ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
им. М.В. ЛОМОНОСОВА
ИНСТИТУТ ВУЛКАНОЛОГИИ И СЕЙСМОЛОГИИ

ДВО РАН

РОТАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ГЕОЛОГИИ И ФИЗИКЕ

Москва
2007

Ротационные процессы в геологии и физике / Отв. ред. Е.Е. Милановский. М.: КомКнига, 2007. 528 с.

В книге представлены оригинальные работы геологов, физиков, географов, геодезистов и астрономов различных научных центров России: Москвы, Петропавловска-Камчатского, Владивостока, Томска и других городов, а также Польши и Болгарии по широкому кругу ротационных, вихревых и волновых движений. Такие движения предлагается заложить в основу новой геолого-физической парадигмы – ротационной геодинамики.

Книга рекомендуется самому широкому кругу читателей: от студентов-естественников до научных сотрудников разного уровня, интересующихся закономерностями и особенностями строения и эволюции Земли, планет и Вселенной.

Материя, *развертывающая* то, что содержит в себе *свернутым*, должна быть названа божественной вещью и наилучшей родительницей, прародительницей и матерью естественных вещей, а также всей природой в субстанции.

Джордано Бруно (1545–1600). Цит. по В.В. Лункевичу «От Гераклита до Дарвина». М., 1960.

Возможным быть, – для вас довольно, чтобы быть, –
Ну, а ваш мир, – хоть он и блещет красотой, –
Но, коль угодно вам, слеплю и я такой.
Материи кусок… и я, сомнений нет,
Создам стихии все, животных, вихри, свет, –
Узнать бы только мне движения закон.

Вольтер (1694–1778). Стихотворение посвящено космогонии Р. Декарта и опубликовано в примечаниях к книге Р. Декарта (1596–1650) «De Monde» («Мир»). Перевод Г. Шпета.

Былое не утратилось в настоящем, не заменилось им, а исполнилось в нем.… Чтобы понять современное состояние мысли, вернейший путь – вспомнить, как человечество дошло до него, вспомнить всю морфологию мышления.

А.И. Герцен (1812–1870). Письма об изучении природы (ПСС. Т. 1. М., 1948).

ПРЕДИСЛОВИЕ

Природная катастрофа в Индийском океане 26 декабря 2004 года, причинившая многотриллионный материальный ущерб и унесшая несколько сотен тысяч человеческих жизней, потрясла не только районы своего прямого воздействия на территориях и акваториях Юго-Восточной Азии, но и весь цивилизованный мир, заставив по-новому взглянуть на проблему опасности для жизни населения планеты в результате страшных «прихотей» природы.

Краткие комментарии специалистов, промелькнувшие в СМИ, оставили впечатление отрывочности и недосказанности относительно, в первую очередь, закономерности произошедшего события именно для

данного места и, что еще более важно, возможности его прогнозирования. Декабрьская трагедия 2004 г. свидетельствует: разработанные в XX веке методы долгосрочного, среднесрочного и краткосрочного прогноза так и не смогли обеспечить решение задачи безопасности цивилизованного общества начала XXI века даже в минимально необходимом объёме. Настало время кардинально изменить стратегию подхода к изучению и прогнозу катастрофических явлений как эндогенных, так и экзогенных, регулярно потрясающих нашу планету.

И здесь научному сообществу следовало бы сосредоточиться на более активном и всестороннем изучении не только особенностей и закономерностей внутреннего развития Земли как таковой, но и эволюции Земли как планетного тела и, что еще более важно, – Земли как части Вселенной. Именно к подобному подходу в изучении Земли призывал еще в начале 80-х годов прошлого века вице-президент Академии наук СССР академик А.Л. Яншин.

При таком глобальном подходе исследователи обязательно столкнутся с одним из фундаментальных космических факторов, благодаря которому зародилась наша планета, и, опять же, «благодаря» которому она может быть подвергнута катаклизмам с трудно предсказуемыми последствиями.

Речь идёт о сложнейшем комплексе вращательных движений, совершаемых нашей планетой, которая, во-первых, вращается вокруг своей оси с линейной скоростью на экваторе 465 м/с, во-вторых, обращается вокруг Солнца со скоростью более чем на порядок большей – около 30 км/с, в-третьих, совместно с Солнцем и другими планетами Солнечной системы движется вокруг центра Галактики с еще большей на порядок средней скоростью – 270 км/с. И все эти ротационные движения находят свое отражение в геологических процессах.

Цикличность происходящих на Земле глобальных процессов с характерными периодами 10^7–10^9 лет – важнейшее научное положение современной геологии. Впервые идея повторяемости глобальных циклов развития Земли была высказана Д. Геттоном в конце XVIII столетия. В XIX и начале XX веков ее активно пропагандировали Э. Ог, М. Бертран, Э. Зюсс и Г. Штилле, а позднее учение о циклах получило развитие в работах и многих других геологов. Благодаря их исследованиям, сам факт существования таких циклов сегодня уже не является предметом споров специалистов, и основной акцент в проблеме сместился от их выявления и доказательства к вопросам о природе самой цикличности и причинах, ее вызывающих.

Надо ли говорить, что любые отклонения, связанные с торможением или, наоборот, с ускорением, в такой сложной ротационной системе, в сочетании с огромной массой Земли, могут привести к самым непредсказуемым последствиям. В том числе – к катастрофическим

геодинамическим процессам и явлениям, включая разрушение Земли как планеты, подобно тому, как это, вероятно, произошло около 4 млрд лет тому назад с планетой Фаэтон, которая располагалась между Марсом и Юпитером и продукты разрушения которой в настоящее время представлены поясом астероидов.

Изучение влияния ротации Земли на процессы, связанные с развитием внутренней или, как говорят геологи, глубинной ее структуры, имеет многовековую историю. Еще отцы–основатели европейской геологии Дж. Геттон, Дж. Плейфер, Ч. Лайель и астроном У. Гершель, с вращением Земли связывали дифференциацию ее ядра и коры. Русский естествоиспытатель Евграф Быханов в работах 1877 и 1894 гг. связывал горообразование с замедлением вращения нашей планеты. Существование возможной связи между деформацией земной коры и ротационными силами планеты отмечали А.П. Карпинский, Д.И. Мушкетов, Н.С. Шатский, Б.Л. Личков, А.Л. Яншин, В.Е. Хаин и другие, отечественные и зарубежные учёные.

Под ротационными силами понимают комплекс явлений, обусловленных вращением Земли. Кроме очевидной полюсобежной силы Этвеша, можно напомнить о силах, связанных с вековым замедлением вращения и спорадическими изменениями продолжительности суток под влиянием геофизических эффектов, таких как атмосферные приливы, вулканические извержения, землетрясения и др. Сюда же следует отнести и отмеченное Д.И. Мушкетовым динамическое противоречие между формами сфероида и геоида. П.С. Воронов объяснял наличие систем протяжённых линеаментов литосферы «усталостью» её материала, появляющейся в результате многочисленных деформаций, связанных с приливными волнами и флуктуациями угловой скорости вращения планеты.

Известен целый ряд геофизических феноменов, зональные или аксиальные признаки которых заставляют связывать их именно с ротацией. Так, атмосфера всех достаточно изученных планет обладает избыточным угловым моментом прямого направления. Независимо от уровня получаемой солнечной радиации и отражательной способности подстилающей поверхности, атмосфера планет в экваториальной зоне циркулирует в направлении вращения планеты, опережая её поверхность. На планетах–гигантах устойчивые экваториальные течения и вихри обнаруживаются визуально, например, Большое Красное Пятно Юпитера, которое непрерывно наблюдается вот уже на протяжении около 300 лет, со времен Галилея, в 1609 г. впервые сконструировавшего телескоп.

Для мирового океана характерны такого же рода зональные циркуляции, которые на низких и высоких широтах происходят в противоположных направлениях. Примерами могут служить

антициклонический дрейф льдов в Северном ледовитом океане и обратное течение вокруг Антарктиды.

Ротационные эффекты проявляются и в структурной эволюции, как отдельных платформ, так и геологического облика Земли в целом. Известны многочисленные примеры зональных движений в земной коре. Среди них – широтное простирание молодых трансформных разломов, языки мантийного субстрата восточного простирания в Тихом океане, восточная выпуклость большинства островных дуг – так называемое «закручивание поверхности Земли».

Тектонисты, исследующие глобальные и региональные деформации в земной коре, описали многочисленные примеры вихревых движений, которые, по-видимому, следует связывать именно с вращением планеты.

Более того, было установлено, что «жидкие» и «твердые» внутренние оболочки Земли, атмосфера и мировой океан представляют собой единую систему, компоненты которой совершают согласованные колебания, тем или иным образом влияя друг на друга. Такие колебания проявляются в виде движения полюсов Земли, эффектов Эль Ниньо и Ла Ниньо в океане, Южного колебания масс воздуха в субтропической зоне южного полушария между Тихим и Индийским океанами и двухлетней цикличности всей атмосферы планеты.

Однако только в течение последних двух десятков лет в результате усилий отечественных и зарубежных ученых большое количество данных из разряда «экзотических» начало переходить в разряд реально существующих явлений и настойчиво требовать своего адекватного решения. Оказалось, что единственным звеном, связывающим между собой эти, на первый взгляд, разные явления, являются вращательные движения.

Накопленные данные позволяют предположить, что ротационные (вращательные) процессы, пульсационные и волновые движения и вихревые структуры играют в истории Земли важнейшую роль: как созидательную (конструктивную), в результате чего около 5 миллиардов лет тому назад наша планета образовалась из некоего протопланетного облака, так и разрушительную (деструктивную), следствием которых, особенно на стадии образования ядра Земли, явилось нарушение ее структуры многочисленными разломами, разрывами и трещинами, многие из которых впоследствии как бы законсервировались, но при этом оказались способными в любой момент вновь «оживляться», активизироваться и приносить жителям Земли неожиданные и малоприятные «сюрпризы» в виде тех или иных катастрофических явлений.

В настоящее время можно составить большой список недостаточно изученных геологических, геофизических и физических явлений,

наблюдаемых в атмосфере, гидросфере и литосфере Земли и феноменологически явно связанных с ротацией. Многие из явлений этого списка обсуждаются в статьях настоящего сборника. О природе этих явлений известно пока ещё очень мало, но их характерные признаки заставляют ряд исследователей искать их причины именно в ротации – во вращательных или вихревых движениях.

Ярким примером явления, предположительно обладающего малоизученной пока связью с ротацией, может служить геомагнетизм. Для космических объектов большого масштаба – от звёзд и их скоплений до спутников планет – установлено существование пропорциональной зависимости между магнитным и механическим моментами, что позволяет напряженность магнитного поля нашей планеты связать с величиной ее угловой скорости вращения.

В целом, в настоящее время стала очевидной недостаточная изученность роли вращения планет в зарождении и эволюции самых различных геофизических и геологических процессов, а возможно, и происхождении жизни на Земле. Неудовлетворительное состояние данного вопроса имеет как исторические, так и методологические причины.

В качестве одной из них следует считать концепцию тектоники плит, которая, будучи, особенно на первых порах, чрезвычайно привлекательной, «оттянула» на себя значительные исследовательские силы.

Что касается методологических причин, то две из них имеют фундаментальный научный характер. Во-первых, история геологии располагает убедительными фактами, важными и необходимыми для познания обратимости и необратимости, цикличности и направленности протекающих на Земле процессов. Решение этих проблем имеет значение не только для геологии, но и для естествознания в целом. Абсолютная шкала геологического времени оказалась очень важной и для астрономов, так как существенно прояснила вопрос, связанный с галактической орбитой Солнца. О важности союза между геологами и астрономами писал академик Д.В. Наливкин: «Земля является частью Вселенной и поэтому крупные события, происходившие в Солнечной системе и Галактике, влияли на ее развитие и строение. Масштаб геологического времени близок к масштабу Вселенной. Геологи владеют летописью, в которой записаны события истории Земли, а также и Вселенной. Поэтому астрономы иногда обращаются к ним за справками. Жаль, что это бывает нечасто». Проблемы времени в геологии и звездной астрономии во многом идентичны; решать их надо совместными усилиями геологов и физиков.

Во-вторых, все космические объекты Вселенной, равно как и другие тела и частицы макро- и микромира, обладают угловым моментом. И в то же время, в современной физике, в том числе физике звезд, планет и астрономии, не осознан тот факт, согласно которому вращение представляет собой движение особого качества, не сводимое к трансляционному (поступательному) движению. И в физике, и в тектонике вращение принято интерпретировать как частный случай поступательного движения.

Иная точка зрения принята в теоретической механике. Ещё в 1771 г. Л. Эйлер установил, что уравнение баланса количества движения и уравнение баланса углового момента – суть независимые законы механики. Это означало принципиальную неполноту ньютоновой механики, которую, впрочем, осознавал и сам Ньютон. Только после Эйлера в механике стал возможным количественный анализ движения реальных протяжённых тел. Более того, формализм уравнения углового момента позволяет поступательное движение рассматривать как частный случай вращения. Данное обстоятельство представляется чрезвычайно важным при рассмотрении онтологии движения.

Таким образом, исследование «под одной обложкой» и геологических, и физических аспектов вращения Земли представляет не только геодинамический интерес, но и актуально с общенаучной точки зрения. Весьма вероятно, что геодинамические и геофизические феномены, связанные с ротацией Земли, представляют собой частные проявления фундаментальных процессов, сопровождающих вращение тела вообще.

В свете сказанного, становится очевидной недостаточная изученность роли вращения планеты в геофизических и геологических процессах. Это обстоятельство и побудило нас к изданию настоящего сборника, который можно рассматривать как коллективную монографию геологов и физиков, занимающихся в течение многих лет проблемами ротогенеза в самых различных его проявлениях. В этой связи, проблемы, обсуждаемые в настоящем сборнике, приобретают общетеоретическое естественно научное, а потому и парадигмальное значение.

Первый такого рода тематический сборник «Вихри в геологических процессах» вышел в свет на Камчатке в 2004 г. Представленная вниманию читателей книга продолжает тематику «молодого» ротационного вихревого направления в геодинамике.

Е. Е. Милановский – академик РАН,
профессор Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова;

А.В. Викулин – д. ф. – м. н., гл. н. с. ИВиС ДВО РАН,
профессор КамГУ им. Витуса Беринга.

ЧАСТЬ 1. ВИХРИ, ВСЕЛЕННАЯ, ЖИЗНЬ

По прочтении Ж. Кювье

Жизнь – это вихрь… то медленный, то быстрый,
То сложный, то простой…, но цель его – увлечь
Тебя – вперед и вверх, и выше – к Солнцу близко,
И еще дальше – с жарких Солнца плеч…

УДК: 551.24

РОТАЦИОННАЯ ТЕКТОНИКА: ПРЕДЫСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

В.Е. Хаин[1], А.И. Полетаев[2]
[1]*Институт литосферы РАН, Москва*
[2]*Геологический факультет МГУ, Москва*

Аннотация. Показана полифоничность мнений о роли ротационного фактора не только в образовании Земли и планет земной группы, не только в «*организации*» атмосферных, гидросферных, но и литосферных процессов Земли.

Предложено рассматривать ротационные процессы, явления и объекты, наблюдающиеся в литосфере Земли, в рамках специально выделенной ветви современной геологической науки – ротационной тектоники.

Сделана попытка рассмотрения не только предыстории и современного состояния ротационной тектоники, но и возможных перспектив её развития.

***

Ротационные (вращательные, вихревые или, как их называют физики, торсионные) процессы известны, как минимум, со времен Древней Греции. Историки науки сообщают, что уже в 372 году до н.э. «*Гераклит заметил, что ночное движение звёзд можно объяснить не только обращением небес вокруг Земли, но и вращением Земли вокруг её оси при неподвижных звёздах*» [Смирнов, 2001, с. 320].

Но должно было пройти почти 2000 лет, прежде чем И. Кеплер (1571–1630) и Р. Декарт (1596–1650) стали рассматривать эти процессы как «*характерное свойство… Вселенной*» [Вихри…, с. 5].

Причём, настолько характерное, что впоследствии именно на базе вихревой космогонии была разработана небулярная гипотеза, известная ныне под именами И. Канта (1724–1804) – П. Лапласа (1749–1827): при этом, по Канту (1755), Вселенная образовалась из мелких твёрдых частиц холодной материи, центры сгущения которой *затем* приобрели *вращательный* момент, а по Лапласу (1797), *сначала* существовала *вращающаяся* и сжимающаяся под влиянием силы тяжести газовая туманность с центром сгущения, из которого образовалось Солнце.

Применительно к Земле, эти процессы математически обоснованы иностранным членом Петербургской академии наук Л. Эйлером (1707–1783), упоминаются в работах члена – корреспондента Петербургской академии наук Дж. Дарвина (1879, 1898), А.И. Воейкова (1893); использовались Ф. Тейлором (1910) для объяснения смещения материков от полюсов к экватору, а А. Вегенером (1912) – для смещения их к западу.

Интересно отметить, что в 1876 году известный физик Кельвин посвятил ротационным процессам президентский адрес (*доклад*) перед Британской ассоциацией наук, а в 1888 году академик А.П. Карпинский указал на возможную связь распределения материков и их очертаний не только с внутренним строением, но и вращением Земли.

Л. Поккельс в 1911 году рассматривал «*изменение вращения Земли как геологический фактор*».

Михаил Боголепов в 1922, 1925 и 1928 гг. опубликовал на русском языке три статьи, а затем в 1930 г. на немецком – под названием *«Die Dehnung der Lithosphare» («Растяжение литосферы»)* в журнале «*Zeitschrift der geologischen Gesellschaft*»», *в которых он* «*предложил идею вековых зональных движений в мантии – вихреобразного процесса, создающего тягу снизу, направленного по часовой стрелке в южном полушарии и против часовой стрелки в северном и возбуждаемого радиоактивным нагревом*» [Кэри, 1991,с. 159].

В 1928 году китайский геолог Ли Сы-гуан впервые выделил и описал вихревые структуры в геологических разрезах в Китае. Это были преимущественно вихревые структуры с горизонтальной осью вращения.

В 1933 г. Д.И. Мушкетов полагал, что «*изменения скорости вращения Земли... несомненно, были реализованы в различные эпохи*».

В том же 1933 г. была опубликована работа группы японских сейсмологов во главе с С. Фуджихара [*Fujiwhara et al., 1933*], подготовленная на основе данных результатов повторных геодезических работ в 1884–1889 гг. и 1924–1925 гг. в районе залива Сагами на Тихоокеанском побережье о. Хонсю (*Япония*). На помещенной в этой работе схеме впервые было показано вращение крупного блока земной коры вокруг залива Сагами.

В 1937 году, в Трудах XVII сессии Международного геологического конгресса был опубликован доклад сотрудника Румынского геологического института Н. Арабю «*О деформации Земли*», в котором высказывалось мнение, что деформация планетных тел вызвана изменениями скорости их вращения.

Сведения об особенностях вращения Земли были приведены в нескольких сводках, например, в цикле работ Н.И. Парийского, опубликованных в 1945–1955 гг., в монографии У. Манка и Г. Макдональда, переведённой на русский язык в 1962 году, а о геологической роли ротационных сил и вихревых структур – в работах Р. Зондера (1956), Ли Сы-гуана (1958), Г.Н. Каттерфельда (1958, 1959), Б.Л. Личкова (1962, 1965), И.И. Чебаненко (1963), О.И. Слензака (1972), А. Шейдеггера (1987), П.С. Воронова (1968, 1993,1997), А.В. Долицкого (1968), В.С. Буртмана (1978), К.Ф. Тяпкина (1986), Д.И. Гарбара (1987), Ю.А. Косыгина, Л.А. Маслова (1989), Я.Г. Каца, В.В. Козлова, А.И. Полетаева (1990, 1991) и других исследователей.

Характерно, что изложенные в этих работах представления учеными СССР были встречены неоднозначно. В качестве примера можно привести отношение к идеям Ли Сы-гуана, которые он развивал в монографиях «*Геология Китая*» (1952) и «*Вихревые структуры Северо-Западного Китая*» (1958). Так, научный редактор последней монографии, переведенной у нас в 1958 году, профессор В.Н. Павлинов отметил, что: «*...На современной стадии развития геотектонических знаний пока невозможно безапелляционно решить вопрос о справедливости всех заключений автора в отношении причин и механизма формирования складчатых и разрывных структур, возникших в результате вращательных движений отдельных масс земной коры*» [Ли Сы-гуан, 1958, с.7]. И надо признать, что для того времени такое мнение В.Н. Павлинова было достаточно аргументированным.

Интересно, однако, что в том же 1958 году известный австралийский геолог У. Кэри предложил модель образования зоны раздвига – так называемого сфенохазма – Бискайского залива, с одной стороны, и зоны сжатия Пиренеев, с другой, в результате поворота Иберийского блока земной коры примерно на 35 градусов против часовой стрелки. Эта модель впоследствии получила полное подтверждение.

Б.Л. Личков (1888–1966), близкий друг В.И. Вернадского, с конца 20-х годов XX века впервые в отечественной геологической литературе начал рассматривать фактор изменения скорости вращения Земли как основной в тектогенезе, полагая, что «*главная энергия Земли – это энергия сил вращения Земли и именно на ней надо строить основные представления геологии, объясняющие генезис земных структур*». Впоследствии близкие взгляды развивал украинский тектонист В.Г. Бондарчук (1946, 1961).

В 1955 году академик Н.С. Шатский (1895–1960), рассматривая образование планетарной сетки разломов, конкретизировал структурообразующую роль ротационного фактора, связав образование этой «*сетки*» с напряжениями в земной коре и оболочке, возникавшими при изменении размера осевого сжатия Земли в результате изменения скорости вращения под влиянием приливных сил, оказывающих тормозящее действие.

Эти взгляды были восприняты многими исследователями, которые или поддерживали их, или развивали самостоятельно, а наиболее полное обоснование ротационная гипотеза получила в работах М.В. Стоваса (1905–1965), защитившего в 1951 году кандидатскую диссертацию «*К вопросу о критических параллелях земного эллипсоида*», а в 1961 – докторскую диссертацию «*Опыт математического анализа тектонических процессов, вызываемых изменениями фигуры Земли*».

Таким образом, рассматриваемый в этой статье вопрос имеет длительную и сложную историю.

***

Следует отметить, что учёным, не только принимавшим, но и развивавшим идеи воздействия ротационного фактора на различные геологические процессы, противостояли, и часто весьма активно, учёные, не принимавшие ротационный фактор всерьёз: и это противостояние принимало иногда очень острые дискуссионные формы.

Так, крупный немецкий геолог русского происхождения С.Н. Бубнов в начале 60-х годов XX века полагал, что в создании общей тектонической картины земной коры играли роль гравитационная дифференциация масс и вращение Земли. Последнее, по его мнению, содействовало возникновению первоначального раскалывания земной коры «*в смысле установки направлений тектонических линеаментов*». (Напоминаем нашим читателям, что понятие о *линеаментах* ввёл в 1904 году американский исследователь У.Г. Хоббс. Он подразумевал под ними практически любые линейные элементы рельефа; в настоящее время под линеаментами всё чаще понимаются границы или линии резкого изменения параметров географической среды, геологической структуры и геофизических полей, которые отражают разломы, разрывы, зоны трещиноватости, валы, флексуры и прочие линейные деформации и неоднородности Земли, выраженные в скрытой – латентной – форме. – Ред.).

Профессор геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова Н.И. Николаев (1906–2002) в монографии «*Неотектоника и ее выражение в структуре и рельефе территории СССР*», вышедшей в 1962 году, отмечал:

«*Как выяснено, величина приливного трения на Земле зависит от размеров площади морского мелководья... Увеличение площади мелководья, которое соответствует эпохам трансгрессий, неминуемо должно было привести к увеличению приливного трения и к замедлению вращения земли. Наоборот, сокращение площади мелководья, что соответствует регрессии морских бассейнов, увеличение площадей континентов должно было сократить величину приливного трения и, как следствие, привести к некоторому ускорению вращения земли.*

Таким образом, данные исторической геологии, палеогеографии указывают нам на возможные периодические изменения величины приливного трения в геологической истории Земли, и значит на изменение скорости ее вращения».

Н.И. Николаев считал, что: «...*Как следствие изменений во времени ротационного режима Земли (режима вращения вокруг оси), неизбежно должны возникать напряжения в земной коре и в мантии Земли. Это можно понять, если вспомнить, что форма Земли объяснялась именно вращением. При изменяющейся скорости вращения неминуемо должна изменяться и величина сплюснутости Земли и значит должны были*

периодически появляться напряжения в ее верхней оболочке. Именно с этими напряжениями и связывается образование планетарной сети тектонических швов, которые имеют определенную закономерную систему, выявляемую геологическими методами исследований, и которые отражаются на крупных и относительно мелких формах рельефа»

и заключал, что: «*...Интересную, но... одностороннюю разработку этого вопроса дал М.В. Стовас*» [Николаев, 1962, с. 305].

Совершенно другую точку зрения на страницах своей фундаментальной монографии «*Основные вопросы геотектоники*»**,** вышедшей, по иронии геологической судьбы, в том же году, высказал другой профессор Геологического факультета МГУ, член – корреспондент АН СССР В.В. Белоусов (1907–1990). Отметив, что «*За последние годы довольно широкой популярностью стали пользоваться взгляды, согласно которым многие, если не все, события внутренней истории Земли вызваны не столько внутренними силами, сколько внешними «космическими» воздействиями, со стороны Солнца, Луны или даже отдаленных звезд*» [Белоусов, 1962, с. 565], он пришёл к весьма жёсткому выводу: «*Подобные «астрогеологические» рассуждения* (имеется в виду работа М.В. Стоваса (1959), в которой в качестве тектонического фактора рассматривается замедление скорости вращения земного шара. – Ред.), *основанные на дилетантской оценке значения некоторых действительно существующих явлений, на придумывании других явлений, о существовании которых нет никаких свидетельств или которые даже заведомо невозможны с точки зрения элементарных положений современной науки, а также на небрежном тасовании некоторых случайно выхваченных и неправильно понятых геологических фактов, не заслуживали бы рассмотрения на страницах научной книги, если бы они не привлекали людей, не обладающих достаточным багажом специальных знаний, своей наукообразностью и кажущейся легкостью объяснения самых сложных явлений*» [Белоусов, 1962, с.567].

Между тем, уже в следующем, 1963 году, появилась статья П.Н. Кропоткина (позже – действительного члена АН СССР – Ред.) и Ю.А. Трапезникова «*Вариации угловой скорости вращения Земли, колебаний полюсов и скорости дрейфа геомагнитного поля, и их возможная связь с геотектоническими процессами*».

В том же году, в книге В.А. и А.А. Апродовых «*Движения земной коры и геологическое прошлое Подмосковья*», была опубликована схема перемещения «*овалов максимального прогибания*» палеоморей центральной части современной Восточно-Европейской платформы в течение рифея–ордовика «*в направлении против часовой стрелки*».

В начале 60-х годов в Геологическом институте Вюрцбургского университета (ФРГ) профессор Георг Кнеч (G. Knetsch, 1964), а в Институте геологических наук АН УССР группа исследователей под

руководством И.И. Чебаненко провели независимые эксперименты, подтвердившие влияние вращательной динамики Земли на формирование сетки её планетарных разломов [Чебаненко, 1963; Чебаненко, Федорин, 1983].

В 1966 году У. Вэллман обратил внимание на то, что наблюдаемый рисунок правых сдвигов, например, в районе Лутской глыбы Ирана, свидетельствует о вращении масс против часовой стрелки. Это связывалось им с наличием вихревой структуры контракционного происхождения [*Wellman*, 1966]. В конце 70-х–начале 80-х годов И.М. Сборщиков уже на основе конкретных геолого-съёмочных работ на территории Ирана пришёл к выводу, что «*...глыба Лут как бы проворачивается относительно своих соседей против часовой стрелки*».

В 1976 году А.В. Чекунов опубликовал данные о «*раздвигании и вращении блоков земной коры при формировании Днепровско-Донецкого авлакогена*» [Чекунов, 1976, с. 123].

В 1983 году В.И. Уломов обнародовал основные положения разработанной им вихревой сейсмогеодинамической модели Земли.

В конце 80-х годов А. Шейдеггер в разделе «*Вращение Земли*» книги «*Основы геодинамики*» указал на возможность деформации литосферы под влиянием векового замедления скорости вращения нашей планеты из-за приливного трения (например, в начале фанерозоя длительность суток равнялась только 20,5 ч., а затем постоянно замедлялась на 2 мс за 100 лет и дошла до современных 24 ч).

В 1989 году Е.С. Пржиялговский и А.К. Басанин опубликовали результаты моделирования механизма формирования структур вращения в зонах сдвига.

В 1991 году А.П. Бобряков, А.Ф. Ревуженко и Е.И. Шемякин (ныне – академик РАН) на основе экспериментального моделирования предположили, что дифференциальное вращение внутренних масс планеты может приводить, во-первых, к её разогреву, во-вторых, к образованию её магнитного поля.

В 1995 году в материалах 21-й Генеральной ассамблеи Международного союза геодезии и геофизики, проходившей в Колорадо, Н.Н. Сигачёва и А.Л. Шейнкман показали, что «*спиралевидно-скручивающее движение*» может рассматриваться как «*механизм самоорганизации геологического пространства*».

В работах М.З. Глуховского с соавторами в 1994 и 1998 гг., в которых рассматривался «горячий пояс ранней Земли», также придавалось большое значение ротационному фактору и показывалось, что «зарождение субэкваториального пояса мантийных плюмов ранней Земли и его эволюция были связаны с действием центробежной силы планеты, скорость вращения которой в докембрии была большей, чем в фанерозое» [Глуховский, 2005, с. 4].

В целом, в последние 15 – 20 лет XX века в геологической печати постоянно появлялись сообщения о различных структурах и движениях (поворотах), отличающихся временем *«зарождения»* и масштабом проявления, но объединяющихся ротационной природой: от локальной (не более 2 км в диаметре) Чолойской ротационной структуры, закартированной и изученной в Присонгкёльском районе Северного Тянь-Шаня М.Г. Ломизе и А.В. Авдониным в середине 80-х годов прошлого века, до установленного группой под руководством академика РАН А.Л. Книппера вращения в титонское время *«отщепов»* террейна Горного Крыма «*на 15 градусов против часовой стрелки – навстречу выступу Скифской плиты*»; от указаний В.Г. Трифонова с соавторами на очень молодое, возможно, плиоцен-четвертичное вращение «*восточного крыла северной части Левантской зоны по часовой стрелке»* [Трифонов и др., 1991, с.74] до описаний поворотов Восточно-Европейской платформы против часовой стрелки в ордовике (Н.В. Лубнина) и триасе (В.П. Апарин, И.И. Абрамовский, И.И. Капустин), Сибирской платформы – по часовой стрелке в триасе (М.Л. Баженов, А.А. Моссаковский) и юре и мелу (П.С. Воронов и А.Н. Храмов), а Омолонского массива, по отношению к Сибири, наоборот, против часовой стрелки (с конца юры до начала раннего мела) (Г.Е. Бондаренко, А.Н. Диденко).

Тем не менее, П.С. Воронов, рассматривая в 1997 году «*ротационные силы Земли как важнейший фактор развития её сдвиговой тектоники*», пришёл к неутешительному выводу: «*...если вкратце суммировать всё то, что говорилось раньше исследователями о роли ротационных сил Земли в определении её строения, то надо сказать, что признание важнейшей, основополагающей роли ротационных сил в развитии нашей планеты так и не стало ведущим в умах геологов*».

***

Характерно, что начало XXI века полностью дезавуировало этот вывод П.С. Воронова, так как оно ознаменовалось новым и, если так можно выразиться, более активным и всесторонним осмыслением роли и значения ротационных процессов в структурировании Земли.

В связи с этим напрашивается вывод о том, что накопительный период данных о проявленных в литосфере Земли разномасштабных ротационных эффектах, который длится, как минимум, со времён Чарльза Лайеля (1797–1875) и его предшественников, отцов–основателей европейской геологии – Джеймса Геттона (1726–1797), Джона Плейфера (1748–1819) и астронома Уильяма Гершеля (1738–1822), видевших причину расчленения коры и ядра Земли в её вращении, или замечательного отечественного исследователя Евграфа Быханова, который в работах 1877 и 1894 годов показал, что процесс горообразования может быть связан с вращением Земли, точнее – с его

замедлением, к началу XX1 века практически закончился и начался период анализа и синтеза накопленных фактов и данных

В 2000 году В.В. Адушкин, В.А. Ан и В.М. Овчинников, рассматривая *«структурные особенности внутреннего строения Земли по результатам сейсмических наблюдений за подземными ядерными взрывами»*, пришли к выводу о возможном наличии *«тонкого переходного слоя толщиной 2,2 км в основании жидкого ядра»*, что, по мнению этих исследователей, может являться *«проявлением дифференциального вращения внутреннего ядра»* [Адушкин, Ан, Овчинников, 2000, с. 3].

В этом же – 2000 году – одним из авторов настоящей статьи (А.И. Полетаевым – Ред.) была опубликована сдвигово-ротационная модель структурной эволюции Русской платформы; в том же году группа геологов Московского университета под руководством Э.Д. Ершова указала на возможность ротационных процессов, проявленных в структуре спутника Юпитера – Ганимеда [Ершов и др., 2000, с.37].

В следующем – 2001 году – А.И. Лобанов привёл данные о повороте (по часовой стрелке) напорных – моренных – гряд четвертичного возраста, изученных им в районе Ярославля, а В.М. Анохин и И.А. Одесский, на основе *«массовых замеров азимутов простираний линеаментов»* на территории всех континентов и на акваториях всех океанов, установили *«влияние ротационных сил на формирование сети планетарной трещиноватости»* [Анохин, Одесский, 2001, с.3].

Но самым показательным, если не сказать – знаковым, в этом смысле можно назвать XXXV Тектоническое совещание, состоявшееся – по многолетней традиции – на Геологическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова в 2002 году и посвящённое проблемам тектоники и геофизики литосферы.

Дело в том, что в 30 докладах из 220, представленных на совещании, т.е. практически в каждом седьмом сообщении, авторы в той или иной мере касались теоретических, планетарных или региональных проблем ротогенеза, то есть происхождения, эволюции и геологической роли тех или иных ротационных процессов или объектов.

Так, в докладе члена – корреспондента РАН Ю.Н. Авсюка и З.П. Светлановой было показано, что «*Даже незначительное изменение параметров осевого вращения и орбитального движения Земли вокруг центра масс Земля–Луна (барицентра) не следует оставлять без обсуждения»* [Тектоника и геофизика…, 2002, т.1, с. 12], в докладе М.А. Гончарова демонстрировалось, что *«...ротационные приливные силы не только могут быть причиной западного дрейфа континентов..., но и «по правилу буравчика» вызывать восходящий поток вещества мантии*

под Южным полюсом и нисходящий – под Северным» [там же, с. 129], а в докладе А.И. Полетаева была рассмотрена *«сдвигово-ротационная мотивация структурной эволюции Земли»* [там же, т. II, с. 104] в целом.

В докладах, содержащих результаты региональных исследований, рассматривалось значение ротационного фактора при образовании и развитии рифтовых структур Восточно-Европейской и Сибирской платформ, при взаимных движениях блоков земной коры и при эволюции некоторых морей: Южно-Китайского [Е.А.Константиновская], Японского [В.П. Филатьев] и Лаптевых [Э.В. Шипилов].

Н.П. Чамов и В.В. Костылева, на основе синтеза геологических и геофизических данных, пришли к выводу, что раскрытие палеорифтовой системы Среднерусского авлакогена *«могло быть инициировано... вращением блоков Балтийского (и Сарматского?) по часовой и Волго-Уральского – против часовой стрелки»* [там же, с. 297].

Движения разномасштабных блоков земной коры на разных стадиях ее развития – от палеопротерозойского до современного – также зачастую обусловлены ротационными факторами: по данным С.Ю. Колодяжного, развитие Карельского массива *«... в палеопротерозое предопределялось действием ряда факторов»,* в том числе и ротационными силами, связанными *«... с вихревым характером восходящего плюма»* [там же, т. I, с. 256]; по данным А.И. Некрасова и И.И. Поспелова, отсутствие скучивания и утолщения земной коры в Верхояно-Колымской складчатой области *«может быть обусловлено не столкновением, а вращением (по системе дискордантных трансформных разломов) Колымо-Омолонского массива по отношению к Сибирскому континенту...»* [там же, т. II, с. 46].

Несколько докладов XXXV Тектонического совещания было посвящено результатам изучения влияния ротационного режима Земли на новейшую и современную геодинамику Юго-Западной Африки и других регионов.

Судя по материалам указанного совещания, ротационные эффекты (или эффекты тектонического вращения) в литосфере Земли были *«опознаны»* и исследованы в самых различных регионах: от Кольского полуострова (на севере) до юго-западной Африки (на юге), от центра Русской плиты (на западе) до Сахалина (на востоке), а «возраст» отложений, в которых были зафиксированы *«следы»* вращательных движений, колеблется от докембрийского до современного. Причина же образования вихревых тектонических движений кроется, по мнению В.А. Дубровского и В.Н. Сергеева, в *«достаточно быстром развитии неустойчивости в системе литосфера – астеносфера»* [там же, т. I, с. 184].

Дальнейшее развитие ротационные представления нашли в публикациях, появившихся в последующие за XXXV Тектоническим совещанием годы [Вержбицкий, Кононов, 2003; Веселовский, Галле,

Павлов, 2003; Мельников, 2003 и другие], и, в той или иной мере, освещающие роль и значение ротационного фактора в эволюции различных регионов Земли, демонстрируя тем самым перспективность и плодотворность таких исследований, вносящих существенный вклад в познание геотектоники и геодинамики и зачастую приводящих, особенно при изучении так называемых *хорошо изученных территорий*, к весьма неожиданным результатам.

Характерно, что в энциклопедии *«Астрогеологи и планетологи СССР»*, изданной в Санкт-Петербурге в 2003 году, отмечено, что изучение ротационного фактора развития Земли и других планет ведётся в рамках планетарной геологии, являющейся, в свою очередь, важным разделом планетологии; а Н.И. Павленкова – одна из учениц В.В. Белоусова, когда-то категорически выступавшего против ротационных представлений, в 2004 году опубликовала *«ротационную флюидную модель глобальной тектоники»* [Павленкова, 2004, с. 66].

Особую роль в смысле продвижения ротационных представлений в сферу обсуждения научного геологического сообщества сыграли семинар *«Вихри в геологических процессах»*, прошедший 25 марта 2003 года в Петропавловске-Камчатском при поддержке Камчатской региональной ассоциации *«Учебно-научный центр»* (КРАУНЦ), и издание в 2004 году – по решению этого семинара – коллективной монографии *«Вихри в геологических процессах»* [Вихри…, 2004], в которой показана важная составляющая вихревых движений в эволюции Вселенной, динамике атмосферы и Мирового океана, в геодинамике и волновой (квантовой) тектонике, в развитии сейсмичности и вулканизма, геотермии и электромагнетизме.

Последующие публикации в ведущих отечественных изданиях только подтвердили нарастающий интерес к ротационной проблеме.

Так, в журнале *«Геотектоника»* в 2004 году сотрудник Объединённого института физики Земли РАН Ю.А. Морозов, рассмотрев *«цикличность кинематических инверсий в подвижных поясах в свете лунно-земных связей»*, пришёл к выводу, что с вращением Земли *«можно связывать системно–упорядоченное и симметричное, относительно экватора и меридионально–широтной сетки, расположение линейных поясов, а также выявленный факт устойчивого разворота векторов внешнего силового воздействия на пояс против часовой стрелки»* [Морозов, 2004, с. 45].

В этом же году И.А. Одесский опубликовал небольшую брошюру, в которой рассмотрел *«ротационно-пульсационный режим Земли»*.

В 2005 году в *«Докладах академии наук»* Е.Г. Мирлин (Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского), М.В. Кононов (Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской Академии наук) и Н.М. Сущевская (Институт геохимии и аналитической

химии им. В.И. Вернадского Российской Академии наук) пришли к выводу, что природа *«ряда хорошо известных геодинамических феноменов, относящихся к строению и развитию океанской литосферы»,* например, спрединговых систем и вулканизма, *«может быть истолкована именно с позиций вихревого движения»*, а выявленные вихревые системы, в свою очередь, *«представляют собой проявление в относительно хрупкой литосфере субгоризонтальных конвекционных вихрей, развивающихся в относительно пластичном слое верхней мантии»* [Мирлин, Кононов, Сущевская, 2005, с. 509].

В том же – 2005 – году в *«Геотектонике»* сотрудник Геологического института РАН М.З. Глуховский привёл очень аргументированные данные *«о существенном влиянии сил осевого вращения Земли и планет земной группы* (Марса и Венеры – В.Х, А.П.) *на пространственное положение и структуру гигантских радиальных роев мафических даек и систем разломов докембрия, связанных с мантийными плюмами»* [Глуховский, 2005, с. 17].

В этом смысле весьма показательны данные об общих закономерностях распространения поясов гряд на поверхности Венеры, которые привела Е.В. Пивченкова – аспирант кафедры динамической геологии Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова в апреле 2006 года на XIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных *«ЛОМОНОСОВ»:* устойчивое диагональное отклонение субмеридионально ориентированных гряд, наблюдаемое в южноэкваториальной зоне этой планеты, может быть объяснено именно за счёт вращения Венеры.

В монографии О.Б. Гинтова *«Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины»*, изданной в Киеве в 2005 году, хотя и оговаривается, что *«в мезо – кайнозое Крымский п–ов не испытывал значительных поворотов по отношению к сферической системе координат современной Земли»,* тем не менее, показывается, что палеореконструкция структуры западной части Горного Крыма (по модели, предложенной В.В. Гончаром) должна учитывать левосторонний, то есть против часовой стрелки, разворот карбонатных верхнеюрских пород на угол, равный в среднем 45 градусам, что в целом подтвердило выводы, сделанные ранее А.Л. Книппером и его соавторами.

Исходя из приведенных данных, можно заключить, что исследования последних лет окончательно сняли с ротационной проблемы налет экзотичности и экстравагантности, в которых ее иногда упрекали некоторые геологи и тектонисты, и перевели ее из разряда так называемых *«неочевидных»* проблем в разряд реально существующих и далеко не простых задач, стоящих перед современной геологией, геотектоникой и геодинамикой.

Примечательно, что к выявлению и изучению различных ротационных структур всё чаще привлекаются сейсмические данные и данные GPS, материалы дистанционного зондирования и тектонофизическое моделирование, а в арсенале методов, с помощью которых в настоящее время выявляются и изучаются ротационные эффекты, могут быть названы: геологическое картирование, палеомагнитный и линеаментный анализы, а также анализ структурных рисунков.

Так, например, в конце 90-х годов с помощью линеаментного анализа геологами Московского университета А.В. Авдониным, Ф.С. Котовым и А.И. Полетаевым были выделены так называемые *девиантные (от лат. dewiatio – отклонение)*, то есть закономерно отклоняющиеся от нормальных простираний, линейные структуры, позволившие выявить проявления вращательных тектонических движений Присонгкёльского района Северного Тянь-Шаня, Восточно-Европейской платформы и Прибрежного района Сирии.

Сопоставление же схемы ротационных поворотов Восточно-Европейской и Сибирской платформ со схемой приливной эволюции системы Земля – Луна, разработанной членом – корреспондентом РАН Ю.Н. Авсюком, достаточно убедительно и наглядно продемонстрировало, что ротационные повороты крупных блоков земной коры могут быть, скорее всего, связаны с развитием именно этой системы.

Поскольку перечисленные выше методы являются независимыми, применёнными разными исследователями и в разное время, достоверность полученных с их помощью результатов не может вызывать сомнений.

Не вызывает сомнений и то, что процессы тектонического вращения, как показали тектонофизические исследования А.В. Лукьянова, М.А. Гончарова и других, являются важнейшей составной частью такого процесса как тектоническое течение, так как оно – *«тектоническое течение, состоит из трёх компонентов – поступательного движения, вращения и деформации элементарных объёмов геологической сплошной среды»* [Гончаров, Талицкий, Фролова, 2005, с. 29].

***

Огромный фактический материал, накопленный к настоящему времени по обсуждаемой проблеме, вероятно, заслуживает того, чтобы комплекс структур, обязанных своим происхождением ротационному фактору, стал рассматриваться в рамках специально выделенной р о т а ц и о н н о й тектоники.

Это, безусловно, способствовало бы созданию более достоверной теоретической *«картины»* развития тектонических и геодинамических режимов от ранних этапов *«жизни»* Земли до настоящего времени, а это,

в свою очередь, могло бы значительно оптимизировать проведение современных прикладных геологических исследований: от крайне необходимого прогноза различных катастрофических природных явлений – землетрясений, цунами, вулканических извержений и других, до не менее необходимого и, главное, целенаправленного поиска месторождений полезных ископаемых – нефтяных, газовых и прочих.

Кто-то может сказать, что в современной геологии уже есть хорошо разработанная теория литосферных плит, которая неплохо себя зарекомендовала и в геологической практике.

Но в том-то и дело, что данные о роли ротационных (вращательных) процессов в тектонической эволюции Земли не только абсолютно не противоречат представлениям новой глобальной тектоники, но и существенно дополняют их, так как по определению базируются на той же теореме академика Леонарда Эйлера (1707–1783), сформулированной и доказанной им в 1777 году.

Тем более, что, по мнению одного из авторов настоящей статьи (В.Е. Хаина – Ред.): *«Два аспекта глобальной геодинамики, оставшиеся за рамками тектоники плит, ныне начинают привлекать внимание, но еще далеки от полного освещения – это вопрос о роли ротационного фактора в геодинамике, т.е. роли осевого вращения Земли и изменений его скорости, и вопрос о влиянии на геодинамику процессов в окружающем нашу планету Космосе, в первую очередь, в системе Земля – Луна – Солнце, а также нашей Галактики»* [Тектоника и геофизика…, т. 11, с. 280].

