistage formation of its core // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2005. V. 233. № 3-4. P. 263-276.
- Gerya T.V., Connolly J.A.D., Yuen D.A. et al.* Seismic implications of mantle wedge plumes // *Phys. Earth and Planet. Inter.* 2006. V. 156. № 1-2. P. 59-74.

- Harder H., Hansen U.* A finite-volume solution method for thermal convection and dynamo problems in spherical shells // *Geophys. J. Int.* 2005. V. 161. № 2. P. 522-532.
- Huang Jinshui.* Мелкомасштабная подлитосферная конвекция и выравнивание рельефа морского дна. Wuhan daxue xuebao xinxi kexue ban = *Geomat. and Inf. Sci. Wuhan Univ.* 2005. V. 30. № 6. P. 478-482 (кит.).
- Hu R., Tao Y., Zhong H. et al.* Минерализующие системы мантийных плюмов на примере магматической провинции Эмэйшань, юго-западный Китай. *Dixue qianyuan = Earth Sci. Front.* 2005. V. 12. № 1. P. 42-54 (кит.).
- Huss G.R.* Elements // *Meteoritic nanodiamonds: messengers from the stars.* 2005. V. 1. № 2. P. 97-100.
- Ishii Miaki, Dziewolski A.M.* Constraints on the outer-core tangent cylinder using normal-mode splitting measurements // *Geophys. J. Int.* 2005. V. 162. № 3. P. 787-792.
- Ismail-Zadeh A., Schubert G., Tsepelev I., Korotkii A.* Three-dimensional forward and backward numerical modeling of mantle plume evolution: effects of thermal diffusion // *J. Geophys. Res. B.* 2006. V. 111. № 6. P. B06401/1-B06401/15.
- Koeberl Ch.* Impact processes on the early earth // *Elements.* 2006. V. 2. № 4. P. 211-216.
- Koper K.D., Franks J.M., Dombrovskaya M.* Evidence for small-scale heterogeneity in Earth's inner core from a global study of PKiKP coda waves // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2004. V. 228. № 3-4. P. 227-241.
- Kouchi A., Nakano H., Kimura Y., Kaito C.* Novel routes for diamond formation in interstellar ices and meteoritic parent bodies // *Astrophys. J.* 2005. V. 626. № 2. P. 2. P. 129-132.
- Lavecchia G., Bell K., Stoppa F., Creati N.* The Mediterranean region, an independent micro-plate above a trapped plume head: inferences from isotopic data and areal balance considerations: [Riunione annuale del Gruppo italiano di geologia strutturale, Spoleto, 21-22 febb., 2005]. *Rend. Soc. geol. ital. Nuova ser.* 2005. V. 1. P. 111-112.
- Lenardic A., Richards M.A., Busse F.H.* Depth-dependent rheology and the horizontal length scale of mantle convection // *J. Geophys. Res. B.* 2006. V. 111. № 7. P. B07404/1-B07404/13.
- Le Mee L., Girardeau J., Monnier Ch.* Mantle segmentation along the Oman ophiolite fossil mid-ocean ridge // *Nature (Gr. Brit.).* 2004. V. 432. № 7014. P. 167-172.
- Leyton F., Koper K.D., Zhu L., Dombrovskaya M.* On the lack of seismic discontinuities within the inner core // *Geophys. J. Int.* 2005. V. 162. № 3. P. 779-786.