И это, несмотря на то, что ещё в 1999 году А. Смит и Ч. Льюис предложили наиболее разработанную модель кинематики литосферных плит с учётом ротационного фактора, после внимательного ознакомления с которой В.Е. Хаин в 2002 году ещё раз высказался в пользу того, что *«в подлинно глобальной и полной геодинамической модели учёт ротационного фактора обязателен»* [Хаин, 2002, с. 59].

Разумеется, *проблема взаимоотношений ротационных процессов и динамики литосферных* плит ещё очень далека от её разрешения, но уже сейчас имеются весьма любопытные построения.

Например, А.С. Балуев и недавно ушедший из жизни В.М. Моралёв опубликовали в 2001 году схему движения континента Балтики по поверхности Земли, которая чётко демонстрирует, что *«при перемещении от полюсов к экватору литосферная плита вращалась против часовой стрелки, от экватора к полюсам – по часовой стрелке».* Авторы предположили, что это, возможно, *«связано с вращением Земли, вызывающим неравномерное дополнительное воздействие ротационных сил на литосферные плиты при их перемещении в субмеридиональном направлении».* Во всяком случае, они считают, *«что такая особенность*

движений ВЕП (Восточно-Европейской платформы – Ред.) *отразилась в последовательном изменении роли геодинамических факторов, контролировавших развитие внутриплитного рифтогенеза и размещение проявлений магматизма»* [Балуев, Моралёв, 2001, с. 27 –28].

Несколько позже А.В. Викулин и Т.Ю. Тверитинова показали, что «*Игнорирование эффектов, связанных с вращением Земли, приводит к «пропуску» нелинейных сейсмотектонических решений ротационного типа при решении задач тектоники литосферных плит*» [Викулин, Тверитинова, 2005, с. 16], а Е.Г. Мирлин указал, что настало время переоценить роль «*литосферы как твёрдой и хрупкой оболочки, поскольку это не отвечает представлениям о текучести среды и о разноранговых вихревых движениях в «твёрдых» оболочках*» [Мирлин, 2006, с. 58], и предположил, что дальнейшее изучение природы вихревых движений приведёт к появлению «*будущей концепции, которая в настоящее время идёт на смену тектонике плит*» [там же, с. 43].

Столь же далека от разрешения ещё более кардинальная *проблема приоритета в эволюции Земли ротационных, т.е. экзогенных (внешних, космических), и собственно тектоногенных, т.е. эндогенных (внутренних, земных) сил.*

Вероятно, следует назвать и ещё одну проблему, которую нельзя отнести к неразрешённым, хотя бы потому, что она ещё никем и никогда не ставилась.

Речь идёт об основных этапах глобальной тектоники и моделях, с помощью которых они могут быть описаны, каковые недавно предложил член-корреспондент РАН В.П. Трубицын.

Процессы длительностью от микросекунд до десятков тысяч лет могут быть описаны, по представлениям этого исследователя, *«геофизической моделью упругой Земли с вязкой релаксацией»*; длительностью от тысяч до ста миллионов лет – *«классической моделью тектоники литосферных плит»*; длительностью от ста миллионов до нескольких миллиардов лет – *«моделью континентов, плавающих на конвективной мантии среди океанических плит»*; начальный этап истории Земли, то есть в течение 4,5–4,0 млн лет, – *«моделью застывающего магматического океана»* [Трубицын, 2005, с. 288 – 289].

В связи с этим, как нам представляется, сразу появится *проблема вклада ротационного фактора в эволюцию Земли* на любом из этих этапов её развития и, соответственно, в предлагаемые тектонические модели.

В любом случае решение названных проблем существенно расширит наши представления об эволюции нашей планеты.

Ведь уже сейчас можно говорить о двух крупнейших периодах в жизни Земли, характеризующихся разной ролью ротационных процессов:

а) период *конструктивной – планетообразующей* – ротации и процессами с нею связанными, приведшими в конце концов к образованию нашей планеты, и

б) период *деструктивных* по форме, но *структурообразующих* по содержанию ротационных процессов и связанных с ними эффектов тектонического вращения, активно «способствовавших» зарождению и развитию планетарных, региональных и локальных линейных дислокаций, выраженных в литосфере и земной коре в виде открытых (разломы, разрывы, зоны трещиноватости), а в тектоносфере – в форме закрытых (латентных) форм (линейные глубинные неоднородности, геофизические ступени, линеаменты и т.д.).

Также можно выделить в эволюции Земли *три – допозднепротерозойский, позднепротерозойский и фанерозойский – этапа*, характеризующихся различным уровнем взаимодействия и взаимовлияния ротационных – планетообразующих процессов, эффектов тектонических – структурообразующих – вращений и сдвиговых смещений:

а) *допозднепротерозойский*, с абсолютным приоритетом и доминированием ротационных процессов (*ротационный этап*);

б) *позднепротерозойский*, в течение которого зародилась основная «сеть» планетарных линейных дислокаций, чаще всего, вероятно, сдвигов, дальнейшее развитие которых, в том числе и кинематическая *«специализация»*, зависело не только от ротационного, но и многих других факторов *(сдвигово-ротационный этап*);

в) *постпротерозойский* или фанерозойский, отличающийся от предыдущих этапов тем, что у широко развитой сети сдвигов, инициально-образованных благодаря тому же ротационному фактору, появилась *«способность»* вполне самостоятельно продуцировать собственные ротационные движения или эффекты тектонического вращения – *(ротационно-сдвиговый этап)*.

Поэтому, вероятно, стоит прислушаться к мнению дальневосточного ученого О.А. Мельникова, который в последние годы последовательно и с похвальной настойчивостью проводит *«в жизнь»* мысль о том, что: ... *«прежде чем выискивать какие-то другие причины в объяснении происходящих на Земле и внутри нее геологических процессов, необходимо учесть (а не пренебрегать) влияние бесспорно сказывающегося на них с зарождения Земли как планеты ее ротационного режима, т.е. этот режим должен служить отправным моментом и основой численного и физического моделирования любых геологических (как и всех других) процессов»* [Мельников, 2003, с. 44].

Как бы в ответ и в подтверждение сказанного можно привести мнение члена–корреспондента РАН Ю.Н. Авсюка, который полагает, что

изменение скорости вращения и перемещения оси в теле *Земли*, происходящие циклически, могут быть использованы в построениях, привлекаемых к объяснению глобальных перемещений океанических масс воды, *перестроек в коре и мантии*, сопровождающихся *растрескиванием* и *«скучиванием»* (выделено нами – В.Х и А.П.) пород, и отмечает, что приуроченность выделенных в геологии циклов к характерным фазам Земли не может являться случайным совпадением.

***

Из истории науки известно, что Филолай из Кротона (ок. 470–388 до н.э.) в недошедшей до нас книге *«О природе»,* в которой излагалось учение о Вселенной школы Пифагора, привёл взгляды некоего Экфанта, о котором ничего не известно, кроме того, что он полагал*:«...Земля движется, но не поступательно, а вращаясь вокруг своей оси, подобно колесу, с запада на восток».*

С тех пор прошло почти две с половиной тысячи лет, и научное содружество никак не может выработать более или менее единое отношение к проблеме влияния особенностей этого вращения Земли (ускорения или замедления) и на её развитие как планеты в целом, и на развитие эндогенных и экзогенных геологических процессов.

Пессимисты, вероятно, могут упрекнуть науки о Земле и, в первую очередь, геологию в её слишком медленной поступи. Нам же хочется закончить данный очерк на оптимистической ноте и заявить, что поступь науки хоть и медленная, но верная.

Ведь, как следует из материала, изложенного выше, именно учёные нашего времени могут смело поправить гениального Рене Декарта (1596–1650), полагавшего, что: *«Небеса разделены на несколько вихрей*», и констатировать, что не только Небеса, то есть Космос, но и Земля также «разделена» на несколько вихрей – разных по масштабам, глубине зарождения или проникновения, форме и современной интенсивности, что ротационные (вращательные или вихревые) процессы являются характерным свойством не только Вселенной, но и Земли, развиваясь в ней на всех уровнях – от микроскопического до планетарного.

В любом случае, при рассмотрении глобальной геодинамики нельзя не учитывать роли ротационного и космического факторов. Ведь со времён Р. Зондера известно, что при изменении скорости осевого вращения Земли перестраивается её фигура, что вызывает образование регматической сети разломов и трещин. Сочетание ротациооного фактора с конвекцией, как показали исследования М.А. Гончарова, вызывает как западный, так и северный дрейф материков, а изменение параметров осевого вращения Земли – климатическую и седиментационную цикличность Миланковича.

Нельзя исключать и того, что ротационные эффекты могли внести свой существенный вклад и в зарождение жизни на Земле, ведь, вероятно,

не случайно все *белки*, как хорошо известно биологам, состоят *из «левозакрученных» аминокислот*, а главные носители наследственной информации – *нуклеиновые кислоты* – образованы при участии *«правозакрученных» сахаров*.

Поэтому, вероятно, стоит обратить внимание на исследования сотрудника Института вулканической геологии и геохимии ДВО РАН И.В. Мелекесцева, допускающего возможность того, что *«все живые существа на Земле, в том числе, и человек несут на себе «печать» ротационного эффекта и связанных с ним вихревых структур жидкого ядра, астеносферы, электромагнитных полей»* [Вихри…, 2004, с. 67] .

Короче говоря, при постановке и проведении современных тектонических и, особенно, геодинамических исследований не следует забывать, что Земля как планета представляет собой открытую природную систему, развитие которой обусловлено не только эволюцией её внутренних (глубинных или эндогенных) сфер, с одной стороны, но и активным влиянием окружающего её внешнего (экзогенного) космического пространства – с другой.

И последнее. Когда наша статья готовилась к печати, в январско-февральском номере Бюллетеня Американского геологического общества появилась статья группы итальянских учёных, название которой *«The westward drift of the litosphere: A rotational drag?»* [Scoppola et al., 2006] прямо указывает и на многогранность, и на актуальность рассмотренной нами проблемы, и на спорность возможных вариантов её решения.

В этой статье даётся оригинальная трактовка западного смещения литосферы за счёт ротационного торможения, возникающего на границе нижней мантии и внешнего ядра Земли, в доказательство чего приводится асимметричный характер субдукции Тихоокеанской плиты с её поднятым восточным и опущенным западным флангами.

Это ещё раз подтверждает «*разительную дисимметрию Тихого океана, развитие по его западной периферии широкой системы островных дуг и окраинных морей и её отсутствие с противоположной стороны, приближенность спредингового хребта к этой последней и поглощение здесь в зоне субдукции всей мезозойской океанской коры*» [Хаин, Ломизе, 2005, с. 547].

Кстати, авторы [Хаин, Ломизе, 2005, с. 547] в самом начале своей статьи с явным сожалением отмечают, что проблема, вынесенная в её заголовок, ещё мало привлекает к себе внимания.

С этим сожалением можно согласиться, но не целиком и не полностью, а только частично, ибо именно в нашей статье мы старались показать, что различные аспекты развития нашей планеты, связанные с теми или иными проявлениями ротационных процессов и в «*эфирном*» Космосе и в твёрдой Земле, всё чаще и чаще привлекают к себе внимание исследователей самых разных геологических школ, специализаций и

направлений, что может служить надёжной основой для всестороннего изучения данной геологической проблемы в настоящем и её успешного решения в будущем.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Авдонин А.В., Полетаев А.И.* Ротационные структуры Присонгкёлья (Северный Тянь-Шань) // Нетрадиционные вопросы геологии. V1 научный семинар. Тезисы докладов. М.: МГУ, 1998. С. 24–25.
2. *Авсюк Ю.Н., Зверев, В.П., Макаров В.И. Мироненко В.А., Родионов В.Н.* Энергетика экзогенных геологических процессов // Опасные экзогенные процессы. М.: ГЕОС, 1999. С. 49–86
3. *Адушкин В.В., Ан В.В., Овчинников В.М.* Структурные особенности внутреннего строения Земли по результатам сейсмических наблюдений за подземными ядерными взрывами // Физика Земли. 2000. № 12. С. 3–26.
4. *Анохин В.М., Одесский И.А.* Характеристика глобальной сети планетарной трещиноватости // Геотектоника. 2001. № 5. С. 3–9.
5. *Вержбицкий Е.В., Кононов М.В.* Геотермический режим и генезис литосферы Центрального Средиземноморья // Геотектоника. 2003. № 4. С. 77–86.
6. *Веселовский Р.В., Галле И., Павлов В.Э.* Палеомагнетизм траппов долин рек Подкаменная Тунгуска и Котуй: к вопросу о реальности послепалеозойских относительных перемещений Сибирской и Восточно-Европейской платформ // Физика Земли. 2003. № 10. С. 78–94.
7. *Викулин А.В., Тверитинова Т.Ю.* Вихревые структуры литосферы и общие проблемы тектоники // Современная геодинамика и опасные природные процессы в Центральной Азии. Вып. 3. Материалы Всероссийского совещания «Современная геодинамика и сейсмичность Центральной Азии: фундаментальный и прикладной аспекты» (Иркутск, Институт земной коры СО РАН, 20 – 23 сентября 2005г.). Иркутск: ИЗК СО РАН, 2005. С. 16–18.
8. Вихри в геологических процессах. Петропавловск – Камчатский: КГПУ, 2004. 297 с.
9. *Воронов П.С.* О вероятности влияния ротационных сил Земли на размещение крупных мезо-кайнозойских разломов Арктики и Антарктики // Ш Астрогеол. конф. по пробл. теории Земли: Тез. докл. Л.: ВГО, 1960. С. 9–11.
10. *Гарбар Д.И.* Две концепции ротационного происхождения регматической сети // Геотектоника. 1987. № 1. С. 107–108
11. *Гинтов О.Б.* Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины. Киев, 2005.

12. *Гирдлер Р.В.* Роль смещений и вращательных движений в образовании впадин Красного моря и Аденского залива // Система рифтов Земли. М.: Мир, 1970.
13. *Глуховский М.З.* Ротационный фактор и некоторые проблемы геотектоники и сравнительной планетологии // Геотектоника. 2005. № 6. С. 3–18.
14. *Гончаров М.А.*, Талицкий В.Г., Фролова Н.С. Введение в тектонофизику. М.: Книжный дом Университет, 2005. 496 с.
15. *Долицкий А.В.* Образование и перестройка тектонических структур. – М.: Недра, 1985. С. 220 с.
16. *Ершов Э.Д., Полетаев А.И., Кучуков Э.З., Брушков А. В., Ершов В.Д.* О связи процессов криолитогенеза и инфраструктуры Ганимеда (по данным линеаментного анализа) // Вестник Моск. ун-та. Серия 4. Геология. 2000. № 2. С. 33–37.
17. *Жаров В.Е., Конов А.С., Смирнов В.Б.* Вариации параметров вращения земли и их связь с сильнейшими землетрясениями Мира // Астрономический журнал. 1991. Т. 68. Вып. 1. С. 187–196.
18. *Желобаев А.А., Кочев Д.З., Махорин А.А., Полетаев А.А.* Скрытые линейные нарушения Прибрежного района Сирии и их роль в деструкции земной коры // Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых. Материалы XXXV111 Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2005. Т.1. С. 227–230.
19. *Кац Я.Г., Козлов В.В., Полетаев А.И.* Ротогенез Земли: структурный анализ и проблемы. М.: Знание, 1991. 40 с.
20. *Копп М.Л.* Структуры латерального выжимания в Альпийско-Гималайском поясе. М.: Научный мир, 1997. 314 с.
21. *Коршунов В.В.* О возможности влияния вращения земли на спелеогенез // Система планета Земля (Нетрадиционные вопросы геологии). IX научный семинар 2 – 3 февраля 2001 г. Материалы. М.: МГУ, 2001. С. 122–123.
22. *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.
23. *Кэри У.* В поисках закономерностей развития Земли и Вселенной. М.: Мир, 1991. 448с.
24. *Личков Б.Л.* Природные воды Земли и литосфера. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1960. 164 с.
25. *Лукьянов А.В.* Пластические деформации и тектоническое течение в литосфере. М.: Наука, 1991. 144 с.
26. *Манк У., Макдональд Г.* Вращение Земли. М.: Мир, 1964. 384 с.
27. *Мелекесцев И.В.* Вихревая вулканическая гипотеза и некоторые аспекты её применения // Проблемы эндогенного вулканизма. М.:

Наука, 1979. С. 125–155.
28. *Мельников О.А.* Ротационный режим Земли – отправной пункт и основа численного и физического моделирования любых геологических процессов // Тектоника и геодинамика континентальной литосферы. Материалы XXXV1 Тектонического совещания. Т. 2. М.: ГЕОС, 2003. С. 40–44.
29. *Мирлин Е.Г.* Проблема вихревых движений в «твёрдых» оболочках земли и их роли в геотектонике // Геотектоника. 2006. №4. С. 43–60.
30. *Мирлин Е.Г., Кононов М.В., Сущевская Н.М.* Вихревые спрединговые системы в литосфере и верхней мантии океанов // Докл. РАН. 2005. Т. 401. № 4. С. 507–510.
31. *Морозов Ю.А.* Цикличность кинематических инверсий в подвижных поясах в свете лунно–земных связей // Геотектоника. 2004. №1. С.21–50.
32. *Одесский И.А.* Ротационно-пульсационный режим Земли и его геологические исследования. СПб.: Пангея, 2004. 27 с.
33. *Павленкова Н.И.* Ротационно-флюидная гипотеза глобальной тектоники // Эволюция тектонических процессов в истории Земли. Материалы XXXVII Тектонического совещания. Новосибирск, 10 – 13 февраля 2004 г. Т. II. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2004. С. 66–69.
34. *Парийский Н.Н.* Неравномерность вращения земли. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 90 с.
35. *Полетаев А.И.* Сдвигово-ротационная модель структурирования земной коры Русской платформы // Актуальные проблемы региональной геологии и геодинамики. Первые Горшковские чтения. Материалы конференции, посвящённые 90-летию Г.П. Горшкова (1909–1984). М.: МГУ, 26 апреля 1999. С. 21–23.
36. *Полетаев А.И.* Сдвигово-ротационная модель структурной эволюции Русской платформы. М.: Геоинформмарк, 2000. Вып. 5. 44 с.
37. *Полетаев А.И.* Сдвигово-ротационная мотивация структурной эволюции Земли // Тектоника и геофизика литосферы. Материалы XXXV Тектонического совещания. Т. П. М.: ГЕОС, 2002. С. 104–107.
38. *Полетаев А.И.* Проблема ротогенеза в докладах и материалах XXXV Тектонического совещания // Актуальные проблемы региональной геологии и геодинамики. Четвёртые Горшковские чтения. Материалы конференции (МГУ, 26 апреля 2002 г.). М.: МГУ, 2002. С. 22–27.
39. *Полетаев А.И.* Ротационная тектоника земной коры // Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых. Материалы XXXV111 Тектонического совещания. Т. 2. М.: ГЕОС, 2005. С. 97–100.
40. *Полетаев А.И., Авдонин А.В., Котов Ф.С.* Девиантные структуры – как индикаторы ротационных движений земной коры // Актуальные

проблемы региональной геологии и геодинамики. Первые Горшковские чтения. 26 апреля 1999г. М.: МГУ, 1999. С. 19–21.
41. *Расцветаев Л.М.* Закономерный структурный рисунок земной поверхности и его динамическая интерпретация // Проблемы глобальной корреляции геологических явлений. М.: Наука, 1980. С. 145–197.
42. *Сигачева Н.Н., Шейнкман А.Л.* Спиралевидно-скручивающие движения – механизм самоорганизации геологического пространства // Тезисы 21-й Генеральной ассамблеи Междунар. Союза геодезии и геофизики. Колорадо, 1995.
43. *Смирнов С.* Задачник по истории науки. – М.: МИРОС–МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. 368 с.
44. *Стовас М.В.* Неравномерность вращения Земли как планетарно-геотектонический и геоморфологический фактор // Геологический журнал АН УССР, 1957. Т. 17. Вып. 3.
45. Структура континентов и океанов (Терминологический справочник). М.: Недра, 1979. 512 с.
46. Тектоника и геофизика литосферы. Материалы XXXV Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2002. Т. 1, 368 с. Т. 2, 378 с.
47. *Терехов Е.Н.* О вихреобразной структуре Лапландского гранулитового пояса и возможном механизме ее формирования // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. 1982. № 2. С. 26–31.
48. *Трифонов В.Г., Трубихин В.М., Аджамян Ж., Джаллад З., Эль-Хаир Ю., Айед Х.* Левантская зона разломов на северо-западе Сирии // Геотектоника. 1991. № 2. С. 63–75.
49. *Трубицын В.П.* Этапы глобальной тектоники и тектоническая модель современной земли (структура мантийных течений под континентами и океанами во всей мантии, восстановленная по данным глобальной сейсмотомографии) // Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых. Материалы XXXVIII Тектонического совещания. Т. 2. М.: ГЕОС, 2005. С. 288–291.
50. *Тяпкин К.Ф.* Изучение разломных и складчатых структур докембрия с позиций новой ротационной гипотезы // Тихоокеанская геология. 1984. № 4. С. 82–93.
51. *Уломов В.И.* О вращательной составляющей геодинамических движений в Центральной Азии // Современная геодинамика и опасные природные процессы в Центральной Азии. Вып. 3. Материалы Всероссийского совещания «Современная геодинамика и сейсмичность Центральной Азии: фундаментальный и прикладной аспекты» (Иркутск, ИЗК СО РАН, 20 – 23 сентября 2005 г.). Иркутск: ИЗК СО РАН, 2005. С. 89–92.
52. *Фузайлов И.А., Черных Б.П., Магазинер М.А.* Связь ротационной

тектоники с магматизмом на примере одного из районов Западного Узбекистана // Узбекский геол. Журнал. 1983. №3. С. 8–12.
53. *Хаин В.Е.* Тектоника континентов и океанов (год 2000). М.: Научный мир, 2001. 606 с.
54. *Хаин В.Е.* Глобальная геодинамика: новые успехи, старые и новые проблемы // Тектоника и геофизика литосферы. Материалы XXXV Тектонического совещания. Т. 2. М.: ГЕОС, 2002. С. 279–280.
55. *Хаин В.Е.* Современная геодинамика: достижения и проблемы // Природа. 2002. №1. С. 51–59.
56. *Хаин В.Е.* Основные проблемы современной геологии. – М.: Научный мир, 2003. 347 с.
57. *Хаин В.Е., Ломизе М.Г.* Геотектоника с основами геодинамики. М.: Книжный дом Университет, 2005. 560 с.
58. *Чебаненко И.И.* Основные закономерности разломной тектоники земной коры. Киев: Изд-во АН УССР, 1963. 156 с.
59. *Чебаненко И.И., Федорин Я.В.* Об одном новом типе ротационно-тектонических линий в литосфере Земли // ДАН СССР. 1983. Т. 270. № 2. С. 406–409.
60. *Чекунов А.В.* О раздвигании и вращении блоков земной коры при формировании Днепровско-Донецкого авлакогена // Геол. журнал. 1976. Т. 36. № 1. С. 123–127.
61. *Darwin G.H.* The Tides and Kindred Phenomena in the Solar System.– London, 1898.
62. *Fujiwhara S., Tsujimura T., Kusamitsu S.* On the Earth – vortex, Echelon Faults and allied Phenomena // Gerland Beitrage zur Geophysik, zweite Supple mentband, 1933. P. 303–360.
63. *Scoppola B., Boccaletti D., Bewis M., Carminati E., Doglioni C.* The westward drift of the litosphere: A rotational drag? – GSA Bulletin; January / February 2006. V.118. N. 1 / 2. P. 199–209.
64. *Wellman U. M.* Active wrench faults of Iran, Afganistan and Pakistan // Geol. Resch. 1966. V. 55. N. 3. P. 716–735.

Хаин Виктор Ефимович – академик РАН, заслуженный профессор МГУ им. М.В. Ломоносова; признанный лидер современной геологии; автор фундаментальных трудов по геотектонике и геодинамике

Полетаев Анатолий Иванович – кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией геологических исследований космическими методами Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова; специалист в области сейсмотектоники, линеаментологии и ротационной тектоники.

УДК 550.8+551.21+552.31

ВИХРИ И ЖИЗНЬ

А.В. Викулин[1,2,3] , И.В. Мелекесцев[1,2]

[1] *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, vik@kscnet.ru*
[2] *Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга*
[3] *Камчатский государственный технический университет*

Аннотация. Представлен и, в первом приближении, проанализирован целенаправленно проведенный обзор большого комплекса известных во Вселенной, включая Землю, разномасштабных и разнотипных вихревых движений. Этот обзор, по сути, «склеен» из цитат работ исследователей разного профиля и объединен комментариями авторов. По своей идеологии обзор продолжает материалы, опубликованные в специализированном сборнике: «Вихри в геологических процессах» (Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2004. 297 с.).

Предпринята попытка проблему зарождения и эволюции биологической жизни на Земле, по возможности непротиворечивым образом, увязать с фундаментальными представлениями физики о пространстве–времени, обусловленными вращением планеты, геофизическими полями, их динамикой во времени и пространстве, эволюцией протекавших на ней геологических процессов. Предполагается, что все живое на Земле, в том числе, и человек, несут на себе «печать» ротационного эффекта и связанных с ним вихревых движений и вихревых структур ее жидкого ядра, астеносферы, электромагнитных полей. Не исключается, что и сами живые организмы представляют собой сложно построенные комбинации вихреподобных структур разных типов и рангов.

ВВЕДЕНИЕ

Вселенная – самый крупный объект науки. Она существует в единственном экземпляре. Никаких других Вселенных нам не дано и сравнивать нашу Вселенную не с чем. Особенностью науки о Вселенной, включающей все разделы от космогонии и астрономии, физики и геологии, философии и истории до биологии, изучающей зарождение жизни, является близкое родство точных наук с философскими исканиями, в том числе - с попытками осмыслить место человека в мире.

Первые запечатленные наблюдения за движением Солнца на фоне звездного неба относятся к IV–III тыс. до н. э. В III тыс. до н.э. шумерские астрономы определили начало нового года – день весеннего противостояния – по вступлению Солнца в созвездие Тельца [91, с. 115]. Задачу же создания модели Вселенной впервые поставил Платон (427–347

до н.э.). Аристарх Самосский (конец 4 в.–1-я пол. 3 в. до н.э.) высказывался в пользу гелиоцентрической системы устройства нашего мира. Однако, модель солнечной системы из 27 концентрических сфер, в центре которых была Земля, сконструировал Евдокс Кндинский (408–355 до н.э.). И в окончательном виде первая геоцентрическая система Мира была развита Клавдием Птолемеем (100–178), который, исходя из шарообразности Земли и следуя Гиппарху из Никеи ((190) 180–125 до н.э.), применил эксцентрические круги и эпициклы для объяснения движения Солнца, Луны и планет [12, с. 134, 176, 380, 393–394]. С точки зрения современников, самым большим «злом» системы Птолемея оказалось то, что она была достаточно точно подогнана под известные данные о движении планет и, во многих отношениях, оставалась неуязвимой для опровержения. Это и позволило первой системе быть моделью Вселенной на протяжении около полутора тысяч лет.

Работами Н. Коперника (1473–1543), И. Кеплера (1571–1630) и Г. Галилея (1564–1642) – «последнего из могикан эпохи Возрождения» [69, с. 322], была построена новая гелиоцентрическая модель, которая оказалась более удобной, по сравнению с геоцентрической моделью. И первое строго научное описание устройства Мира было предложено И. Ньютоном (1643–1727), в его работе «Математические начала натуральной философии», опубликованной в 1687 г. К началу XX века классическая механика Ньютона служила основой для понимания *всех* явлений Природы, включая и осмысление процесса появления жизни на Земле [154, с. 78].

В определенном смысле, еще дальше пошел Леонардо да Винчи (1452–1519), который «не считал Землю центром не только мира, но и солнечной системы». Перед творческим взором Леонардо уже носилось безграничное пространство, усеянное множеством миров, среди которых красуется и наш солнечный мир; Земля же – всего лишь одно из бесконечных небесных тел, среди которых она имеет близкую ей по характеру и судьбам родню [69, с. 243–244].

Согласно классической механике Ньютона, время и пространство существуют независимо друг от друга. Физические тела движутся во времени и в пространстве. Время и пространство являются абсолютными категориями, которые своим существованием не обязаны чему бы то ни было в мире.

Ходу времени подчиняются все тела природы, все физические явления. Время однородно. Это свойство именно времени, а не того, что в нем происходит. Образуются и гаснут звезды, формируются и разрушаются галактики, где-то зарождается жизнь и возникает разум, сменяются поколения – абсолютное время ко всему этому безразлично. Мир физических тел претерпевает многообразные изменения, но само абсолютное время на эти изменения никак не реагирует. Во времени

классической механики нет никакого выделенного, особенного момента, который мог бы претендовать на исключительное право считаться начальным, стартовым, да и вообще на какие-либо особые права. Все моменты одинаковы – потому-то одинаковы и результаты одних и тех же физических экспериментов, проводимых в разное время.

Однако в 1754 г. Ж.Л. Даламбер (1717–1783) заметил, что время входит в динамику лишь как «геометрический параметр», а Ж.Л. Лагранж (1736–1813), более чем за сто лет до работ А. Эйнштейна (1879–1955) и Г. Минковского (1864–1909), зашел так далеко, что назвал динамику четырехмерной геометрией. Милетской школе, одним из представителей которой был Фалес Милетский (624–548 до н.э.), принадлежит идея о праматерии, тесно связанной с концепцией сохранения материи. По Фалесу, праматерию образует единая субстанция. По мнению И. Пригожина (1970): «Время – забытое измерение» [98].

Неразработанность концепции геологического времени вызвана, в первую очередь, отсутствием глубокого философского осмысления его специфической природы, его кардинального отличия от обыденного (физического). И это совершенно естественно и закономерно, поскольку специфическая природа реального геологического времени требует использования принципиально иного логико-математического аппарата [111]. Проблема времени занимала философов различных эпох и, безусловно, находится сейчас в центре современных физических и философских дискуссий [101].

Пространство, по своим свойствам – однородное, изотропное Евклидово, не зависит от всего, что в себя вмещает, и остается всегда и везде одинаковым и неизменным. В пространстве нет ни каких-то выделенных точек, ни выделенных направлений, физические эксперименты в разных местах и при различной ориентации приборов по направлениям дают одни и те же результаты. Однородность пространства – это его симметрия относительно всевозможных сдвигов. Изотропия – симметрия относительно поворотов, вращений вокруг всевозможных осей в пространстве.

Во всей области применимости классической механики пространство и время «ведут себя» так, как если бы они были не ограничены и бесконечны по объему и длительности.

Именно с такими симметриями времени и пространства, как показала А.Э. Нетер (1882–1935) в 1918 г. [19], и связаны законы сохранения энергии, импульса и момента импульса.

По выражению А. Эйнштейна, построенный И. Ньютоном фундамент оказался исключительно плодотворным и, тем самым, позволил осуществить мечты философов–натуралистов древности – Демокрита (470–? до н.э.) и Эпикура (341–270 до н.э.), считавших, что должна существовать причинная взаимосвязь всех без исключения природных

явлений. После таких успехов теории вряд ли оставались какие-нибудь сомнения в том, что развитие вообще всех материальных явлений происходит с необходимой закономерностью, которую можно было бы сравнить с ходом часов. Кроме того, стало очевидно, что процессы мышления должны быть неразрывно связаны с материальными процессами, протекающими в мозгу, и поэтому стала неизбежной идея о том, что и в основе мышления и желаний человека и животных должны лежать те же строго причинные закономерности. Таким образом, Ньютон оказал своими трудами глубочайшее и сильнейшее влияние на все мировоззрение в целом [154, с. 90]. Перефразируя известные слова В.И. Ленина (1870–1924), можно констатировать: учение Ньютона всесильно, потому что оно опирается на стройную физическую концепцию, выработанную на основе многовекового опыты человечества.

В определенном смысле, альтернативная Ньютоновой, картина устройства Мира была дана несколько ранее Р. Декартом (1596–1650) в его главном труде «Начала философии», вышедшем в свет в 1644 г.

Р. Декарт – новатор науки; поднявшись высоко над современниками, остался в плену естественных дисциплин: математики, механики и физики, их методы и законы полностью царят в его суждениях о *космосе, о живой природе, о человеке.* Он широкими мазками набросал картину мира, в которой *все, за исключением души* (она же разум), *механизировано,* все истолковывается в терминах материи и движения [69, с. 407].

Декарт создал общую картину мира, исходя из предположения, что пространство сплошь заполнено материей, находящейся в состоянии непрерывного движения. Он считал основным закон сохранения количества движения [12, с. 162]. Законы природы, по Декарту, достаточны, чтобы заставить части материи расположиться в весьма стройный порядок. Декарт нарисовал картину возникновения, развития и сосуществования множества разномасштабных миров. Из первоначального хаоса, благодаря взаимодействиям частиц, образуются *вихри*. При этом более массивные частицы вытесняются к периферии, сцепляются и образуют тела планет. Каждая планета вовлекается своим вихрем в круговое движение около центрального светила. Кометы, представители самых далеких миров, имеют такую же структуру, как и планеты, принадлежат к переходящим, пограничным вихрям, переходя из одного мира в другой [58, с. 147–150]. В последующем, вихревая гипотеза Декарта развивалась в работах Э. Канта (1724–1804), П. Лапласа (1749–1827), Н.А. Шило [146] и других исследователей [31].

К идее вихревого движения – как элементарного, простого движения, Р. Декарт, по-видимому, пришел после ознакомления с идеями античных мыслителей и с работами Г. Галилея. По Галилею (как, впрочем, и в соответствии с представлениями «учителя учителей» Аристотеля (384–

322 до н.э.)), в природе есть два простых движения – по прямой и по кругу. Движение планет и их спутников по круговым (эллиптическим) орбитам для Галилея было несомненным: кроме Луны, с помощью изобретенного им телескопа, он уже в 1609 г. наблюдал за спутниками Юпитера. Подробно в своих работах Галилей остановился и на проблеме трения [35].

Очевидной «суперпозицией» таких простых движений является хорошо известная с античных времен спираль, которая с учетом трения и/или существования начала мира и, как следствие, начала движения, может быть «трансформирована» в вихрь. Декарт хорошо знал и высоко ценил работы Галилея, хотя и был не во всем с ним согласен. Из-за боязни преследования со стороны церкви [69, с. 409], он не только не ссылался на работы Галилея, который, как известно, таким преследованиям подвергался, но и всячески от него абстрагировался [93]. По мнению Х. Гюйгенса (1629–1695), у Декарта «слава Галилея вызывала сильную ревность», он «очень хотел, чтобы его считали автором новой системы» [94].

Развитие идеи о материи, движении и космосе *как грандиозном механизме* распространяются Декартом и на *живую природу,* на мир организмов. Исходя из предпосылок своей теории, Декарт пришел к убеждению, что *биология – не больше, как усложненная физика, а организмы – в такой же мере сложные механизмы: растения – великолепно сконструированные машины, а животные – блестяще сооруженные и эффективно действующие автоматы.*

Таково учение Декарта об организмах в его обнаженном виде. Но он не был бы Декартом, если бы этим ограничивались его биологические взгляды. На самом деле, его учение о строении и деятельности организмов животных и человека много содержательнее и сложнее – оно заряжено вихревой энергией. С автоматизмом же животных не может сравниться ни одна из машин [69, с. 409–416]!

Ясно, почему Р. Декарт был первым, кто поддержал В. Гарвея (1578–1657), который, на основании изучения анатомии 60 различных позвоночных и беспозвоночных животных, создал учение о *кровообращении*: работе сердца и циркуляции крови «от сердца к сердцу». Гарвей писал: «Сердце есть основа жизни и солнце микрокосма, подобно тому, как Солнце можно назвать сердцем мира» [69, с. 330–331].

С позиции XXI века становится ясным, что роль и положение философии Декарта в истории науки определяется именно той «*вихревой энергией*», которая является, по сути, «душой» всех ее составляющих, включая и живые организмы.

Стройная физическая теория Ньютона, опирающаяся на количественные законы, проверяемые опытом, «победила», в основном, философскую концепцию Декарта. Это и понятно. Трудно, да и, пожалуй,

невозможно (даже в настоящее время!) достаточно строго описать ансамбль вихревых разномасштабных взаимодействующих друг с другом движений материи в рамках концепции, опирающейся на однородное время и Евклидово пространство. В результате, картезианцы были в буквальном смысле слова «разгромлены» и «повержены» ньютонианцами, что более чем на век «похоронило» вихревую гипотезу Декарта. Даже ставшие впоследствии очевидными успехи космогонической Э. Канта и небулярной П. Лапласа гипотез, достижения вихревой динамики, созданной трудами Г.Л.Ф. Гельмгольца (1821–1894), У. Томсона (Лорда Кельвина, 1824–1907), Г.Р. Кирхгофа (1824–1887), Б. Римана (1826–1866) и многих других ученых, так и не смогли придать вихревой гипотезе, по Декарту лежащей в основе устройства Мира, большего веса. И в то же время исследования, выполненные в течение нескольких веков, убедительно доказали существование вихревых движений, показали их «всепроникающую» распространенность в веществе Вселенной, независимо от его физического состояния и масштабов, от элементарных частиц и вихревых атомов лорда Кельвина до галактик и их скоплений [31].

Представления о Природе и Жизни, как это следует из великолепного обзора В.В. Лункевича (1866–1941) [69, 70], охватывающего 2500-летнюю историю биологии с античных времен, постоянно изменялись и совершенствовались. Основная идея эволюции таких представлений постоянно «колебалась» между двумя и «крайними», и главными постулатами: единой и двойственной (материя – божественное происхождение жизни) сущности Природы. Изменялись представления и об эволюции самой жизни. В соответствии с античными представлениями Эмпедокла (около 490–430 до н.э.), жизнь возникла до появления Солнца [69, с. 27], по сути, *в космосе*. В соответствии с представлениями профессора Мережковского (1910), живая природа *двойственна, дуалистична* – и по составу, и по свойствам строительного материала, и по происхождению. Первичные *цианистые соединения – предвестники грядущего живого вещества*, появились, как и у Эмпедокла, в беспредельном пространстве мироздания, в вихревом огненно-жидким шаре. И лишь в последнем, четвертом периоде жизни земного шара, когда появился в избытке свободный кислород, надвигался второй торжественный момент в творчестве живой материи: из материи «мертвой» она явилась в виде микроскопических комочков живого вещества, обладающих способностью двигаться [69, с. 101–103]. В переводе на современный язык, первая фаза появления жизни по Эмпедоклу и Мережковскому, по существу и есть Большой взрыв, в результате которого родилась Вселенная.

В соответствии с недавними представлениями, жизнь – как форма существования белковых тел [154], по сути, является одной из форм

движения материи [115, с. 437]. Вслед за Декартом (см. также [12, с. 162–163]), не видели непреодолимой границы между живым и неживым философ Д. Дидро (1713–1784), биолог Ф.В. Шеллинг (1775–1854) [70, с. 32–37; 212–216] и наш соотечественник – физик Н.А. Умов (1846–1915) [128], который в начале своей деятельности был убежденным картезианцем и написал ряд восторженных статей по поводу философии Декарта [129, с. 522]. Французский математик, медик, философ Ж.Л.Л. де Бюффон (1707–1788) – Плиний XVIII века, как отзывались о нем современники, считал, что в живой природе имеются своеобразные законы сохранения: количество жизни на Земле, а, может быть, и во всей Вселенной, неизменно [70, с. 16–20].

После Р. Декарта, механистический подход к проблеме жизни развивался в работах Ж. Кювье (1769–1832) [7], А.А. Ляпунова (1857–1918) [71], Н.А. Умова [128], А.Н. Колмогорова (1903–1987) [56] и многих других исследователей. Даже в наши дни биолог академик Б. Вайнштейн назвал молекулу белка молекулярным роботом – самой маленькой имеющейся в природе машиной, работающей на стереохимических и электронных принципах и определяющих самосборку белковой цепи в пространственную закрученную структуру [18, с. 44–45]. Как видим, представления о жизни, как о механическом вихревом процессе, зарождались одновременно с представлениями о пространстве и времени и на протяжении всего времени тесно соприкасались друг с другом. Видимо, эти обстоятельства, совместно с большим объемом клинических наблюдений, позволили российским ученым–медикам в 70^{x} гг. XX в. сформулировать оригинальную концепцию, согласно которой психика человека имеет *пространственно-временную организацию* [42].

Единство Природы, начиная с античных времен и до настоящего времени, является путеводной идеей естествознания. Один из наиболее ее последовательных и ярких сторонников – Джордано Бруно (1548–1600) – «великий мученик науки». Он полагал, что *Природа едина и материальна и в своем творческом порыве*, который является «душой», интеллектом мира, она бессмертна и телом, и душой, так как душа и тело нераздельны. Ибо «живет» каждый атом – это «монада», являющаяся одновременно и математической точкой, и физическим атомом, и психическим началом («De Monade»). Целое слагалось в *живое единство* из живых же единиц. *Жизнь царит повсюду во вселенной.* Небесные тела в отдельности – живые организмы. Такой же живой, единый организм и космос. Подвижный, изменчивый, вечно развивающийся, изнутри себя творящий. Он, собственно, и есть «божество» – единое и в то же время разлитое повсюду, проникающее и оживотворяющее каждый атом, каждую «монаду» мироздания. Эта идея всецело владеет умом Бруно. Как будет показано ниже, этой идее следовали и следуют многие умы человечества. Но венцом теоретического здания Бруно, является его безграничная вера в

знания, в познавательные способности нашего разума и познаваемость космоса, и идея о «единстве природы и ума», за которую он после семи лет бескомпромиссного заточения в инквизиторской тюрьме принял мучительную смерть на костре [69, с. 301–303].

Авторам этой статьи, рожденным, ставшим студентами, а впоследствии и научными сотрудниками в бывшем СССР, воспитанным именно на «контрасте» отношений Бруно и Галилея к Науке, трудно согласиться с оценкой В.В. Лункевичем «сцены» отречения Галилея – как «потрясающей и позорной для человечества» [69, с. 303–304]. Именно вздернутый на дыбы авторитет церкви повел на костер Д. Бруно, измывался над престарелым Галилеем, принудил Коперника не торопиться с печатанием его великого труда [10, с. 315]. Имея в виду таких людей, А.И. Герцен (1812–1870) заметил: «Они были так восторженны…, это эпоха первой любви, упоения, не знающего меры, эпоха новости поражающей; не ищите у них строгой наукообразной формы, ими только открыта почва науки, ими только освобождена мысль; содержание ее понято больше сердцем и фантазией, нежели разумом. Века должны были пройти прежде, нежели наука смогла развить методой те истины, которые Джордано Бруно высказал восторженно, пророчески, вдохновенно» [39].

Есть предание, будто седой стареющий Галилей, через 33 года после сожжения Бруно, тот час же вслед за отречением промолвил: а все-таки она движется! Да, движется. И вместе с собой вихрем несет все человечество, все подвиги и деяния его – и славные, и позорные…

Таким образом, допуская единство Природы, признавая существование вихревых движений и их важность для устройства Вселенной – тем самым, воздавая должное Бруно и Галилею и примиряя картезианцев с ньютонианцами, продолжая приведенную выше мысль Эйнштейна [154], можно предположить [76]: вихревые движения, несомненно, должны были играть важную, ключевую роль и в процессах образования Земли, возникновения на ней жизни и ее последующей эволюции.

Работа продолжает идеологию статьи [76] и представляет собою специализированный обзор наблюдаемых в Природе «вихревых» движений, по сути, «склеенный» из цитат большого количества работ исследователей разных специальностей и «сшитый» комментариями авторов. В работе, по-видимому, впервые предпринимается попытка биологическую проблему зарождения жизни на Земле непротиворечивым образом увязать, в том числе, с фундаментальными представлениями физики о пространстве–времени и с протекающими на планете геологическими и геофизическими процессами.

При написании введения и следующих двух разделов настоящей статьи широко использовались материалы обзорных работ А. Чернина [144, 145].

ПРОСТРАНСТВО, ВРЕМЯ, МАТЕРИЯ, ТЯГОТЕНИЕ

Время классической механики – время макромира, мира, масштабом и мерой которого служит сам человек и непосредственно окружающие его тела природы. Классическая механика действует и торжествует в рамках макромира, и только в нем.

Эти рамки перешагнула новая физика, созданная в начале XX века А. Эйнштейном, а также Х. Лоренцем (1865–1940), А. Пуанкаре (1854–1912), Д. Гильбертом (1862–1943) и другими физиками и математиками. Теория относительности расширила поле деятельности науки и при этом не отбросила классическую механику, а включила ее в себя в качестве приближенной теории, справедливой при ограничениях скоростей (меньше скорости света) и сил тяготения (перепады гравитационного потенциала должны быть малы, по сравнению с квадратом скорости света). Теория относительности открыла новые свойства времени и пространства. Было установлено, что время теснейшим образом связано с пространством. Вместе с пространством оно составляет единый четырехмерный мир, в котором и происходят все физические явления.

Согласно теории относительности, нельзя разделить наше четырехмерное пространство–время на трехмерное пространство и одномерное время. Пространство–время порождается материей и теряет свое самостоятельное существование. Структура четырехмерного пространства зависит от распределения и движения материи – частиц и полей [91, с. 808–809].