- Li Jian-kang, Wang Deng-hong.* Новое в численном моделировании мантийного плюма. *Dizhi keji qingbao = Geol. Sci. and Technol. Inf.* 2005. V. 24. № 4. P. 13-20 (кит.).
- Liner Ch.L.* Dynamo // *Leading Edge.* 2006. V. 25. № 7. P. 810-811.
- Litasov K.D., Ohtani Eiji.* Phase relations in hydrous MORB at 18-28 GPa: implications for heterogeneity of the lower mantle // *Phys. Earth and Planet. Inter.* 2005. V. 150. № 4. P. 239-263.
- Liu Guang-run, Zhang Hong-tai.* Причины изменений геомагнитной полярности. *Diqiu kexue — Earth Sci.: Zhongguo dizhi daxue xuebao.* 2005. V. 30. № 3. P. 371-376 (кит.).
- Manning C.E.* Mobilizing aluminum in crustal and mantle fluids // *Ceochem. Explor.* 2006. V. 89. № 1-3. P. 251-253.
- Mao Wendy L., Meng Yue, Shen Guoyin et al.* Iron-rich silicates in the Earth's D" layer // *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.* 2005. V. 102. № 28. P. 9751-9753.
- Matsukage Kyoko N., Jing Zhicheng, Karato Shun-ichiro.* Density of hydrous silicate melt at the conditions of Earth's deep upper mantle // *Nature (Gr. Brit.).* 2005. V. 438. № 7067. P. 488-491.
- Nakada Masao.* Axial and equatorial rotations of the Earth's cores associated with the Quaternary ice age // *Phys. Earth Planet. Inter.* 2006. V. 154. № 2. P. 113-147.
- Nevala A.E.* In a crater, scientist seeks clues to one of the greatest volcanic shows on Earth // *Oceanus.* 2006. V. 45. № 1. P. 4.
- Quere S., Forte A.M.* Influence of past and present-day plate motions on spherical models of mantle convection: implications for mantle plumes and hotspots // *Geophys. J. Int.* 2006. V. 165. № 3. P. 1041-1057.
- Palike H., Laskar J., Shackleton N.J.* Geologic constraints on the chaotic diffusion of the Solar system // *Geology.* 2004. V. 32. № 11. P. 929-932.
- Pearce J.A.* Mantle preconditioning by melt extraction during flow: theory and petrogenetic implications // *J. Petrol.* 2005. V. 46. № 5. P. 973-997.
- Ren Zhong-Yuan, Ingle S., Takahashi Eiichi et al.* The chemical structure of the Hawaiian mantle plume // *Nature (Gr. Brit.).* 2005. V. 436. № 7052. P. 837-840.
- Restivo A., Helffrich G.* Core-mantle boundary structure investigated using SKS and SKKS polarization anomalies // *Geophys. J. Int.* 2006. V. 165. № 1. P. 288-302.
- Ruiz J., Gomez-Ortiz D.d., Tejero R.* Effective elastic thicknesses of the lithosphere in the Central Iberian Peninsula from heat flow: Implications for the rheology of the continental lithospheric mantle // *J. Geodyn.* 2006. V. 41. № 5. P. 500-509.
- Rushmer T., Petford N., Humayun M., Campbell A.J.* Fe liquid segregation in deforming planetesimals: Coupling Core-Forming compositions with transport phenomena // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2005.