В новой физике время теряет свою абсолютность. Это проявляется, прежде всего, в том, что абсолютного смысла лишается понятие одновременности. Сам темп времени зависит теперь от движения и поэтому становится относительным. Наконец, время оказывается подверженным действию тяготения, которое влияет на его темп: там, где имеются силы тяготения, время течет медленнее, чем в отсутствие этих сил. Например, вблизи черной дыры темп времени столь сильно замедляется, что оно даже как бы останавливается там в своем беге.

Неожиданный поворот произошел в развитии представлений об энергии. Раз время перестало быть абсолютным, оно утратило, строго говоря, и свою однородность. Течение времени может оказаться неравномерным, в разные моменты разным, в зависимости от происходящих во времени и пространстве физических явлений – например, перемещений тяготеющих масс. Но в неоднородном времени нет и такой сохраняющейся физической величины, как энергия. Закона

сохранения энергии просто не существует. Более того, полная энергия и полный угловой момент для замкнутой Вселенной не могут быть определены – они являются бессмысленными понятиями [127]. Конечно, при движениях с малыми скоростями и в слабых полях тяготения, энергия, по-прежнему, сохраняется – хотя, как мы теперь понимаем, не строго, а с точностью до релятивистских поправок.

Не создает ли новая ситуация с энергией каких-либо трудностей, препятствий или принципиальных противоречий? Нет, в физической науке не существует никаких экспериментальных или наблюденных фактов, которые указывали бы на то, что энергия должна непременно сохраняться всегда и везде, при всех обстоятельствах. Несохранение энергии – не парадокс, а важное открытие, один из положительных результатов новой физики. Это непосредственное следствие той концепции времени, которая выработана общей теорией относительности.

«Старые» законы сохранения (это относится не только к энергии, но также к импульсу и моменту импульса) при этом не отменяются, но указываются границы их действия. Осознав ограниченный характер прежнего знания, новая физика находит и устанавливает более общие, более фундаментальные законы, связывающие свойства пространства и времени с распределением и движением тяготеющих масс. Существуют, впрочем, варианты теории тяготения, отличные от общей теории относительности, в которых закон сохранения энергии и импульса выполняется (см., например, [66]). В рамках такого подхода Вселенная обходится без Большого взрыва и черных дыр, и ее развитие регулируется гравитационными полями. При этом, физические приборы фиксируют не разбегание галактик и расширение Вселенной, а изменения гравитационного поля. Согласно образному описанию в Литературной газете (№ 20(6071) от 24–30 мая 2006, с. 12), жизнь такой Вселенной похожа на дыхание грандиозного механизма – вдох, выдох.

Следует отметить оригинальный обзор литературы по обсуждаемой в этом разделе проблеме в работе [105].

ВСЕЛЕННАЯ КАК РЕЗУЛЬТАТ БОЛЬШОГО ВЗРЫВА

Квантовая теория, вторая фундаментальная физическая теория наших дней, вместе с теорией относительности, в комбинации с ней, дает возможность изучать свойства времени в микромире. «Этот квантовый вопрос так невероятно важен и труден, – писал Эйнштейн Лаубу в 1908 г., – что каждый должен им заниматься» [127, с. 156]. Настоящий синтез обеих теорий, в котором, наравне с квантовой теорией, в полную силу звучала бы теория относительности, остается пока еще делом будущего. Ряд замечательных следствий такого синтеза известен, однако, уже и сейчас. Прежде всего, это гравитон, открытый теоретически физиком

М.П. Бронштейном. Гравитон, квант «взволнованного» пространства–времени, сочетает в себе свойства волны искривленности малой амплитуды, бегущей по четырехмерному миру, и элементарной частицы, летящей со скоростью света в 3-мерном пространстве. Искривленность пространства–времени создает гравитону его энергию и импульс. Собственно, это энергия и импульс самого искривленного пространства–времени, трактуемые на языке квантовой теории. Квантовые эффекты вызывают как бы «материализацию» пространства–времени: они создают частицы из искривленности пространства–времени.

Роль квантовых эффектов всегда велика, когда масштабы времени и пространства оказываются малыми, характерными для микромира. Так было и в первые мгновения космологического расширения после Большого взрыва – модели, предложенной в 1948 г. русским физиком Г.А. Гамовым (1904–1968) [148], когда возраст горячей Вселенной составлял малые доли секунды. Согласно этой модели, в результате Большого взрыва, произошедшего около 15 млрд лет тому назад, и началось космологическое расширение Вселенной, которое продолжается до настоящего времени. В рамках квантовых представлений, как расширение, так и само течение времени в его истоке, должны быть, по-видимому, не непрерывными, а квантовыми, прерывистыми. Пусть это и не какой-то универсальный «атом времени», но это квантовая мера определенности, с которой мы можем судить о времени в самой ранней Вселенной. Видим, что «точного» нуля времени для Вселенной нет. Нет, собственно, и «точного» нуля размеров. Вселенная начиналась как квантовая система, и квантовые закономерности составляли самое существо ее исходных физических свойств. Одним из специфических понятий квантовой механики, отражающих саму ее суть, является спин.

Эти открытия проливают свет на важнейшие связи в природе, на зависимости, лежащие в самой основе физического мира, включая и вращательные вихревые движения. Действительно, в квантовой механике, во-первых, спин – собственный механический момент частицы, является таким же *первым* ее свойством, как масса и заряд [131, с. 229]. Во-вторых, связь спина со свойствами пространства становится в особенности глубокой, делаясь, по существу, основным содержанием понятия *о моменте*, тем более что классическое определение момента частицы теряет свой непосредственный смысл ввиду одновременной неизмеримости радиус–вектора и импульса. Момент приобретает смысл квантового числа, классифицирующего состояние систем по их трансформным свойствам по отношению к вращениям системы координат. При таком понимании смысла спина становится несущественным вопрос о его *происхождении*, и мы приходим естественным образом к представлению о *«собственном»* моменте, который должен быть приписан частице вне зависимости от того,

является ли она «элементарной» или *«сложной»*. [61, с. 234–235]. В-третьих, спиновые свойства элементарных частиц играют огромную роль как в области микропроявлений, так и в поведении *макроскопических* тел, поскольку спин непосредственно определяет статистические свойства систем [64, с. 236].

Волновое уравнение Э. Шредингера (1887–1961) – уравнение движения квантовой частицы, играет в квантовой механике ту же роль, что уравнение Ньютона в классической механике [64, с. 38]. Поэтому появление представления о квазичастицах, как элементарных возбуждениях макроскопического по масштабу конденсированных сред (твердого тела, жидкого гелия и др.), которые ведут себя в некоторых отношениях как квантовые частицы [132, с. 249–250], было ожидаемым и вполне естественным. В своей классической книге «Механика» в 45 разделе «Задача Кеплера в классическом и квантовом рассмотрении» А. Зоммерфельд (1868–1951) пишет о том, что «атомная физика пришла к углубленному пониманию волновой механики, следуя по «классическим» стопам Гамильтона» [49, с. 324–330].

К числу такого многочисленного по составу семейства квазичастиц относится, в том числе, и фонон. С одной стороны, фонон – *единственный* тип движения атомов в сверхтекучем квантовом гелии и имеет спин, как и у фотона, равный ½, с другой – вполне обычная в нашей повседневной жизни звуковая волна, с помощью которой люди общаются друг с другом.

Принято думать, что закономерности квантовой механики проявляются лишь при наблюдении объектов микромира. Между тем, еще в XIX веке, задолго до того, как физики приступили к исследованиям микромира, химики установили факты, которые объяснимы лишь с позиций квантовой механики. Эти факты лежат в основе явлений весьма обыденных, встречающихся повсеместно и постоянно. Граница между микро- и макромирами часто может быть объяснена не количественными различиями между ними, а качественными [33]. Например, эксперимент показал, что квантовая корреляция фотонов наблюдается на «классических» расстояниях свыше 10 км. Такого рода квантово-классические эффекты, объясняющиеся нелокальным взаимодействием, заложены в основе квантовой телепортации. Истоки сверхслабой люминисценции макроскопических по размерам живых клеток лежат в их энергетике, которая основана на квантовых процессах [48]. И пути из макро- в микромир в самое последнее время начали уже практически активно прокладываться с помощью усовершенствования техники измерения сверхслабых полей и бурно развивающихся нанотехнологий [91, с. 815–817].

Моментом принципиального характера, объединяющим частицы и квазичастицы, макро- и микромиры, является именно спин – собственный момент количества движения, тесно связанный со свойствами

пространства. Для нелинейной геофизической среды, слагающей все слои нашей планеты [99], характерными являются самосогласованные решения – квазичастицы в виде солитонов, для которых также установлена глубокая аналогия с частицами [36].

Аналогия между частицами и квазичастицами достаточно глубока, при этом радиусы планет солнечной системы и их спутников удается проквантовать в соответствии с представлениями квантовой механики [5, 92].

ВИХРЕВЫЕ ДВИЖЕНИЯ

Идея важности вихревых движений, как и многое другое, если не все в нашей жизни, возникла в античности. Так, в конце V в. до н.э. Демокрит из Абдери, обсуждая проблему бесконечного, разрабатывал учение о движении [12, с. 556] – как о «вихрях», создающих наблюдаемое разнообразие Природы [107, с. 7]. Атомистические «вихревые» воззрения Демокрита в XVII в. получили развитие в работах Р. Декарта и затем других исследователей. В ходе этих философских, атомистических и, впоследствии, механистических размышлений и исследований различные аспекты движения живой и неживой материи развивались параллельно в тесном соприкосновении друг с другом и дополняя друг друга.

Млечный путь, который мы видим в безлунную ясную ночь, есть малая область самой большой волны, которую человек способен разглядеть невооруженным глазом.

А. Фридман [135]

1. *Физический мир.* Двойственное состояние Вселенной – макроскопическое, в каждой точке которого происходят квантовые явления, с очевидностью проявляется двумя предельными, по сути, «вихревыми» явлениями, пространственные и временные характерные параметры которых различаются на сорок (40!) порядков по величине. С одной, «макроскопической» стороны – галактики и их скопления с характерными размерами до $R \sim 10^{25}$ м и временами жизни $\tau \sim 10^{10}$ лет $\sim 10^{17}$ с, звездные системы, в пределах спиральных рукавов которых зажигаются и отмирают [2]. На рис. 1 из [159] представлена рассчитанная на компьютере «вихревая» эволюция газопылевого облака.

С другой, «микроскопической» стороны – спиральные цветовые волны, наблюдаемые в химических реакциях Белоусова [91, с. 707], и элементарные частицы с $R \sim 10^{-15}$ м и наименьшим «временем жизни» (для резонансов) $\tau \sim 10^{-23}$ с, которые «от рождения до самой смерти» имеют спин – вполне определенное значение собственного момента количества движения. При этом, «функция волнового пакета освободившихся

электронов имеет форму спирали, раскручивающейся с течением времени от атомного центра» [106], а сверхпроводник имеет упорядоченную структуру магнитных вихрей, описанную А. Абрикосовым [8].

В 80-х гг. прошлого века многочисленными группами исследователей экспериментально было показано, что при пластической деформации поликристаллического образца некоторые его объемы могут двигаться как целые и, в частности, вращаться. Установлено, что в области интенсивных пластических деформаций некоторые зерна поворачиваются на десятки и более градусов как целые без пластической деформации внутри. При этом было отмечено, что «ротации для кристаллической решетки являются столь же типичными, как и турбулентное течение для жидкости» [23]. На рис. 2 представлена конической формы «кольцевая» структура и связанные с ней «спиралеобразные» нарушения в куске льда.

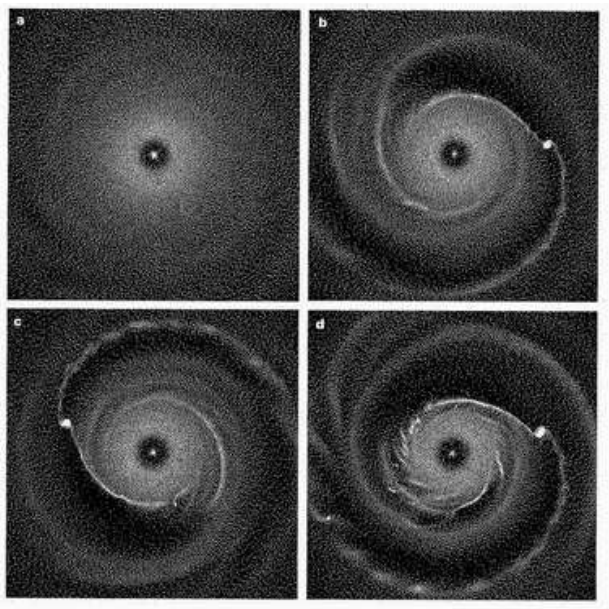


Рис. 1. Эволюция газопылевого диска по данным [159]. Видно, как возникшая в облаке вокруг «звезды» вихревая волна плотности служит триггером образования планеты и последующего увеличения ее размеров (массы).

В связи с задачами, стоящими перед метеорологией и океанологией, там тоже в последнее время резко повысился интерес к проблеме вихревых движений. Получены [3, 22, 109, 110] новые фундаментальные

Рис. 2. Кольцевая (диаметром около 1 см) конической формы структура в куске льда, замороженном в кастрюле при –30^{0}С. Видна связанная с этой структурой система спиралеподобных неоднородностей. Структура нарушений проявилась после того, как первоначально на вид однородный кусок льда растаял на четверть. Фото И. Азюкова.

результаты для Земли и новые данные для атмосфер других планет солнечной системы. Накопленный материал показывает, что основными движениями газовых и жидких оболочек планет служат определяемые их угловыми скоростями вращения тайфуны (рис. 3), циклоны, антициклоны, кольцевые течения, ринги и широкий спектр захваченных волн: Д.Г. Стокса (1819–1903), Кельвина, Россби и др. На основании большого количества фактов сделано обобщение о том, что океан и атмосфера являются, в принципе, единой системой, что наиболее отчетливо проявляется эффектом квазидвухлетней цикличности атмосферы. Показано, что многие из наиболее заметных межгодовых колебаний метеорологических элементов в атмосфере и гидрологических величин в океане связаны с этими явлениями [110].

Влияние ротации на процессы, протекающие в недрах планеты, в том числе, на состояние и форму ее «твердой» поверхности – несомненно. Земля представляет собою вполне «организованную» систему, структура которой упорядочена [149]. Геофизические [59, 126] и геологические [67, 75, 112, 114, 121] данные тоже приведены в многочисленных публикациях [31, 120]. Более того, в науках о Земле, на фоне «не успехов» Новой глобальной тектоники [100, 117], резко повысился интерес именно к проблемам ротационных движений в очагах землетрясений [23, 162] и вихревых структур в литосфере вообще [31, 95, 96, 112, 121]. Вихревые

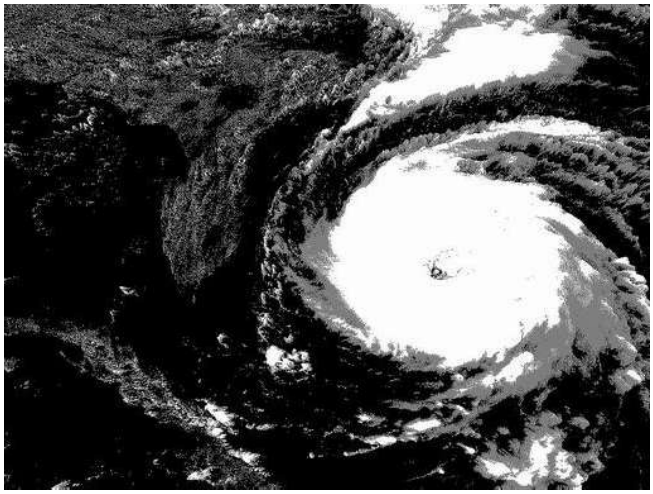


Рис. 3. Ураган Флойд в Саргассовом море в середине сентября 1999 г.

Отчетливо видны п-ов Флорида и о. Куба (www.fotokosmos.narod.ru/fotoearth9.html). Самый сильный ураган в США за столетие; парализовал нормальную жизнь в десятке американских штатов; эвакуировано 3 млн человек; сила порывов достигала 200 км/час; поперечник урагана составлял 1000 км; наводнения; ущерб не менее $800 млн (www. 2day.ru/10185-eshow.asp).

[31] и кольцевые [31, 84] структуры обнаружены и на поверхностях других быстровращающихся планет солнечной системы и их спутников. По сути, в настоящее время взамен Новой глобальной тектоники происходит зарождение новой парадигмы, в основу которой закладываются ротационные и вихревые движения [23, 25, 31, 67, 75, 79, 80, 95, 96, 100, 112, 114, 117, 119, 121, 126, 162]. Все эти данные позволяют «твердотельные» геолого-геофизические движения и движения океана – атмосферы объединить в один ряд явлений. Действительно, на это указывают следующие материалы.

Великолепный обзор вращательных движений представлен в работе А.И. Полетаева с приметным названием «Ротационная тектоника или тектоническое вращение?» [96]. Согласно этой работе, применительно к Земле вихревые процессы, описанные И. Кеплером – Р. Декартом – И. Кантом – П. Лапласом, математически обоснованы Л. Эйлером (1707–1783), упоминаются в работах Дж. Дарвина (1879), А.И. Воейкова (1893), использовались Ф. Тейлором (1910) для объяснения смещения материков от полюсов к экватору, а А. Вегенером (1912) – для смещения их к западу. Интересно отметить, что в 1876 г. лорд Кельвин посвятил ротационным

процессам президентский адрес (доклад) перед Британской ассоциацией наук.

Л. Поккельс в 1911 г. рассматривал «изменения вращения Земли как геологический фактор», Д.И. Мушкетов в 1933 г. полагал, что «изменения скорости вращения Земли,…несомненно, были реализованы в различные эпохи». В 1928 г. молодой китайский геолог Ли Сы-гуан впервые выделил и описал вихревые структуры в геологических разрезах в Китае. Это были преимущественно вихревые структуры с горизонтальной осью вращения. Согласно данным, представленным на рис. 4–7 из [38, с. 56–57], вихревые структуры с вертикальной осью вращения отчетливо проявляются в различных геофизических полях, зарегистрированных в районе микроплит Пасха и Хуан-Фернандес. По данным авторов атласа [38, с. 56]: «Микроплита Пасха вращается между Восточным и Западным рифтами с довольно большой скоростью (примерно 15°/млн лет) и уже повернулась почти на 90° со времени своего образования» около 5 млн лет тому назад».

В 1933 г. была опубликована работа группы японских сейсмологов во главе с С. Фузыхара (S. Fujuwhara), подготовленная на основе данных результатов повторных геодезических работ в 1884–1889 гг. и 1924–1925 гг. в районе залива Сагами на Тихоокеанском побережье о. Хонсю (Япония). На помещенной в этой работе схеме впервые было показано вращение крупного блока земной коры вокруг залива Сагами, сопровождавшееся катастрофическим землетрясением в Канто 01.09.1923. В последующем это направление исследований было развито С. Ломниц (1980, 2006) и другими исследователями [24, 25, 31, 162]. Подобные исследования привели к созданию основ ротационной теории движения блоков, плит земной коры и очагов землетрясений и, как следствие, к появлению представлений о новой вихревой ротационной тектонической парадигме.

В последнее время разработаны модели, в которых предпринимаются попытки описания геологических процессов на микроуровне [31]. Важное место в ряду таких моделей занимают представления о тектонических и сейсмотектонических солитонах и экситонах, имеющих крутильную («вихревую») поляризацию [23, 25, 119, 120].

В 1937 г. в Трудах XVII сессии Международного геологического конгресса был опубликован доклад Н. Арабю «О деформациях Земли», в котором высказывалось мнение, что деформация планетных тел вызвана изменениями скорости их вращения. Данные об особенностях вращения Земли были приведены в многочисленных сводках. Их библиография представлена в [27]. Данные о геологической роли ротационных сил и вихревых структур были приведены в работах Ли Сы-гуана (1928, 1952, 1958), М.В. Стоваса (1951–1975), Г.Н. Каттерфельда (1958, 1959), Б.Л. Личкова (1962, 1965), И.И. Чебаненко (1963), О.И. Слензака (1972)

[114], И.В. Мелекесцева (1979, 2004) [31, 75], А. Шейдеггера (1987), П.С. Воронова (1968–1997), Я.Г. Каца, В.В. Козлова, А.И. Полетаева (1990), А.И. Полетаева (2004–2006) [95, 96], А.В. Викулина (2003–2005) [23–25, 31], А.В. Викулина и др. (2004) [31, 119, 120], Е.Г. Мирлина (2003–2006) [79, 80] и других.

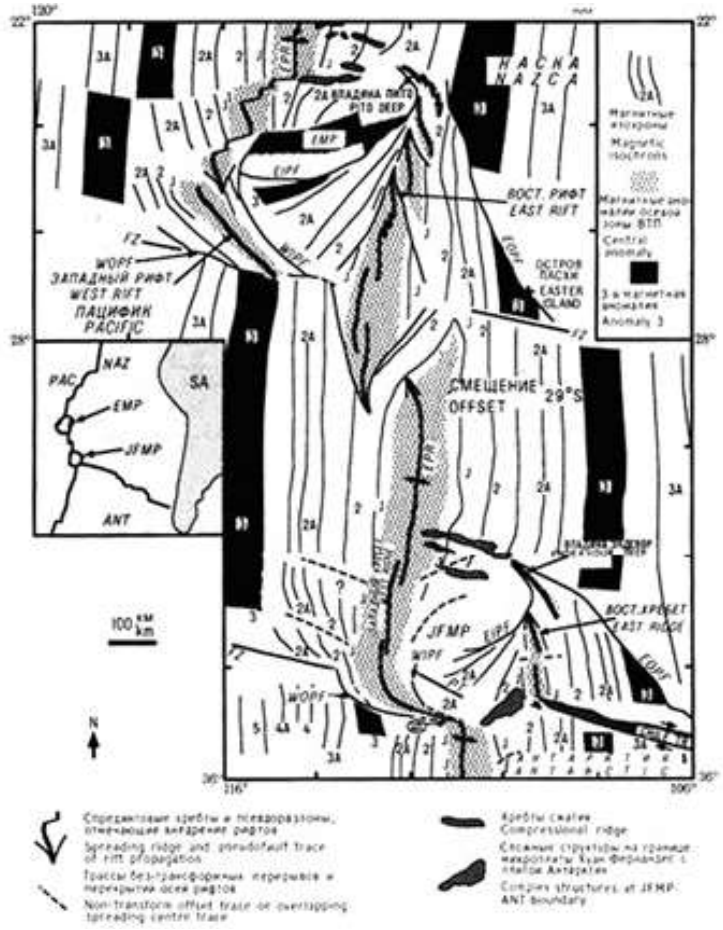


Рис. 4. Тектонические границы (жирные линии), магнитные изохронны (тонкие линии) и положение микроплит Пасха (EMP) на севере и Хуан-Фернандес (JFMP) на юге [38, с. 57].

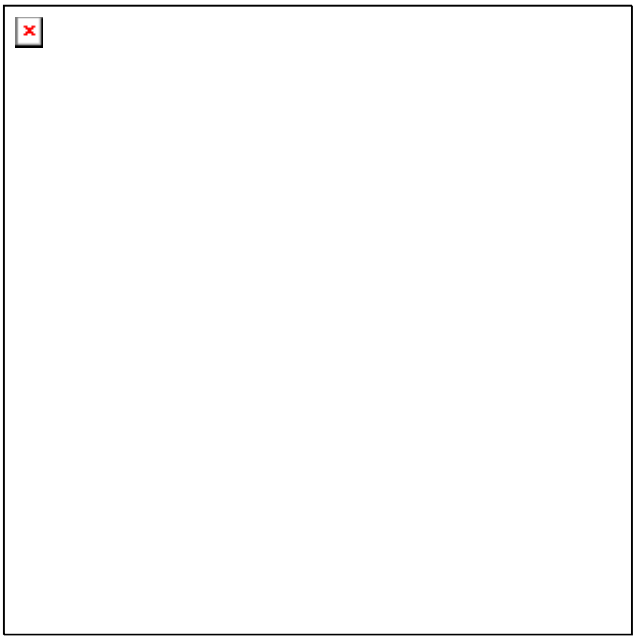
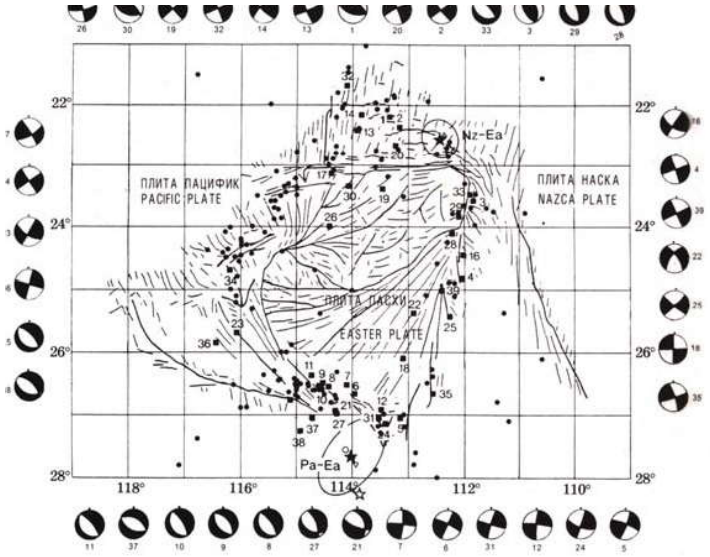


Рис. 5. Батиметрическая карта района микроплиты Пасха [38, с. 56].

Известно много данных [23], указывающих на существование взаимосвязи между сейсмотектоническими процессами, вариациями вращения планеты, нутацией ее полюса, с одной стороны, и процессами в атмосфере, количеством осадков и уровнем моря – с другой. Взаимосвязь мантийных вихревых течений с движением тектонических плит, вулканизмом и сейсмичностью обсуждается в работе [10]. Оказалось, что все эти планетарного масштаба процессы взаимосвязаны, в свою очередь, с «внеземными» факторами: солнечной активностью, гелеофизическими и космическими параметрами, эклиптической долготой Луны.

Было установлено [109], что не только газово-жидкая оболочка планеты представляет собой единую систему. Такой, по своей сути, является система Земля–океан–атмосфера, компоненты которой совершают согласованные колебания, влияя друг на друга. Такие колебания проявляются в виде движения полюсов Земли, эффектов Эль Ниньо и Ла Ниньо в океане, Южного (в субтропической зоне южного полушария между Тихим и Индийским океанами) колебания масс воздуха и отмечавшейся выше квазидвухлетней цикличности атмосферы.


ПЛИТА ПАЦИФИК
PACIFIC PLATE
ПЛИТА НАСКА
NAZCA PLATE
ПЛИТА ПАСХИ
EASTER PLATE
Nz-Ea
Pa-Ea
22°
24°
26°
28°
118°
116°
114°
112°
110°

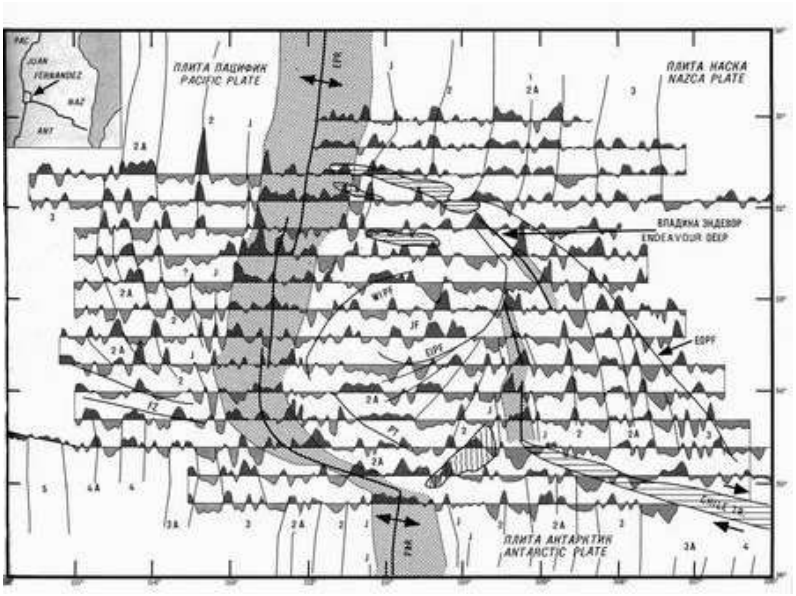


Рис. 7. Тектонические границы (жирные линии) и магнитные изохронны – корреляция магнитных аномалий (тонкие линии) [38, с. 57].

Приведенные данные позволяют предположить, что Земля, включающая в себя совокупность твердой, жидкой и газовой оболочек, представляет собой единую систему, взаимодействие в которой осуществляется посредством вихревых (вращательных) движений, то есть, по сути, является моментным.

Первым, кто отчетливо провел аналогию между движениями земных слоев и изменениями видов животных, был математик и философ Г. Лейбниц (1646–1716), по образному выражению А.И. Герцена – «человек, почти совсем очистившийся от средних веков: все знает, все любит, всему сочувствует, на все раскрыт…» [69, с. 456–460]. В 70-е же годы XX века немецкий физик Г. Хаген принципы самоорганизации живой природы предложил заложить в основу навой науки – науки о теории самоорганизации всех явлений, независимо от их природы [91, с. 712].

... Итак, жизнь есть вихрь, то более быстрый, то более медленный, более сложный или менее сложный, увлекающий в одном и том же направлении одинаковые молекулы.

Ж. Кювье, 1817 г. [7]

2. *Живой мир.* Жизнь есть одна из форм существования материи, закономерно возникающая при определенных условиях в процессе ее развития. Организмы отличаются от неживых объектов обменом веществ, раздражимостью, способностью к размножению, росту, развитию, активной регуляции своего состава и функций, к различным формам движения, приспособляемостью к среде и т.п. Полагают, что жизнь возникла путем абиогенеза, то есть путем образования органических соединений, распространенных в живой природе, вне организма, без участия ферментов. В широком смысле, абиогенез – это возникновение живого из неживого [115, с.8, 437].

Решение проблемы – как в различных системах природы хаос самопроизвольно переходит в порядок – является одной из основных задач физики и биофизики.

Элементарной живой системой является клетка – основа строения и жизнедеятельности всех растений и животных, включая человека. По мнению ботаника М. Шлейдена (1804–1881), «жизнь заключена *в жизни клетки*» [70, с. 334]. Один из создателей клеточной теории цитолог Р. Вирхов (1821–1902) утверждал, что «для всякого живого существа клетка является последним морфологическим элементом, из которого исходит всякая жизнедеятельность как нормальная, так и болезненная» [70, с. 358–361].

Первым пустил в оборот термин «клетка» Р. Гук (1635–1703). Он же сконструировал микроскоп и первый отметил ничтожную величину строительных элементов растения, вычислив, что в одном кубическом дюйме может поместиться 1200 млн клеток. Наблюдая остатки живых организмов в горных породах, Гук одновременно с Лейбницем высказывает мысль о преобразовании самих форм живой природы. Ему принадлежит честь быть одним из первых эволюционистов [69, с. 346–347].

Размеры клеток варьируют в пределах шести порядков по величине: от 0,1 мкм (некоторые бактерии) до 155 мм (1 мкм = 10^{-6} м). У человека, в организме новорожденного, около $2 \cdot 10^{12}$ клеток. В каждой клетке различают ядро и цитоплазму. Диаметр ядра обычной клетки животного равен 5 мкм. За исключением того периода, когда клетка делится, ядро плотно и почти равномерно заполнено ДНК.

ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота) и РНК (рибонуклеиновая кислота) – одни из наиболее интересных и загадочных молекул биологии. Они принадлежат к классу биополимеров и обладают важнейшей

биологической функцией, заключающейся в возможности сохранять и передавать генетическую информацию. Все генетические «приказы», отдаваемые клетке, исходят от ДНК.

Молекула ДНК представляет собой сложную динамическую систему, состоящую из множества атомов, собранных в своеобразную квазиодномерную структуру. Эта структура имеет вид двойной спирали (рис. 8), обладает множеством степеней свободы, большой внутренней подвижностью и специфическим распределением внутренних взаимодействий. Молекула ДНК состоит из полинуклеотидных цепочек, слабо взаимодействующих между собой и свернутых в двойную спираль [157]. В составе двойной спирали одна цепь связана с другой осью симметрии 2-го порядка. Этот элемент симметрии, порождаемый антипараллельным расположением цепей, делает молекулу ДНК с обоих концов одинаковой, симметричной – как с точки зрения человека, рассматривающего модель молекулы ДНК, так и с точки зрения фермента, вступающего с молекулой во взаимодействие [77, с. 132].

Благодаря комплементарности молекул ДНК, становится возможной репликация: в процессе деления клетки спиральные нити расходятся, и каждая нить достраивает дополнительную нить. В результате получаются две нити, идентичные исходной спиральной структуре [91, с. 707].

Приведем некоторые данные о размерах двойной спирали. Диаметр ее, определяемый расстоянием между атомами фосфора, равен в точности 2,0 нм. Шаг спирали – 3,4 нм, на один виток приходится десять пар оснований. Расстояние между плоскостями оснований равно 0,34 нм, что примерно эквивалентно сумме ван-дер-ваальсовских радиусов ароматических колец.

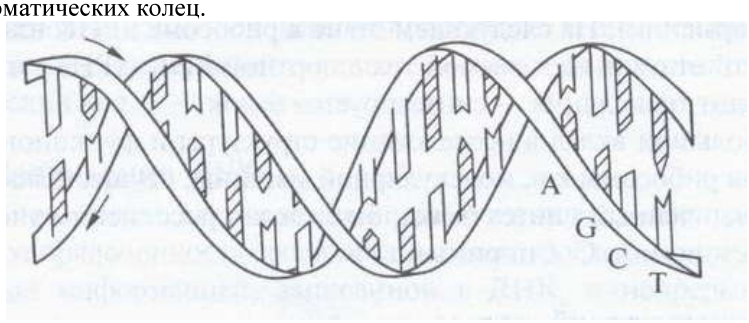


Рис. 8. Модель структуры молекулы ДНК по Уотсону и Крику. Молекула ДНК – это двойная спираль, состоящая из двух полинуклеотидных цепей, закрученных вправо. К бокам спиралей прикреплены молекулы оснований: двух пуриновых (адеин, A и гуанин, G) и двух пиримидиновых (тимин, T и цитозин, C). Информация о наследственных свойствах организма записана в виде различных комбинаций этих оснований [142].

Ген – участок молекулы ДНК, ответственный за синтез одной белковой цепи. Специфическое расположение нуклеотидов в ДНК и есть тот код, который содержит информацию о последовательности аминокислот одного белка и программирует его синтез. Информация, содержащаяся в ДНК, передается в РНК, одна из двух спиралей которой становится матрицей, и на ней синтезируется новая цепь [91, с. 708–709].

Типичный ген в 1000 оснований – это участок ДНК около 340 нм длиной [77, с. 134]. Таким образом, при общем количестве генов, число которых, как впервые показал в 1953 г. опять же Г.А. Гамов [148], равно 64, протяженность всей молекулы ДНК составит около $2 \cdot 10^4$ нм. Геометрическим аналогом молекулы ДНК может служить проволока диаметром 1 мм и протяженностью 10 м.

Молекулы ДНК существуют не только в виде открытых, незамкнутых молекул, часто их концы ковалентно соединяются друг с другом. Как и у белков, структуру ДНК можно значительно исказить путем внесения дополнительных супервитков (суперспиралей). Чтобы получить такой эффект, к одному из концов цепи необходимо приложить крутящий момент [77, с. 139]. Эти данные показывают, что одной из важнейших характеристик ДНК служит крутящий момент, величина которого, по определению [62], равна $M=CbS$, где C – крутильная жесткость молекулы ДНК (модуль сдвига), b – шаг спирали, равный 3,4 нм, или вектор Бюргерса, $S=\pi D^2/4$ – площадь сечения спирали, D=2,0 нм – ее диаметр (1 нм=10^{-9}м =10 А).

ДНК, вместе с белками, образует вещество хромосом, которые являются структурными элементами ядра клетки. В клетках организмов с недифференцированным ядром (простейшие бактерии) имеется одиночная двуспиральная молекула ДНК, которая нередко называется хромосомой [115, с. 1455].

Белки – биополимеры или высокомолекулярные органические вещества, структурную основу которых составляют длинные цепи, построенные из остатков α–аминокислот, соединенных между собой пептидными связями. Белки составляют основу процессов жизнедеятельности всех организмов. Белки в живых организмах выполняют структурную (построение тканей и клеточных компонентов) и функциональную (ферменты, гормоны, дыхательные пигменты и др.) роль. Белки образуют скелет клетки, опорные ткани и защитные покровы организмов, обеспечивают движение. В организме человека свыше 10^8 различных белков, каждый из которых является «крошечным молекулярным роботом» и «молекулярной конформационно-электронной машиной» [18].

Главная особенность белков, которая имеет решающее значение для их функционирования, – способность самопроизвольно формировать пространственную структуру, свойственную только данному белку, т.н.

самоорганизация структуры. В белках выделяют четыре уровня структурной организации. *Первичная структура* соответствует последовательности аминокислотных остатков в полипептидной цепи, *вторичная структура* – пространственной укладке атомов главной цепи, *третичная структура* – распределению в пространстве всех атомов белковой глобулы, *четвертичная структура* – размещению в пространстве самих глобул [37, с. 68]. Такая организация белковой молекулы – есть самоорганизация: после синтеза белка, в рибосоме полипептидная цепочка сама сворачивается единственным уникальным способом, специфическим именно для данного белка и абсолютно одинаковым для всех миллиардов копий его молекул. Никаких дополнительных молекулярно-биологических устройств для возникновения пространственной структуры белка не требуется [18, с. 38].

Сам механизм, реализующий программу синтеза молекулы белка за 1–2 мин., удивительно изящен. При построении белков живая природа использует только 20 вполне определенных аминокислот, которые получили название канонических. Этот набор универсален. Замена одной аминокислоты в белке может полностью нарушить его функции и привести к гибели организма [91, с. 709].

Альфа-спирали (аналог: винтовая лестница) и бета-структуры аминокислот объединяются в субглобулы и кластеры с помощью ионных, химических, водородных и ван-дер-ваальсовых связей. В целом, такая молекула представляет собой сложную колебательную систему с тысячами степеней свободы [102], включая крутильные колебательные моды [82, 83].

В «белковой» проблеме еще много неясного. Например, все белковые соединения, входящие в состав живого вещества, имеют «левую асимметрию». Что это значит? Когда происходит лабораторный синтез такого соединения, всегда «правые» и «левые» формы присутствуют в одинаковом количестве, так как наращивание молекул путем присоединения атомов и атомных группировок происходит случайным образом. Почему же в «живых» органических соединениях всегда присутствуют только «левые» формы аминокислот и «правые» молекулы сахаров, тогда как их зеркальные изомеры в биосфере полностью отсутствуют [123]? В каком виде белковая молекула получает команду на сворачивание «единственным и неповторимым» образом? С помощью какого поля белковой молекуле передается такой, в буквальном смысле слова, «живородящий» момент «левой» ориентации? Продолжением вращательных движений какой природы является такой момент?

Ответы на все эти вопросы, возможно, связаны с одним удивительным свойством живой природы, которое заключается в способности строить белки *только* из левых оптических изомеров аминокислот.

Физиологическое и биохимическое действие оптических изомеров часто совершенно различно. Например, белки, синтезированные искусственным путем из правых аминокислот, не усваиваются организмом; бактерии подвергают брожению лишь один из изомеров, не затрагивая другой; левый никотин в несколько раз ядовитее правого никотина. Удивительный феномен преимущественной роли только одной из форм оптических изомеров в биологических процессах может иметь фундаментальное значение для выяснения путей зарождения и эволюции жизни на Земле [132, с. 497–498]. В свете этих данных представляется, что без привлечения физических представлений об элементарном «живом» моменте вполне определенной ориентации, по сути, своеобразном «спине жизни» – при ответе на такие вопросы не обойтись.

Еще микробиолог Л. Пастер (1822–1895) – «герой мысли», «человек с всеохватывающим полетом мысли», как говорили о нем современники, указал, что «асимметричный синтез» может происходить при наличии какого-нибудь природного асимметричного фактора [148, с. 182].

В этой связи заслуживает внимания еще такой вопрос: почему жизнь на Земле не возникает из неживого вещества в настоящее время? И вообще – жизнь на Земле возникла однократно или многократно? [148, с. 183].

Заметим, что одним из таких асимметричных факторов или движений, которые могли бы способствовать зарождению «молекулы жизни» – белка [18], может быть *вращение*. Имеющиеся геохронологические ряды данных, по-видимому, указывают на *однократное* возникновение жизни на Земле. В таком случае, если предположить, что жизнь на Земле возникла *закономерно*, а не, например, случайно, то либо такое «асимметричное вращение» в момент зарождения жизни должно было быть неким особым, либо механическое вращение оставалось «обычным», но сопровождалось «асимметричным» изменением другого геофизического поля, например, аномальной переполюсовкой магнитного поля планеты [85]. В этой связи следует обратить внимание на исключительное по своей природе отношение магнитного момента к «механическому» моменту импульса электрона, которое равно магнетону Бора и является фундаментальной постоянной [131, с. 233].

Необходимость постоянного обновления белков лежит в основе обмена веществ.

Обмен веществ или метаболизм, по Леонардо да Винчи – «беспрерывное умирание и беспрерывное возрождение» [69, с. 242], представляет собою совокупность всех химических изменений и всех видов превращений веществ и энергии в организмах, обеспечивающих развитие, жизнедеятельность и самовоспроизведение организмов, их связь с окружающей средой и адаптацию к изменениям внешних условий.

Основа обмена веществ – непрерывное обновление живого материала и обеспечение его необходимой энергией [115, с. 122–905].

Но процесс обмена веществ является уже следствием жизнедеятельности, которая, как следует из выше сказанного, направляется ДНК и осуществляется белками.

Само появление «клеточной» жизни или жизни как формы существования белковых тел [155], с позиции физических P (давление) – T (температура) условий, представляется математически невероятным. Действительно, возникновение клетки и осуществление обмена веществ, необходимого для ее деления, возможно лишь при выполнении следующих достаточно «жестких» условий, налагаемых на среду ее обитания. Во-первых, живая среда в течение продолжительного отрезка времени должна находиться в «предельно» узких, по сути, «δ-образных» диапазонах температуры $\delta T\approx(10^2\div10^3)$ град. ($0\le T\le350^0$C) и давления $\delta P\approx10^3$ атм. ($0\le P\le10^3$ атм.) [15, с. 89–91; 34], так как весь диапазон реализуемых во Вселенной значений этих величин просто гигантский: ΔT=0(–273^{0}C)÷10^{5}K(10^{30}K) – температура в центре звезд [118] (теоретическая температура «объединения» всех известных четырех взаимодействий воедино [87]), ΔP=10^{-10} (кавитация)÷10^{24} (вырожденный нейтронный Ферми-газ) атм. [60, с. 388]. К этим цифрам для полноты картины следует добавить и плотность среды ρ, в которой могут существовать живые организмы: $\delta\rho\approx1$ г/см^3 ($0\le\rho\le2$ г/см^3) при $\Delta\rho=0\div10^{15}$ г/см^3 (10^{93} г/см^3) – плотность ядра атома (плотность вещества Вселенной сразу после Большого взрыва) [87]. Во-вторых, физическое состояние такой среды должно быть близким к жидкому (вода) с вязкостью около 1пз с тем, чтобы создать необходимые условия, способные обеспечить протекание обмена веществ в клетке с достаточно высокой интенсивностью. В-третьих, для протекания необходимых для обмена веществ биохимических реакций питательный бульон должен иметь вполне определенный химический состав, что накладывает соответствующие условия и на минералогический состав слагающих планету геологических пород. В-четвертых, процессы, протекавшие на планете в момент появления на ней жизни, должны были содержать в своем «арсенале» такие геофизические крутильные (вихревые) движения, которые были бы способны как создать первую живую клетку, так и обеспечить возможность протекания в ней обмена веществ. В-пятых, в-шестых и т.д.

И, тем не менее, жизнь на Земле возникла *менее чем за первый миллиард лет* существования планеты [136]. Биохимический аспект жизнедеятельности уже простейшей клетки – бактерии, способной самопроизвольно делиться, обеспечивается обменом веществ. Механический аспект такой деятельности является результатом движений, происходящих в ДНК и белках.

Длинные молекулярные цепи ДНК и белков в последние десятилетия служат объектом пристального внимания большого числа ученых разных специальностей, включая физиков [43, 82, 83]. Характер движений в таких длинных молекулярных цепях очевиден: это со многими степенями свободы сложный колебательный процесс, состоящий, в том числе, и из крутильных мод и обеспечивающий на различных уровнях самоорганизацию структуры клетки. Эти данные позволяют предположить, что необходимые и достаточные физические и «геофизические» условия зарождения жизни на планете Земля около 3,8 млрд лет назад и ее последующей эволюции были выполнены.

Первые живые существа – бактерии образовались в отсутствие свободного кислорода. Оказалось, что клетки бактерий обладают индивидуальными свойствами. В отсутствие кислорода клетка получала энергию, которая выделяется в результате процесса брожения – расщепления органических молекул. Позднее клетки «открыли» наиболее эффективный способ получения энергии – это сгорание органических молекул в присутствии кислорода или дыхание.

Прошли еще 2,5 млрд лет, и возникли одноклеточные водоросли. Многоклеточные организмы появились 500 млн лет назад. Для осуществления этого события потребовалось 3,5–3,8 млрд лет, поскольку вероятность образования сложных систем зависит от реализации определенной конфигурации предыдущих структур. Наземные растения и позвоночные возникли быстрее – в палеозойскую эру, 400 млн лет назад, млекопитающие – в мезозойскую эру, 200 млн лет назад [91, с. 710].