- V. 239. № 3-4. P. 185-202.
- Seagle Ch.T., Campbell A.J., Heinz D.L. et al.* Thermal equation of state of Fe₃S and implications for sulfur in Earth's core // *J. Geophys. Res. B.* 2006. V. 111. № 6. P. B06209/1-B06209/7.
- Shirai Toshimichi, Fukushima Toshio, Malkin Z.* Detection of phase disturbances of free core nutation of the Earth and their concurrence with geomagnetic jerks // *Earth, Planets and Space.* 2005. V. 57. № 2. P. 151-155.
- Simmons N.A., Forte A.M., Grand St.P.* Thermochemical structure and dynamics of the African superplume // *Geophys. Res. Lett.* 2007. V. 34. № 2. P. L02301/1-L02301/5.
- Sleq N.H.* Mantle plumes from top to bottom // *Earth-Sci. Rev.* 2006. V. 77. № 4. P. 231-271.
- Soldati G., Boschi L.* The resolution of whole Earth seismic tomographic models // *Geophys. J. Int.* 2005. V. 161. № 1. P. 143-153.
- Stevenson D.J.C.* Styles of mantle convection and their influence on planetary evolution // *Geosci. Acad. Sci., Paris.* 2003. V. 335. № 1. P. 99-111.
- Tolstikhin I., Hofmann A. W.* Early crust on top of the Earth's core // *Phys. Earth Planet. Inter.* 2005. V. 148. № 2-4. P. 109-130.
- Trieloff M., Kunz J.* Isotope systematics of noble gases in the Earth's mantle: possible sources of primordial isotopes and implications for mantle structure // *Phys. Earth and Planet. Inter.* 2005. V. 148. № 1. P. 13-38.
- Trubitsyn V., Kaban M., Mooney W. et al.* Simulation of active tectonic processes for a convecting mantle with moving continents // *Geophys. J. Int.* 2006. V. 164. № 3. P. 611-623.
- Xie Hong-sen, Hou Wei, Zhou Wen-ge.* Содержание воды в мантии Земли // *Dixue gianyuan=Earth Sci Front.* 2005. V. 12. № 1. P. 55-60 (кит.).
- Valley J.W., Lackey J.S., Cavosie A J. et al.* 4.4 billion years of crustal maturation: oxygen isotope ratios of magmatic zircon // *Gontrib. Mineral. and Petrol.* 2005. V. 150. № 6. P. 561-580.
- Vanyo J.P.* Core—mantle relative motion and coupling // *Geophys. J. Int.* 2004. V. 158. № 2. P. 470-478.
- Wolbern I., Jacob A. W.B., Blake T. A. et al.* Deep origin of the Hawaiian tilted plume conduit derived from receiver functions // *Geophys. J. Int.* 2006. V. 166. № 2. P. 767-781.
- Wood B.J., Halliday A.N.* Cooling of the Earth and core formation after the giant impact // *Nature (Gr. Brit.).* 2005. V. 437. № 7063. P. 1345-1348.
- Wood B.J., Walter M. J., Wade J.* Accretion of the Earth and segregation of its core // *Nature (Gr. Brit.).* 2006. V. 441. № 7095. P. 825-833.
- Zhan X., Zhu R., Liao X.* On thermal interaction between the Earth's core and mantle: An annular channel model // *Phys. Earth and Planet. Inter.* 2006. V. 159. № 1-2. P. 96-108.
- Zhong Shijie.* Dynamics of thermal plumes in three-dimensional isoviscous thermal convection // *Geophys. J. Int.* 2005. V. 162. № 1. P. 289-300.
- Yang Yingjie, Forsyth D.W.* Rayleigh wave phase velocities, small-scale convection, and azimuthal anisotropy beneath southern California // *J. Geophys. Res. B.* 2006. V. 111. № 7. P. B07306/1-B07306/21.
- Yue Zong-yu, Liu Jian-Zhong, Wu Gan-guo, Ouyang Zi-yuan.* Первичная неоднородность Земли и происхождение суперкрупных рудных месторождений. *Kuangwu yanshi diqiu huaxue tongbao* // *Bull. Mineral. Petrol, and Geochem.* 2005. V. 24. № 4. P. 357-362. Кит.

**THE SURVEY OF PRESENTATION FOR GENERAL GEODINAMIC DIRECTIONS
OF THE MODERN GEOLOGY SCIENCE IN THE INFORMATION CONTEXT
OF THE RUSSIAN MAIN PROMOTIONAL SCIENTIFIC PUBLICATIONS (2006-2007 гг.)
(Part 1)**

A.Yu. Antonov

*Vinogradov Institute of Geochemistry, Siberian Branch RAS,
Irkutsk, 664033, Russia; e-mail: anant@igc.irk.ru*

The review and critical analysis of such important sections of geology as cosmology and planetology as well as, now models of the Earth origin and evolution and main principles of deep thermo-chemical plums conception are given using the data published in 2006-2007 in Russian cited journal.