Жизнь, простейшие живые организмы – микробы обладают поистине фантастическими возможностями сохранять свою «жизненную силу». Действительно, найденный в Антарктике (температуры поистине «космические» – до –80°С, возможно, и до –100°С) замерзший навоз пони, участвовавших в экспедиции Р.Ф. Скотта (1868–1912) в 1911 г., содержал оживших в тепле микробов типа кишечной палочки. В комочках почвы, приставших к корням растений, хранившихся с 1640 г. в крупнейшем ботаническом саде Кью-Гарденс (Лондон), обнаружены жизнеспособные споры микробов. Найдены способы оживить бактерии в стенах древних индейских пирамид в Перу, возраст которых 4800 лет, и даже в пластах угля, возраст которых оценен в 300 млн лет. Оживлены бактерии в образцах соли из девонских, пермских и силурийских месторождений в Германии и Северной Америке, которым, таким образом, было более 600 млн лет [17]! Эти данные не исключают гипотезу космического (и божественного – за рамками понимания науки) происхождения жизни.

А у дельфина взрезано брюхо винтом.
В. Высоцкий

3. *Эволюция живых организмов.* В течение всей истории Земли отдельные растения и животные, умирая, захоронялись под отложениями, а их форма и строение «консервировались» в виде ископаемых остатков, включенных в пласты пород. Первыми, кто придал таким закономерностям эволюционное значение, были Лейбниц и Гук. В наши дни многие ископаемые были найдены, собраны воедино и проанализированы. Оказалось, что, если расположить их в хронологическом порядке, то они образуют непрерывные ряды [133, с. 113]. Какие же это ряды?

Окружающая среда создает предпосылки для проверки биологических «изобретений», которые постоянно появляются. В настоящее время известно около 1,5 млн живущих видов. Считается, что вдвое большее их количество еще не описано. Эти цифры указывают на размеры и сложность строения биосферы [133, с. 143].

При рассмотрении вселенной частиц и полей естественно обратиться на мгновение к вселенной растительных и животных форм. В этих двух царствах жизни можно увидеть изумительный порядок и симметрию [127]. Самый страшный симптом сложности – нарушение симметрии. Все простое симметрично. У нас сердце слева, и это очень странно. Проще было бы иметь сердце посередине или одной половине людей справа, а другой – слева. Если бы мы считали развитие живых организмов прямым следствием простых законов природы, то никак не поняли бы, почему нет людей с сердцами справа. Почему возникновение сердечных фибрилляций и аритмий, нарушающих нормальную работу сердца, вызываются спиральными волнами, образующимися в его ткани [55]. Приходится объяснять и неравнозначность правого и левого винта у раковин и ветвистых растений, и способность организмов строить несимметричные молекулы [134]. А также – спиральную форму некоторых бактерий (спириллы, менее скрученные и похожие на запятую, и спирохеты, сильно закрученные и напоминающие штопор), большое количество куколок, раковин и др. [28, с. 166, с. 271].

Следует отметить, что раковины и скелеты оказали заметное влияние на ход эволюции.

Палеонтологическая летопись дает нам слишком мало данных, чтобы судить о том, как у морских животных появились твердые части тела, и нам приходится полагаться на теоретические рассуждения. Например, мы можем представить себе, что раковины, состоящие из карбоната кальция, образовались следующим путем. Ионы кальция присутствуют в морской воде и в большей части пищи морских животных. Поэтому кальций мог проникать в тело животного. Большая часть его выводилась из организма, но некоторое количество (зависящее от биохимических особенностей

животного) могло оставаться внутри тела или на его поверхности и накапливаться, образуя своего рода затвердение [133, с. 187–188]. При таком механизме образования скелеты повторяют особенности строения тела животного. По-видимому, по этой причине и наблюдается большое количество улиток, раковин и других закрученных форм, которые, в принципе, наследуют «изначальную» спиральную (вихревую) структуру живого – структуру длинных цепей ДНК и белков.

Одна из крупнейших проблем ботаники давно уже привлекала внимание ученых. Еще Плиний Старший (23(24)–79) и Альберт Великий (1193–1280) интересовались ею, а XVIII век подвел к ней вплотную. Это – движение отдельных частей: листьев, цветков, усиков и плетей у растений. Ученые стремились объяснить такого рода движения «игрой физических сил», но было и очень сильное встречное течение, усматривавшее в них действие особой силы, управляющей всей жизнью растений [70, с. 456]. Действие такой силы может быть охарактеризовано в рамках теории листорасположения, автор которой ботаник Шимпер (1803–1867). Известно, что растениям присуща врожденная тенденция к спирали, которая и определяет расположение листьев на стебле и ветвях.

Ботаник А. Браун (1805–1877) пытался развить и углубить учение Шимпера. Спиральное расположение листьев на стебле, чешуек и листочков в почке, лепестков в бутоне, а также спиральные сосуды, открытые ботаником М. Мальпиги (1628–1694) [69, с. 356–357], спиралью свернутые усики и гибкие стебли некоторых растений – вот факты, на которые он опирался. Остановив свое внимание на спиральном расположении листьев, А. Браун придал ему математическую формулировку, что произвело большой фурор среди ботаников: получилась такая картина, будто природа действует не только по эстетическим нормам, но и согласно математическим закономерностям [70, с. 442–446].

Превращение рыб в амфибий представляет собой заметное достижение на пути эволюции. Так возникла новая династия – четвероногих позвоночных наземных животных. Не обладая более совершенным механизмом реакций, без достаточно быстрого увеличения размеров мозга, амфибии не смогли бы выжить. Следует отметить, что и мозг человека увеличивался быстрее, чем его рост [133, с. 202, 205, 324]. При этом его головной мозг, по Леонардо да Винчи – «седалище души» [69, с. 242], состоит из более чем 10^{11} взаимодействующих между собой нервных клеток при протяженности одного нейрона до 1 м [55]. Возможность самовозбуждения нервной системы человека, когда «нервы действуют иногда сами по себе, независимо от каких-либо *психологических* импульсов, и что такая независимая деятельность их сказывается в виде всевозможных *непроизвольных* движений мускулатуры, впервые отметил Леонардо да Винчи [69, с. 241–242].

При движении тело дельфина как бы ввинчивается в воду, и такое движение достигается благодаря существованию двух систем поперечных волн, бегущих от головы к хвосту [124]. Одна их них совершенно подобна той, которая наблюдается у рыб. Другая система волн соответствует поперечным же колебаниям тела, но только происходящим в вертикальном направлении [158].

Согласно [153, с. 927–935], хорошие условия пропеллирования (движение хвоста дельфина при его движении) могут быть достигнуты в том случае, когда по телу дельфина бежит нарастающая (от головы, точнее – от кончика носа, к хвосту) волна, поляризованная по эллипсу или по кругу. При «ввинчивании» тела дельфина в воду каждое его поперечное сечение движется вокруг оси без вращения. Киносъемка показывает, что этот винт обладает «левой нарезкой», другими словами, вращение элементов тела дельфина происходит против часовой стрелки (если смотреть по направлению хода дельфина). Кроме того, дельфин обладает механизмом, позволяющим выключать хвостовой плавник в тех фазах, когда работа его создает наибольший вредный вращающий момент. Механизм этот заставляет вспомнить аналогичное приспособление у весьма быстроходных рыб (например, макрели), где оно тоже выводит из работы хвостовой плавник во вредных положениях; только там, в этих вредных положениях, возникало не вращение вокруг продольной оси, как у дельфина, а интенсивное вихреобразование, связанное с рысканьем рыбы.

По сути, такой механизм движения тела дельфина приводит к необразованию вихрей в воде и, тем самым, *к уменьшению коэффициента трения*.

У дельфина имеется только единственный «винт», следовательно, для компенсации вредного вращающего момента у него должно быть какое-то иное приспособление. Для компенсации вредного вращающего момента, несомненно, служит та *асимметрия черепа* дельфина, которая давно была подмечена исследователями у всех зубатых китов. Как видим, *поднявшись на более высокую* ступень эволюционной лестницы, дельфин приобрел и более совершенный движитель [153, с. 936–939]. При этом он «заработал» асимметрию черепа, но в результате «научился» управлять трением при своем движении, что и позволило дельфину (и зубатым китам) выжить в ходе эволюции. Пространственное расположение птиц и рыб в стаях также отвечает минимуму затрат энергии, расходуемой на трение при их передвижении [50, с. 44].

В процессе эволюции «научились управлять» трением и другие живые существа. Например, змеи, черви и моллюски движутся за счет образования дислокаций. Движение дождевого червя начинается с образования «растягивающей» дислокации вблизи шейки, тогда как движение большинства змей осуществляется путем образования

«сжимающих» дислокаций у хвоста и их перемещения по направлению к голове [53].

Эти комплексные данные показывают, что к объяснению физики трения – как процесса чисто механического, можно подойти, на первый взгляд, с несколько, необычной «социальной» точки зрения, позволяющей на макроуровне использовать «самоорганизационные» свойства вращательных (вихревых) микроскопических движений. На возможность перехода «микроскопической» внутренней энергии в энергию механического движения в вихревых потоках газа и жидкости указывалось в работе [97].

Я сегодня в вихрях ужасных, – сказал
Грибоедов. – Все пробую, все не дается...
Не пей бургундское. От бургундского
делается вихрь в голове.

Ю. Тынянов [125, с. 32, 33]

4. *Социум.* Попытки объяснения закономерностей общественной жизни предпринимались еще в античное время Платоном, Аристотелем и другими и продолжались впоследствии. Создать науку об обществе – социологию в XIX веке предложил О. Конт (1798–1857). В этой науке выделялись географическая, демографическая, биологическая и другие школы, которые опирались на различные философии: позитивизма, неокантианства, философию жизни, марксистско-ленинскую и другие [115, с. 1245].

Как представители определенного вида, принадлежащего к определенному роду и определенной группе позвоночных, мы не просто обитатели Земли, мы представляем лишь небольшую часть ее биосферы. Углерод, водород, азот и кислород, из которых состоят наши тела, принадлежат к числу элементов, входящих в состав Земли. Форма нашего тела и наши умственные способности – продукты длинной цепи эволюционных изменений, направлявшихся природными условиями, в которых жили наши отдаленные предки. Эта цепь привела от чисто биологической эволюции к эволюции культуры, в которой век металлов подразделяется на век машин, век электроники, ядерной энергии, все более быстро сменяющих друг друга.

В течение последних тысяч лет численность человечества увеличивается со все возрастающей скоростью. Если 30 тысяч лет назад численность составляла около 3 млн, 6 тысяч назад – 85 млн, в 1750 г. – 730 млн, то в начале XXI века уже она перевалила за 6-млрд «отметку». При этом в человеке разумном эволюция созидания зашла «очень» далеко. Человечество обладает уникальной способностью познания, способностью увидеть себя со стороны в связи как с окружающей нас средой, так и остальной Вселенной. Человечество в состоянии передать

будущим поколениям все накопленные знания, составляющие основу нашей культуры. Содержание этой культуры определяем мы сами, благодаря нашей способности выбирать и принимать сознательные решения. Уже отсюда вытекает планирование нашего собственного поведения [133, с. 353–354].

И это поведение не всегда приводит к понятным до конца явлениям.

Действительно, в настоящее время в ряде стран наблюдается спад рождаемости ниже уровня воспроизводства, что не есть следствие обнищания этих стран. Увеличение населения планеты происходит за счет самых нищих стран, в которых люди усиленно размножаются. А депопуляция – беда всех «белых» стран сегодня, при всем их процветании. Это является аспектом старения этноса и, по сути, заменой биологической формы экспансии в окружающую среду на форму научно-техническую, вещественно-материальную. Следует отметить, что закаты всех цивилизаций сопровождались снижением рождаемости. А заметное, иногда в несколько раз, уменьшение населения циклически происходило в самых разных странах их развития – будь то эпидемии или войны [20, с. 322].

Летопись ископаемых остатков свидетельствует о том, что до появления *Homo sapiens* эволюция не имела строгой направленности. Это была серия приспособлений, которые сопровождались изменениями генов и контролировались изменениями условий среды обитания [133, с. 354]. И, тем не менее, приведенные выше данные указывают на существование в этой серии приспособлений совершенно отчетливой цепочки причинно-следственных связей. Самоорганизация на уровне клетки сначала проявилась как «умение» некоторых животных (черви, змеи, моллюски, дельфины и др.) управлять своим трением [53]. Затем – как «умение» сбиваться животных в стаи (рыбы, птицы, крупные млекопитающие и др.), что значительно уменьшало трение при их перемещении в среде и, тем самым, увеличивало шансы вида на выживаемость в ходе эволюции [65, 153]. Видимо, такая самоорганизация живых организмов, направленная уже на уменьшение «социального трения», с помощью молекулярного механизма памяти за счет дополнительного синтеза ДНК в клетках головного мозга [51] закрепилась на генном уровне и впоследствии «научила» животных сбиваться в стаи для повышения эффективности их охоты. И уже этот «стадный» эффект был передан нашим дальним предкам Австралопитекам (*Australopithecus africanus)* и *Homo erectus* («человеку прямостоящему»). С появлением около 30–40 тысяч лет назад *Homo sapiens* (человека разумного), обладающего самым совершенным пока мозгом, началась новая эра самоорганизации людей, приведшая к появлению культуры и науки, образованию государств и к переустройству всего мира.

Участок ДНК, выделенный из кости неандертальца (проживавшего около 300 тыс. л.н.), близкого родственника современного человека, кардинально отличается от аналогичного фрагмента у современного человека. Сейчас ученые не могут дать окончательный ответ о его родственных связях с *Homo sapiens* [91, с. 710]. И, тем не менее, «генетические» расчеты показывают, что наш общий с неандертальцами предок, возможно, жил примерно 500–700 тыс. лет назад [47].

В ходе эволюции асимметрия черепа у дельфина «преобразовалась» в «асимметрию» мозга у человека. Функциональная асимметрия полушарий существенно расширяет возможности мозга, делает его более совершенным [103].

Поляризация мыслительного аппарата человека выражается в том, что правое полушарие мозга специализируется на так называемом образном мышлении, а в математических занятиях оно проявляется через предпочтение, оказываемое геометрической, пространственной сообразительности. Тогда левое полушарие осуществляет последовательно-логические операции, следит за причинно-следственными (временными) связями и при математических занятиях проявляется через склонность к алгебраической, аналитической сообразительности [78, с. 127].

Эта асимметрия распространялась и на макроповедение сообществ, объединенных по профессиональным, территориальным (а порой и национальным) признакам. Основания для этого тоже существуют [78, с. 130]. Пример асимметричного строения человека представлен на рис. 9.

Среди ученых распространено мнение, что асимметрия организма человека не случайна и является результатом эволюции. У человека асимметричны не только конечности; известно, что правое полушарие мозга функционально неравнозначно левому. Имеются данные, указывающие на то, что такая асимметрия по-разному проявляется у мужчин и женщин. В 1979 г. ленинградскими учеными были получены данные о специализации больших полушарий головного мозга и у животных [11].

Продвижения в этих труднопроходимых вопросах увлекательны и преисполнены неожиданностями. Одна из них раскрыта И.М. Ягломом [156]. Речь идет о назойливо повторяющейся в истории парности разнодумных исследователей одного и того же дела. Впечатляющим примером служит одновременное и независимое открытие дифференциального и интегрального исчисления И. Ньютоном и Г. Лейбницем. Ньютон по многим своим качествам диагностируется как «правополушарник» (П), т.е. человек с преобладанием образного мышления, а Лейбниц – как «левополушарник» (Л), т.е. человек с предпочтительно логическим (педантично рассудительным) мышлением. Как известно, отношения между ними были крайне враждебными,

недостойными их высоких интеллектов. Пример этот значителен, но отнюдь не редкостен. В работе [156] приводится целый ряд аналогичных математических дуплетов, вот некоторые их них: Фалес Милетский (П) – Пифагор (ок. 570–ок. 500 до н.э.) (Л), Платон (П) – Аристотель (Л), Кеплер (П) – Галилей (Л), Ньютон (П) – Лейбниц (Л), Гюйгенс (П) – Паскаль (1623–1662) (Л), Риман (П) – Вейерштрасс (1815–1897) (Л) и др. Его можно продолжить и распространить в другие профессии. Поразительна возможность двух путей познания! Многие задачи допускают право- и левополушарные подходы. Вопрос об умственном преобладании одних деятелей над другими безответен, а, скорее, некорректен – рейтинги обеих команд, в среднем, примерно одинаковы [78, с. 130–131].

Рис. 9. Асимметрия строения человека проявляется и в вихреобразном расположении волос на его затылке. Иногда наблюдается два «вихря», закрученных в разные стороны. С разрешения матери А.А.Осиповой Фото А.Ю. Озерова.

Представляется, что свободное объединение таких людей «под одной крышей» было бы совершенно немыслимо. Однако в эстафетную цепочку, развернутую во времени, они вошли почти без утеснения и потерь своих уникальностей. По мере развития информационного единения их участники, как бы, коллективизируются и усредняются, а задача выделения индивидуальных качеств усложняется [78, с. 146].

Проведенные исследования 35 пар близнецов, разлученных по разным обстоятельствам в течение нескольких десятков лет, показали

удивительную и необъяснимую пока похожесть состояния здоровья (изменения в весе тела, приступы головной боли, состояние сердца и легких и др.), привычек, поведения, пристрастий в еде, занятиями спортом и даже элементов их одежды [140].

В 70-х гг. прошлого века на основании большого клинического опыта и всего литературного материала была предложена концепция, в основу которой в характеристику функциональных асимметрий человека введены пространственный и временной факторы. Иными словами: в разные периоды времени мы контролируем ситуацию разными полушариями. При этом пространственно-временная организация психики есть ее основная характеристика [42].

И, наконец, совсем недавно был обнаружен новый вид асимметрии мозга – химический. Биологическая роль этого явления пока еще до конца не ясна. Ученые полагают: такой вид асимметрии контролирует движения зародышевых клеток в нужных направлениях, что и формирует мозг таким, каков он есть [141].

Приведенные данные, на наш взгляд, фактически, визуализируют процесс взаимодействия умов, имеющий место вследствие асимметричного строения мозга человека, по сути, «унаследовавшего» асимметрию черепа дельфина, связанную, в свою очередь, с необходимостью уменьшения вихревых (турбулентных) движений вследствие его движения в воде.

И, вместе с тем, полученные в работе [63] уникальные данные убедительно показывают, что *все* явления, происходящие в *социуме*, коррелируют с величиной солнечной активности, определяемой, в свою очередь, моментной динамикой всей солнечной системы. Есть что-то не ощущаемое каждым индивидом, но проявляющееся в их самоорганизующемся коллективном поведении, уменьшающем «социальное трение». Примеров тому – великое множество. Как видим, и ученые уже совсем близко подошли к идее о «спине жизни».

Мы все генетически чрезвычайно схожи. Нас отличает друг от друга ряд признаков, которым мы склонны придавать чересчур большое значение (рост, цвет кожи, форма головы и др.), но как они ничтожны в сравнении с нашим почти стопроцентным (99,9%) генетическим сходством! Мы сформировались под влиянием не только генов, но и окружающих нас людей и явлений, причем в становлении личности среда играет неизмеримо большую роль, чем наследственные особенности. Мы все – одна большая генетическая семья, живущая на общей планете [47].

Тем самым, круг замкнулся: все явления природы, включая и все явления живой природы от момента зарождения первой клетки до социума, несут на себе следы вращательных (вихревых) движений, наблюдаемых во всем масштабе расстояний и времен от квантов до галактик и их скоплений.

Казалось бы, какое отношение имеют тяготение, изменяющее темп течения времени, и кванты – объекты микромира, к макроявлениям геологии и геофизики, включая появление жизни и ее эволюцию? Самое непосредственное.

Действительно, во-первых, неоднородность течения времени находит свое подтверждение в геологии, геохронологические шкалы которой являются «неравномерными» [111]. В таком случае палеобиологическое, биохронологическое, радиометрическое, магнитометроческое, палеоклиматическое и другие [57, с. 86–93] времена, с помощью которых датируются хронологические периоды геологического времени, разделяемые стратиграфическими разделительными плоскостями [133, с. 34–47], также являются неоднородными. Неоднородное течение геологического времени может быть связано, например, с прохождением Земли в составе Солнечной системы в разные геологические эпохи областей Галактики как с разной напряженностью гравитационного поля, так и, в соответствии с принципом Маха, под влиянием разных по величине центробежных сил. Важность ротационного и космического факторов для тектоники обсуждается в работе [137, с. 546–553].

В этой связи следует отметить, что история геологии располагает убедительными фактами, необходимыми для познания обратимости и необратимости, цикличности и направленности. Решение этих проблем имеет значение не только для геологии, но и для естествознания в целом. Абсолютная шкала геологического времени оказалась очень важной для астрономов, так как существенно прояснила вопрос, связанный с галактической орбитой Солнца. О важности союза между геологами и астрономами писал академик Д.В. Наливкин (1889–1982): «Земля является частью Вселенной и поэтому крупные события, происходившие в Солнечной системе и Галактике, влияли на ее развитие и строение. Масштаб геологического времени близок к масштабу Вселенной. Геологи владеют летописью, в которой записаны события истории Земли, а также и Вселенной. Поэтому астрономы иногда обращаются к ним за справками. Жаль, что это бывает нечасто». Проблемы времени в геологии и звездной астрономии во многом идентичны, но, если первую можно решать, ограничиваясь Галактикой, то проблему времени звездных систем следует изучать, поднявшись на более высокую иерархическую ступень [150].

Во-вторых, последние десятилетия изучение геологии и геофизики с точки зрения квантовых эффектов становится делом вполне обычным. Интенсивно разрабатываются квантовая геодинамика, квантовая сейсмотектоника, релятивистская геодинамика и другие направления, в основе которых заложены вихревые движения [31].

Ритмы (своеобразные «кванты» времени), кроме отмеченных выше в астрономии и геологии, изучаются также в биологии, социологии, политэкономии и практически во всех остальных науках. Причем интерес к ним растет. «Гармония сфер» была популярна в Древние и Средние века. В Новое время изучение связи «Космос–Земля–Человек» начал в XVIII веке У. Гершель (1738–1822) (влияние активности Солнца на урожайность в Англии и цены на пшеницу). Спустя век, астроном–любитель Самуэль Швабе объявил (1843 г.) об открытии цикла (около 11 лет) солнечной активности [88, с. 204], а У.С. Джевонс (1835–1882) установил статистически связь между этими циклами и погодой, сельхозпроизводством и экономическими кризисами [143]. Влияние солнечной активности на биосферу вообще было установлено А.Л. Чижевским (1897–1964) в 1915 г. [9].

Уникальный широкомасштабный сбор хронологических данных об аномальных явлениях в природе и социуме Сибири и Монголии позволил показать всеобъемлющее влияние Солнца на все, что происходит на Земле. Важным во взаимодействиях в системе «Солнце–Земля» служит постоянное запаздывание реакции земных процессов на солнечное воздействие. Складывается впечатление, что природная среда накапливает в себе это воздействие или объем солнечной энергии до критических значений, после которых она не способна удержать эту энергию в себе и реагирует возникновением аномальных природных явлений. Это проявляется своеобразной «упругостью» и природной среды, и социума по отношению к солнечному воздействию [63]. Отмечено, что колебания солнечной активности влекут за собой происходящие со сдвигом в 5 лет колебания численности зайцев и других животных [50, с. 46].

И, наконец, было показано, что 11-летняя цикличность обусловлена не собственной внутренней динамикой Солнца как звезды (трудно на основе собственных параметров Солнца сконструировать соответствующее «характерное время»), а сложной динамикой всей Солнечной системы. Дело в том, что центр Солнца движется относительно центра масс Солнечной системы (барицентра) по сложной траектории и может удаляться от барицентра на расстояния, превышающие удвоенный солнечный радиус [46]. Причина: на долю Солнца приходится всего около 2% [148], в то время как на долю Юпитера – 62,5% общего вращательного момента всей Солнечной системы $M_{вр}$ (табл. 2) и 61,3% орбитального углового момента планетной системы $M_{орб}$ (табл. 1). Тогда как их массовые доли составляют 99,9% и 0,007% (табл. 2). Такое сложное движение центра масс Солнца, имеющее характерный период 179 лет, трудно связать с инициированием 11-летнего цикла, продолжительность которого близка периоду обращения Юпитера вокруг Солнца, наиболее критичной в данном рассмотрении планеты. При таком сложном движении центра масс солнечного шара относительно барицентра

вещество Солнца должно проявлять себя как вязкая сжимаемая среда, подверженная приливным воздействиям. Следует ожидать также некоторого деформирования формы Солнца с изменением плотности приповерхностных участков, а также генерации вихревых движений.

Таблица 1. *Распределение орбитального углового момента планет в Солнечной системе [24]*

1	Планета	Масса, $M_{Земли}$=1	Радиус орбиты $R\cdot10^6$ км	Орбитальная скорость, [км/сек]	Период обращения, τ, [сутки]
2	Меркурий	0,053	57,91	47,90	87,969
3	Венера	0,815	108,2	35,05	224,70
4	Земля	1,000	149,6	29,80	365,26
5	Марс	0,107	227,9	24,14	686,98
6	Юпитер	318,0	778,3	13,06	4332,6
7	Сатурн	95,22	1428	9,65	10759
8	Уран	14,55	2872	6,80	30687
9	Нептун	17,23	4498	5,43	60184
10	Плутон	0,900	5910	4,74	90700

1	τ, 10^8 сек	$\omega=2\pi/\tau$, 10^{-9} сек$^{-1}$	Момент, $\boldsymbol{M}_{орб}$, 10^{50} г·см^2·сек$^{-1}$	Момент, $\boldsymbol{M}_{орб}$, [%]
2	0,076	826,2	$8{,}7\cdot10^{-6}$	$2{,}8\cdot10^{-4}$
3	0,194	323,5	$1{,}8\cdot10^{-4}$	$5{,}7\cdot10^{-3}$
4	0,316	200,0	$2{,}7\cdot10^{-5}$	$8{,}5\cdot10^{-4}$
5	0,594	105,8	$3{,}5\cdot10^{-5}$	$1{,}1\cdot10^{-3}$
6	3,743	16,78	1,932	61,33
7	9,296	6,756	0,784	24,89
8	26,51	2,369	0,169	5,394
9	52,00	1,208	0,252	7,990
10	78,36	0,801	0,015	0,479

Примечание: $M_{Земли}=6\cdot10^{27}$ г, $\boldsymbol{M_{орб}=MR^2\omega}$ – орбитальный момент планеты с массой M, радиусом орбиты R и угловой скоростью вращения $\omega=2\pi/\tau$ вокруг Солнца.

Можно полагать, что именно вихревые движения, связанные с моментной динамикой Солнечной системы (в основном, Юпитера), и инициируют появление солнечных пятен [122]. Наблюдаемые значительные отклонения цикличности солнечной активности от 11-летнего периода, имеющие «вращательное расщепление» [88, с. 209, 226], могут быть достаточно просто объяснены именно в рамках такого моментного подхода.

Таблица 2. *Распределение собственного вращательного момента Солнца и планет [24, 118]*

1	Космическое тело	Число спутников	Масса, $M_{Земли}=1$	Плотность, ρ, [г/см^3]	Экваториальный радиус, r, [км]
2	Солнце		$3{,}3\cdot10^5$	1,41	$7\cdot10^5$
3	Меркурий	0	0,053	5,3	2420
4	Венера	0	0,815	4,95	6200
5	Земля	1	1,000	5,517	6379
6	Марс	2	0,107	3,95	3400
7	Юпитер	14	318,0	1,33	71400
8	Сатурн	15	95,22	0,687	60400
9	Уран	5	14,55	1,56	23800
10	Нептун	2	17,23	2,27	22300
11	Плутон	1	0,900	4(?)	3000

1	Период вращения, Т	$\Omega=2\pi/T$, 10^{-4} сек$^{-1}$	Момент, $\boldsymbol{M}_{вр}$, 10^{49} г·см^2·сек$^{-1}$	Момент, $\boldsymbol{M}_{вр}$, [%]
2	26–37 дней	≈0,024	0,16	2,4
3	58,7 дня	0,013	$7{,}3\cdot10^{-7}$	$\approx 10^{-5}$
4	–243 дня	0,003	$-7{,}6\cdot10^{-5}$	$\approx 10^{-3}$
5	24 час. 56 мин.	0,729	$1{,}0\cdot10^{-4}$	$\approx 10^{-3}$
6	23 час. 37 мин.	0,754	$3{,}0\cdot10^{-6}$	$\approx 10^{-5}$
7	9 час. 50 мин.	1,774	4,0	62,5
8	10 час 14 мин.	1,706	2,2	34,4
9	–0,89 дня	0,817	–0,02	0,3
10	0,53 дня	1,365	0,02	0,3
11	6,39 дня	0,11	$1{,}6\cdot10^{-6}$	$\approx 10^{-4}$

Примечание: вращательный момент Солнца вычислялся из $\boldsymbol{M}_{вр,Солн}=2E/\Omega=1{,}58\cdot10^{48}$ г·см^{2}сек$^{-1}$, где E = $1{,}9\cdot10^{42}$ эрг – кинетическая энергия Солнца, по [118, с. 973]; вращательный момент планет вычислялся из $\boldsymbol{M}_{вр}=I\Omega$, где $I=8/15\pi\rho r^5$ – момент инерции планеты; знак минус обозначает вращение планеты в обратную сторону.

И такие интенсивные вихревые движения на Солнце обнаружены достаточно давно [81, с. 70–79; 117]. Впервые пятна на Солнце, как и Большое красное пятно Юпитера – активный вихрь (солитон Россби) с размером, превышающим Землю, наблюдал Г. Галилей в 1609 г. [35]. Огненное вещество экваториальной зоны деформируется в виде гигантских дуг. В краевых частях обширных вихрей формируются

активные зоны. В строении Солнца и планет следует предположить причиной их устойчивости гравитационное равновесие, возникшее как результат закручивания вещества и постепенного уплотнения в спиральной структуре [130].

Следовательно, величина «упругости» и природной среды и социума в системе «Солнце – Земля» [63], о которой говорилось выше, определяется не их энергиями взаимодействия с Солнцем, а именно *моментной динамикой Солнечной системы* при определяющей роли вихревых движений. Такая динамика определяется, в основном, планетами гигантами: более чем на 60% – Юпитером и около 30% – Сатурном (см. табл. 1, 2). И звеном, ярко демонстрирующим *такую динамику взаимосвязи* микро- и макромиров, является именно жизнь, которая с участием разномасштабных вихревых движений на микроуровне белка и клетки зародилась в результате вполне определенных геолого-геофизических макроявлений, происходивших на Земле около 3.8 млрд лет тому назад, и впоследствии эволюционировала в макромире до социума.

Обозревая широко известный спор между А. Эйнштейном и Н. Бором (1885–1962), продолжавшийся в течение многих десятилетий и не закончившийся до сих пор, Дж. Уиллер (1979) приходит к выводу, что окончательный рассказ о связи между квантом и Вселенной не завершен. Поэтому никакое элементарное явление нельзя считать явлением, пока оно не наблюдалось [127]. Это, по-видимому, может быть отнесено и к элементарному, по сути, минимаксному процессу зарождения жизни.

Несмотря на упорные попытки, никому еще пока не удалось синтезировать живую клетку. Более того, в настоящее время не представляется возможным искусственно воспроизвести в лабораторных условиях возникновение механизма, реализуемого в живой клетке нуклеиновыми кислотами [148, с. 174]. Поэтому появление на нашей Земле жизни, символизирующей своеобразное единение макро- и микромиров, на настоящий момент времени следует, по-видимому, считать явлением, скорее, божественно-научным: «Бог не играет в кости» (А. Эйнштейн).

ЗЕМНЫЕ ВИХРИ И ПРОБЛЕМА ЖИЗНИ

Независимо от того, опираемся ли мы на более старое определение жизни как способа существования белковых тел, основанного на обмене веществ [155], или более полное определение, с точки зрения биологии, которое утверждает, что главные качества жизни – воспроизводимость и гомеостаз [142], единственное место, где она существует – это наша планета Земля. Причем самым главным элементом, обеспечивающим функционирование белков, а соответственно и жизни, служит углерод.

Поэтому она и называется органической, построенной на углеродной основе.

На других планетах Солнечной системы органическая жизнь пока не обнаружена и не исключено, что не будет обнаружена вообще. Главная причина – слишком жесткие физические условия (давление, температура, интенсивность космического излучения и др.) на большинстве планет и слишком узкий диапазон таких условий (см. выше) для жизни как активной формы существования белковых тел. Следовательно, если жизнь зародилась и имеется только на Земле, необходимо выявить ее отличия от других планет земного и неземного типов нашей Солнечной системы и, прежде всего, от ее наиболее близкого аналога – Венеры. И попытаться понять, хотя бы в самом первом приближении, почему на Земле она возникла и существует почти 4 млрд лет, а на Венере – ее нет. Иными словами – выявить специфические жизнегенерирующие, благоприятствующие условия для появления жизни на Земле.

Мы допускаем, что вероятный подход к решению проблемы возникновения жизни на Земле может быть найден именно при сравнении общей эволюции Земли и Венеры. По размеру, весу, средней плотности (табл. 2), орбитальной скорости и периоду обращения (табл. 1) эти планеты, судя по полученным в последние годы результатам наземных радиолокационных и особенно космических исследований аппаратами «Маринер» и «Венера», весьма близки друг к другу (см., например, [16]). Не очень сильно различаются и их средние расстояния от Солнца. Приводимые академиком А.П. Виноградовым (1895–1975), К.П. Флоренским и последующими исследователями предварительные результаты исследования Венеры с помощью космических аппаратов «Венера-9», «Венера-10» и других показали, что на поверхности планеты развиты выходы скалистых горных пород, близких по составу и внешнему облику к земным базальтам, т.е. породам, наиболее широко распространенным и на Земле. Возникли планеты тоже примерно в одно время.

Однако в настоящее время обе планеты кардинально различаются по строению своих верхних оболочек. На Венере нет гидросферы, а атмосфера состоит на 97% из углекислого газа, 2% – азота и 1% – водяного пара, кислорода, аммиака и других примесей. Измеренное в местах посадки космических аппаратов давление равно 85 и 92 атмосферам, а температура 485˚С. В свете современных представлений, эта разница объясняется наличием на Земле жизни, поскольку количество выделившегося углекислого газа (CO_2) на Земле (в породах литосферы и в атмосфере, по данным А.П. Виноградова [29, 30], содержится в сумме ~2.1×10^{17} т CO_2) и на Венере (~2×10^{17}т CO_2, только в атмосфере) примерно одно и то же. Высокая температура на поверхности Венеры связывается с двумя причинами: большим эффектом нагрева ее поверхности Солнцем

из-за меньшего расстояния до него, чем у Земли, и мощным парниковым эффектом. Молекулы углекислого газа, из которого преимущественно и состоит атмосфера Венеры, прозрачна для солнечных лучей и непрозрачна для инфракрасного излучения поверхности этой планеты. На Земле, где в атмосфере имеется всего 0.051 весовых или 0.033 объемных процентов CO_2, этот эффект, при прочих равных условиях, естественно, не может быть столь значительным.

Кроме того, сравнительно недавно стало известно, что, в отличие от Земли, Венера очень медленно вращается и притом в обратном направлении. Полный оборот вокруг своей оси Венера совершает примерно за 243 земных суток, т.е., по сравнению с Землей, она как бы неподвижна (табл. 2). Медленным вращением планеты объясняется и ее малое динамическое сжатие, которое составляет, по данным, полученным с помощью космического аппарата «Маринер-10», всего 1/30000 (примерно в 100 раз меньше, чем у Земли).

Анализируя эти сведения, можно прийти к выводу, что одной из первопричин разных путей эволюции Земли и Венеры, а, в конечном счете, и первопричиной появления жизни, послужила очень большая разница в скорости вращения обеих планет вокруг своей оси. В результате чего, несмотря на близость по своим параметрам к Земле, процесс эволюции верхних оболочек Венеры шел по типичному «лунному» пути. Естественно, с поправками на ее, по сравнению с Луной, близость к Солнцу, значительно большую массу и обусловленные этим фактором намного большие силу тяжести и энергетический потенциал.

В условиях медленно вращающейся Луны происходит стабилизация центров восходящих и нисходящих потоков мантийного вещества в процессе плотностной конвекции и не возникают спиральные вихревые потоки. Подобный характер процессов был свойственен, по-видимому, и Венере, с тех пор как скорость ее вращения вокруг оси стала соизмеримой с современной [76].

Из этого предположения вытекают три важных следствия: 1) формирование литосферы Венеры должно было происходить по пути, более близкому к «лунному», чем к «земному»; 2) и, следовательно, не наблюдалось перестройки литосферы в результате механизма, подобного плитовой тектонике; 3) на протяжении всего хода своей эволюции Венера не имела соизмеримых с земными электрического и магнитного полей. На вероятность последнего следствия в какой-то мере может указывать очень малая напряженность современного магнитного поля Венеры, которая, по измерениям «Маринер-10» в 1974 г., «Венера-9» и «10» в 1975–1976 гг., составила менее 0.05% от напряженности земного магнитного поля [16].

Причем магнитное и электрическое поля Земли не только во много раз выше венерианских по величине, но имеют еще и отчетливо выраженный знакопеременный характер. Яркое свидетельство этого – чередование

временных периодов, этапов и эпизодов разной длительности с прямой и обратной намагниченностью. В настоящее время ответственными за поддержание главного магнитного поля Земли и глобальные инверсии магнитного поля считаются [1] течения и вихри на границе мантия – внешнее ядро нашей планеты. Жидкое внешнее ядро (массой порядка $1.8x10^{27}$ г), в котором «взвешено» твердое ядро, состоит из расплавленного вещества, вязкость которого на границе с твердым ядром примерно отвечает вязкости воды [160]. Для объяснения особенностей эволюции магнитного поля Земли специалистами предлагается модель геодинамо [40]. Как изменялось и изменяется магнитное поле Венеры, пока неизвестно.

Поскольку на Земле органическая жизнь возникла, а на Венере – нет, логично допустить, что комбинация геологических, физико-географических и геофизических условий на быстро вращающихся планетах благоприятна для возникновения этого типа жизни, а на не вращающихся или очень медленно вращающихся – неблагоприятна. Кратко проанализируем эти условия в сравнении [76].

Главным следствием быстрого вращения Земли на всех стадиях ее эволюции было возникновение спиральных восходящих и нисходящих вихрей [75], что, в том числе, способствовало более быстрому круговороту вещества планеты, играющего одну из главных ролей в ее жизни [133]. Именно с деятельностью таких вихрей, по-видимому, было связано образование первичной материковой коры и преобразование этой коры в современную литосферу. Они, вероятно, явились и косвенной причиной формирования мирового океана около 3 млрд лет назад. Воды океана поглощали выделявшийся при дегазации мантии углекислый газ, не давая ему накопиться в больших количествах в атмосфере Земли и вызвать значительный нагрев атмосферы за счет парникового эффекта. Кроме того, в условиях быстро вращающейся Земли в Мировом океане должны были возникать многочисленные вихри – ринги и водовороты.

На начальных стадиях эволюции Венеры, по всей вероятности, не произошло образования значительных водных пространств, если предположить, что там, как и на ранних этапах развития Земли, из мантии выделялось сравнительно мало воды, причем часть ее поглощалась породами коры [116]. Малая площадь первичных гипотетических венерианских морей и их, вероятно, более высокая, по сравнению с земными морями, температура (из-за близости планеты к Солнцу) не обеспечивала, по-видимому, поглощения выделявшегося углекислого газа. В результате, CO_2 накапливался в атмосфере Венеры во все больших количествах, вызывая прогрессирующий ее нагрев. По достижении на поверхности Венеры температуры кипения воды, гидросфера вообще должна была исчезнуть (выделявшаяся вода либо поглощалась породами коры, либо испарялась), а парниковый эффект резко возрастал. Таким

образом, на Венере уже на достаточно ранних стадиях эволюции могли возникнуть весьма неблагоприятные условия для появления «низкотемпературной» органической жизни.

В земной обстановке сочетание геологического (образование сплошной относительно холодной литосферы и появление Мирового океана) и геофизического эффектов (возникновение меняющихся во времени электрического и магнитного полей), наоборот, создали, вероятно, более благоприятные предпосылки для зарождения жизни. На это указывают следующие данные. Морская вода – хороший проводник электрического тока, внутри которого электрические и магнитные поля и их градиенты должны отсутствовать совсем или, по крайней мере, быть достаточно малыми. Вместе с тем, натурные измерения в морях и океанах и лабораторные исследования проб морской воды показали, что разность потенциалов зависит от концентрации микроорганизмов и зоопланктона [13, с. 215].

Такие данные указывают на существование внутри морей и океанов «собственных» источников электромагнитных полей, расположение которых в пространстве и во времени определяется закономерностями, отличными от электродинамических. Примером тому могут служить рыбы, живущие на глубинах, куда свет не проникает совсем: около половины всех рыб, населяющих глубины более 300 м, обладают органами свечения [4]. Или электрический угорь, который обладает исключительной по совершенству конструкции электрической батареей. Создание такой батареи в условиях проводящей среды, каковой является и тело угря и окружающая его вода, явилось бы сложнейшей задачей для современной техники. Однако по справедливому замечанию академика Д.И. Блохинцева, электрический угорь наибольшую загадку задал не техникам, а именно биологам, занимающимся эволюционной теорией. Действительно, электрический орган угря не мог развиваться постепенно, поскольку он именно тогда дает угрю преимущества в борьбе за существование, когда электрический заряд опасен для врага и потому является достаточно сильным [15, с. 106].

Усовершенствование техники измерения сверхслабых световых потоков позволило установить, что живые ткани, клетки, биологические жидкости обладают спонтанным свечением – биохемолюминисценцией [48]. Как видим, квантовые, по сути, процессы свечения являются общим свойством «живой» материи. Совсем недавно открытое свойство молекул ДНК – электропроводность [91, с. 712] позволяет наметить пути решения проблем и свечения клеток, и создания биологической электрической батареи. Новый проводник в 44 тыс. раз тоньше человеческого волоса, и у этих генетических проводников обнаружено свойство самоорганизации, которое, возможно, и позволит правильным образом «организовать» заряды в биологической батарее.

В очень гипотетичной, постановочной, форме последовательность начальных стадий процесса возникновения жизни на Земле возможно представить следующим образом [76].

Первая стадия – добелковая или, по [133, с. 106], химическая. Образование органических соединений разной сложности, обладающих слабыми ферромагнитными свойствами. «Выбор» органических соединений как материала для возникновения жизни, по-видимому, был обусловлен прежде всего тем, что многие из них, по сравнению с другими первичными природными соединениями, возникшими обычным химическим путем, обладали наиболее крупными и сложно построенными молекулами. А ферромагнитные свойства в условиях существования мощного магнитного и электрического полей Земли способствовали выработке в этих соединениях дополнительной энергии – стимула к дальнейшему усложнению и усовершенствованию.

Не исключено, что одна из ведущих ролей при образовании органических соединений принадлежала вулканической и поствулканической деятельности, поскольку многие изверженные породы отличаются высоким содержанием Fe и Ti. Железо и титан входят также в состав минералов, связанных с фумарольной активностью. Эруптивные же облака земных вулканических извержений тоже являются вихрями и характеризуются наэлектризованностью и частыми молниями. Значение каждого из компонентов вулканической деятельности в процессе синтеза сложных органических соединений и происхождения земной жизни подробно освещено в публикациях Е.К. Мархинина [72–74] и более ранних работах Л.М. Мухина [148, с. 177]. Вихри очень часто возникают при сильных ветрах над высокими вулканами конической формы.

Вторая стадия – белковая, формирование из органических веществ белковоподобных соединений, а потом все более сложных белков–ферромагнетиков. Скопления подобных белков в воде должны были обладать собственным электрическим потенциалом и магнитным полем. При механическом перемещении белковых скоплений, в результате взаимодействия их собственного магнитного поля с магнитными силовыми линиями Земли, их электрический потенциал возрастал. Накопленная дополнительная энергия способствовала усложнению структуры этих скоплений и возникновению в них простейших электрических цепей. Кроме того, повышенный, по сравнению с окружающей средой, электрический потенциал белковых соединений обеспечивал их относительную мобильность как за счет взаимодействия со средой, так и за счет взаимодействия этих образований между собой. Перемещение белковых скоплений в пространстве облегчалось небольшой вязкостью воды. Не исключено, что на каком-то этапе эволюции белковых скоплений наиболее активные соединения – ферромагнетики стали подобием нервных центров. Эти скопления начали

активно реагировать на изменения окружающей среды – появилось подобие «живого вещества».

Третья стадия – стадия эволюции «живого вещества», итогом которой явилось образование примитивного подобия праклетки. Возникновение праклеток на этой стадии, по-видимому, стимулировано многократным чередованием революционных (катастрофических) и эволюционных периодов изменения природной обстановки.

В революционные, относительно более короткие, периоды происходили резкие колебания интенсивности вулканизма, напряженности и знака магнитного поля Земли и т.д. В течение этих периодов все неустойчивые образования исчезали, а «пережившие революцию» скопления «живого вещества», попадая в мягкие условия длительных эволюционных эпох, бурно развивались.

В очень грубом приближении возникшие формы жизни, по-видимому, можно представить в виде своеобразных «компьютеров» с встроенными механизмами питания, черпающими энергию непосредственно из окружающей природной среды, начиная от солнечного излучения и химических реакций до земных электромагнитных полей. Их главная особенность – способность к самовоспроизведению и самоусовершенствованию.

Возможными реперами для выявления революционных периодов могут, вероятно, служить фазы быстрого глобального усиления интенсивности вулканизма. Во всяком случае, такое предположение достаточно хорошо подтверждается почти строгой синхронностью пароксизмов вулканической деятельности с эпохами наиболее сильных изменений флоры и фауны на протяжении последних 300 млн лет. Это относится как к пермо-карбоновому максимуму вулканизма, когда произошла одна из самых крупных в фанерозое смена флористических и фаунистических комплексов, так и ко всем более молодым максимумам вулканизма.

Не исключено, что одним из важнейших факторов, способствовавших эволюции живых организмов, было изменение напряженности и знака магнитного поля, связанное с колебаниями во времени режима деятельности глубинных вихрей, их преобладающего типа, взаиморасположения, соотношения суммарных «положительных» и «отрицательных» мощностей. В этой связи обратим внимание на следующее. Согласно [133, с. 146], часто выдвигается предположение, что основной причиной вымирания видов является изменение климата или других факторов природной среды, вызванное изменением магнитного поля Земли; однако до сих пор это предположение не доказано.

Следует отметить, что влияние усиленного или ослабленного, по отношению к естественному, искусственного магнитного поля на человека, животных, растения, микроорганизмы доказано

магнитобиологическими исследованиями, несмотря на кратковременность экспериментов, по сравнению с природными процессами. В природе же длительность подобных «экспериментов», по сути дела, не ограничена во времени. При этом важно то, что в живых организмах максимально реактивными (реагирующими на изменение условий) системами являются те, которые выполняют регулярные функции (т.е. нервная, эндокринная, кровеносная и др.), а также эмбриональные ткани и наиболее интенсивно функционирующие органы взрослых животных.

Помимо резких колебаний магнитного поля, периоды глобальных вспышек вулканизма сопровождались крупными изменениями физико-географических условий и тектонических обстановок за счет собственно вулканических процессов. Катастрофические взрывы верхнего карбона–перми около 300–250 млн лет назад, возможно, способствовали возникновению гигантских расколов в верхних оболочках Земли и дали тем самым толчок к горизонтальному движению литосферных плит. Имеющиеся реконструкции расположения континентов Южного полушария в гондванскую эпоху и ориентировка т.н. «ледниковой» штриховки ложа «тиллитов» позволяют предполагать, что взрывы происходили в пределах отдельных участков на месте современных срединно-океанических хребтов, трассирующих сейчас наиболее крупные расколы земной коры.

Катастрофическими взрывами и последовавшими за ними массовыми лавовыми излияниями, вероятно, обусловлены и резкие изменения климата и растительности в конце палеозоя–начале мезозоя. С одной стороны, взрывы явились поставщиками огромных объемов пирокластического материала, загрязнившего атмосферу всего земного шара. Возможный результат – быстрое похолодание и появление ледников. С другой стороны, вынос при извержениях больших количеств ювенильного углекислого газа мог способствовать позднее развитию парникового эффекта. Результат – постепенный рост температуры атмосферы и развитие, в зависимости от особенностей атмосферной циркуляции, либо тропического, либо аридного климата. Повышенное содержание в атмосфере CO_2, по-видимому, вызвало бурный расцвет растительности того времени и массовое угленакопление. Особенно интенсивно процесс угленакопления происходил непосредственно в самих вулканических областях. На это указывают, в частности, огромные запасы угля в Тунгусском угольном бассейне – районе самого мощного в конце палеозоя–начале мезозоя траппового вулканизма.

Подобная же картина была характерна и для начала кайнозоя, непосредственно вслед за глобальной эпохой усиления вулканизма в самом конце мезозоя. Именно на это время приходится максимальная концентрация (0.1%) углекислого газа, появление и расцвет многих видов современных растений [45].

В какой-то мере следствием повышенного выделения CO_2 в молодых вулканических областях, возможно, служит так называемый гигантизм травянистых растений: по сравнению с невулканическими районами одни и те же виды растений имеют там в 2–3 раза большие размеры. Это характерно, например, сейчас для Камчатки и Курильских островов.

Не исключено, что сочетание аномальных магнитного и электрических полей в результате деятельности активных вихревых структур, мощного вулканизма и экстремальной физико-географической обстановки в зоне Восточно-Африканских рифтов создали благоприятные предпосылки для многократных мутаций попадавших туда особей гоминид. Вряд ли случайно и обнаружение в этой части Африки исследованиями А. Лики и Р. Лики ископаемых останков древнейших из известных пока гоминид. Например, знаменитой Люси (относящейся к афарским австралопитекам *Afarensis,* проживавших 3–4 млн лет назад) и еще более старых их форм (например, *Ramidus* около 4,5 млн лет назад), живших здесь 5–7 млн лет назад [47]. Дело в том, что под расположенным на востоке Африки очень активным в тектоническом, магматическом и вулканическом отношениях треугольнике Афар и современным рифтом Красного моря сейсмическая томография фиксирует гигантский суперплюм [161]. Последний приурочен к глубинной мантийно-коровой проницаемой области над одним из двух экваториальных вздутий Земли [90].

Судя по определенному недавно времени возникновения генетического кода современного человека, одна из мутаций какого-то вида гоминид ~200 тыс. лет назад, возможно, привела здесь к появлению самых первых Адама и Евы.

Таким образом, вполне вероятно, что все живые существа на Земле, в том числе, и человек, несут на себе «печать» ротационного эффекта и связанных с ним вихревых структур жидкого ядра, астеносферы, электромагнитных полей. Она («печать») прослеживается как на микроуровне (спиральная структура ДНК, вихревые движения крови и ее составной части гемоглобина – типичного ферромагнетита), так и на макроуровне (например, спиральные структуры раковин многих видов моллюсков, закрученные против и по часовой стрелке, право- и левозакрученные «вихри» из волос на затылках людей (см. рис. 9) и т.д.). Логично допустить даже, что и сами живые организмы, включая наиболее высоко развитые формы, по своей сути, являются сложно построенными комбинациями вихреподобных структур разных типов и рангов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Легкость, с которой мы интуитивно и как бы безошибочно отличаем живое от неживого, бесследно исчезает при попытках выяснить причины этого различия. Демокрит, один из основателей античного атомизма, считал, что все существующее, в том числе и живые организмы, состоит из невидимых атомов, находящихся в непрерывном движении – «вихрях», создающих наблюдаемое разнообразие природы. Другой древнегреческий мыслитель Платон, пытаясь объяснить различия живого и неживого, утверждал, что растения и животные становятся живыми благодаря вселению в них бессмертной души. Эти две линии в объяснении сущности жизни, как следует из отмеченного выше биологического обзора изменения представлений о Природе и Жизни [69, 70], прошли через всю историю естествознания и сохранились до настоящего времени. Атомистические воззрения Демокрита в XVII в. получили развитие в работах Р. Декарта, который представлял живой организм в виде сложно устроенной машины, приводимой в действие внутренним движением и механическим (вихревым [58]) взаимодействием атомов. Двигаясь в этом направлении, полтора века спустя А.-Л. Лавуазье (1743–1794) и Ж.-Б. Ламарк (1744–1829) провели первые калориметрические измерения тепловых эффектов обмена веществ морской свинки, положив начало биоэнергетике. Еще через шесть десятилетий врач и физик Ю.Р. Майер (1814–1878), опираясь на результаты физиологических наблюдений, открыл закон сохранения и превращения энергии [107, с. 7–8].

Другое, но также энергетическое свойство организмов вывел на первое место в числе отличительных признаков жизни биолог Э.С. Бауэр, который в 30-х годах прошлого века сформулировал принцип устойчивого неравновесия, названный им всеобщим законом биологии: «Все и только живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счет своей свободной энергии постоянную работу против равновесия, требуемого законами физики и химии при существующих внешних условиях» [6, с. 43]. Представления Э.С. Бауэра, видевшего причину устойчивого неравновесия в особом «живом» (по Демокриту [107] и Декарту [150] – «вихревом»!) состоянии белков, не подтвердились, однако намеченный им путь термодинамического анализа явлений жизни оказался плодотворным и получил развитие в работах по неравновесной термодинамике биологических процессов [98]. По-видимому, основным достижением исследований в этой области является доказательство того, что все живые организмы находятся в состоянии сильной термодинамической неравновесности, которое приводит к образованию динамических структур и служит причиной возникновения порядка [107, с. 13]. Именно такое свойство живых организмов и было предложено

Г. Хагеном в качестве общего подхода к исследованию процессов самоорганизации в природе.

Процессы, протекающие в живой природе, давали и продолжают давать пищу для получения фундаментальных результатов во многих разделах наук, являясь, по сути, их «связующим» звеном. Видимо, по этой интуитивно очевидной причине проблема проблем зарождения жизни привлекала и продолжает привлекать ученых разных специальностей: физиков, химиков и математиков [54, 56, 71, 82, 83, 86, 98, 128, 148, 151, 152], биологов, биохимиков, геохимиков и ботаников [7, 18, 22, 28, 68–70, 77, 89, 107], геологов, геофизиков и вулканологов [31, 72–74, 113, 136], археологов, философов и историков Земли [32, 57, 68–70, 133, 155], публицистов [20, 105] и многих, многих других (см., например, обзоры [68–70, 107, 148]).

Поскольку, согласно атомистическим и механистическим представлениям, между живым и неживым нет непреодолимой границы, многими философами и учеными высказывалось мнение о том, что явление жизни в разной степени присуще как живой, так и неживой материи. Крайним выражением этих взглядом можно считать работы, в которых минералы рассматриваются как «живые организмы», а ДНК и белки как кристаллы, при этом жизнь отождествляется с упорядоченным функционированием и развитием любых систем существующего мира [107, с. 12]. Так, биолог М. Шлейден понятие жизни распространяет и на неорганические тела, специфическими особенностями жизни считает процессы формообразования и самосохранения [70, с. 334]. Биолог Т. Шванн (1810–1882), исследуя основные свойства клетки, проводил аналогию между ней и кристаллом. Он отождествлял процесс новообразования клеток с процессом возникновения кристаллов из маточных растворов [70, с. 355–357]. Следует отметить, что и о геофизической «твердой» среде, для которой характерны вполне определенные иерархические свойства, в последние десятилетия все более активно говорят как о «живой» среде [41, 108]. Созвучна таким представлениям и проведенная нами выше аналогия между понятиями социального и механического трения, которые «объединяют» вращательные (вихревые) движения.

Протяженные структуры ДНК и белков оказались весьма прочными и устойчивыми образованиями, для которых отношения их поверхностей к объемам являются максимально возможными, что с гарантией позволило обеспечить требуемую высокую интенсивность обмена веществ и, как следствие, жизнестойкость первых бактерий. Представляется, что эти свойства обязаны своим происхождением именно «закрученным» (спиральным) структурам – системам с моментным механизмом и взаимодействия, и передачи информации.

Цитолог Р. Вирхов в своей работе с названием в «духе» настоящей статьи «Атомы и индивидуумы» утверждал: «*Ничто не имеет сходства с жизнью, кроме самой жизни*. Природа двойственна: *органическое есть нечто особенное, иное,* чем неорганическое, хотя органическое построено из той же материи, но в нем происходит ряд связанных друг с другом явлений, *совершенно несходных по своей природе с явлениями неорганического мира*». … Жизнь «нельзя *свести непосредственно к физическим и химическим процессам*» [70, с. 362–363]. Аналогичной точки зрения придерживался и ботаник К.М. Бэр (1792–1876) [70, с. 386]. В этой связи интересное сопоставление сердца с насосом провел физиолог Ф. Мажанди (1785–1855). Он заявил, что деятельность этой удивительной «машины» связана с такими, присущими только организму, свойствами, как раздражимость и сократимость, и что «машина» эта является одновременно и механиком, приводящим ее в движение [70, с. 465–467].

Как видим, единые для «живой» и «неживой» природы представления античных мыслителей о вихревых движениях невидимых атомов с образованием и развитием наук сначала «разошлись», «обособились» и «наполнились» специфическими свойствами. И затем, «обогащая» друг друга, исследовались «параллельными курсами» независимым образом, чтобы уже в наше время на основе всего накопленного науками материала снова объединиться в рамках синергетики.

В рамках модели Большого взрыва образование живой материи, в случае ее закономерного, а не, скажем, случайного или «божественного» появления, должно было происходить по законам абиогенеза. Представляется, что образование живой материи в момент самого ее зарождения должно было происходить под действием весьма распространенных в «неживом» мире вращательных (вихревых) геофизических движений, свойства которых, по сути, и «закрепились» механически прочными и устойчивыми к внешним воздействиям «закрученными» структурами в виде двойной спирали ДНК и пептидных цепей белков. Сам процесс зарождения жизни, согласно такой гипотезе в соответствии с приведенными в настоящей работе материалами, должен был являться, по сути, квантово-механическим или минимаксным процессом. Действительно, с одной стороны, со стороны структур ДНК и белка – это квантовый процесс микромира [148, с. 164], но происходящий в течение первых «макро» минут, которые в масштабе космологического времени, тем не менее, являются мгновенными, по сути, «квантовыми». С другой стороны, как и любые другие явления планетарного масштаба, процесс зарождения жизни должен был представлять собой геофизический макропроцесс, протекающий в течение достаточно продолжительного геологического отрезка времени. Объединение или «слияние» таких минимаксных процессов – своеобразный биолого-геофизический, по Н.А. Умову [128 с.193], резонанс, по-видимому,

оказался возможным благодаря «вихревой» близости квантово-механического *биохимического* движения в ДНК и белках *геолого-геофизическим* движениям в клетках (праклетках) и окружающей их среде.

Авторы, в принципе, являются сторонниками гипотезы абиогенеза, которая предполагает происхождение жизни путем усложнения продуктов неорганической природы и возникновения биополимеров, которые приобретают основные свойства живого и способность к обмену веществ как главному условию их существования. Однако не только в результате постепенной эволюции неорганического вещества в органическое (нуклеиновые кислоты, белки и др.), как допускает эта гипотеза, но и обязательно при наличии качественных скачков или хотя бы одного случайного скачка, например, в соответствии с гипотезой «замороженного случая» [142]. В свете вышесказанного, причиной такого «первичного» случайного скачка («божественного начала») могла бы быть, согласно [52], «вихревая непотенциальная энергия», которая, в соответствии с результатами работ [44, 147], является возбуждением вакуума. На возможность существования именно такого квантово-механического механизма зарождения жизни указывают и данные о высокой оптической активности, характерной именно для жизненных процессов, что проявляется в виде способности углеродосодержащих веществ вращать плоскость поляризации света [37, с. 29–30].

В рамках такой «квантово-механической» природы первичного случайного скачка, на взгляд авторов, можно было бы достаточно просто разрешить, например, проблему появления у угря достаточно большого «первоначального» заряда (см. выше).

Приведенные в работе данные и используемые материалы, по нашему мнению, убедительно демонстрируют тесную взаимосвязь между физическими концепциями пространства, времени и движения и протекающими на планете геолого-геофизическими процессами, с одной стороны, и возникновением биологической жизни и ее последующей эволюции, включая социум – с другой. Весь объем используемых данных и проведенный их анализ позволили авторам сформулировать гипотезу, согласно которой возникновение самой жизни, т.е. появление первой простейшей живой клетки – бактерии и ее последующая эволюция происходили и, возможно, происходят (?) в настоящее время при самом активном и непосредственном участии вихревых движений разного масштаба. Представляется, что без такого рода движений возникновение существующей на Земле формы жизни было бы невозможным. Проведенный сравнительный анализ данных для Земли и Венеры, на взгляд авторов, подтверждает такой вывод: используемые данные позволяют предположить, что для возникновения жизни на утренней звезде, скажем через один млрд лет, ее, по-видимому, достаточно было бы

сейчас раскрутить вокруг своей оси до скорости, сравнимой с земной. Такой подход, в том числе, позволяет оценить энергетические природные затраты на «производство» жизни. При этом становится понятным, почему, согласно учению В.И. Вернадского (1863–1945), «жизнь вообще – а человека в особенности – есть явление космическое и что разум человека – мощная космическая сила» [21, 104].

В рамках гипотезы авторов модели сотворения Вселенной и возникновения жизни «сливаются» в одну «картину». Действительно, в рамках такой гипотезы, фактически становится возможным объединить описания микроживых (квантовый биохимический процесс в ДНК, белках и клетках) и классических неживых (движения геофизических квазичастиц – солитонов) проявлений в рамках единого процесса, который, по сути, является близким состоянию Вселенной сразу после Большого взрыва. Как отмечалось выше, близкий, по сути, «космический» механизм зарождения жизни предлагался античным мыслителем Эмпедоклом и отстаивался много позднее профессором Мережковским, в начале XX века.

Завершая статью, необходимо отметить, что сделанные в ней выводы и построения ее авторов резко неравноценны по уровню доказательности. Одни из них опираются на большой и достоверный фактический материал. Другие – основаны лишь на предположениях. Насколько последние реальны или нереальны, покажет время.

В настоящее время с развитием возможностей астрономии и космических летательных аппаратов обнаружено много звезд, которые имеют планетные системы, по своим свойствам близкие солнечной. И исследования в этом направлении неуклонно расширяются. Представляется, что проверка гипотезы авторов вихревого происхождения жизни на Земле станет возможной в самое ближайшее время.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Авсюк Ю.Н., Левин Б.В.* К вопросу М.В. Ломоносова о перемещениях центра Земли // Вестник РФФИ. 1999. № 2(16). С.4–11.
2. *Агекян Т.А.* Звезды. Галактики. Метагалактика. М.: Наука, 1970. 334 с.
3. *Алексеев В.В., Киселева С.В., Лаппо С.С.* Лабораторные модели физических процессов в атмосфере и океане. М.: Наука, 2005. 312 с.
4. *Бабошин Ю., Лопатников С., Попов Н.* Свет в глубинах океана // Наука и жизнь. 1987. № 5. С. 18.
5. *Баренбаум А.А.* Галактика. Солнечная система. Земля. М.: ГЕОС, 2002. 394 с.
6. *Бауэр Э.С.* Теоретическая биология. М.–Л.: ВИЭМ, 1935. 206 с.

7. *Беклемишев К.В.* Об общих принципах организации жизни // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1964. Т. 69. № 2. С. 22–38.
8. *Беляков В.* Пьер Жилль де Женн – нобелевский лауреат по физике 1991 года // Наука и жизнь. 1992. № 2. С. 30–31.
9. *Беневоленский В., Воскресенский А.* Почему «исчезает» влияние солнечных пятен? // Наука и жизнь. 1981. № 7. С. 8–9.
10. *Берман В.Л.* Космогония Земли. Горизонтальные мантийные течения. М.: МГУ, 1997. 148 с.
11. *Бианки В., Удалова Г., Михеев В.* Асимметрия полушарий связана с полом // Наука и жизнь. 1981. № 7. С. 8.
12. *Боголюбов А.Н.* Математики. Механики. Библиографический справочник. Киев: Наукова Думка, 1983. 640 с.
13. *Богородский В.В., Гусев А.В., Доронин Ю.П.* и др. Физика океана. Л.: Гидрометеоиздат, 1978. 294 с.
14. *Борисов А.В., Мамаев И.С., Соколовский М.А.* Фундаментальные и прикладные проблемы теории вихрей. Москва–Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. 704 с.
15. *Бреховских Л.М.* Океан и человек. Настоящее и будущее. М.: Наука, 1987. 304 с.
16. *Бреус Т.* Венера – единственная немагнитная планета // Наука и жизнь. 1983. № 7. С. 63–65.
17. В поисках бессмертного микроба // Наука и жизнь. 1991. № 2. С. 48–49.
18. *Вайнштейн Б.* Строение белковых молекул // Наука и жизнь. 1986. № 8. С. 37–45.
19. Вариационные принципы механики. Сборник статей. М.: Физматлит, 1959. 932 с.
20. *Веллер М.* Представления. СПб: Пароль, 2004. 704 с.
21. *Вернадский В.И.* Научная мысль как планетное явление. М.: Наука, 1991. 271 с.
22. *Вернадский В.И.* Живое вещество // Живое вещество и биосфера. М.: Наука, 1994. С. 26–258.
23. *Викулин А.В.* Физика волнового сейсмического процесса. Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2003 150 с. http://www.kscnet.ru/ivs/monograph/vikulin/index.html.
24. *Викулин А.В.* Введение в физику Земли. Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2004. 239 с. http://www.kscnet.ru/ivs/publication/tutorials/vikulin/index.html.
25. *Викулин А.В.* Ротационные упругие поля в твердых телах и вихревые решения проблемы Дирихле: тождественные системы? // Вестник КРАУНЦ. Серия Науки о Земле. 2005. № 2. Вып. № 6. С. 86–95. http://www.kscnet.ru/kraesc/2005/2005_6/2005_6.html.

26. *Викулин А.В., Водинчар Г.М., Тверитинова Т.Ю.* (см. настоящий сборник).
27. *Викулин А.В., Кролевец А.Н.* Чандлеровское колебание полюса и сейсмотектонический процесс // Геология и геофизика. 2001. № 6. С. 996–1006.
28. *Вилли К.* Биология. М.: Мир, 1968. 808 с.
29. *Виноградов А.П.* Химическая эволюция Земли. М., 1959. 43 с.
30. Виноградов *А.П., Сурков Ю.А., Андрейчиков Б.М.* и др. Химический состав атмосферы Венеры // Космические исследования. 1970. № 4. С. 3–15.
31. Вихри в геологических процессах / Ред. А.В. Викулин. Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2004. 297 с. http://www.kscnet.ru/ivs/publication/whirlwinds/kniga_2.htm.
32. *Вишняцкий Л.Б.* История одной случайности или происхождение человека. Фрязино: Век2, 2005. 240 с.
33. *Волькенштейн М.В.* Как заглянуть в микромир // Наука и жизнь. 1984. № 6. С. 60–65.
34. *Воронов М., Александров В.* Микробы – камнееды // Наука и жизнь. 1984. № 2. С. 68–71.
35. Галилео Галилей. Избранные произведения в двух томах. М.: Наука, 1964. Т. 1, 572 с., Т. 2, 640 с.
36. *Гапонов-Грехов А.В., Рабинович М.И.* Л.И. Мандельштам и современная теория нелинейных колебаний // УФН. 1979. Т. 128. Вып. 4. С. 579 – 624.
37. Геологический словарь в двух томах. Т. 1. М.: Недра, 1973. 486 с.
38. Геолого-геофизический атлас Тихого океана. М–СПб.: Межправительственная океанографическая комиссия, 2003. 120 с.
39. *Герцен А.И.* Избранные философские произведения. Т. 1. М., 1948. С. 225–226.
40. *Глацмайер Г., Олсон Р.* Изучение геодинамо // В мире науки. 2005. № 7. С. 29–35.
41. *Гольдин С.В.* Физика «живой» Земли // Проблемы геофизики XXI века. Кн. 1. М.: Наука, 2003. С. 17–36.
42. *Гохлернер Г.* Время, пространство и мозг // Наука и жизнь. 1984. № 4. С. 45–51.
43. *Давыдов А.С.* Солитоны в квазимолекулярных структурах // УФН. 1982. Т. 138. Вып. 4. С. 603–643.
44. *Дмитриевский А.Н., Володин И.А., Шипов Г.И.* Энергоструктура Земли и геодинамика. М.: Наука, 1993. 154 с.
45. *Добродеев О.П.* Живое вещество в оледенении Земли // Природа. 1975. № 6.

46. *Долгачев В.А., Доможилова Л.М., Хлыстов А.И.* Особенности движения центра масс Солнца относительно барицентра // Тр. Гос. астроном. ин-та им. П.К. Штернберга. 1991. Т. 62. С. 111–115.
47. *Животовский Л.А., Хуснутдинова Э.К.* Генетическая история человечества // Вестник РФФИ. 2005. № 6 (44). С. 35–42.
48. *Журавлев А.* Кванты в живых тканях // Наука и жизнь. 1991. № 9. С. 38.
49. *Зоммерфельд А.* Механика. М.: Гос. изд-во иностр. лит-ры, 1947. 391 с.
50. *Иваницкий Г.* Физика исследует живое // Наука и жизнь. 1984. № 10. С. 44–49.
51. *Иванов В., Тушманова Н.* Память и ДНК // Наука и жизнь. 1989. № 5. С. 46.
52. *Иванчин А.Г.* (см. настоящий сборник).
53. *Ивасышин Г.С.* Управление трением на основе закономерности аддитивности упругого последействия // Научно-технические проблемы прогнозирования надежности и долговечности конструкций и методы их решения. Труды V Международной конференции 14–17 октября 2003 г. СПб: СПбГПУ, 2003. С. 201–202.
54. *Исаков А.Я.* Пионеры цивилизации. Очерки по истории естествознания, техники и технологии. Петропавловск-Камчатский: Новая книга, 2004. 232 с.
55. *Казанцев В.Б., Некоркин В.И.* Динамика колебательных нейронов. Информационный аспект // Нелинейные волны 2002. Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2003. С. 9–33.
56. *Колмогоров А.Н.* Жизнь и мышление как особые формы существования материи // О сущности жизни. М.: Наука, 1964. С. 48–57.
57. *Крутов И.В.* Введение в общую теорию Земли. М.: Мысль, 1978. 368 с.
58. *Кудрявцев П.С.* История физики. Т. 1. М.: Учпедгиз, 1956. 564 с.
59. *Кузнецов В.В.* Физика горячей Земли. Новосибирск, 2000. 365 с.
60. *Ландау Л.Д., Лившиц Е.М.* Статистическая физика. М.: Наука, 1964. 568 с.
61. *Ландау Л.Д., Лившиц Е.М.* Квантовая механика. Нерелятивистская теория. М.: Наука, 1974. 752 с.
62. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теория упругости. М.: Физматлит, 2003. 260 с.
63. *Леви К.Г., Задонина Н.В., Бердникова Н.Е.* и др. 500-летняя хронология аномальных явлений в Сибири и Монголии. Иркутск: ИГТУ, 2003. 384 с.
64. *Левич В.Г., Вдовин Ю.А., Мямлин В.А.* Курс теоретической физики. Т. II. М.: Наука, 1971. 936 с.

65. *Личков Б.Л.* К основам современной теории Земли. Л.: ЛГУ, 1965. 120 с.
66. *Логунов А.А.* Релятивистская теория гравитации // Природа. 1987. № 1. С. 36–47.
67. *Лукьянов А.В.* Нелинейные эффекты в моделях тектогенеза // Проблемы геодинамики литосферы. М.: Наука, 1999. С. 253–287.
68. *Лункевич В.В.* Основы жизни. В трех томах. М.–Л.: Государственное издательство, 1928–1929. Т. 1. 460 с.
69. *Лункевич В.В.* От Гераклита до Дарвина. В двух томах. М.: Госуд. учебн.-педагог. изд-во мин-ва просвещения РСФСР, 1960. Т. 1. 480 с.
70. *Лункевич В.В.* От Гераклита до Дарвина. В двух томах. М.: Госуд. учебн.-педагог. изд-во мин-ва просвещения РСФСР, 1960. Т. 2. 548 с.
71. *Ляпунов А.А.* О математическом подходе к изучению жизненных явлений // Математическое моделирование жизненных процессов. М.: Мысль, 1968. С. 65–107.
72. *Мархинин Е.К.* Предбиологические соединения в пепле вулкана // Природа. 1974. № 8. С.71–78.
73. *Мархинин Е.К.* Вулканы и жизнь. М.: Мысль, 1980. 198 с.
74. *Мархинин Е.К., Подклетнов Н.Е., Збруева А.А.* Аминокислоты, углеводороды и другие органические соединения в ювенильном вулканическом пепле // ДАН. СССР. 1975. Т. 222. Вып. 6. С.1438–1440.
75. *Мелекесцев И.В.* Вихревая вулканическая гипотеза и некоторые перспективы ее применения // Проблемы эндогенного магматизма. М.: Наука, 1979. С. 125–155.
76. *Мелекесцев И.В.* Роль вихрей в происхождении и жизни Земли // Вихри в геологических процессах. Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2004. С. 25–70.
77. *Мецлер Д.* Биохимия. Химические реакции в живой клетке. Т. 1. М.: Мир, 1980. 408 с.
78. *Миллер М.* Всякая и не всякая всячина. Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2005. 480 с.
79. *Мирлин Е.Г.* Вихри и смерчи в твердых оболочках Земли: возможны ли они? // Природа. 2006. № 2. С. 33–42.
80. *Мирлин Е.Г.* Проблема вихревых движений в «твердых» оболочках Земли и их роли в геотектонике // Геотектоника. 2006. № 4. С. 43–60.
81. *Неймарк М.* История Земли. Т. 1. СПб: Товарищество «Просвещение», 1899. 761 с.
82. Нелинейные волны 2002. Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2003. 448.
83. Нелинейные волны 2004. Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2005. 544.
84. *Никитин А.М.* Геологическое строение и эволюция Марса. М.: МГУ, 1987. 156 с.

85. *Николаев Г.* Магнитное поле Земли слабеет. Опасны ли последствия этого? // Наука и жизнь. 1991. № 1. С. 44–50.
86. *Николис Г., Пригожин И.* Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир, 1979. 512 с.
87. *Новиков И., Лукаш В.* Эхо «Большого взрыва» // Наука и жизнь. 1981. № 7. С. 2–7.
88. *Ньюкирк Г., Фрейзиэр К.* Цикл солнечной активности // Физика за рубежом. Сборник научно-популярных статей. М.: Мир, 1983. С. 204–234.
89. *Опарин А.И.* Жизнь, ее соотношение с другими формами движения материи // О сущности жизни. М.: Наука, 1964. С. 8–34.
90. *Оровецкий Ю.П.* Корреляция геоструктур главных поверхностей Земли // Геофизический журнал. 2002. Т. 24. № 4. С. 102–108.
91. *Павленко Ю.Г.* Начала физики. М.: ЭКЗАМЕН, 2005. 864 с.
92. Планетарные орбиты и протон // Наука и жизнь. 1993. « 1. С. 155.
93. *Погребысский И.Б., Франкфурт У.И.* Галилей и Декарт / Галилео Галилей. Избранные труды в двух томах. Т. 2. М.: Наука, 1964. С. 504–508.
94. *Погребысский И.Б., Франкфурт У.И.* Галилей и Гюйгенс / Галилео Галилей. Избранные труды в двух томах. Т. 2. М.: Наука, 1964. С. 509–511.
95. *Полетаев А.И.* Ротационная тектоника земной коры // Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых. Материалы XXXVIII Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2005. Т. 2. С. 97–100.
96. *Полетаев А.И.* Ротационная тектоника или тектоническое вращение? // Актуальные проблемы региональной геологии и геодинамики. Восьмые Горшковские чтения. Материалы конференции. 26 апреля 2006. МГУ. Геологический факультет. М.: МГУ, 2006. С. 32–38.
97. *Потапов Ю.С., Фоминский Л.П., Потапов С.Ю.* Вихревая энергетика и холодный ядерный синтез с позиции теории вращения. Кишинев–Черкассы: Око-Плюс, 2000. 352 с. http://www.fund-ckip.ru/books/Potapov/1.html
98. *Пригожин И.* От существующего к возникшему. Время и сложность в физических науках. М.: Наука, 1985. 328 с.
99. Проблемы геофизики XXI века. В 2 кн. / Отв. Ред. А.В. Николаев. М.: Наука, 2003. Кн. 1, 311 с., Кн. 2, 333 с.
100. *Пущаровский Ю.М.* Глобальная тектоника в перспективе // Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых. Материалы XXXVIII Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2005. Т. 2. С. 121–123.
101. *Райхенбах Г.* Направление времени. М.: Едиториал УРСС, 2003. 360 с.

102. *Романовский Ю.М., Нетребко А.В., Чичигина О.А.* Проблема затухания субглобулярных колебаний белковых молекул в воде // Нелинейные волны 2002. Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2003. С. 359–371.
103. *Ротенберг В.* Мозг. Стратегия полушарий // Наука и жизнь. 1984. № 6. С. 54–57.
104. Русский гений (Из дневников и писем акад. В.И. Вернадского) // Наука и жизнь. 1993. № 6. С. 2–5.
105. *Руэн.* Диалектика абсолюта. Единая теория всего. М.: Ладога, 2005. 646 с.
106. *Рябинин М.Ю., Сергеев А.М.* Динамика атома в сверхсильном поле и генерация автосекундных импульсов // Нелинейные волны 2002. Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2003. С. 235–249.
107. *Савенко В.С.* Что такое жизнь? Геохимический подход к проблеме. М.: ГЕОС, 2004. 203 с.
108. *Садовский М.А.* Живая Земля // Михаил Александрович Садовский. М.: Наука, 2004. С. 242–245.
109. *Сидоренков Н.С.* Физика нестабильности вращения Земли. М.: Физматлит, 2002. 384 с.
110. *Сидоренков Н.С.* Атмосферные процессы и вращение Земли. СПб.: Гидрометеоиздат, 2002. 200 с.
111. *Симаков К.В.* Введение в теорию геологического времени. Становление. Эволюция. Перспективы. Магадан: СВКНИИ ВДО РАН, 1999. 557 с.
112. Система планета Земля. (Нетрадиционные проблемы геологии). XI научный семинар. 3–5 февраля 2003 г. Материалы. М.: МГУ, 2003. 336 с.
113. *Слезин Ю. Б.* Концепция современного естествознания. Краткое изложение курса лекций, прочитанных студентам экономического факультета КГТУ. Петропавловск-Камчатский: КГТУ, 2001. 145 с.
114. *Слензак О.И.* Вихревые системы литосферы и структуры докембрия. Киев: Наукова Думка, 1972. 182 с.
115. Советский энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1985. 1600 с.
116. *Сорохтин О.Г.* Глобальная эволюция Земли. М.: Наука, 1974.
117. Спорные вопросы тектоники плит и возможные альтернативы / Ред. В.Н. Шолпо. М.: ИФЗ РАН, 2002. 236 с.
118. Таблицы физических величин / Ред. И.К. Кикоин. М.: Атомиздат, 1976. 1006 с.
119. *Тверитинова Т.Ю., Викулин А.В.* Геологические и геофизические признаки вихревых структур в геологической среде // Вестник КРАУНЦ. Серия Науки о Земле. 2005. № 5. С. 59–77. http://www.kscnet.ru/kraesc/2005/2005_5/2005_5.html.

120. *Тверитинова Т.Ю., Викулин А.В.* (см. настоящий сборник).
121. Тектоника и геофизика литосферы. Материалы XXXV Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2002. Т. 1. 368 с. Т.2. 378 с.
122. *Тимашев С.Ф.* О базовых принципах «нового диалога с природой» // Проблемы геофизики XXI века: в 2 кн. / Отв. ред. А.В. Николаев. М.: Наука, 2003. Кн. 1. С. 104–141.
123. *Транковский С.* Как зарождалась жизнь // Наука и жизнь. 1993. № 4. С.156–157.
124. *Троицкая Ю.И.* Нелинейное резонансное взаимодействие волн с потоками в океане // Нелинейные волны 2004. Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2005. С. 52–69.
125. *Тынянов Ю.* Смерть Вазир-Мухтара. М.: Художественная литература, 1988. 447 с.
126. *Тяпкин К.Ф.* Физика Земли. Киев: Вища школа, 1998. 310 с.
127. *Уиллер Дж.* Квант и Вселенная // Астрофизика, кванты и теория относительности. М.: Мир, 1982. С. 535–558.
128. *Умов Н.А.* Физико-механическая модель живой материи // Собрание сочинений. Т. 3. М.: Московск. об-во испытателей природы, 1916. С. 184–200.
129. *Умов Н.А.* Избранные сочинения. М.–Л.: Гос. изд-во технико-теоретической лит-ры, 1950. 554 с.
130. *Устинова В.Н., Вылцан И.А., Устинов В.Г.* О пространственном и временном развитии циклически протекающих событий на Земле по геофизическим данным // Геофизика. 2005. № 3. С. 65–71.
131. *Ферми Э.* Квантовая механика. М.: Мир, 1968. 368 с.
132. Физический энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1983. 928 с.
133. *Флинт Р.* История Земли. М.: Прогресс, 1978. 358 с.
134. *Франк-Каменецкий Д.* Прост ли мир? // Наука и жизнь. 1970. № 6. С. 34–38.
135. *Фридман А.* Из жизни галактик // В мире науки. 2005. № 1. С. 72–79.
136. *Хаин В.Е.* Вторая молодость древней науки // Природа. 1987. № 1. С. 20–35.
137. *Хаин В.Е., Ломизе М.Г.* Геотектоника с основами геодинамики. М.: КДУ, 2005. 560 с.
138. *Хаин В.Е., Полетаев А.И.* (см. настоящий сборник).
139. Химический энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1983. 792 с.
140. *Холден К.* Разлученные близнецы // Наука и жизнь. 1981. № 4. С. 125–128.
141. *Чазов Е., Бехтерева Н.* Новый вид асимметрии мозга // Наука и жизнь. 1986. № 6. С. 16.

142. *Черепащук А.М., Чернин А.Д.* Вселенная, жизнь, черные дыры. Фрязино: Век 2, 2004. 320 с.
143. *Черкасов Р.Ф., Романовский Н.П.* Ритмы природные – ритмы социальные // Геологические этюды. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2003. С.85–91.
144. *Чернин А.* Космология: большой взрыв. Фрязино: Век 2, 2005. 62 с.
145. *Чернин А.Д.* Физическая концепция времени от Ньютона до наших дней // Природа. 1987. № 8. С. 27–37.
146. *Шило Н.А.* О механике образования Солнечной системы // Тихоокеанская геология. 1982. № 6. С. 20–27.
147. *Шипов Г.И.* Теория физического вакуума. М.: Кириллица-1, 2002. 128 с.
148. *Шкловский И.С.* Вселенная, жизнь, разум. М.: Наука, 1980. 352 с.
149. *Шолпо В.Н.* Структура Земли: упорядоченность или беспорядок? М.: Наука, 2005. 192 с.
150. *Шпитальная А.А., Заколдаев Ю.А., Ефимов А.А.* Проблема времени в геологии и звездной астрономии // Проблемы пространства и времени в современном естествознании. Серия «Проблемы исследования Вселенной». В. 15. СПб., 1991. С. 95–106.
151. *Шредингер Э.* Что такое жизнь? С точки зрения физики. М.: Атомиздат, 1972. 88 с.
152. *Шредингер Э.* Мой взгляд на мир. М.: КомКнига, 2005. 152 с.
153. *Шулейкин В.В.* Физика моря. М.: Наука, 1968. 1084 с.
154. *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. Т. 4. М.: Наука, 1967. 600 с.
155. *Энгельс Ф.* Диалектика природы. М.: Изд-во Политической литературы, 1975. 360 с.
156. *Яглом И.М.* Почему высшую математику открыли одновременно Ньютон и Лейбниц? (Размышления о математическом мышлении и путях познания мира). М.: Знание, Число и Мысль, 1983. № 6.
157. *Якушевич Л.В.* Введение в нелинейную физику ДНК // Нелинейные волны 2004. Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2005. С. 376–380.
158. *Янов В.* Как плавает дельфин // Наука и жизнь. 1991. № 9. С. 12–15.
159. *Armitage P.J., Hansen B.M.S.* Early planet formation as trigger for further planet formation // Nature. 9 December, 1999. V. 402. P. 633–635.
160. *Busse F.H.* Magnetohydrodynamics of the Earth′s Dynamo // Ann. Rev. Fluid Mech., 1978. N 10. P.435–462.
161. *Tatsumi Y., Shinjoe H., Ishizuka* et al. Geochemical for a mid Cretaceouse superplume // Geology. 1998. V.26. N 2. P.151–154.
162. *Teisseyre R., Takeo M., Majewski E.* (Eds.) Earthquake source asymmetry, structural media and rotation effects. Berlin, Heidelbers, New York: Springer, 2006. 582 p.

Викулин Александр Васильевич, главный научный сотрудник Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, доктор физ. – мат. наук, профессор КамГУ им. Витуса Беринга, профессор КамчатГТУ. Область научных интересов: сейсмология, геофизика. В последние годы активно разрабатывает направление ротационной волновой геодинамики. Редактор первого тематического сборника статей по проблеме вихревой геодинамики: «Вихри в геологических процессах». Петропавловск-Камчатский, 2004. Автор и соавтор пяти монографий, учебного пособия, редактор трех тематических сборников научных работ.

Мелекесцев Иван Васильевич, главный научный сотрудник, зав. лабораторией Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, доктор геол.-мин. наук, профессор КамГУ. Область научных интересов: геоморфология, вулканизм. Автор вихревой вулканической гипотезы (1979). Автор и соавтор ряда монографий. В последние годы активно занимается проблемами ротационной вихревой геодинамики.

УДК 551.834

РОТАЦИОННЫЕ ДВИЖЕНИЯ КРУПНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗЕМЛИ И ГЛОБАЛЬНАЯ ГЕОДИНАМИКА

Н.И. Павленкова
Институт физики Земли РАН, Москва, Россия

Аннотация. В последнее время получено много геофизических данных о структуре верхних оболочек Земли, которые трудно объяснить в рамках существующих концепций или гипотез глобальной геодинамики. Эти данные дают основание предположить крупные перемещения отдельных оболочек Земли относительно друг друга (например, вращение мантии вокруг ядра), а также вращение отдельных блоков мантии и земной коры. В настоящей работе приводятся эти экспериментальные данные, которые удалось согласовать с помощью отмеченных ротационных движений. Приводится также обоснование возможности таких движений и их природы.

1. Закономерности в структуре верхних оболочек Земли

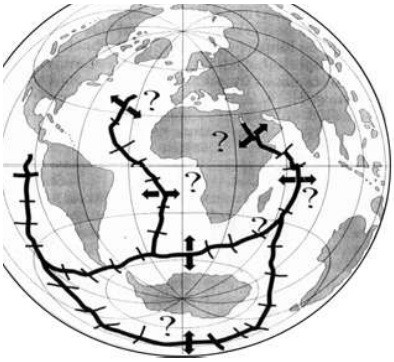
Исследования последних лет показали, что в структуре Земли и других планет существует много общего. Так, наблюдается сходная упорядоченность главных структурных элементов. Самая крупная из них – это деление планет на два полушария с разным строением их поверхности и внешних оболочек [9]. На Луне и Марсе выделяются полушария с приподнятой и опущенной поверхностью и соответственно с утолщенной и сокращенной по мощности корой. На Сатурне и Венере выделяются структурные пояса вдоль экваториальных зон. На Земле отмечены такие же закономерности: существует Тихоокеанская часть с пониженным рельефом и тонкой корой и противоположное Индо-Атлантическое полушарие с преобладанием континентов с толстой корой. Это деление подтверждено и геологическими данными о разном возрасте и геологической истории Тихого океана по сравнению с другими океанами, то есть о разной природе Тихоокеанского и Индо-Атлантического сегментов Земли [2, 12].

На Земле существует и другое деление – это деление на южное и северное полушарие. Большая часть континентов расположена на севере. При этом радиус Земли несколько больше в южном полушарии, чем в северном, то есть Земля имеет не только эллипсоидальную, но и грушевидную форму. Деление Земли на полушария подчеркивается наличием крупных тектонические активных зон, их разделяющих. Так, края континентов вокруг Тихого океана образуют правильную дугу [24], вдоль которой сформировалось кольцо эпицентров землетрясений, зон Беньофа. Глубинные подвижные зоны (Альпийско-Мексиканский пояс) разделяют северное полушарие от южного. Это вытекает из

установленного по данным планетарной геофизики так называемого западного тренда, то есть движения на запад северного полушария относительно южного. Последнее проявилось в изгибе Срединно-Атлантического хребта и всей Атлантики вблизи экваториальной зоны. По геологическим данным экваториальный мобильный пояс прослежен в течение всей геологической истории.

Другой примечательной структурной особенностью Земли является асимметрия и более мелких структур: практически всем приподнятым участкам Земли в одном полушарии соответствуют опущенные участки – в другом [8]. Наиболее ярким примером являются Антарктида и Арктический океан. Они подобны по размерам и общим очертаниям, но противоположны в форме рельефа.

Существует множество других примеров упорядоченности структурных форм поверхности Земли [15]. К глобальным структурным особенностям Земли, имеющим планетарную симметрию, можно отнести и систему срединно-океанических хребтов. Эта система имеет правильную форму относительно южного полюса, образуя кольцо вокруг Антарктиды и серию разломов, симметрично расходящихся по меридианам с расстоянием между ними в 30° (рис.1). Эта картина хорошо согласуется с данными о том, что южное полушарие имеет несколько больший радиус относительно северного, то есть система срединно-океанических хребтов могла образоваться за счет расширения этого полушария.



Другой важной особенностью при
является наличие протяженных линеам
характер, пересекают разновозрастные
континентов на океаны. Эта осс
В.В. Белоусовым [17], сейчас она подтв
Так, на Анголо-Бразильском геотравер

аномалии западной части Африки, имеющие северо-западное простирание, прослежены через всю Ангольскую глубоководную котловину [7]. Ряд магнитных аномалий восточной части Азии тоже уходят в окраинные моря. Данные космических съемок значительно увеличили число таких линеаментов и их протяженность. Очень часто глобальные линеаменты совпадают с градиентными зонами аномалий геоида, разделяющими аномалии разного знака. Последние имеют глубинное происхождение и связаны, как показывают сейсмологические данные, со структурой переходной зоны между верхней и нижней мантией [19].

Все это дает основание предполагать, что отмеченная упорядоченность структурных элементов Земли создана в процессе ее общего развития, как планеты. И эта упорядоченность сохранилась до настоящего времени. Однако последнее трудно согласовать с палеомагнитными и палеоклиматическими данными о крупных перемещениях магнитных и планетарных полюсов в геологическом времени, особенно, если связывать эти перемещения с движением литосферных плит или отдельных континентов. Такие движения должны были бы разрушить отмеченную упорядоченность. Отсюда возникает вопрос: как согласовать палеомагнитные и палеоклиматические данные с изложенными выше закономерностями в строении верхних оболочек Земли?

2. Природа движений палеомагнитных и палеоклиматических полюсов

Интерпретация материалов палеомагнитных исследований, как и других геофизических данных, не является однозначной. Разные авторы по-разному объясняют эти движения. Согласно концепции тектоники плит перемещение магнитных полюсов является кажущимся, фактически относительно магнитного диполя передвигаются отдельные литосферные плиты. Чтобы объяснить экспериментальные данные, континенты приходится разбивать на мелкие террейны и передвигать их на большие расстояния относительно друг друга. Решения при этом оказываются разными у разного авторов. Такие движения литосферных плит оказались в противоречии со структурой верхней мантии, для которой характерно наличие положительных аномалий сейсмических скоростей под континентами (так называемых корней континентов), которые охватывают почти всю верхнюю мантию до глубины в 350–400 км.

Чтобы исключить это противоречие в работе [13] предложена концепция плавающих континентов, по которой движение происходит не литосферных плит мощностью не более 200–250 км, а целиком континентов вместе с их корнями. Но в любом случае движение литосферных плит или «свободное плавание» континентов привело бы к

разрушению описанной выше упорядоченности структурных элементов Земли.

Норвежскому палеомагнитологу К. Сторетведту [23] удалось выявить такую систему движения палеомагнитных полюсов, при которой нет необходимости передвигать отдельные литосферные плиты или менять современное положение континентов относительно друг друга. На рис. 2 представлена схема движения палеомагнитного полюса по К. Сторетведту. Главная компонента этого движения – это меридиональная траектория с юга на север от нижнего карбона (LC) до верхнего триаса (UT) . Для Европы и Африки, если считать их положение относительно друг друга неизменным в геологическом прошлом, эти траектории расположены на разных меридианах. Это и служило основанием передвигать континенты относительно друг друга на большие расстояния. Но оказалось, что есть и другое объяснение: если несколько развернуть континенты, различие в траекториях их магнитных полюсов исчезает (рис.2а). Эта схема движения полюсов согласуется и с палеоклиматическими данными.

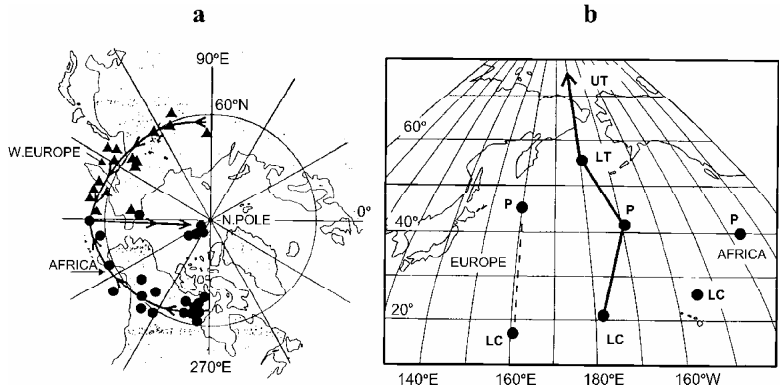


Рис. 2. Схемы глобального движения палеомагнитных полюсов в течение нижнего карбона (LC), перми (P), нижнего (LT) и верхнего (UT) триаса [23]. Сплошная линия на правом рисунке характеризует траекторию движения полюса с учетом вращения континентов, пунктиром и точками показано положение полюсов для Европы и Азии без учета этого вращения. Левый рисунок показывает движение относительных полюсов за счет некоторого разворота Европы и Африки в триасе.

Нужно подчеркнуть, что общее смещение магнитного полюса в палеозое примерно на 90° отмечается и по всем другим палеомагнитным реконструкциям. Эта главная составляющая определена практически одинаково и по правилам тектоники плит [14]. Различия касаются

локальных составляющих: по плейттектоническим реконструкциям происходили перемещения континентов или их частей относительно друг друга, по работе [23] этих перемещений не было, континенты испытывали лишь небольшое вращение вокруг собственных центров. При первом варианте интерпретации (плейттектоническом) сохранить описанное выше регулярное расположения структурных элементов Земли невозможно. Второй вариант (разворот континентов) не нарушает эти закономерности и поэтому является предпочтительным. Но в любом случае требуется объяснить главную составляющую движения палеомагнитных полюсов, выявленную при разных подходах к интерпретации этих данных.

К. Сторетведт объясняет эту главную составляющую общим изменением плоскости вращения Земли, то есть поворотом оси ее вращения [23]. Такой разворот, по его мнению, может быть вызван выбросами большего объема материала из ядра и соответствующим нарушением баланса масс в мантии. Но это объяснение представляется мало вероятным по двум причинам. Во-первых, инерция Земли столь велика, что трудно представить значительный (на 90°) разворот всей ее массы. Во-вторых, перераспределение масс в Земле происходит по законам гравитации, которые не допускают значительных нарушений равновесия, способных изменить режим вращения всей Земли.

Более правдоподобное объяснение можно искать в отмеченных выше перемещениях внешних оболочек Земли относительно земного ядра, например, верхней мантии относительно нижней или всей мантии относительно ядра. Такие движения объясняют палеомагнитные и палеоклиматические данные и сохраняют соотношение структур, созданных при ее формировании как планеты. Но возникает естественный вопрос, возможна ли такая ротация земных сфер и есть ли какие-либо независимые подтверждения ее существования?

3. Возможность ротационных перемещений отдельных сфер Земли

Предположение о вращении мантии относительно ядра было высказано автором давно [21]. Это было необходимо для увязки данных о глубоких корнях континентов, охватывающих почти всю верхнюю мантию, с движением палеомагнитных полюсов. Но тогда такое предположение было достаточно гипотетичным. Сейчас накоплен материал, который позволяет обосновать возможность разворота верхней мантии вокруг нижней и всей мантии вокруг ядра. Это, в основном, астрономические данные, которые свидетельствуют о тесной связи глобального тектогенеза с особенностями ротационного режима Земли.

Так, в работах Ю.Н. Авсюка [1] показана корреляция периодических изменений в тектоническом развитии Земли с основной закономерностью

орбитально-вращательных движений в системе Земля–Луна–Солнце. Астрономические наблюдения регистрируют изменения орбитального движения Луны и соответствующее изменение скорости вращения Земли. Ось вращения медленно изменяет положение в теле Земли. При этом меняется положение географического полюса и экватора вращения (рис.3 а). Суммарные отклонения географического полюса превышают десять градусов. При изменении положения оси вращения Земли происходит нарушение равновесия между новой плоскостью вращения и плоскостью сложившейся ранее эллипсоидальной формы планеты.

Периодическое изменение формы Земли и соответствующие перестройки в ее внешних оболочках способны объяснить многие наблюдаемые закономерности в геологической истории: цикличность тектонических движений, климатических процессов, трансгрессий–регрессий океана, смены полярности магнитного поля и др. Изменение формы Земли приводит к возникновению сил, стремящихся восстановить эту форму. Одна из составляющих этих сил должна быть направлена на разворот верхних оболочек Земли. Правда, существует мнение (М.С. Молоденский, устное сообщение), что эти силы (приливные) не достаточны для такого рода ротационных движений.

Более энергоемкий аспект возможного влияния режима вращения Земли на глобальный тектогенез изложен в работе Ю.В. Баркина [3]. В ней отмечается, что центры масс оболочек Земли из-за их неоднородности смещены относительно друг друга и поэтому эти оболочки обладают значительным динамическим сжатием. Луна своим гравитационным влиянием сообщает им различные ускорения, в результате возникают дополнительные направленные напряжения. Эти напряжения, по мнению данного автора, на три порядка превышают приливные и могут приводить к планетарным перестройкам, обладающим свойствами цикличности, полярности, асимметрии и инверсии. В частности, это приводит к такой асимметрии поверхности Земли, которая отмечалась выше: для противоположных полушарий планет наблюдаются обратные соотношения в рельефе (рис. 3 б). Никакого другого объяснения этой закономерности пока не предложено, что подтверждают построения Ю.В. Баркина и следующие из них выводы. Одним из таких выводов может быть возможность относительных перемещений оболочек Земли относительно ядра.

Разворот отдельных сфер Земли наиболее вероятен по реологически ослабленным слоям. Это, прежде всего, граница жидкого ядра и мантии. Другим ослабленным слоем является, по всей видимости, переходная зона между верхней и нижней мантией. Внешние и внутренняя границы этой зоны на глубине около 400, 520 и 680 км являются областями фазовых переходов, а из лабораторных данных известно, что при фазовых переходах резко увеличивается пластичность материала. Благоприятным

фактором для уменьшения энергии, требуемой для вращения верхней мантии вокруг нижней, является также большая мощность переходной зоны (около 300 км).

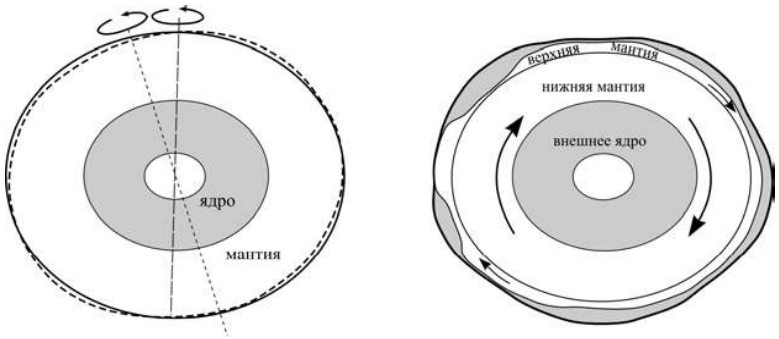


Рис. 3. Схемы ротационных движений Земли и ее оболочек. Левый рис. – положения оси вращения в теле Земли, связанные с периодическим изменением орбитально-вращательных движений в системе Земля–Луна–Солнце [1]; правый рис. – структурная схема верхней оболочки Земли (в искаженном масштабе), отражающая следующие наблюдаемые закономерности: асимметрию форм внешней поверхности (поднятиям в одном полушарии соответствуют прогибы в противоположном полушарии) и наличие глубоких «корней» континентов, то есть положительных аномалий сейсмических скоростей, охватывающих почти всю верхнюю мантию (они окрашены серым цветом). Стрелки показывают возможные ротационные движения: вращение мантии вокруг жидкого внешнего ядра и верхней мантии относительно нижней.

Возможность горизонтальных перемещений по переходной зоне мантии следует и из других независимых источников: из материалов сейсмотомографии и из данных о распределении глубокофокусных землетрясений. На рис.4 приведены примеры распределения очагов землетрясений на глубине около 400 км [16]. По ним четко отмечается смещение очагов в кровле переходной зоны от верхней мантии к нижней. Подобная картина наблюдается и на многих сейсмотомографических моделях, когда наклонные положительные аномалии, приуроченные в верхах мантии к зонам Беньофа, резко меняют простирание на глубине около 400 км [18]. Предположение о возможном перемещении верхней мантии относительно нижней следует и из работы [4] на основании изучения закономерной смены главных направлений тектонических структур в геологическом времени.

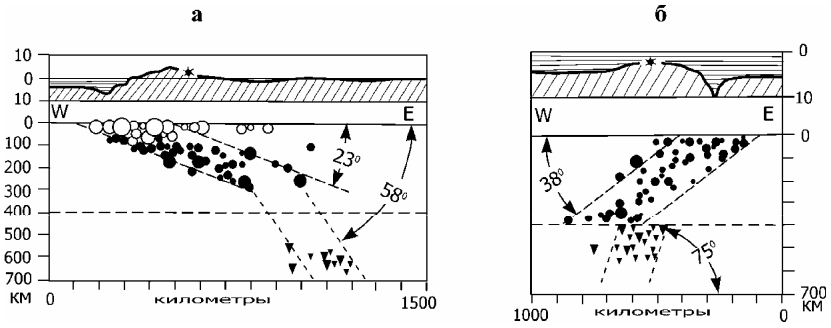


Рис. 4. Примеры смещения зоны Беньофа (областей глубокофокусных землетрясений) на границе верхней мантии и переходной зоны к нижней мантии в районе: (а) Перу-Чилийского желоба и (б) дуги Бонин-Хонсю [16].

Что касается литосферы, то ее вращение по астеносферному слою мало вероятно. Во-первых, геофизические данные не выявили непрерывного астеносферного слоя, по которому могла бы вращаться литосфера. Во-вторых, как отмечалось выше, установлена тесная связь приповерхностных геологических структур с неоднородностью верхней мантии (например, корнями континентов, рис. 3 б), что делает невозможным крупные движения литосферы континентов относительно их корней. Но это не означает, что литосфере не присущи другого рода ротационные движения.

Вращения сфер Земли не являются единственными движениями ротационного характера. Существуют данные о вращении северного полушария Земли относительно южного (так называемый западный тренд). Как показано выше, одним вращением мантии вокруг ядра не удается полностью объяснить палеомагнитные данные, необходим некоторый разворот (вращение) континентов вокруг своей оси. В геологической и геофизической литературе часто описываются кольцевые структуры, которые связываются с вращением небольших блоков земной коры. Но все эти ротационные движения имеют другую, не планетарную, природу.

4. Ротационные движения в литосфере, природа кольцевых структур

При глобальных перемещениях верхней мантии вполне естественным является возникновение различного рода движений в неоднородной литосфере. Последняя разбита на множество плит разного масштаба и геологическими данными установлены существенные относительные перемещения этих плит. Главной составляющей этих движений являются

горизонтальные подвижки самих литосферных плит, а также отдельных ее слоев. Это следует из геофизической и геологической расслоенности литосферы [6] . Она проявляется в наличии в земной коре и верхах мантии несколько ослабленных зон, по которым происходит проскальзывание слоев. Это – зона инверсии скоростей в средней коре, граница М и астеносферные линзы на глубине около 100 км [5]. Но такими горизонтальными подвижками трудно объяснить все наблюдаемые формы тектонических структур, например, структуры кольцевой формы.

Кольцевые структуры часто называют «вихревыми», так как предполагается, что они создаются вихревыми движениями вещества мантии и земной коры. Такая трактовка вполне оправдана, если она основана на вихревых потоках пластичного вещества, сформировавшихся, например, в низах верхней мантии. Действительно, по законам механики при подъеме легкого материала с больших глубин во вращающейся Земле должны образовываться вихревые потоки. В реальной неоднородной мантии с корнями континентов вполне вероятно предположить формирование таких потоков вокруг этих корней. Именно такие потоки могут обеспечить разворот континентов, который отмечен выше по палеомагнитным данным (рис.2 а).

Но формирование таких же вихревых потоков в литосфере, тем более в наиболее жесткой ее части, земной коре, кажется мало вероятным. В то же время мы наблюдаем не только множество локальных тектонических структур кольцевой формы, а также удивительно правильные по своей форме кольцевые магнитные аномалии. Последние объясняются обычно магнитными интрузиями, внедрившимися по разломам кольцевой формы. Но как могут сформироваться подобные разломные зоны?

Вихри в земной коре могут быть созданы глубинными флюидами, поднимающимися с больших глубин и испытывающими все тот же механический эффект вращающейся Земли, что и мантийный пластичный материал. Глубинные флюиды оказывают большое влияние на физические свойства вещества и на процессы метаморфизма в земной коре. Сотые доли процента флюида приводят к существенному увеличению пластичности вещества, а метаморфизм основных пород приводит к выделению ферромагнетиков. В результате этих процессов в земной коре могут сформироваться ослабленные зоны кольцевой формы и соответствующие области повышенной намагниченности, кольцевые магнитные аномалии. По таким ослабленным зонам вполне вероятны ротационные движения, которые приведут к образованию и «вихревых» геологических структур. В пользу такой природы кольцевых магнитных аномалий свидетельствует и тот факт, что соответствующих им столь же четких гравитационных аномалий обычно не наблюдается. Если бы магнитные аномалии были связаны с интрузиями основных пород, они бы вызывали и соответствующие аномалии в поле силы тяжести.

Заключение

Суммируя изложенные выше данные, можно констатировать, что ротационные движения играют важную роль в глобальном тектогенезе и позволяют объяснить многие наблюдаемые в природе явления. Так, данные планетарной геофизики и глобальной геотектоники об упорядоченности крупных структур тектоносферы, заложенных на ранних стадиях формирования планеты и сохранившихся в течение длительной истории геологического развития, трудно согласовать с предположениями о крупных перемещениях отдельных литосферных плит. Более вероятными являются относительные перемещения (ротация) сфер Земли вокруг ядра. Это дает возможность объяснить движение палеомагнитных и палеоклиматических полюсов без нарушения наблюдаемой упорядоченности структурных элементов планеты.

Природа вращения земных сфер вокруг ядра может быть объяснена воздействием на них внешних факторов [1, 3]. Но большая роль в ротационных процессах Земли принадлежит и внутренним факторам: формированию вихревых потоков пластичного материала мантии в результате конвекции и вихревых потоков глубинных флюидов. Локальные ротационные движения: вращения континентов или отдельных блоков литосферы, кольцевые магнитные аномалии объясняются именно такими вихревыми потоками.

Некоторые стороны изложенных выше аспектов глобальной геодинамики рассматриваются автором в работах [10, 11, 22].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Авсюк Ю.Н.* Приливные силы и природные процессы. М: ОИФЗ РАН, 1996, 188 с.
2. *Базилевская Е.С.* Асимметрия океанского рудогенеза в связи с тектоникой // Тектонические и геодинамические феномены (Отв.ред. А.С. Перфильев, Ю.Н. Разницин) М.: Наука, 1997. С.70–84
3. *Баркин Ю.В.* К объяснению эндогенной активности планет и спутников: механизм и природа ее цикличности // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ. Материалы международной конференции памяти академика П.Н. Кропоткина, 20–24 мая 2002, Москва. С.18–21
4. *Долицкий А.В.* Движение географических и геомагнитных полюсов, построение и перестройка тектонических структур // Спорные аспекты тектоники плит и возможные альтернативы (Отв.ред. Шолпо В.Н.) М.: ИФЗ РАН, 2002. С. 97–108.
5. *Каракин А.В., Курьянов Ю.А., Павленкова Н.И.* Разломы, трещиноватые зоны и волноводы в верхних слоях земной оболочки. МПР, РАЕН, ВНИИгеосистем, «Дубна». М., 2003. 221 с.

6. *Леонов Ю.Г.* Тектоническая подвижность коры платформ на разных глубинных уровнях // Геотектоника. 1997. № 4. С.24–41
7. Литосфера Ангольской котловины и восточного склона Южно-Атлантического хребта (Результаты исследований на Анголо-Бразильском геотраверсе). Ред. Ю.Е. Погребицкий. ПГО «Севморгео», 1996. 176 с.
8. *Макаренко Г.Ф.* Периодичность базальтов, биокризисы, структурная симметрия Земли. М: Геоинформмарк,1997. 96 с.
9. *Маракушев А.А.* Происхождение Земли и природа ее эндогенной активности. М.: Недра, 1999. 253 с.
10. Павленкова Н.И. Структура земной коры и верхней мантии и глобальная геотектоника // Спорные аспекты тектоники плит и возможные альтернативы (Отв. ред. В.Н. Шолпо). М.: Институт физики Земли РАН, 2002. С. 64–83
11. *Павленкова Н.И.* Эмпирические основы ротационно-флюидной гипотезы глобального тектогенеза // Геофизический журнал. Т. 26. №6. 2004. С. 41–60
12. *Пущаровский Ю.М.* Главная тектоническая асимметрия Земли: Тихоокеанский и Индо-Атлантический сегменты и взаимоотношения между ними // Тектонические и геодинамические феномены (Отв.ред. А.С. Перфильев, Ю.Н. Разницин) М.: Наука, 1997. С. 8–24
13. *Трубицин В.П.* Основы тектоники плавающих континентов // Физика Земли. 2000. № 9. С.4–40
14. *Храмов М.Н.* Палеомагнитные исследования. М.: Наука,1983. 151 с.
15. *Шолпо В.Н.* Упорядоченная структура Земли и геотектонические концепции // Спорные аспекты тектоники плит и возможные альтернативы (Отв. ред. В.Н. Шолпо). М.: ИФЗ РАН, 2002. С. 49–63
16. *Benioff E.* Orogenesis and deep crustal structure – Additional evidence from seismology// Geol. Soc. Am. Bull. 1954. 65. P. 385–400
17. *Belousov V.V.* Against the hypothesis of ocean-floor spreading // Tectonophysics. 9. 1970. P.489–511
18. *Bijwaard H., Spakman W., Engdahl E.R.* Closing the gap between regional and global travel time tomography // J. Geoph. Res. 1998. V. 103. B12. P. 30055–30078.
19. *Bott M.H.P.* The mantle transition zone as possible source of global gravity anomalies // Earth and Planetary Science Letter. 1971 II. P. 28–34.
20. *Gossler J., Kind R.* Seismic evidence for very deep roots of continents // Earth and Planetary Science Letter. 1996. 138. P.13.
21. *Pavlenkova N.I.* Structural regularities in the lithosphere of continents and plate tectonics // Tectonophysics. 1995. 243. P.223–239.
22. *Pavlenkova N.I.* Fluids-rotation conception of global geodynamics // Bull. Soc. Geol. It. V. Special. N. 5. 2005. P.9–22

23. *Storetvedt K*. Our evolving planet: Earth history in new perspective. 1997. Bergen, Norway: Alma Mater. 456 p.
24. *Wilson J.T*. The development and structure of the crust // G.P. Kuiper (Ed.). The Earth as a planet, 1954. Chicago Univ. Press., Chicago. P.138–214

Павленкова Нинель Ивановна. Доктор физ.-мат. наук. Главный научный сотрудник Лаборатории комплексной интерпретации геофизических полей ИФЗ РАН. Сфера научных интересов – изучение структуры и динамики земной коры и верхней мантии.

УДК 551.24.01:551.24.031:550.838.5

ЗЕМНАЯ КОРА: ОБРАЗОВАНИЕ, ДЕФОРМАЦИЯ, РАЗВИТИЕ. ТЕКТОНИКА ВРАЩАЮЩЕЙСЯ МАНТИИ

А.В. Долицкий avdolitsky@mail.ru,
ИФЗ РАН, Москва, Россия

Аннотация. Компьютерный анализ расположения разломов на поверхности Земли, а также Меркурия, Венеры, Марса и Луны позволил восстановить первичные тектонические структуры их мантии, возникшие во время образования ядра планеты. Обнаружена осевая симметрия этих структур и значительное расхождение между осями их симметрии и географическими осями настоящего времени. Высокая чёткость полученных компьютерных рисунков исключает возможность последующего относительного смещения обнаруженных структур более чем на 2°. Обнаружены структуры, близкие по положению и форме Северной и Южной Америке, Евразии и другим материкам. Это свидетельствует о постоянстве относительного расположения материков и их общем смещении в составе мантии. В статье приведены компьютерные рисунки траектории движения географического полюса Земли по четырём спиралям, объединяющим точки симметрии разломов материков, найденные ранее путём графического анализа карт рельефа материков. Впервые осуществлён компьютерный анализ Мирового банка палеомагнитных данных, обнаруживший цепочки палеомагнитных полюсов, образующих четыре спирали. Они оказались идентичными тем, которые были получены при анализе расположения разломов на поверхности материков. Такое совпадение найденных траекторий движения географического полюса по данным о разломах на поверхности Земли и палеомагнитным данным доказывает реальность и единство этих траекторий. Тем самым становится доказанным вращение мантии по ядру, выражением которого и служит эта траектория. Открывается возможность установления связи между вращением мантии, с одной стороны, и генерацией магнитного поля Земли и его инверсиями – с другой. Вероятной становится связь между вращением мантии и деформацией земной коры. Доказательством такой связи служит соответствие структурных планов складчатости на материках меридиональным направлениям сжимающих напряжений глобального поля напряжений, что подтверждено их изображением на приводимых рисунках.

Введение

Уже в XIX веке палеонтологические данные указали на то, что в фанерозое климатическая зональность и положение географических полюсов били иными, чем в настоящее время. К алогичному выводу уже в

XX пришел Н.М. Страхов(1960), изучая осадочные породы фанерозоя на разных материках. Эти выводы заставили автора задуматься о природе этого явления. Известно, что оси планет и их полюса не меняют своего положения. Учитывая это, оставалось допустить вращение мантии по ядру. В этом случае траекторию движения географического полюса можно рассматривать как воображаемый след неподвижной географической оси на поверхности мантии, вращающейся вокруг ядра. Первым подтверждением вращения мантии послужила траектория движения географического полюса, полученная автором в 1978 г. путём объединения спиралью точек симметрии разломов, выраженных в рельефе земной поверхности. Лишь в 2000 г. удалось, используя компьютерную технологию, осуществить возрастную привязку этой траектории к палеомагнитным данным. В 2003 г. был проведен компьютерный анализ разломов, установленных на поверхности Земли, Марса, Луны, Венеры и Меркурия и найдены все полюса их симметрии. Это позволило выделить площади разной формы и концентрации этих полюсов на каждой планете, что позволило выделить их первичные структуры (полярные кольцевые и объединяющие их меридиональные прогибы), возникшие во время формирования ядра и мантии. Чёткий рисунок этих структур исключал возможность их последующего смещения более чем на 1–2º, т.е. исключал концепцию мобилизма. Вместе с тем было обнаружено, что оси симметрии этих структур, явно являющиеся первичными полюсами планет, образуют с современными географическими осями планет разные углы; Земля – 40º, Луна – 40º и Марс – 20º. Этот факт явно указывает на вращение мантии этих планет, подтверждая найденную траекторию движения географического полюса в принципиальном плане. Лишь в 2006 г. удалось создать компьютерный метод нахождения траектории движения магнитного полюса Земли, которая оказалась подобной той, которая была найдена по данным о разломах. Тем самым вращение мантии и соответствующее движение географического полюса было доказано. Это позволило решить остававшиеся нерешенными проблемы природы вращения мантии и связанные с её вращением проблемы природы магнитного поля и деформации материковой коры. Они и являются главным предметом рассмотрения в настоящей статье.

1. Образование первичных тектонических структур Земли и планет

При рассмотрении проблемы формирования Земли и планет обычно встает вопрос о характере слипания первичных частиц: происходит ли оно в горячем или холодном состоянии? Иначе говоря, происходит ли горячая или холодная аккреция. В 50–60-ые годы прошлого века считалась возможной лишь холодная аккреция [Urley, 1962]. Но через некоторое

время, после обнаружения на Луне, в процессе космических исследований, больших площадей застывшей лавы [Wood et all., 1970], стало распространяться представление о возможности и даже преобладании горячей аккреции в процессе формирования планет [Ringwood, 1977]. В 90-ые годы эти представления получили почти всеобщее признание. Автор полагает, что фазовому переходу центральных частей планеты в сверхплотное ядро предшествует разогревание центральной части планеты радиоактивным теплом и последовавший за этим взрыв, приведший к формированию ядра. Массы расплавленных горных пород, возникшие по границе ядра и мантии и имеющие разный на разных планетах состав, по разломам в мантии проникают на её поверхность и могут образовывать обширные площади. По всей вероятности, их обнаружение и стало поводом для признания горячей аккреции ведущим механизмом слипания первичного вещества планет. Приведённые соображения дают основание автору оставаться на прежних представлениях о холодной аккреции.

Задача реконструкции первичных структур Земли и планет вполне решаема. Если принять, что эти структуры являются структурами мантии, возникшими во время уменьшения объема центральной части планеты, где образовалось ядро, становится ясным, что они являются структурами опускания мантии. Можно допустить, что этот процесс сопровождался магматическими излияниями расплавленных глубинных частей мантии, проникшими на её поверхность по разломам в ней, что сопровождалось мощными взрывами. Вполне допустимо, что каждый такой взрыв сопровождался кратковременным образованием глобального поля напряжений (с полюсом в точке взрыва), запечатленного системой разломов. Изложенный подход позволяет построить методику реконструкции первичных структур как решение следующих задач:

1. Создание банка данных по разломам Земли и планет, заданных координатами двух точек.

2. Создание компьютерной программы для нахождения положений полюсов глобального поля напряжений, вызванных взрывами на поверхности мантии и вызвавших образование разломов.

3. Нахождение эпицентров предполагаемых взрывов мантии – эпицентров полюсов глобальных полей напряжений, установление областей высокой концентрации этих полюсов, оценка формы, относительного положения и ориентации этих площадей, как структур деформации мантии, образующих физически объяснимые системы.

4. Автор принял разломы мантии возникшими во время взрывов по направлениям главных нормальных сжимающих напряжений, поперечно которым действуют растягивающие напряжения. Из этого следует возможность нахождения эпицентров взрывов, как точек пересечения дуг большого круга, проходящих через конечные точки разломов. Некоторые

из этих точек могут оказаться ложными, но все истинные точки пересечения будут обнаружены. Вполне допустимо близкое расположение эпицентров многих землетрясений и соответствующее сгущение искомых точек пересечения дуг большого круга. На этих принципах и была построена компьютерная программа. Она позволяет находить все точки пересечения дуг большого круга, проходящих вдоль разломов, заданных координатами их конечных точек. Она группирует всё множество найденных точек пересечения дуг большого круга (вместе с их координатами) по их числу, помещающемуся на площади, равной 2 мм^2, и выстраивает их в порядке увеличения этого числа. Пользователь может отобрать некоторое число групп полюсов уже объединенных по этому принципу, выбирая их в той или иной части изображенной на экране линейки и имея в виду, что слева направо число истинных полюсов в группе возрастает. Этот способ позволяет идентифицировать площади концентрации полюсов, имеющие различную форму и образующие совместно с подобными или другими площадями различные сочетания. Результатом применения этой программы явилось описание первичных структур мантии планет.

В создании банков данных участвовали: А.В. Долицкий и Н.Н. Семенова (Земля, Луна, Венера), Ж.Ф. Родионова и А. Айнетдинова (Марс), Е.А. Козлова (Меркурий). Впервые расчет геометрии и величины глобального ротационного поля напряжений был опубликован в статье А.В. Долицкого и И.А. Кийко [9] (рис. 1). Необходимую компьютерную программу разработали А.В. Долицкий и Р.М. Кочетков в 2003 г. Впервые результаты использования этой программы были доложены на Международном Микросимпозиуме в Москве в октябре 2004 г., в ГЕОХИ им. Вернадского РАН [Dolitsky etc., 2004].

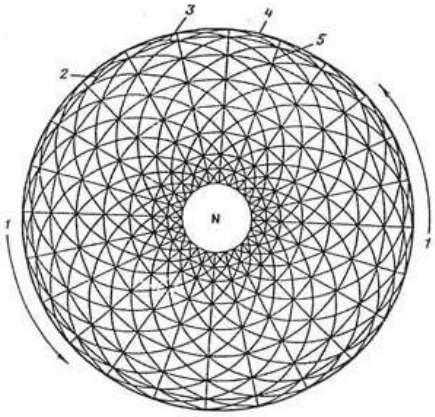


Рис. 1. Глобальное поле напряжений. 1 – направление вращения Земли, 2-3 – направления максимальных касательных напряжений, 4-5 – направления главных нормальных напряжений, N – северный полюс.

Планеты и их первичные структуры

Описания первичных структур мантии планет расположены в порядке их удаления от Солнца, поскольку, как оказалось, форма этих структур изменяется именно в таком направлении [Dolitsky , 2006].

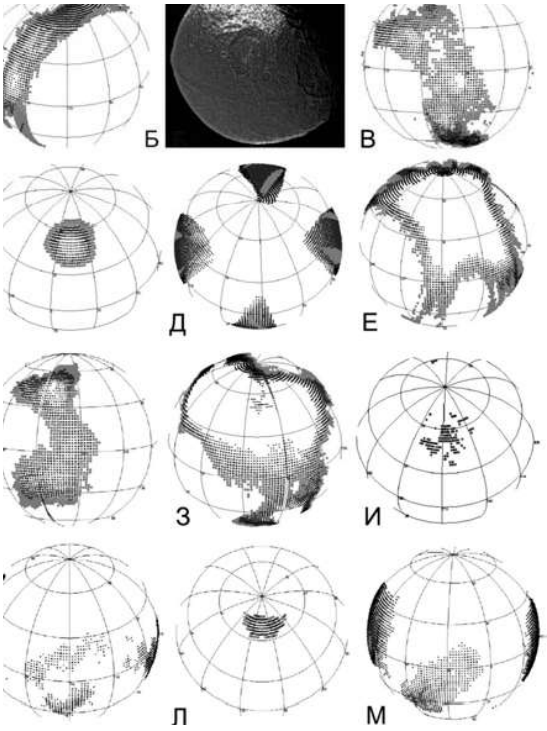
Меркурий. Установлен пояс высокой концентрации полюсов глобального поля напряжений. Он имеет ширину 25–30° и объединяет обе полярные области, составляя с современной географической осью угол в 15°. Современный географический полюс выходит за пределы этого пояса, и указанный угол измерен от него до линии, проходящей внутри пояса на равных расстояниях от его границ (рис. 2 А). Пояс разделяет поверхность планеты на две полусферы и выражен в современном рельефе, судя по имеющемуся космическому снимку, как бесконечная гряда холмов. По своей форме выделенный на Меркурии пояс подобен поясу, наблюдаемому на спутнике Сатурна Япете (рис. 2 Б).

Венера. Обнаружен пояс высокой концентрации полюсов глобального поля напряжений. Его ширина достигает 30–40°. Современный географический полюс находится вне пределов этого пояса, а угол между ним и линией, находящейся внутри пояса на равном расстоянии от его границ, составляет около 30°. Пояс, разделяя поверхность Венеры на две полусферы, подобен поясу Меркурия, но в отличие от единого пояса Меркурия, состоит из четырёх равных по длине и слабо искривлённых фрагментов (рис. 2 В).

Земля. Обнаружена круговая полярная структура, отвечающая области наиболее плотного расположения полюсов глобального поля напряжений на Земле (рис. 2 Г). Ее диаметр составляет 3000 км (Центральная Европа и антиподная ей область в южном полушарии). В центре структуры расположен полюс оси L симметрии большинства известных разломов. Впервые он был установлен автором в результате графического анализа расположения разломов на поверхности материков и назван полюсом оси L [Долицкий, 1967]. Он находится в 40° от современного географического полюса. Четко выделяются (высокой плотностью расположения полюсов глобального поля напряжений) четыре узких поднятия, подходящих к полярной структуре (рис. 2 Д). Они образуют краевые относительно приподнятые зоны широких прогибов эллиптической формы (рис. 2 Е), симметричных оси L. По отношению к ней они располагаются вдоль меридианов. Обнаружены также зоны высокой концентрации полюсов глобального поля напряжений в пределах контуров Северной и Южной Америки (рис. 2 Ж), а также в пределах контура Евразии (рис. 2 З).

Луна. Обнаружена круговая полярная структура диаметром 30°, отвечающая на Луне области с наибольшей плотностью полюсов глобальных полей напряжений (рис. 2 И). Полагаем, что в её центре,

расположенном в 40° от современного географического полюса, находится полюс симметрии структур на момент их формирования – полюс оси L. Обнаружена система четырёх площадей высокой концентрации полюсов глобальных полей напряжений, имеющих вытянутую овальную форму и преимущественно меридиональную ориентацию. По своей форме и расположению в экваториальном поясе оси L эти площади можно интерпретировать как приподнятые части прогибов, симметричных оси L. Получено изображение трёх из них (рис. 2 К).



Марс. Установлена круговая полярная структура диаметром 17°, отвечающая на Марсе области с наибольшей плотностью полюсов глобальных полей напряжений (рис. 2 Л). Центр этой круговой структуры (полюс оси L) находится в 20° от современного географического полюса. Установлены контуры четырех площадей вытянутой овальной формы и преимущественно меридиональной ориентации, расположенных в экваториальном поясе оси L. По своей форме, относительному положению и расположению вблизи экватора оси L, эти площади подобны тем, которые обнаружены на Луне. Такой факт позволяет рассматривать их приподнятыми частями пологих прогибов (рис. 2 М).

1.2. Выводы

1. На основе компьютерного анализа расположения разломов на поверхности планет, включая Землю, удалось установить эпицентры полюсов глобальных полей напряжений, вызвавших образование этих разломов. Позднее они неоднократно активизировались, но принципиально иных (более молодых разломов иных направлений) в их общей массе образовалось, вероятно, не более 20 процентов. Разломы на планетах возникли и раздробили мантию вскоре после образования ядра и обособления мантии. Они развивались в местах максимального изгиба и относительного поднятия мантии на фоне её опускания, формируя пояса дробления, опоясывающие её площади, погрузившиеся на поверхность ядра, диаметр которого существенно уменьшился по сравнению с диаметром протоядра. На Меркурии и Венере мантия образовала два прогиба, равные по площади двум полушариям, разделённым поясом дробления меридиональной ориентации. На Земле мантия образовала четыре прогиба меридиональной ориентации. В местах сочленения этих прогибов возникли пояса дробления, которые при своём продолжении сомкнулись на полюсах или вблизи них, образовав круговые структуры дробления. По своему положению они оказались полюсами оси симметрии четырёх прогибов, что и позволило считать центр круговой структуры полюсом их симметрии и распространить это наименование на полюса круговых структур Луны и Марса. На этих планетах действительно выделяются круговые области и области меридиональной ориентации, на площади которых наблюдается высокая плотность полюсов глобальных полей напряжений. Но чёткие границы поднятий и прогибов не прослеживаются. В настоящее время можно сделать вывод о существовании на этих планетах четырёх пологих и широких прогибов с малой плотностью полюсов глобального поля напряжений и ограничивающих их пологих и широких областей относительных поднятий с повышенной плотностью полюсов. У первичных структур мантии, во всяком случае, на начальном этапе их развития, активным

было погружение, а поднятие – лишь относительным. Расширяющиеся области высокой концентрации полюсов глобальных полей напряжений в контурах Северной и Южной Америки и Евразии можно рассматривать как выражение расширения на этих площадях гранитоидных излияний, послуживших основой гранитного слоя материков. Следует признать, что первичные тектонические структуры Земли и планет являются структурами, вызванными сжатием в связи с образованием ядра (уменьшением объема протоядра) и общим сокращением объема планеты. В этом отношении механизм подобен механизму контракции. Но он ограничен временными рамками формирования ядра. Дальнейшее развитие Земли и планет протекает уже под действием иных сил и механизмов.

2. Среди областей высокой концентрации полюсов глобального поля напряжений наблюдаются области, которые по своим размерам и контурам близки современным материкам. Это означает, что гранитный слой материковой коры образовался как скопление гранитоидной магмы, проникшей (во время формирования ядра) от его раскалённой поверхности к поверхности ещё холодной первичной мантии, по образовавшимся в ней разломам. Океаническая кора – это современная мантия, перекрытая местами тонким покровом гранитоидной магмы, разогретая глубинным теплом и обогащенная минеральными скоплениями, проникшими к поверхности в процессе её продолжающегося разогревания и выноса из глубин жидкости и газов, создавших водную и воздушную оболочки. Все эти данные указывают на массовые излияния глубинной гранитоидной лавы во время формирования ядра и мантии, а не во время формирования Земли и планет. Этот факт позволяет вернуться к представлениям о холодной аккреции, полагая, что разогревание вещества протоядра протекало под действием распада радиоактивных элементов (U, Th, K). Сама реализованная возможность реконструкции первичных структур Земли и планет однозначно доказывает отсутствие дрейфа материков на Земле и других планетах, поскольку такой дрейф сделал бы невозможным обнаружение первичных структур – как если бы мы попытались обнаружить неискажённые изображения на отпечатке с фотоплёнки, подвергшейся существенной деформации. Установленное значительное расхождение между положением современных географических полюсов планет и их положением во время формирования ядра указывает на вращение вокруг него мантии, начавшееся с момента её формирования.

2. Земная кора (материковая и океаническая): состав и границы

Формирование представлений о земной коре началось на рубеже XVIII и XIX веков работами А.Г. Вернера, А. Гумбольдта, П.С. Палласа, Дж. Геттона, В. Смита, Ж. Кювье, А. Броньяра, Ж.Б. Ламарка, Ч. Лайеля. Их итоги были подведены Э. Зюссом [Suess, 1909]. Именно он выделил три геосферы Земли: верхнюю геосферу – сиаль (силиций и алюминий), среднюю – сима (силиций и магний) и нижнюю – нифе (никель и железо). Р.А. Дэли [Daly, 1938] представил верхнюю геосферу (сиаль) как две более тонких геосферы: верхняя (осадочный покров щитов) и нижняя (гранитный пояс Земли мощностью, измеряемой милями). Ниже он выделил базальтовый пояс (геосферу), названный им «постель под корой». Мощность земной коры – глубину нахождения её нижней границы на материке удалось определить лишь в 1909 г. сейсмическими методами. Сделал это А. Мохоровичич [Mohorovicic, 1909] и его именем (Мохо) названа граница. Позднее В. Конрад (1925) зафиксировал еще одну границу внутри коры, названную позднее границей Конрада или границей К. Джефрис (1926), который, после анализа данных других сейсмологов, предложил выделять три границы: Мохо, $К_1$ и $К_2$. Мохо и $К_1$ ограничивают, по его мнению, базальтовый слой, имеющий в Европе мощность 25 км, а $К_1$ и $К_2$ ограничивают гранитный слой, имеющий в Европе мощность 12 км. Выше залегают осадочные слои мощностью до 20 км. Позднее, опираясь на данные, полученные и по другим материкам, можно было принять, что мощность гранитного и осадочного слоев в сумме составляет от 10 до 30 км, базальтового – от 10 до 45 км. В сумме мощность земной коры на материках составляет от 30 до 70 км. Как показали сейсмические исследования, мощность океанической коры составляет обычно 10–11 км. Верхние 5–6 км – это осадки, иногда прослеживается внизу гранитный слой мощностью не более 1 км. Нижние 5–6 км составляет базальтовый слой. Заметим, что под Каспийским морем земная кора близка к океаническому типу – гранитный слой отсутствует, но мощность осадочного слоя достигает 40 км. Гранитный слой материковой коры большинством исследователей рассматривается как производный от дифференциации мантии. В этом случае отсутствие гранитного слоя в составе океанической коры следует рассматривать как результат отсутствия такой дифференциации в данной части мантии. Но может быть дано этому и иное объяснение. Как писал В.В. Белоусов [1954, 1982], в кайнозое Земля вступила в новый этап развития коры – этап её океанизации – переплавления гранитной коры и превращения её в базальтовую – океаническую. Своё объяснение океанизации даёт И.А. Резанов [2002], считающий, что под континентами находится мощный серпентинитовый слой, которому предстоит процесс

дегидратации. Под океанами в мезозое–кайнозое этот процесс дегидратации уже прошел.

3. Земная кора: «Учение о геосинклиналях»

При первых исследованиях геологического разреза в Северных Аппалачах Дж. Холл [Hall, 1859], а затем Дж. Дэна [Dana, 1873] пришли к выводу об их погружении и последующем поднятии в палеозое. Это региональное обобщение Дж. Холла и Дж. Дэна по Северной Америке было распространено Э. Огом [Haug, 1900] в Европе на мезозойско-кайнозойскую историю Альп. Тем самым установленные эмпирические закономерности перестали быть сугубо региональными и стали рассматриваться как глобальные. Позднее они, наряду с другими подобными закономерностями, вошли в состав «Учения о геосинклиналях». В его разработке приняли участие многие известные геологи: Дж. Холл [Hall, 1859], Э. Ог [Haug, 1900], Ч. Шухерт [Schuchert, 1923], Г. Штилле [Stille, 1913, 1924, 1929, 1936, 1940, 1951, 1953, 1957, 1958], М. Кей [Kay, 1942, 1951], В.В. Белоусов [1954, 1982], Ж. Обуэн [Aubouin, 1965].

В настоящее время под термином геосинклиналь понимается подвижная и проницаемая для магматических расплавов область преимущественного погружения материка, которая в своём развитии преобразуется в область складчатости и горообразования («ороген» по Л. Коберу [Kober, 1923]). Позднее на части складчатой области может возобновиться геосинклинальное развитие, а другая её часть, потеряв подвижность и проницаемость, становится платформой. Рубежами преобразования геосинклинали в складчатую область становятся этапы складчатости. Совместно с предшествующими им этапами геосинклинального развития и погружения они именуются эпохами складчатости. Таких эпох в фанерозое насчитывается три – каледонская, герцинская и альпийская, и для каждой из них характерен свой структурный план. На разных материках он имеет свои индивидуальные черты. Глобальные закономерности построения структурных планов не раскрыты. В начале XX века Штилле выделил фазы складчатости длительностью 2–4 млн лет, единые и одновременные для всей Земли (расхождение ±1 млн лет). Всего в настоящее время признано от 10 до 15 таких фаз. Физический смысл эпох и фаз складчатости до настоящего времени не раскрыт. Учение о геосинклиналях явилось глобальным обобщением основных эмпирических закономерностей развития земной коры. Оно было и остается основой при создании тектонических карт материков и описания их тектонического строения.

Проблема изменения ширины климатических зон Земли в связи с изменением её наклона к эклиптике рассматривалась в работах Ю.Н. Авсюка [1987] и совместной работе Авсюка и Н.Б. Глико [1996]. Эта

проблема в аспекте геологии имеет тесную связь с проблемой осадконакопления и литогенеза и в этом аспекте требует дальнейших исследований.

4. Создание гипотез образования, деформации и развития земной коры

4.1. Гипотеза контракции

Уже в начале XIX века возникла потребность рассмотрения и изучения геологических процессов как этапов на пути развития Земли с момента её образования – как части общей картины мироздания. Выражением такого подхода стала первая глобальная тектоническая гипотеза – гипотеза контракции. Её автор – Л. Эли де Бомон впервые изложил её содержание в докладе Французской академии наук в 1829 г., а более подробно она была представлена в монографии «Замечание о системах гор» (1852). Гипотеза основана на представлениях Канта-Лапласа о первоначально расплавленном состоянии Земли, последующем ее остывании и уменьшении объема. Эли де Бомон выделил в Европе 12 направлений горных хребтов и считал, что поднятие хребтов, относящихся к каждому из направлений, происходит одновременно и катастрофически быстро. Противники катастрофизма критиковали за это гипотезу. Но к ней со временем примкнули практически все известные геологи, в том числе Дж. Дэна, Э. Ог, Э. Зюсс, А.П. Карпинский, А.П. Павлов и Г. Штилле. С позиций гипотезы контракции эволюция земной коры рассматривалась как взаимодействие прочных несминаемых кратонов (древних платформ) и податливых пластичных геосинклиналей (орогенов). В процессе своей эволюции геосинклинали превращались в складчатые области в результате давления со стороны кратонов. В наиболее полном виде идея контракции сформулирована Штилле [1910, 1964]. К середине XX века стало ясно, что гипотеза не дает убедительного объяснения природы структурных планов разного возраста на разных материках. Она не дает объяснения природы и формы материков – проблемы, появившейся в начале XX века. К этому времени она уж перестала считаться многими специалистами в полном смысле глобальной гипотезой.

4.2. Гипотеза мобилизма Вегенера

С начала XX века стал повышаться интерес к созданию глобальной гипотезы, дающей объяснение не только природы складчатости на материках, но и природы самих материков. Было известно, что контуры атлантических берегов Северной и Южной Америки, с одной стороны, и Европы и Африки – с другой, при их сближении практически совпадают. Было известно также, что плотность материковой коры ниже плотности

океанической коры, что допускает создание модели плавания материков по океанической коре. Эти природные закономерности использовал Вегенер [1924] в созданной им глобальной гипотезе мобилизма. Гипотеза декларировала существование в прошлом единого материка «Пангеи», его распад на ныне существующие материки, отделение от Европы и Африки, Северной и Южной Америки и дрейф их на запад. Гипотеза допускала также дальнейшее воссоединение этих материков. Но большинство геологов восстало против этой гипотезы. Причина – игнорирование гипотезой практически всех эмпирических закономерностей Учения о геосинклиналях.

4.3. Гипотеза тектоники плит

Во время исследований дна Мирового океана, в 50–60-е годы XX в., американские морские геологи обнаружили на дне океанов обширные площади, покрытые базальтами мезозойско-кайнозойского возраста, срединно-океанические хребты, рифтовые зоны, трансформные разломы и линейные магнитные аномалии. Отмечалось увеличение за мезозой площадей океанического дна, покрытых базальтовыми излияниями, что рассматривалось как выражение роста океанической коры. При анализе этих данных, как неразрывно связанные с ними, рассматривались впервые полученные палеомагнитные данные. Оказалось, что эти данные, установленные по одновозрастным породам разных материков, указывали на разные пути движения палеомагнитного полюса. Найти единую сколько-нибудь упорядоченную траекторию движения палеомагнитного полюса не удалось. Среди идей, объясняющих это явление, конкурировали две: увеличение площадей океанического дна, за счёт увеличения объема Земли, и дрейф материков. Эта последняя оказалась весьма привлекательной для объяснения расхождения одновозрастных палеомагнитных полюсов, установленных по остаточной намагниченности пород разных материков. В результате, идеи мобилизма Вегенера объединили палеомагнитологов и морских геологов в объяснении полученных ими данных с единых позиций. Уже во второй половине 60-х годов была разработана новая глобальная тектоническая гипотеза, получившая название «Plate tectonics» или «тектоника плит». В ней полностью игнорированы основные положения Учения о геосинклиналях. Причиной глобальных геолого-тектонических преобразований приняты процессы в глубинах земной коры и верхней мантии, приводящие к расхождению плит материковой коры. Выражением такого их расхождения и служит удаление Северной и Южной Америки от Европы и Африки, которые (по Вегенеру) составляли некогда единый материк Пангея. Сторонники гипотезы, как и Вегенер,

допускают их последующее схождение и восстановление Пангеи. Основными положениями гипотезы тектоники плит стали следующие.

1. Возможность восстановления Пангеи путем сближения, поворотов и совмещения границ отдельных материков [Blacket, 1960, 1961; Runcorn, 1962]. 2. Рост океанической коры [Fisher, 1889; Hess, 1962; Dietz, 1961], выраженный проникновением даек в рифтовые зоны срединно-океанических хребтов. Раздвоение и взаимное удаление этих даек, выраженных линейными магнитными аномалиями, отвечающими по знаку магнитному полю соответствующего возраста [Vine, Matthews, 1963], возможность определять возраст аномалий по их расстояниям от срединно-океанического хребта, с которым они связаны. 3. Существование плит материковой и океанической коры, ограниченных рифтовыми зонами расхождения (спрединга), зонами сжатия и поддвига (субдукции) плит и зонами сдвига – трансформными разломами [Wilson, 1965]. 4. Возможность движений не только плит, отвечающих материкам, но и мелких, причем последних – «террейнов» – на многие тысячи километров за сравнительно короткое время [Bullard et al., 1965; Morgan, 1968; Le Pichon, 1968; Поспелова и др., 1998]. 5. Связь сейсмичности с движением литосферных плит [Isaks et al., 1968]. Эти положения гипотезы тектоники плит в борьбе идей, развернувшейся в конце 60-х годов, были приняты геологической общественностью. Разработка основного содержания гипотезы продолжалась до конца 60-х – начала 70-х годов, после чего она была признана доказанной. Но и позже продолжались публикации, авторы которых в своём большинстве искали её подтверждения [Сорохтин, Ушаков, 1991], реже опровергали её [Storetvedt, 1997]. С начала XXI века эта гипотеза рассматривается как теоретический фундамент геологии. Несмотря на ошибочность основных положений гипотезы тектоники плит, нельзя не отметить её огромную роль в создании и развитии палеомагнитологии, как самостоятельной науки, её роль как стимула глобальных палеомагнитных исследований. В России в создании палеомагнитологии, организации и проведении палеомагнитных исследований и осмысливании их результатов огромную роль сыграли работы [Храмов, Шолпо, 1967; Храмов и др., 1982; Молостовский, Храмов, 1997; Кравчинский, 1979; Печерский, 2005]. Столь же важные работы были выполнены следующими зарубежными авторами [Cox, 1969; Creer, 1970; Irving, 1964; McElhinny, 1973; McElhinny, Cowley, 1978; Runcorn, 1962, 1983]. Здесь приводится очень ограниченный список, и автор сожалеет, что размер работы не позволил ему пополнить этот список многими другими достойными именами. Усилия практически всех палеомагнитологов (за малым исключением) оказались направленными к одной цели (как оказалось теперь – ложной цели) – нахождению путей движения материков. Но, тем не менее, эти усилия не были напрасными. Создан Мировой банк палеомагнитных

данных, из которого можно извлечь много ценной и очень полезной информации. Для этого необходимо лишь правильно ставить задачи и решать их, используя специально созданные компьютерные программы.

4.4. Тектоника вращающейся мантии. Гипотеза одновременного создания ядра, мантии и земной коры, последующей её деформации и генерации магнитного поля в результате вращения мантии по ядру

4.4.1. Образование ядра и мантии Земли, материковой и океанической коры

Автором был проведен анализ расположения разломов на поверхности Земли и планет земной группы, для чего использовалась компьютерная программа, созданная им и Р.М. Кочетковым. Анализ позволил обнаружить некоторые особенности формирования ядра и мантии Земли и планет [А.В. Долицкий, 2004, 2006], которые позднее были учтены при разработке гипотезы. Так были обнаружены первичные тектонические структуры мантии Земли, Луны и Марса – системы четырёх прогибов, симметричных осям их вращения. Образование таких структур указывает на сокращение объёмов не только центральных частей планет во время формирования ими ядра, но также на сокращение объёмов планет в целом. В этом можно усмотреть подтверждение основного положения гипотезы контракции о связи деформации земной коры с остыванием Земли. Но это подтверждение относится лишь к первичным структурам мантии. Чётко выделяются на компьютерных снимках планет их первичные полярные круговые структуры. На Земле их центры (один из них охватывает Западную Европу) являются центрами симметрии большинства разломов, описываемых направлениями ротационного поля напряжений (см. рис. 1). Чётким компьютерным изображением первичных разломов мантии, ныне образующих фрагменты контуров материков, доказана практическая неподвижность их относительного расположения [A.V. Dolitsky, 2006]. Можно допустить лишь относительные смещения материков переменного знака, в сумме не превышающие 2° за 3 млрд лет. Результаты этого же анализа продемонстрировали, что системы первичных структур Земли, Луны и Марса обладают хорошо выраженной осевой симметрией, причем ось их симметрии составляет с современной географической осью углы: Земля – 40°, Луна – 20°, Марс – 20°. Этот факт показывает итоговую на сегодняшний день амплитуду вращения мантии по ядру у Земли, Луны и Марса при постоянном относительном расположении материков на Земле.

Среди первичных структур на Земле выделяются весьма активные в тектоническом отношении площади, которые по своему положению и

форме отвечают материкам. Это можно рассматривать как свидетельство их образования в виде фрагментов материковой коры. Начало их развития было положено содержащей радиоактивные элементы гранитоидной магмой, проникшей по разломам на поверхность мантии из геосферы Е, находящейся между ядром и мантией. Заслуживает внимания тот факт, что общая площадь материков равна площади поверхности ядра. Действительно, площади Австралии (7,6 млн кв. км), Америки Северной (24,2), Америки Южной (18,13), Антарктиды (14,1), Африки (30,06), Евразии (53,4) и её континентального склона (5,84) в сумме составляют 153,33 млн кв.км. Площадь поверхности ядра Земли при его радиусе в 3500 км ($S=4\pi R^2$) составляет 153,86 млн кв.км. Практическое совпадение этих величин свидетельствует в пользу образования материков из пород, составлявших поверхностный слой ядра. Но, если бы речь шла только о природе материковой коры, механизм её образования можно было бы представить как проникновение пород верхнего ядра на поверхность мантии по разломам. Опять возникает вопрос о природе подобия береговых линий Северной и Южной Америки, с одной стороны, и Европы и Африки – с другой. Учёт этого факта требует объяснения появления на поверхности мантии не просто материкового слоя, а материков с такими контурами границ, которые легко объяснить их прежним единством при нахождении на поверхности ядра. Этот механизм был бы реален, если бы фрагменты этого слоя могли бы всплыть на поверхности мантии. Но в начале своего развития мантия остаётся холодной и твёрдой, и продолжает оставаться твёрдой до настоящего времени, хотя температура её недр существенно возрастает. Следовательно, можно допустить лишь один механизм проникновения фрагментов гранитоидного слоя – через разломы в мантии. Подобие границ некоторых материков – результат воздействия на формирующиеся материки системы первичных разломов мантии. Вместе с тем анализ расположения всей совокупности материков на поверхности Земли дает основание, чтобы допустить возникновение в начальном этапе развития Земли, по контуру её центральной области, условий высочайшего давления, способствовавших образованию ядра и его внешней геосферы – мантии. Иными словами, лишь мощный атомный взрыв мог обусловить образование ядра, мантии и материковой коры. Дальнейший математический анализ относительного расположения материков и всей их совокупности на поверхности Земли позволил бы определить положение центра предполагаемого взрыва.

Автору, с помощью компьютерной программы, разработанной совместно с Р.М. Кочетковым, удалось определить положение географического полюса во время формирования разломов – прямолинейных отрезков контуров материков. За время своей истории эти разломы многократно подвергались тектонической активизации при

совпадении с направлениями ротационного поля напряжений. Но оказалось возможным найти наиболее вероятный возраст их формирования, как прямолинейных фрагментов современных контуров материков. Для этого достаточно было установить время наиболее раннего в фанерозое длительного совпадения этих прямолинейных фрагментов с направлениями главных нормальных сжимающих или максимальных касательных напряжений. Именно такие условия формирования прямолинейных фрагментов контуров материков обеспечили подобие соответствующих границ Северной и Южной Америки, с одной стороны, Европы и Африки – с другой. Поэтому нет необходимости прибегать для объяснения этого явления к представлениям мобилизма.

Материковая кора изначально богата радиоактивными элементами, что позволяло ей постоянно поддерживать радиоактивным теплом тектоническую активность и высокие темпы геологических процессов. Их диапазон простирался от извержений лав и их погружения на морское дно до поднятия, горообразования и разрушения пород и их последующего отложения в виде осадков. Все эти процессы способствовали разуплотнению пород. В итоге и сформировалась материковая кора – менее плотная, чем океаническая, подстилаемая первичной корой преимущественно основного океанического состава. Обладая большей мощностью, чем океаническая кора, материковая кора служит преградой и вместилищем для поступающих из глубин минеральных растворов и газов, а также тепловых потоков. Этим она обеспечивает постоянное пополнение в своём составе минеральных запасов, в том числе углеводородного сырья.

Разогревание мантии, после её образования, продолжилось от нижних горизонтов вверх. Оно было связано с распадом радиоактивных элементом, концентрация которых обеспечивала плавление гранитоидных пород внутри геосфер, состоящих из пород не только кислого (гранитоидного), но и основного состава, включая металлы. Первоначально они содержали большие объемы льда. Радиоактивное разогревание этих геосфер вскоре привело к выносу на поверхность газов и жидкостей, образовавших воздушную и водную оболочки Земли и планет. Их удержала Земля и, в меньшей степени, другие планеты. Дальнейшее разогревание радиоактивным теплом мантии Земли приводило к многочисленным выбросам на поверхность лав преимущественно основного состава и различной минерализации, которая частично перекрыла на поверхности первичные гранитоидные лавы. В итоге сформировалась океаническая кора, в основном, сохранившая свой первичный состав, но лишённая ранее содержавшихся в ней жидкостей и газов и обогащенная различными минералами и металлами, проникшими из глубин. По сравнению с первичной корой она стала ещё более плотной

и рассеченной многочисленными трещинами растяжения. На это поле растягивающих напряжений наложено глобальное поле напряжений Земли ротационного происхождения, которое и упорядочивает общий рисунок наблюдаемых трещин и разломов океанической коры.

Поступление разогретых жидкостей и газов из глубин мантии к поверхности материковой и океанической коры продолжается. Возникают зоны их скоплений и прогрева, как в пределах океанической коры, так и в пределах материковой коры или в пределах фрагментов материковой коры внутри океанической.

4.4.2. Нахождение траектории кажущегося движения географического и магнитного полюсов за 3 млрд лет

Автор в 1963 г. выступил в Географическом обществе в Ленинграде с докладом: «Связь деформации земной коры с перемещающимся в ней полем напряжений и определение на этой основе траектории движения северного полюса» [Долицкий, 1963]. Поэтому оказалось очень привлекательным предложение С.С. Шульца принять участие в неформальных работах по анализу планетарной трещиноватости [Hobbs, 1911] на территории СССР. С.С. Шульц, зав. кафедрой геологии в Ленинградском университете, был инициатором этих работ, о содержании которых он позднее написал [Шульц, 1964]. В работах приняли участие аспиранты Университета и сотрудники научных организаций Ленинграда Москвы и Новосибирска. Объектом исследования были выбраны прямолинейные отрезки речных долин и горных хребтов, изображенные на географических картах, а также разломы, изображенные на геологических картах. Все участники пришли к выводу, что наблюдаемая планетарная трещиноватость является как бы отпечатком современного ротационного поля напряжений [Воронов, 1968]. Усовершенствовав применявшуюся методику, автор стал находить точки пересечения линейных элементов рельефа поверхности материков – полюса симметрии разломов – точки, при приближении к которым географический полюс останавливается. В этот краткий момент остановки полюса ротационных сил оказывается достаточно, чтобы активизировать некоторые древние разломы, совпавшие с ними по направлениям. Поэтому такие точки остановок полюса становятся также и точками симметрии разломов. Оказалось, что многие из этих точек симметрии симметричны первичной оси симметрии L. Один из полюсов этой оси находится в Центральной Европе [Долицкий, 1967]. Были обнаружены также фрагменты ротационного поля напряжений прошлых эпох и отвечающие им полюса симметрии – географические полюса прошлого. Объединение их кривой спиральной формы, позволило найти фрагмент траектории движения географического полюса [Долицкий, 1968].

Продолжение работы позволило включить в анализ линейных структурных элементов также и линейные магнитные аномалии, которые естественно вошли в систему и вместе с другими линейными элементами обнаружили точки взаимного пересечения [Долицкий и др., 1973]. Вскоре было установлено, что вся траектория движения полюса состоит из четырёх спиралей [Долицкий, 1978]. Позднее траектория была уточнена [Долицкий, 1985], а еще позднее [Долицкий, 2000] осуществлена её возрастная привязка к палеомагнитным и геологическим данным. Стало очевидным, что найдена траектория кажущегося движения географического полюса, отвечающая вращению мантии по ядру вокруг географической и экваториальных осей. Однако трудоёмкость применявшейся для её нахождения методики препятствовала её использованию.

Известны попытки установить траекторию движения магнитного полюса Земли по палеомагнитным данным, полученным по всем материкам, предпринимавшиеся в 60-ые годы. Но обнаруженные при этом существенные различия в расположении одновозрастных палеомагнитных полюсов, установленных по данным разных материков, прервали эти работы. Отмеченные различия оказались столь существенными, что потребовали не нахождения единой траектории магнитного полюса, а индивидуальных траекторий виртуального полюса, характеризующих движение того или иного материка. С тех пор палеомагнитные исследования стали основной составляющей работ по развитию гипотезы тектоники плит, получившей теперь всеобщее признание.

В настоящей работе предпринята новая попытка найти по палеомагнитным данным, полученным по всем материкам, единую для них траекторию движения географического полюса. Поводом для этой попытки послужило установление двух фактов: 1) отсутствие дрейфа материков и 2) вращение мантии. То и другое удалось установить компьютерным методом анализа расположения разломов на поверхности материков [Dolitsky, 2006; Dolitsky et al., 2004]. Начало этой работы потребовало нового подхода к анализу палеомагнитных данных. Поставлено целью раскрыть причины, из-за которых ранее не удалось установить траекторию движения магнитного полюса, которая, казалось бы, должна быть аналогичной траектории, уже найденной по разломам материков.

Автор предположил, что трудности установления по палеомагнитным данным траектории движения магнитного полюса связаны с вариациями магнитного поля, в результате которых часть палеомагнитных полюсов (геомагнитных полюсов прошлого) изменила своё первоначальное положение. Закономерности этих вариаций и места, куда в итоге могли смещаться палеомагнитные полюса, требовалось установить. Возникла мысль, что в структуре возрастных групп палеомагнитных полюсов,

изображенных без искажений на глобусе, можно увидеть палеомагнитные полюса двух типов происхождения и взаимного расположения. Это палеомагнитные полюса цепочечного расположения, расположенные вдоль их траектории, и палеомагнитные полюса иного типа расположения, смещённые в процессе вариаций магнитного поля. Последние, если они действительно существуют, могут существенно исказить общую картину расположения палеомагнитных полюсов и стать основой для выводов об индивидуальных движениях материков. Для проверки этого предположения в 2006 г. автором совместно с Р.М. Кочетковым была разработана компьютерная программа, позволяющая выводить на экран монитора изображение виртуального глобуса и на нем показывать систему палеомагнитных полюсов из Мирового банка палеомагнитных данных. Замысел автора – продемонстрировать однотипные системы четырёх спиралей, по которым на протяжении трёх млрд движутся географический и геомагнитный полюса, отражая этим движением вращение мантии по ядру.

Нахождение траектории кажущегося движения географического полюса по данным о разломах на поверхности материков. Методика нахождения траектории кажущегося движения географического полюса основана на графическом анализе карт рельефа поверхности материков. На материках производится поиск преобладающих направлений разломов (линейных элементов рельефа поверхности материков), и среди них отбираются те, которые имеют тенденцию сближения и взаимного пересечения. Эти направления переносятся на мелкомасштабный (1:10 000 000) глобус и, как дуги большого круга, продолжаются до точки их пересечения. Эти точки и рассматриваются точками остановок географического полюса – остановок вращения мантии по ядру. Их объединение непрерывной плавной кривой позволило обнаружить возрастную последовательность четырёх спиралей, по которым движется географический полюс: C*, D, E, B, C [Долицкий, 1978, 1985] и координаты точек начала каждой спирали (табл. 1).

Размеры и форма четырёх спиралей движения географического полюса, установленных по координатам точек остановок полюса, оказались одинаковыми. Одинаковыми оказались и расстояния между началами спиралей и очередными остановками движущегося по ним географического полюса. При изображении спиралей на виртуальном глобусе (рис. 3, табл. 2) видно, что движение по ним прерывают 11 остановок, начиная с № 0 (начало спирали) до № 10 (последняя остановка при движении по данной спирали). Следующая остановка полюса № 0 отвечает началу следующей спирали, но отрезок между остановкой № 10 предыдущей спирали и № 0 последующей спирали принадлежит предыдущей спирали.

Таблица 1. Координаты точек остановок географического полюса при его движении по четырём спиралям траектории

№ остановки полюса	Индексы спиралей (1 – долгота; 2 – широта)							
	C		D		E		B	
	1	2	1	2	1	2	1	2
0	–62.6	63.3	–109.1	–2.8	176.2	–15.8	125.0	42.0
1	–70.0	62.6	–112.3	–1.7	176.0	–12.4	127.9	44.7
2	–66.2	57.7	–113.2	–6.8	170.7	–13.4	121.3	47.2
3	–47.6	56.3	–104.1	–11.8	179.0	–34.5	111.8	39.6
4	–19.6	69.1	–91.6	1.0	–172.6	–30.4	122.5	24.2
5	27.9	90.0	–97.0	21.2	–156.0	–16.0	145.0	21.2
6	–153.3	59.3	–129.3	32.5	–157.4	14.7	176.4	35.2
7	–140.3	40.5	–151.1	25.0	–170.0	31.7	–162.8	48.7
8	–129.0	24.0	–165.7	11.9	170.0	42.0	–136.5	60.5
9	–122.8	15.4	–171.9	3.5	156.1	44.6	–115.8	64.9
10	–116.2	6.4	–177.8	–5.8	140.6	44.7	–89.1	66.3

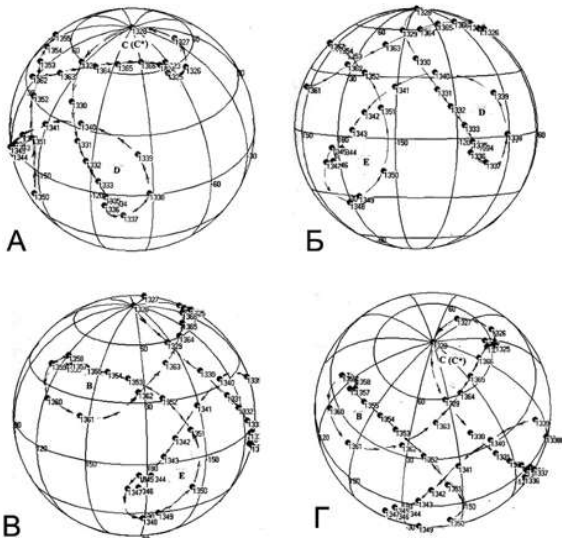


Рис. 3. Траектории движения географического полюса по данным о разломах: А – спирали «C*» (3300–2100 млн лет) и «D» (2100–1220 млн лет); Б – спирали «D» (2100–1220 млн лет) и «E» (1220–620 млн лет); В – спирали «E» (1220–620 млн лет) и «B» (620–166 млн лет); Г – спирали «B» (620–166 млн лет) и «C» (166–0–? млн лет).

Таблица 2. Возраст, индексы остановок географического полюса и фазы складчатости

Индексы остановок	Возраст в млн лет	Геологические границы
B_0	620	V1 Ранний венд
B_1	570	V–Cm Венд–кембрий
B_2	540	Cm_1–Cm_2 Ранний–средний кембрий
B_3	511	Cm–O Кембрий–ордовик
B_4	466	O_2–O_3 Средний–поздний ордовик
B_5	440	O–S Ордовик–силур
B_6	408	S–D Силур–девон
B_7	350	D–C Девон–карбон
B_8	285	C–P Карбон–Пермь
B_9	245	P–T Пермь–триас
B_{10}	208	T–J Триас–юра
B_{11} (C_0)	166	J2 Бат–келловей
C_1	120	K1 Баррем–апт
C_2	91	K2 Сеноман–турон
C_3	65	K–Pg Мел–палеоген
C_4	24	Pg–N Палеоген–неоген
C_5	0	Q Четвертичное время

Позднее автору удалось осуществить возрастную привязку этой траектории к палеомагнитным данным, помещённым в Мировой банк данных [Долицкий, 2000]. Метод возрастной привязки траектории географического полюса состоял в проведении двух операций: 1. Размещение Мирового банка палеомагнитных данных, находящегося в программе Ms. Excel, на экране монитора, слежение за изменением множества изображаемых полюсов и фиксация времени максимального их сгущения, что соответствует начальным частям спиралей. Тем самым были установлены возрастные границы спиралей движения географического полюса: C* (3300–2100), D (2100–1220), E (1220–620), B (620–166), C (166–0–?) млн лет. 2. Было установлено, что остановкам полюса в фанерозое отвечают фазы складчатости Штилле, возраст которых известен (табл. 3). Это позволило осуществить возрастную привязку остановок географического полюса при его движении по спиралям «B» и «C». Однако трудоёмкость графического анализа карт рельефа поверхности материков, на котором построена методика нахождения траектории движения географического полюса, затрудняла воспроизведение её результатов другими исследователями.

Таблица 3. Движение географического полюса

N	Индекс	Возраст	N	Индекс	Возраст
1323	C*0/C0	3300/166	1345	E0	1212
1324	C*1/C1	3170/120	1346	E1	1157
1325	C*2/C2	3090/91	1347	E2	1116
1326	C*3/C3	3013/65	1348	E3	1977
1327	C*4/C4	2894/24	1349	E4	1017
1328	C*5/C5	2825/0	1350	E5	982
1329	C*6	2740	1351	E6	939
1330	C*7	2613	1352	E7	876
1331	C*8	2415	1353	E8	777
1332	C*9	2309	1354	E9	724
1333	C*10	2211	1355	E10	675
1334	D0	2100	1356	B0	620
1335	D1	2006	1357	B1	570
1336	D2	1946	1358	B2	540
1337	D3	1890	1359	B3	511
1338	D4	1802	1360	B4	466
1339	D5	1751	1361	B5	440
1340	D6	1689	1362	B6	408
1341	D7	1596	1363	B7	360
1342	D8	1451	1364	B8	285
1343	D9	1373	1365	D9	245
1344	D10	1301	1366	B10	208

Проверка на соответствие областей оледенения [Чумаков, 1987] полярным областям, или областям мощного горообразования, отвечающих установленной траектории движения географического полюса, подтвердила такое соответствие

Нахождение траектории кажущегося движения географического и палеомагнитного полюсов по палеомагнитным данным. На протяжении более 30 лет господства в науках о Земле представлений гипотезы тектоники плит сложилось целое поколение ученых, считающих эту гипотезу вполне доказанной теорией. Палеомагнитные данные уверенно интерпретируются с позиций дрейфа материков, используются для нахождения их путей с момента распада Пангеи. И различия путей каждого материка, вытекающие из палеомагнитных исследований разных специалистов, уже не вызывают сомнений в достоверности самого факта

их дрейфа. Не вызывают также сомнений экскурсы островов или отдельных фрагментов материков с нереально высокими скоростями.

Автор обратил внимание на то, что осталась вне области исследований структура всей совокупности палеомагнитных полюсов разного возраста, привязанных к географической сети параллелей и меридианов. Между тем эта структура может содержать уникальную информацию о глобальной системе палеомагнитных полюсов, согласованно меняющих своё положение во времени и свидетельствующих этим об общем смещении материков в составе мантии. Она может содержать также информацию о той же системе палеомагнитных полюсов, но смещенных в ту или иную сторону в процессе вариаций магнитного поля. Автор рассчитывал, что изображение отдельных возрастных фрагментов Мирового банка палеомагнитных данных на виртуальном глобусе, представленном на экране монитора, позволит найти информацию, которая окончательно подтвердит или опровергнет представления о дрейфе материков. Для решения этой задачи Р.М. Кочетков и автор создали компьютерную программу, позволяющую демонстрировать на экране монитора виртуальный глобус, заданного расположения, с изображенной на нём возрастной группой палеомагнитных полюсов, избранной пользователем.

Работа с программой позволила обнаружить ряд закономерностей, которые обычно уходят от внимания исследователей. Оказалось, что на полученных компьютерных рисунках возрастных групп палеомагнитных полюсов легко просматриваются их цепочки. На рисунках указаны номера палеомагнитных полюсов, а в прилагаемой таблице можно увидеть возрастное определение для каждого полюса, его координаты, а также координаты места взятия образца для палеомагнитного исследования (табл. 4). Это позволит читателю оценить объективность выводов автора и использовать рисунки для оценки относительного расположения палеомагнитных полюсов, полученных по палеомагнитным исследованиям на разных материках.

Таблица 4. Палеомагнитные полюса:
возраст, координаты пробы и полюса

N	ВОЗРАСТ		ПРОБА		ПОЛЮС	
полюса	min	max	широта	долгота	широта	долгота
1	2	3	4	5	6	7
18	2683	2715	–28.7	24.8	55.1	174.8
20	2679	2681	48	–80.1	69	227
86	2400	2700	45	–110	–11.5	310.7
101	2300	2700	48.5	–79	69.6	265.6
105	2215	2223	46	–83	10.3	264.3

1	2	3	4	5	6	7
110	2215	2223	48	–80	40	240
112	2215	2223	48	–81	–14.1	265.9
114	2215	2223	47	–79	–11.9	254.4
117	2201	2375	47.4	–79.7	67	158
120	2200	2600	66	–53.6	14	285
129	2150	2250	48	–79	74	209
133	2150	2650	47	–79	21.5	262.5
137	2125	2175	49	–80.5	41	230
139	2125	2175	48.5	–78.5	27	226
140	2125	2175	48	–78.5	32.3	228.2
143	2100	2300	66.2	28.1	24	327
145	2100	2200	62.7	30.2	78	232
148	2053	2187	49	–94	51	239.4
149	2050	2250	63.7	27.3	42	249
151	2050	2250	63.4	27.9	47.1	187.8
152	2050	2250	66.1	29.3	47.3	233.7
160	2029	2057	47	–84	61.3	253
161	2026	2106	63.6	–115.9	67	247
162	2007	2179	63.3	–113.6	19	284
163	2000	2200	52.3	–71	34.8	253.4
164	2000	2200	5.3	–2	53	216
165	2000	2200	6.2	–1.7	56	249
166	2000	2100	62.5	–114.3	–6	313
167	2000	2300	49.7	–92.9	45	238.5
168	2000	2300	51.5	–73.5	50	280
169	2000	2200	47.8	–79.7	36.9	214.2
170	2000	2200	48	–79.9	7.1	271.9
194	1881	1891	63.6	26.5	43.1	236.2
882	1000	1100	46.6	–89.6	33.9	174
917	1000	1100	53	57	19	195
934	950	1080	58.9	9.5	39.2	129.8
1037	850	1200	36.5	–112	1.4	177.1
1039	850	950	45	–78.5	–3	167.4
1054	842	950	58.9	6.9	–34	208
1063	800	1000	55.1	15	13.8	250.1
1071	800	1050	70	33	18	205
1073	800	1050	55.3	97.5	–36	116
1092	800	1200	67.6	65.6	–9	179

1	2	3	4	5	6	7
1096	800	1050	67.6	65.6	–5	183
1268	650	800	–4.6	29.8	22.1	116.7
1271	650	750	72.5	–81.5	26.1	165.8
1275	628	652	48.8	–3.1	44.7	116.4
1277	628	652	48.8	–3	33.8	117.2
1290	610	700	–27	17.5	61	63
1293	610	1600	51.3	14.1	12.5	138.1
1295	610	3000	–20.5	119.5	0.2	85.8
1304	610	800	30.2	116.5	39.6	97.6
1308	610	670	62	137	–3	81
1311	610	2500	62.3	36.5	22.2	104.2
1313	610	770	47.5	–53	56	109
1314	610	770	47.5	–53	24	132
1315	610	1700	70.6	106	–8	115
1317	610	1700	67	48	13	150
1325	600	900	–22	29	45	102
1327	600	1000	47	–88.5	3.7	169.2
1330	600	750	63.5	–127	5	149
1335	600	664	52.5	–3	5.2	77.8
4512	140	145	–26.4	153.1	36	312
4519	138	146	43.5	12.5	39.4	287.`
4550	133	154	–32.8	–71.5	79.6	38.5
4562	132	146	39	141.5	36	329
4572	131	135	–23.9	–70.1	70.4	3.1
4579	130	150	44.5	–117	68.8	325.6
4585	126	160	45.3	–116.7	63.3	291.8
4592	124	135	–29.8	–70.9	80.5	341
4596	124	135	38.8	–9.4	57	275
4597	122	164	32	–6	53	261.5
4599	122	152	39.3	–123	79	61.5
4602	120	130	56.2	–126.1	76	327
4609	120	145	–70.5	68.6	45	341
5963	10	65	1.3	110.3	31.6	26.3
5964	10	45	28.4	84	49.9	21.9
6176	4	6	–9.3	124.3	49	51
6220	2	65	–9.4	147.6	34	55
6419	1	4	45	–111	37.2	23.9

Если поместить на виртуальном глобусе все палеомагнитные полюса (их более 6000), они покроют его поверхность плотным слоем. Поэтому встала задача поэтапного отбора возрастных групп палеомагнитных полюсов. В качестве границ этапов были использованы возрастные рубежи спиралей траектории движения географического полюса, установленные при анализе расположения разломов на поверхности материков и отвечающие началу движения географического полюса по каждой из четырёх спиралей: C’ (3300–2100) – D (2100–1220) – E (1220–620) – B (520–166) – C (166–0–?) млн лет. В пределах тех же возрастных границ были отобраны группы палеомагнитных полюсов. Были найдены их цепочки, группы цепочек и проведено сравнение их положения с положением отрезков одновозрастных им спиралей движения географического полюса. Ниже приводятся результаты этого сравнения и анализа результатов. Для удобства описания результатов и ссылок на те или иные палеомагнитные полюса на рисунках все они помечены номерами и те же номера указаны в таблице 3, в которой даны их возраст, координаты расположения и координаты места взятия пробы. Работа была выполнена в два этапа: 1. Поиск систем цепочек палеомагнитных полюсов, имеющих спиральную форму; проверка их на соответствие с уже установленными спиралями траектории движения географического полюса по параметрам возраста и геометрии; проверка их связи с конкретными материками и островами. 2. Поиск систем палеомагнитных полюсов, образующих формы, отличающиеся от установленных спиралей, оценка их возможной связи с географическими полюсами, находящимися на спиралях; проверка цепочек палеомагнитных полюсов, не находящихся на спиралях движения географического полюса, на существование у них длительной связи с конкретными материками или островами.

Работа была начата с самой древней возрастной группы C’ (3300–2100 млн лет), но её нижнюю границу пришлось поднять до 2850 млн лет из–за недостатка данных (рис. 4 A). Оказалось, что палеомагнитные полюса наиболее древней возрастной группы, установленные по палеомагнитным исследованиям на разных материках, образовали шесть цепочек. Все цепочки находятся между меридианами –170° и –110° и располагаются по направлениям, близким к этим меридианам. С востока на запад это следующие цепочки, указанные номерами точек, входящих в их состав: 1) 168, 109, 163; 2) 160, 165, 167, 110; 3) 101, 161, 149, 148, 152 4) 145, 20, 152, 137, 140, 139; 5) 129, 164, 169; 6) 117, 18, 151, 132. Все цепочки, исключая пятую, ограничены по широте параллелями 80° и 30°, и лишь пятая следует на юг, указывая этим на свою принадлежность к спирали «C*». Продолжаясь на юг вдоль меридиана, близкого к –150°, она объединяется с цепочкой полюсов, подходящей к началу спирали D и доказывающей этим свою принадлежность окончанию спирали «C*». Спираль D (2100–1220) изображена на рис. 4 A цепочкой полюсов (114,

112, 170, 133, 139), имеющих возраст 2850–2000 млн лет. На рис. 4 Б – окончание спирали «C*» и спираль «D» представлены цепочками полюсов, имеющих возраст 2200–1800 млн лет. Окончание спирали «C*» на этом рисунке образует цепочка следующих полюсов: 172, 171, 230. Заметим, что её начальная часть искривлена в восточном направлении, причем хорошо видно, что источником сил, вызвавших эти искажения, послужила крупная кольцевая структура диаметром в 25° с центром в точке с координатами 150° з.д., 47° с.ш. Признаки более раннего северного смешения демонстрируют те же цепочки палеомагнитных полюсов и им концентричные, расположенные южнее и секущие начальную часть спирали D. Это цепочка плюсов с номерами 105, 143, 162, 124, 166 и ей концентричная, состоящая из полюсов с номерами 120, 194, 86 (см. рис. 4 А). Ось северного смещения этих цепочек полюсов проходит по меридиану –75°. Столь крупные по площади искривления цепочек палеомагнитных полюсов, скорее всего, вызваны не развитием кольцевых структур, а вертикальными движениями дна Тихого океана.

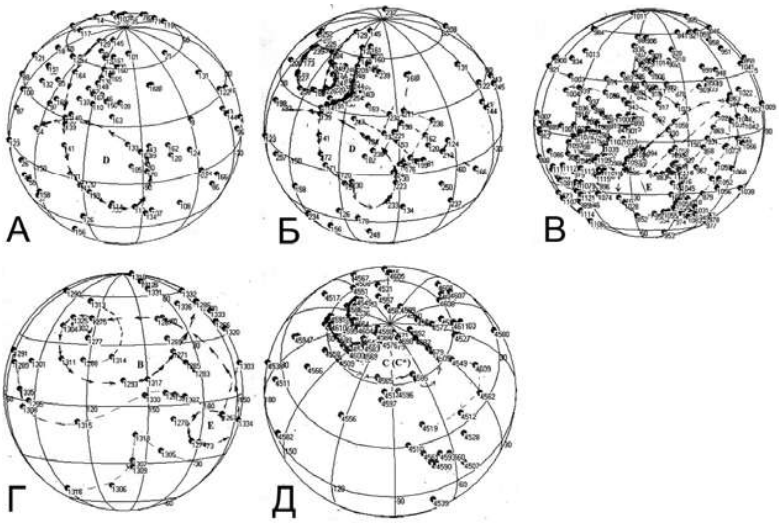


Рис. 4. Траектории движения географического и магнитного полюсов по палеомагнитным данным: А – окончание спирали «C*» и начало спирали «D»; Б – то же, с характерной кольцевой структурой; В – окончание спирали «D» и начало спирали «E»; Г – окончание спирали «E» и начало спирали «B»; Д – окончание спирали «B» и начало спирали «C».

Палеомагнитные полюса следующей возрастной группы E (1220–620) изображены на рис. 4 В. Хорошо видно, как изображенные на нём

древние полюса постепенно заменяются более молодыми. Начало новой спирали – это реальный возрастной рубеж. Но в чередовании палеомагнитных полюсов он расплывается в силу естественных ошибок определения их абсолютного возраста. На приведённом примере (рис. 4 В) это хорошо видно по смене возраста полюсов в зоне окончания спирали D (2100–1220) , представленной цепочкой полюсов 1063, 963, 1071, 962, 1092, и ее перехода в спираль Е (1220–620). Так, точка, находящаяся в начале спирали Е (полюс 1096), имеет возраст 1050–800 млн лет, сравнительно близкий принятому нами для начала спирали Е (1220 млн лет). На этом же рисунке видно, что к началу спирали Е приближаются четыре цепочки полюсов, и требуется выбрать одну из них в качестве траектории полюса. Нами избрана цепочка полюсов 1063, 963, 1071, 962, 1092.

В качестве критерия выбора нами принято нахождение на цепочке небольшой (диаметр 8°) области концентрации палеомагнитных полюсов (один из них – точка 963), от которой расходятся другие цепочки полюсов (предполагаемые разломы). Это свидетельствует о реальном прохождении там географического полюса. Между двумя цепочками полюсов, отвечающих этим предполагаемым разломам и находящимся вблизи спирали Е, обнаружена кольцевая структура диаметром в 15° (центр – полюс 1054). Одна из упомянутых двух цепочек, пройдя мимо кольцевой структуры, изгибается и становится концентричной по отношению к средней части спирали Е. Вблизи начальной части этой спирали выделены две, частично взаимно пересекающиеся, кольцевые структуры диаметром в 25°: западная и восточная. Западная структура имеет форму идеальной окружности, а восточная, наложенная на неё – форму полукольца с развитой западной частью. Начало спирали Е представлено следующей цепочкой полюсов: 1092, 1037, 1039, 1095. Далее следует небольшая кольцевая структура с центром, отвечающим полюсам 1119 и 1120. От неё в направлении предполагаемой траектории магнитного (географического) полюса прослеживаются четыре постепенно расходящиеся цепочки полюсов. Принимая, что цепочка полюсов, отвечающая траектории полюса, должна быть направлена к началу спирали «В», было установлена, что на рис. 3В этим требованиям отвечает цепочка полюсов с номерами 1058, 917, 882, 934.

Но на рис. 4 Д изображены полюса географического (магнитного) полюса на спиралях «Е» и «В», причем сами спирали строго отвечают тем, которые были установлены по разломам материков. Такое изображение стало возможным при выборе возрастного интервала 750–560 млн лет. Но при таком выборе интервала оказалось, что начальная точка спирали Е (1278) имеет возраст 675–625 млн лет, близкий к возрасту окончания этой спирали. Другие полюса на этой цепочке, рисующей спираль Е, по возрасту явно относятся к спирали В, но не к

спирали Е. Объяснить это противоречие можно, лишь приняв палеомагнитные полюса за центры вихрей, возникших при нахождении в их центрах географических полюсов, благодаря чему они выступали как географические и магнитные полюса. Приняв это положение, можно объяснить наблюдаемое несоответствие оживлением древних вихрей и нахождением их в полярной области – области вариаций полюса геомагнитного поля, многократно усилившего слабое магнитное поле регионального вихря. Следующая цепочка полюсов (рис. 4 Г), начинающаяся полюсом 1277 (652–628) млн лет), и далее продолжающаяся полюсами 1275,1325,1304, 1311, 1293. 1317, 1271, имеет явно форму спирали В (620–166), а возраст палеомагнитных полюсов находится в пределах этой возрастной группы. На этом же рисунке выделяются еще две цепочки полюсов, подобные которым ранее не были обнаружены. К спирали Е тяготеет цепочка полюсов: 1327, 1330, 1315, 1308, 1295, 1335. К спирали В тяготеют полюса, образующие следующую цепочку: 1268, 1314, 1313, 1290. Анализ их расположения по отношению к изображенным на этом же рисунке спиральным цепочкам палеомагнитных полюсов (Е и В) привёл к выводу, что полюса, входящие в эти цепочки, являются центрами кривизны отдельных фрагментов этих спиралей. Установлено также, что упомянутые полюса на образуемых ими цепочках располагаются в той же последовательности, в какой на спиралях меняется кривизна их фрагментов. Поэтому кривую, объединяющую центры кривизны спиралей, можно именовать центроидой.

Большое количество палеомагнитных полюсов в возрастной группе 160–0 млн лет, отвечающей спирали «С», затруднило поиски отвечающей ей цепочки полюсов. Для обнаружения ёё фрагментов поиск был проведён среди трёх возрастных подгрупп палеомагнитных полюсов: 145–120, 90–80 и 10–1 млн лет. Первая подгруппа (145–120 млн лет), продемонстрировала фрагменты начала спирали и её средней части, проходящей вдоль меридиана –30°, в направлении современного географического полюса (рис. 4 Д): 4585, 4596, 4579, 4602, 4592. На рисунке видны также концентричные им цепочки палеомагнитных полюсов: 4597, 4519, 4512, 4562, 4609, 43527, 4572 4550, 4599. Палеомагнитные полюса второй подгруппы (90–80 млн лет) образовали три системы концентрических окружностей, которые можно рассматривать как кольцевые вихревые структуры (рис. 5 А). Их диаметры составляют около 25°, а центры имеют координаты: 1) –73°д., 50°ш., 2) –30°д., 50°ш., 3) современный географический полюс. Вокруг него палеомагнитные полюса образовали две дугообразные системы их концентрации, ориентированные к экватору вдоль меридиана 120–150°, указывая этим ориентацию движения географического полюса. Палеомагнитные полюса третьей подгруппы (10–1 млн лет) продолжили

свою концентрацию в современной полярной области Земли, причем центр кольцевой структуры, ранее совпадавший с географическим полюсом, сместился в сторону европейской части России, а освобождённую им площадь заняла система палеомагнитных полюсов, ориентированная к экватору вдоль меридиана 120°–150° (рис. 5 Б). В это же время образовалась кольцевая структура, ограниченная цепочкой следующих палеомагнитных полюсов: 5964, 6419, 5963, 6086, 6220, 6176. Диаметр структуры составляет 30°, её центр расположен в Восточной Европе.

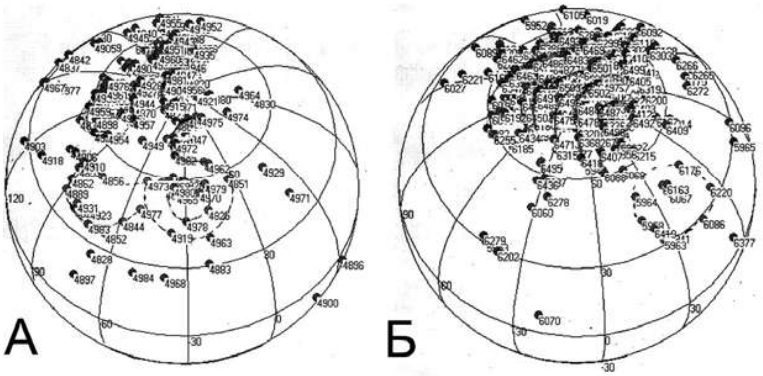


Рис. 5: А – формирование в полярной области систем кольцевых и дугообразно изогнутых цепочек полюсов; Б – усиление концентрации в полярной области систем кольцевых и дугообразно изогнутых цепочек полюсов

Полученные результаты показали, что палеомагнитные полюса образуют цепочки трёх видов. Наиболее распространенный тип – цепочки палеомагнитных полюсов, которыми, наряду с географическими полюсами, зафиксирован путь географического и магнитного полюсов по замкнутой системе четырёх спиралей на протяжении трёх млрд лет. Второй тип – цепочки палеомагнитных полюсов, концентричные спиралям движения географического и магнитного полюсов. Третий тип – цепочки палеомагнитных полюсов, соответствующие по положению центрам кривизны фрагментов спиралей движения географического и магнитного полюсов. Четвёртый тип – цепочки палеомагнитных полюсов, отвечающих центрам и контурам кольцевых тектонических структур вихревого происхождения.

Оказалось, что траектория движения географического и магнитного полюсов Земли – это единая траектория, на которой положения географического полюса фиксируются значительно реже, чем положения магнитного полюса. Положения географического полюса устанавливаются по точкам пересечения разломов, возникающих в моменты сравнительно редких (интервал 10–13 млн лет) остановок его

движения. Магнитное поле Земли, вызванное вихревым вращением масс из состава слоя, разделяющего ядро и мантию, действует непрерывно. Но можно допустить, что одновременно в полярных областях земной коры могут также возникать вихри и сопровождающие их слабые магнитные поля. Эти региональные вихревые магнитные поля, находящиеся в полярной области, многократно усиливаются под действием глобального магнитного поля. Их полюса, совпавшие с магнитными полюсами Земли, фиксируются в этом качестве Во время вращения мантии, области, непосредственно примыкающие к географическим полюсам, проявляют свою связь с вихревым полем земной коры прерывистостью своей фиксации, связанной с затуханием одного вихря и развитием другого. Вдоль цепочки географических полюсов возможны сдвиги, поддерживающие уже возникшие вихри в земной коре и инициирующие новые. В условиях постоянных вариаций магнитного поля, связанных с кратковременным вращением мантии вокруг географической оси Z и двух экваториальных (P и Q), полюс магнитного поля может совпасть с полюсом вихря, возникшего в земной коре в некотором удалении от географического полюса и вызвать его фиксацию как магнитного полюса Земли. Такое происхождение имеют все четыре типа отмеченных выше цепочек палеомагнитных полюсов, а также цепочки магнитных полюсов, заведомо более молодого возраста, чем это можно ожидать в составе данной спирали. Выше были отмечены случаи расположения палеомагнитных полюсов спиралей траектории географического и магнитного полюсов на центроиде (кривой, объединяющей центры кривизны спирали движения полюса). Это означает, что сами центры кривизны спиралей являются центрами вихрей, и рассмотрение расстояний между этими центрами и отвечающими им отрезками спиралей может стать предметом математического анализа с позиций теоретической механики, что нужно для раскрытия важных деталей механизма вращения мантии по ядру. Вариации магнитного поля могут преобразовать любой вихрь, вызванный деформациями земной коры в полярной области, в магнитный полюс. И поэтому взаимное расположение подобных магнитных полюсов может стать объектом специальных исследований по реконструкции вихревых тектонических структур, как контролирующих месторождения рудного и углеводородного сырья.

Таким образом, оказалось, что все обнаруженные цепочки палеомагнитных полюсов образуют единую глобальную систему, отражающую развитие тектонических вихревых структур в полярных областях Земли на протяжении трех млрд лет. Какую-либо региональную систему палеомагнитных полюсов, установленную по палеомагнитным данным только одного материка, обнаружить не удалось. Эти результаты исключают масштабный дрейф единичных материков и подтверждают

вывод автора о кажущемся движении географического полюса по спиралям, полученный на основании анализа расположения линейных структурных элементов – разломов. Учитывая неизменность в пространстве оси вращения Земли, это означает соответствующее вращение мантии по ядру.

Глобальное магнитное поле образуется и постоянно существует за счёт вихревого вращения в слое, пограничном между ядром и мантией, вызванного вращением мантии вокруг ядра. Судя по форме кольцевых систем, образуемых единичными палеомагнитными полюсами, эти полюса и образуемые ими системы являются выражением вихрей вещества верхней мантии, находящегося в целом в состоянии пониженной вязкости. Токи и слабые магнитные поля, возникающие при образовании этих вихрей, могут многократно усиливаться под действием геомагнитного поля Земли, совпавшего во время его вариаций с этими вихрями, что происходит преимущественно в её полярных областях. В результате геомагнитные полюса регионального вихря могут временами фиксироваться палеомагнитными данными как геомагнитные полюса своего времени. Не исключено, что в таком качестве в прошлом выступали одновременно и несколько активных вихрей, оказавшихся во время вариаций магнитного поля в большой близости к его геомагнитным полюсам.

4.4.3. Механизм вращения мантии по ядру, генерации магнитного поля и его инверсий

Вращение мантии является суммарным и осуществляется вокруг трёх осей: географической (Z) и двух экваториальных, взаимно ортогональных – P и Q. Вращение мантии вокруг оси Z происходит под действием приливных сил торможения Земли. Вращение мантии вокруг экваториальных осей происходит под действием центробежных сил вращения Земли на избыточные полярные массы мантии. Предполагаемый механизм их образования – постоянное изменение осевого сжатия Земли при изменении скорости её вращения. Во время увеличения скорости вращения и осевого сжатия расплавленные массы мантии смещаются в сторону экватора. Во время уменьшения скорости вращения и осевого сжатия они стремятся к полюсам, где постепенно скапливаются и образуют избыточные массы. Под действием центробежных сил вращения Земли эти массы начинают смещение к экватору, вызывая вращение мантии вокруг осей P и Q. Одновременно или вслед за тем силы приливного трения, действующие на Землю со стороны Луны и Солнца, начинают тормозить вращение Земли вокруг географической оси, вызывая вращение мантии в сторону, противоположную вращению Земли. Этот механизм был запущен,

вероятно, вскоре после формирования ядра и мантии, когда в её полярных областях были сформированы на Земле крупнейшие полярные кольцевые структуры, имеющие диаметр около 3000 км.

Разогревание сферического слоя между ядром и мантией радиоактивным теплом как со стороны внешнего ядра (геосферы E), так и со стороны низов мантии (геосферы D'') поддерживало и поддерживает низкую вязкость этого слоя (его жидкое состояние). По мере его дальнейшего разогревания и увеличения мощности в этом слое образуются вихри, ускоряющие массоперенос. Вихри образуются в результате смещений расплавленных масс в зоне максимальных градиентов относительного вращения геосфер, по границе ядра и мантии. Смещения происходят в двух взаимно ортогональных направлениях: радиально вверх и вниз, под действием разности температур. Они происходят также и внутри этого слоя, параллельно его границам, в связи с относительным вращением ядра и мантии. Увеличение мощности этого слоя вначале могло происходить только за счет смещения его верхней границы к поверхности. Со временем начинается смещение вверх и нижней границы этого слоя. Фактически обе его границы определяют положение зоны радиоактивного разогревания и массопереноса – положение очага горения радиоактивного топлива. Он смещается вверх, оставляя за собой постоянно увеличивающуюся в мощности геосферу, пограничную с ядром и обедненную радиоактивными элементами, уже прошедшими стадию радиоактивного распада.

Надо сказать, что первичные меридиональные прогибы и поднятия мантии, достигающие наибольшей ширины на экваторе, заканчивались приблизительно в 30º от полюсов. Вероятно, аналогичные ограничения существуют и для вихрей. Это означает, что в полярных областях вихри и связанный с ним массоперенос отсутствуют, и там верхняя граница расплавленного слоя по этой причине к поверхности смещается меньшими темпами. Это означает также, что толщина нерасплавленной мантии в полярных областях изменяется медленно, а в средних и низких широтах она сокращается быстрее из-за эрозии её нижней границы, вызванной вихрями расплавленной мантии. Причина этого – низкие линейные скорости относительного вращения мантии и ядра в полярных областях и их существенное увеличение в средних и низких широтах. Однако в связи с вращением мантии по ядру ориентация вихрей постоянно меняется, и нет оснований приписывать им длительное унаследованное развитие.

По мере накопления тепла, выделившегося при радиоактивном распаде, началось распространение плавления пород от ядра к более высоким горизонтам мантии. В него вовлекались породы разной плотности, в том числе содержащие металлы. Более плотные металлы опускались к ядру, передавая нижней мантии свой момент вращения, а

менее плотные элементы снова поднимались, отнимая у мантии свой момент вращения. Если первые по массе преобладали, и суммарный момент их вращения оказывался выше, чем у вторых, это приводило в итоге к тому, что скорость вращения мантии становилась выше скорости вращения ядра. Если преобладали вторые, скорость вращения мантии падала. В итоге скорость вращения мантии могла стать выше или ниже скорости вращения ядра, и сдвиговые смещения между ними могли придать потокам опускающихся и поднимающихся расплавленных масс, содержащих металлы, характер вихрей. Они возникают благодаря относительному вращению мантии и ядра и их взаимодействию через силы трения. Направление вихрей зависит от того, преобладает ли скорость вращения мантии или ядра, всегда направленная со стороны северного полушария против часовой стрелки. Если преобладает скорость вращения мантии, то вихри в ней оказываются направленными против часовой стрелки со стороны северного полушария. Если преобладает скорость вращения ядра, чему способствует приливное торможение мантии, вихри в мантии вращаются по часовой стрелке. Между расплавленными металлами вихрей, находящимися вблизи ядра и в удалении от него, существует разность температур и связанная с этим разность потенциалов. Поэтому вращение вихря вызывает кольцевой электрический ток и магнитное поле, ориентированное по отношению к вихрю по «правилу буравчика». При вращении вихря против часовой стрелки, со стороны северного полушария, магнитные силовые линии направлены от южного географического полюса к северному полюсу. При вращении вихря по часовой стрелке они направлены от северного географического полюса к южному полюсу. Поскольку все вихри в мантии имеют одинаковое направление вращения, то и магнитные силовые линии в ней должны быть ориентированы в том же направлении. При преобладании скорости вращения ядра, как это имеет место в настоящее время, они ориентированы от северного полюса к южному полюсу (прямая полярность), а при преобладании скорости вращения мантии – от южного полюса к северному (обратная полярность). Из этого следует также, что инверсии магнитного поля отвечают изменению относительной скорости вращения ядра и мантии.

Таблица инверсий магнитного поля, составленная Д.М. Печерским, была в интервале времени от 0 до 590 млн лет преобразована автором в график инверсий (рис. 6). На нём по оси абсцисс показано время инверсий в десятках тысяч лет, а по оси ординат изображена длительность той или иной полярности (прямая полярность – положительные значения и обратная полярность – отрицательные значения). Такое представление инверсий позволило зрительно оценить изменение их динамики почти за 600 млн лет и убедиться в том, что частота инверсий достигает минимальных значений 490, 290 и 100 млн лет назад, а затем постепенно

увеличивается. Это можно объяснить появлением всякий раз нового мощного очага радиоактивного распада, обеспечивающего рост плавления и массопереноса вещества мантии во всё более возрастающих массах. По мере сгорания радиоактивного топлива объемы этих масс постепенно падают до тех пор, пока не возникнет новый очаг радиоактивного возгорания, ближе к поверхности, и объем плавления и массопереноса снова возрастёт.

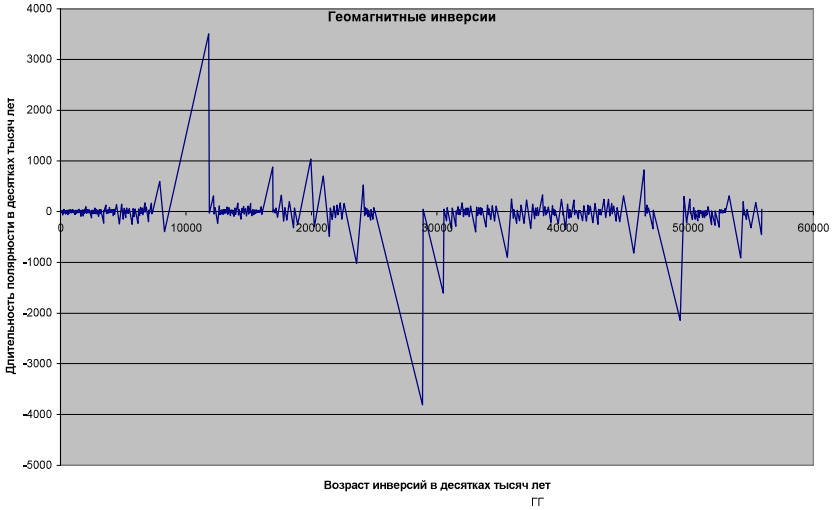


Рис. 6. Кривая инверсий магнитного поля, построенная автором на основе данных Д.М. Печерского, опубликованных в Интернете.

4.4.4. Вращение мантии: деформация и развитие земной коры

Основными глобальными закономерностями деформации и развития земной коры, требующими своего объяснения в гипотезе, автор считает закономерности, изложенные в Учении о геосинклиналях. Постоянство относительного расположения материков исключает использование в тектонической гипотезе представлений мобилизма (дрейфа материков или отдельных плит). Известное глобальное изменение климатической зональности напрямую вытекает из уже установленной траектории кажущегося движения географического полюса, что подтверждает достоверность траектории. Необходимо найти механизм, связывающий течение тектонических процессов на материках с вращением мантии по ядру. О причинах и механизме вращения мантии сказано в предыдущем разделе.

Начавшееся вращение мантии по ядру вокруг географической и экваториальных осей вызывает образование вихрей в разделяющем их слое, запуская этим механизм деформации земной коры. Наибольшей интенсивности она достигает в полярных областях мантии, изменяющих свое положение относительно географической оси, где в земной коре обнаружены кольцевые структуры, указывающие на возникновение вихрей в основании коры. Ближе к экватору становится активным другой механизм деформации земной коры. Он связан с её дроблением по направлениям древних разломов, совпавших с направлениями нормальных или максимальных касательных напряжений ротационного поля напряжений. Он также связан с действием центробежных сил вращения Земли на приподнятые массы материковой коры. Вращение мантии вокруг ядра по одной спирали продолжается сотни млн лет и прерывается тогда, когда центробежные силы, действующие на избыточные полярные массы мантии, оказываются не в состоянии смещать их далее из-за близости к экватору. Поэтому подобные избыточные массы образуются в новых полярных областях, начиная движение по новой спирали. Движение географического полюса между его краткими остановками в 1–3 млн лет продолжается 10–13 млн лет и прерывается новой краткой остановкой в 1–3 млн лет, когда действующие центробежные силы вращения Земли оказываются недостаточными, чтобы поддерживать движение. На протяжении краткой остановки в новых полярных областях возникают дополнительные избыточные массы, и дальнейшее вращение мантии они поддерживают совместно. Условия дробления мантии (совпадения первичных разломов с направлениями ротационного поля напряжений) могут возникать на короткое время остановок её вращения (1–3 млн лет) или на длительное время (10–13 млн лет) вращения мантии. В первом случае им отвечает кратковременная тектоническая активизация, выраженная поднятием области активизации и складчатостью осадочных толщ, из-за чего эти события были названы Г. Штилле фазами складчатости. Во втором случае глубокое дробление материковой коры, сопровождаемое вулканизмом, приводит к погружению большой площади материка и трансгрессии мирового океана Эти события знаменуют собой начало эпохи геосинклинального развития, с характерным для него погружением и вулканизмом областей наибольшего дробления, имеющих обычно линейные очертания. Дробление и деформация земной коры в этих условиях отмечается в средних широтах, где этому способствуют центробежные силы вращения Земли, действующие на приподнятые над поверхностью геоида части материков, вызывающие образование тектонических структур, ориентированных в направлении экватора.

Как только первичные разломы выходят из совпадения с направлениями ротационного поля напряжений, начинается их закрытие.

Перекрываются каналы поступающих из глубин и извергающихся на поверхность магматических расплавов. Земная кора разогревается, воздымается, начинается регрессия мирового океана, поднятие и складчатость осадочных толщ, накопившихся в геосинклинальных прогибах. Наиболее интенсивными эти проявления становятся в той части материка, которая, испытав условия геосинклинального погружения в одном полушарии, минуя экватор, стала смещаться в пределы противоположного полушария. Тогда на раздробленные массы материковой коры начинают действовать центробежные силы вращения Земли противоположной ориентации, что значительно усиливает действующие силы горизонтального сжатия.

4.4.5. Вращение мантии: этапы складчатости и их структурные планы на материках

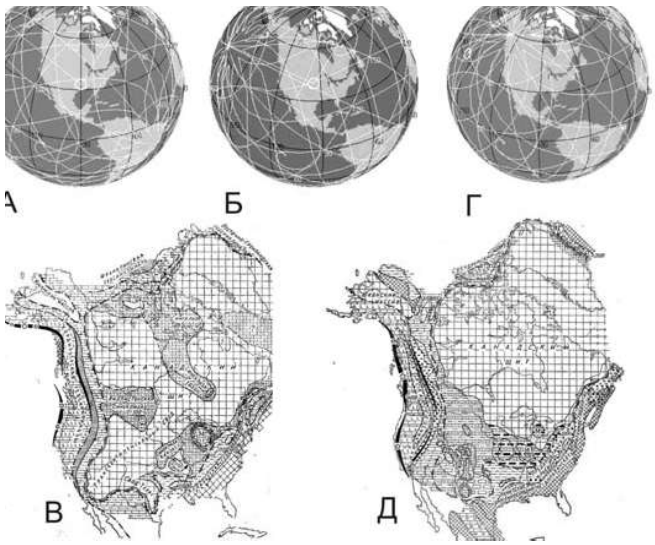
Одним из результатов развития Учения о геосинклинали в конце XIX–начале XX века явилось выделение Г. Штилле фаз складчатости в фанерозойской истории материков (табл. 2). Фазы складчатости – это моменты дробления земной коры ротационным полем напряжений при совпадении его направлений с первичными разломами земной коры. По сравнению с ними эпохой складчатости можно считать длительное время тотального дробления земной коры на значительной площади материка при условиях совпадения направлений ротационного поля напряжений с первичными разломами. Дробление материковой коры делает возможным её весьма ограниченное по амплитуде смещение в направлении экватора под действием центробежных сил вращения Земли, которые возрастают вместе с её поднятием над уровнем геоида. Комплекс тектонических структур, создаваемых при этих весьма ограниченных смещениях, и образующий структурный план приобретает обычно форму капли, и поэтому именуется нами региональной U–структурой. Такое свойство структурного плана позволяет легко установить его возраст по положению точки оси симметрии этой структуры с траекторией движения географического полюса.

Фанерозойские структурные планы на отдельных материках и их ориентация в ротационном поле напряжений соответствующего времени. Проверить эти предположения можно путём сравнения степени совпадения направлений структурного плана в выбранном возрастном диапазоне на выбранном материке с направлениями прямолинейных фрагментов контуров этого материка в том же возрастном диапазоне. Выбор именно прямолинейных фрагментов контуров материков, а не установленных на нём разломов, обеспечивает наглядность сравнения и исключает элементы дискуссионности. Для реализации этого плана

автором совместно с Р.М. Кочетковым была создана компьютерная программа. Она строит на экране монитора виртуальный глобус с изображением контуров любого материка и направлений ротационного поля напряжений в любой избранный момент времени, сохраняя вместе с этим сетку современных параллелей и меридианов.

Ниже приводятся результаты этого сравнительного анализа по всем материкам за время, отвечающее фанерозою. Покажем на примерах меридиональную (для своего времени) ориентацию структурных планов материков, сформированных в итоге палеозойских (каледонской и герцинской) и мезокайнозойской (альпийской) складчатостей.

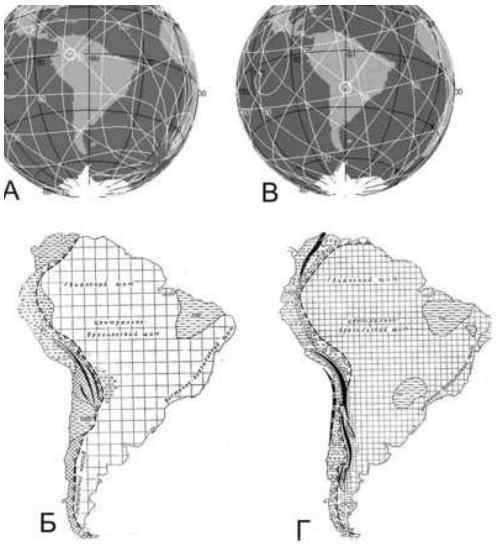
С. Америка, каледонский этап. На рис. 7 (А и Б) хорошо видно, что с начала силура (440 млн лет) до его окончания (408 млн лет), С. Америка из южного полушария сместилась в северное полушарие, сохраняя свою ориентацию в ротационном поле напряжений. При этой ориентации меридиональные направления того времени поперечны Аппалачской геосинклинали, которая испытывает свою завершающую каледонскую складчатость. Тектоническая схема (рис. 7 В) подтверждает тот факт, что структурный план того времени соответствовал ортогональной системе направлений, совпадавшей с направлениями меридианов и параллелей.



С. Америка, герцинский этап. Рис. 7 Г демонстрирует, что на границе карбона и перми (285 млн лет) происходит изменение на 90° ориентации ротационного поля напряжений по отношению С. Америки. Этому событию отвечает завершающий этап герцинской складчатости (рис. 7 Д).

Ю. Америка в герцинском этапе. Заметным рубежом герцинского этапа складчатости можно считать в Ю. Америке границу девона и карбона (360 млн лет), когда все контуры материка (рис. 8 А) и структурного плана (рис. 8 В) оказались отвечающими направлениям главных нормальных (сжимающих и растягивающих) или максимальных касательных напряжений.

Ю. Америка в начале альпийского этапа. По прошествии длительного времени, когда прямолинейные контуры Ю. Америки не совпадали с направлениями ротационного поля напряжений, в позднем триасе–ранней юре (208 млн лет) такое совпадение восстанавливается (рис. 8 В и Г). Оно восстанавливается настолько, что становится подобным тому, какое существовало на границе девона и карбона (360 млн лет). Оно стало знаковым рубежом тектонического развития Ю. Америки и начала глобального развития земной коры в альпийском тектоническом этапе.



Африка в начале каледонского этапа. Обращает на себя внимание соответствие разломов диагональных направлений в С. Африке направлениям максимальных касательных напряжений (рис. 9 А, Б), наблюдаемое в начале каледонского этапа (600 млн лет). Этот факт не только подтверждает связь тектонического процесса с действием сил, обусловленных вращением мантии. В этом факте проявляет себя характер реакции материковой коры на действующее поле напряжений – возникновение разломов диагонального направления под действием максимальных касательных напряжений.

Африка в герцинском этапе. В рассматриваемое время на рубеже девона и карбона (360 млн лет) было восстановлено существовавшее в начале каледонского этапа положение прямолинейных контуров Африки в ротационном поле напряжений (рис. 9 В). Было восстановлено также и положение северных диагональных разломов, развившихся в прогибы (рис. 9 Г). Эти обстоятельства, надо полагать, и дали импульс развитию прогибов на севере Африки.

Африка в начале альпийского этапа. На рубеже триаса и юры (208 млн лет) развитие разломов диагонального направления, отвечающих направлениям максимальных касательных напряжений ротационного поля, охватило не только север Африки, но и её восточную часть (рис. 9 Д, Е). Подобие направлений максимальных касательных напряжений ротационного поля и направлений разломов является весомым аргументом доказательства их природной связи.

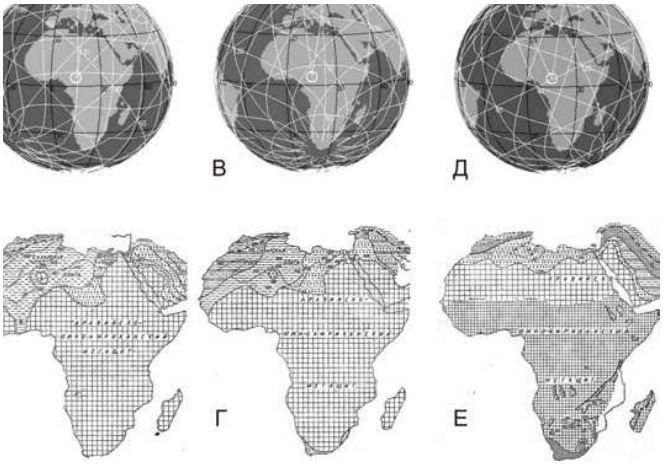
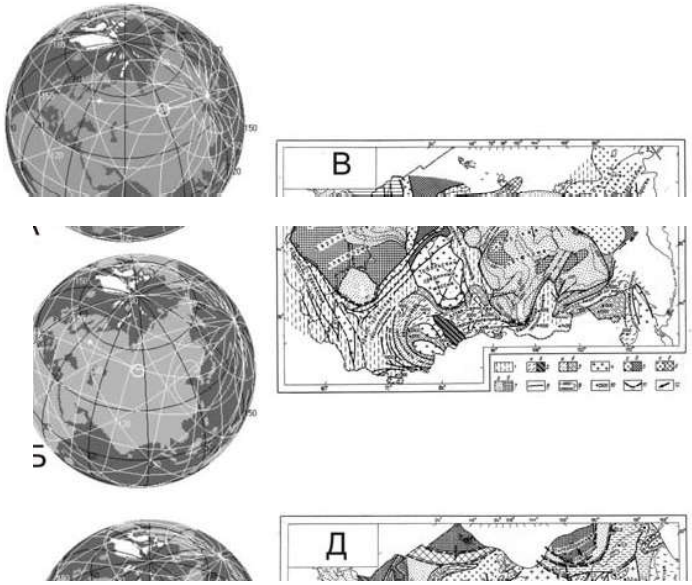


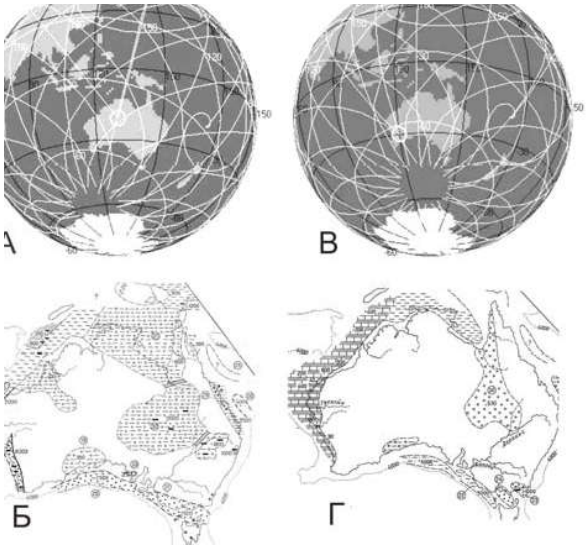
Рис. 9. А, В, Д – Африка в раннем кембрии (600 млн лет) (А), в позднем девоне–раннем карбоне (360 млн лет) (В), в позднем триасе–ранней юре (208 млн лет) (Д); Б, Г, Е – палеотектонические схемы Африки [по В.Е. Хаину и Д.В. Синельникову, Хаин, 1971] в кембрии–ордовике (Б), в силуре–раннем карбоне (Г), в позднем триасе–ранней юре (Е).

Евразия в каледонском этапе. Судя по направлениям ротационного поля напряжений в Евразии от начала каледонского этапа развития в раннем кембрии (600 млн лет, рис. 10 А) до его завершения и складчатости в конце силура (408 млн лет, рис. 10 Б), направления ротационного поля напряжений в Евразии мало изменились за прошедшее время. Заметные изменения произошли на юго-западе Евразии, которая за это время полностью перешла в состав северного полушария, а экватор сместился на 30–40° и стал проходить по линии Осло–Мадрас. В Западной Европе, где направления сжимающих напряжений (от полюса к экватору) сменились на 180°, завершающая каледонская складчатость была неизбежной. Она наблюдалась по всей площади Евразии, где общее направление западных и юго-западных смещений хорошо заметно (рис. 10 В).



Евразия в герцинском этапе. Направления ротационного поля напряжений в Евразии в позднем девоне–раннем карбоне (рис. 10 Г, 360 млн лет) и главные направления тектонической схемы того же времени (рис. 10 Д) хорошо совпадают. Эти направления указывают на южную или юго-западную ориентацию сжимающих напряжений и небольших смещений, подтверждая реальную связь наблюдаемых деформаций с действием сил, сопутствующих вращению мантии.

Австралия в альпийском этапе. В Австралии направления ротационного поля напряжений в поздней юре–раннем мелу (рис. 11 А, 150 млн лет) и направления структурного плана того же возраста(рис. 11 Б) практически совпадают. Также совпадают направления ротационного поля напряжений в позднем мелу–палеогене (рис. 11 В, 65 млн лет) и направления структурного плана того же возраста (рис. 11 Г). Это совпадение направлений служит еще одним доказательством связи деформации материковой коры с действием на нее сил, возникших во время вращения мантии.



Заключение

В изложенной тектонической гипотезе впервые описаны новые компьютерные методы решения ключевых проблем тектоники – реконструкции первичных тектонических структур Земли и планет земной группы, нахождения траектории движения географического полюса по данным о разломах и палеомагнитным данным. Решение первой из этих проблем открыло путь для установления природы материковой коры и самих материков как фрагментов внешней геосферы ядра, которые в момент его формирования по разломам мантии проникли на её поверхность. Решение этой проблемы позволило установить неизменность относительного расположения материков и их общее вращение в составе мантии вокруг ядра. Такое вращение мантии указало на вращение мантии, как причину генерации магнитного поля, и глобального поля напряжений, как спускового крючка тектонических процессов в земной коре, которые поддерживаются тепловыми источниками в верхней мантии. Решение второй проблемы (нахождения траектории движения географического полюса по палеомагнитным данным и данным о разломах материков) позволило установить источник сил, вызывающих вращение мантии по ядру, причину самого тектонического процесса и его ритмичности.

Оказалось, что источником сил, вызывающих вращение мантии, являются её полярные избыточные массы, которые при достаточной их величине начинают смещаться в сторону экватора под действием центробежных сил вращения Земли. Эта проблема находится в области теоретической механики и весьма желательно участие в её решении специалистов по теоретической механике. То же относится к причинам тектонического процесса, который в полярных областях имеет вихревой характер, и далее к экватору приобретает черты небольших смещений, направленных в его сторону. Большое значение для тектоники имеет уже известная ритмичность тектонического процесса. Нахождение траектории движения географического полюса позволило найти причины такой ритмичности. Оказалось, что она вызвана периодической активизацией древних разломов материков при их совпадении с направлениями ротационного поля напряжений во время вращения мантии. Поскольку древние разломы имеют в своем расположении глобальную и региональную симметрию (составляющие), тектоническая ритмичность их активизации должна иметь аналогичные составляющие. И они были обнаружены. Все вопросы деформации земной коры, как и вопросы вращения мантии, должны быть рассмотрены с позиций теоретической механики. Использование её математического аппарата позволит описать эти процессы и обнаружить закономерности, которые еще не найдены.

Благодарности. Автор глубоко благодарен **Р.М. Кочеткову**, разработавшему компьютерную программу; **Ж.Ф. Родионовой**, вовлёкшей его в исследования планет и создавшей банк данных по разломам Марса; **А.А. Айнетдиновой**, принявшей участие в создании банка данных по разломам Марса; **Е.А. Козловой**, создавшей банк данных по разломам Меркурия; **Н.Н. Семёновой**, создавшей банки данных по разломам Земли, Луны и Венеры; **А.И. Кобрину** за обсуждение изложенных проблем в аспекте теоретической механики.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Авсюк Ю.Н.* Сопоставление эндогенных режимов материков в устойчивую геосинклинально-платформенную стадию со схемой приливной эволюции системы Земля–Луна // Строение и эволюция тектоносферы. М.: ОИФЗ АН СССР, 1987. С. 193–216.
2. *Авсюк Ю.Н., Глико Н.Б.* Эволюция орбитального движения Земли (в системе Земля–Луна–Солнце) и геодинамические реконструкции // Геодинамика и эволюция Земли. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1996. С. 7–10.
3. *Белоусов В.В.* Основные вопросы геотектоники. М.: Гос. научно-техн. изд-во, 1954. 606 с.
4. *Белоусов В.В.* Переходные зоны между континентами и океанами. М.: Недра, 1982. 152 с.
5. *Вегенер А.* Происхождение материков и океанов. М.: Госиздат, 1924. 124 с.
6. *Воронов П.С.* Очерки о закономерностях морфологии глобального рельефа Земли. М.: Наука, 1968. 123 с.
7. *Дарвин Дж. Г.* Приливы и родственные им явления в Солнечной системе. М.: Наука, 1965. 317 с.
8. *Долицкий А.В.* Связь деформации земной коры с перемещающимся в ней полем напряжений и определение на этой основе траектории движения северного полюса // IV совещание по проблемам астрогеологии. Тез. докл. 7–12 мая 1963 г. Ленинград. С.96–98.
9. *Долицкий А.В., Кийко И.А.* О причинах деформации земной коры // Проблемы планетарной геологии. М.: Госгеолтехиздат, 1963. С. 291–311.
10. *Долицкий А.В.* Осевая симметрия линейных структурных элементов земной коры // Докл. АН СССР. 1967. Т.177. С.159–162.
11. *Долицкий А.В.* Предварительные результаты глобальных геомеханических исследований // Мат-лы рабочей группы по глобальной геомеханике XXIII сессии МГК. М., 1968. С. 1–17.
12. *Долицкий А.В., Луговенко В.Н., Портнова В.П.* Осесимметричные системы линейных магнитных аномалий на территории СССР // Геомагнетизм и аэрономия. 1973. № 2. С. 384–386.
13. *Долицкий А.В.* Реконструкция тектонических структур. М.: Недра, 1978. 150 с.

14. *Долицкий А.В.* Образование и перестройка тектонических структур. М.: Недра, 1985. 219 с.
15. *Долицкий А.В.* Вращение мантии по ядру: движение географических и геомагнитных полюсов, периодичность геологических и тектонических процессов. М.: ОИФЗ РАН, 2000. 42 с.
16. *Кравчинский А.Я.* Палеомагнетизм и палеогеографическая эволюция континентов. Новосибирск: Наука, 1979. 262 с.
17. *Ли Сы-Гуан.* Вихревые структуры и другие проблемы, относящиеся к сочетанию геотектонических систем Северо-Западного Китая. М.: Гос. науч.-техн. изд-во литературы по геологии и охране недр, 1958. 131 с.
18. *Манк У., Макдональд Г.* Вращение Земли. М.: Мир, 1964. 384 с.
19. *Молостовский Э.А., Храмов А.Н.* Магнитостратиграфия и ее значение в геологии. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1997. 180 с.
20. *Обуэн Ж.* Геосинклинали, проблемы происхождения и развития. М.: Мир, 1967. 303 с.
21. *Печерский Д.М.* Таблица магнитных инверсий. Интернет (2005).
22. *Поспелова Г.А., Петрова Г.Н., Шаронова З.В.* Геомагнитное поле во время и вблизи экскурсов, записанных в разрезе Янгиюль (Узбекистан) // Физика Земли. 1998. № 5. С.65–79.
23. *Резанов И.А*. Эволюция представлений о земной коре. М.: Наука, 2002. 299 с.
24. *Соловьев В.В.* Структуры центрального типа территории СССР по данным геолого-морфологического анализа. Объяснительная записка к карте СССР м-ба 1:10 000 000. Л.: ВСЕГЕИ, 1978. 110 с.
25. *Сорохтин О.Г., Ушаков С.А.* Глобальная эволюция Земли. М.: Изд-во МГУ, 1991. 447 с.
26. *Страхов Н.М.* Основы теории литогенеза. М.: Изд-во АН СССР, 1960.
27. *Хаин В.Е.* Региональная геотектоника. Внеальпийская Азия и Австралия. М.: Недра, 1979. 356 с.
28. *Хаин В.Е.* Региональная геотектоника. Внеальпийская Европа и Западная Азия. М.: Недра, 1977. 359 с.
29. *Хаин В.Е.* Региональная геотектоника. Северная и Южная Америка, Антарктида, Африка. М.: Недра, 1971. 548 с.
30. *Храмов А.Н. Шолпо Л.Е.* Палеомагнетизм. Л.: Недра, 1967. 252 с.
31. *Храмов А.Н., Гончаров Г.И., Комиссарова Р.А., Писаревский С.А., Погарская И.А., Ржевский Ю.С., Родионов В.П., Слауцитайс И.П.* Палеомагнитология. Л.: Недра, 1982. 312 с.
32. *Чумаков Н.М.* Оледенения в геологической истории // Климаты Земли в геологическом прошлом. М.: Наука, 1987. С.44–69.
33. *Штилле Г.* Избранные труды. М.: Мир, 1964. 887 с.
34. *Шульц С.С.* Об изучении планетарной трещиноватости // Деформация пород и тектоника. М.: Наука, 1964. С.147–153.

35. *Blackett P.M.S.* Comparison of ancient climates with ancient latitudes deduced from rock magnetic measurements // Proc. Roy. Soc. 1961. 263. № 1. P. 236–248.
36. *Blackett P.M.S., Clegg J.A., Stubbs P.H.S.* An analysis of rock magnetic data // Proc. Roy. Soc. London, 1960. V. 256. P. 291–322.
37. *Bullard E.C., Everett J.E., Smith A.G.* The fit of continents around Atlantic // A symposium on continental drift // Phill. Trans. Roy. Soc. 1965. V. 268. P. 41–51.
38. *Cox A.* Geomagnetic reversals. Science. 1969. V. 163. P. 237–256.
39. *Creer K.M.* A review of palaeomagnetism. // Earth Sci. Rev. 1970. V. 6, № 4. P. 369–466.
40. *Dana J.D.* On some results of the earth's contraction from cooling, including a discussion of the origin of mountain and the nature of the earth's interior // Am. Journ. Sci. 1873. № 5. P. 423–443; № 6. P. 104–115; № 6–14. P. 161–171.
41. *Daly R.A.* The architecture of the Earth, 1938.
42. *Dietz R.S.* Continent and ocean basin evolution by spreading of the sea loor. Nature. 1961. V. 190, N. 4779. P. 854–857.
43. *Dolitsky A.V., Kochetkov R.M., Kozlova E.A.*et al. The new data on the early stage of development of the Earth, Mars, the Moon and Mercury // Theses of report. Microsymposium 40. Vernadsky Institute-Brown University. October 11–13, 2004, Moscow, Russia.
44. *Dolitsky A.V.* Origin of the primary tectonic structures of the Earth and planets. Part 2. New concepts in Global Tectonics. 2006. № 39. P. 21–27. www.ncgt.org.
45. *Fisher O.* Physic of the Earth crust // 2-ed. London, 1889.
46. *Hall J.* Description and figures of the organic remains of the lower Helderberg Group and the Oriskany Sandstone, Natural History of New York // Palaeontology. Geol. Surv. Albany, N.–Y. 1859. № 3. P. 544.
47. *Haug E.* Les geosynclinaux et les aires continentals. Contribution a l'etude des regressions et des transgressions marines // Bull. Soc. Geol. France, 1900. № 28 (3). P. 617–711.
48. *Heirtzler J.K., Le Pichon X.* Crustal structure of the mid-ocean ridges. Magnetic anomalies over the mid Atlantic ridge // J. Geophis. Res. 1965. V. 70. № 16.
49. *Hess H.H.* History of ocean besins // Petrologic Studiens. A volume to honor A.F.Buddington / Geol .Soc. Am. 1962. P. 599–620.
50. *Hobbs W.H.* Repeating patterns in the relief and in the structure of the land // Bull. Geol. Soc. Am. 1911. V. 22. P. 123–176.
51. *Irving E.* Palaeomagnetism and its application to geological problems // N.-Y. J. Wiley, 1964. 399 p.
52. *Isaks B., Oliver J., Syces L.R.* Seismology and the new global tectonics // J. Geophys. Res. 1968. V. 73. № 18.

53. *Kober L.* Bau und Entstehung der Alpen // Borntraege. Berlin, 1923. 376 p.
54. *Le Pichon X.* Sea-floor spreading and continental drift // J. Geophys. Res. 1968. V. 73. № 12.
55. *McElhinny M.W.* Palaeomagnetism and plate tectonics // Cambridge Univ. Press, 1973. 358 p.
56. *McElhinny M.W., Cowley J.A.* A Paleomagnetic directions and pole positions. XV. Pole numbers 15/1 to 15/232 // Geophys. J. Roy Astron. Soc. 1978. V. 52. P. 259–276.
57. *Mohorovicic A.* Das Begen von 9.X.1909. Jb. met. Obs., Zagreb, 1909. 1909. N 9. P. 1–63.
58. *Morgan W.J.* Rises, trenches, great faults and crustal blocks // J. Geophys. Res. 1968. V.73. № 6.
59. *Ringwood A.F.* Composition of the core and implications for the origin of the Earth. Geochem. Journ. 1977. N 11. P. 111–135.
60. *Runcorn S.K.* Palaemagnetic evidence for continental drift and its geophysical cause // Continental drift / Ed. by Runcorn S.K. N.-Y. London: Academic Press, 1962. P. 1–40.
61. *Runcorn S.K.* Lunar Magnetism, Polar Displacements in the Earth–Moon System // Nature. 1983. V.304. № 3927. P. 589–596.
62. *Schuchert C.* Sites and natures of the North-American geosynclines // Bull. Geol. Soc. Am. 1923. V. 34. P. 151–260.
63. *Stille H.* Bemerkungen zu James Gillulys "Distribtion of Mountain Bilding in Geologic Time" // Structur und Zeit. Geolog. Rundschau. Stuttgart, 1950. B. 38. H. 2.
64. *Stille H.* Uber Alter und Art Der Phasen variscischer Gebigsbildung, Nachrichten von der K. Ges. d. Wiss. zu Gottingen, math-phys. Kl., 1920.
65. *Storetvedt K.M.* Our Evolving Planet. Earth History in New Perspective. Bergen: Alma Mater Forlag, 1997. 456 p.
66. *Suess E.* Das Antlitz der Erde. Bd.I–III, 1883–1909
67. *Urley H.C.* Evidence regarding the origin of the Earth. Geochim. and Cosmochim. Acta. 1962. V. 26. P. 1–13.
68. *Vine F.J., Mattews D.H.* Magnetic anomalies over ocean ridges // Nature. 1963. V. 199. № 4897.
69. *Wilson J.T.* A new class of faults and their bearing on continental drift // Nature. 1965. V. 207. N 4995. P. 343–347.
70. *Wood J.A., Discey J.S., Marnin V.B. and Powel B.H.* Lunar anothosities and geophysical model of Moon. 1970. Proc. Apollo X.I Lunar Sei. Conf. Houston. V. 1.

Долицкий Александр Владимирович. Д.г.-м. наук. Снс ИФЗ РАН. Область научных интересов – глобальная геотектоника и геофизика.

ЧАСТЬ 2. ВРАЩАТЕЛЬНЫЕ И ВИХРЕВЫЕ ДВИЖЕНИЯ КАК ОСНОВА ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

«Второй основой миропониманья,
Чтоб время в микромире изучать –
Теория неразделимых квантов…
Цель – с относительностью кванты те спаять.
Тот синтез будет в будущем, однако
Уже открыт – частица – гравитон,
Что из кривого времени–пространства
Был квантовым скачком в наш мир рожден.
Малы масштабы времени–пространства –
Роль квантовых эффектов велика
И взрыв Большой не кажется столь странным,
Вселенная юна была когда.
И от Начала расширение Вселенной –
Суть квантовый прерывистый скачок.
Дискретно–непрерывны перемены,
И время квантами, наверное, течет…
Все связано в природе, все едино,
Единство – в основании всего.
Физической другой картины Мира,
Друзья, нам в ощущеньях не дано.
И в том Единства вечном изменении
Меж квантами – Спираль – как переход!
Все происходит в вихревом движении…
И этим же движением уйдет…

УДК 550.348.098

ВИХРЕВЫЕ АСПЕКТЫ ГЕОДИНАМИКИ

В.В. Низовцев[1], В.А. Кривицкий[2]
[1]*Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова,*
[2] *Международный университет природы общества и человека (Дубна), Россия*

Аннотация. Предложена альтернатива тектонике плит, учитывающая наличие у Земли вихревого привода вращения. Вихрь, вращающий планету, генетически связан с синтезом химических элементов из протопланетной магмы. Осесимметричные сдвиговые напряжения в земной коре возникают вследствие торможения вращения планеты приливными эффектами. Дифференциальный широтный профиль напряжений обусловливает сдвигово-ротационные тектонические перестройки. Тектоно-химическая эволюция литосферы вызывает изменения в ориентации вихря и последующий разворот оси вращения планеты. Предлагаемая альтернатива затрагивает основания современной космогонической парадигмы.

Введение

Современное концептуальное состояние физики Земли нельзя назвать простым. Ведущие отечественные тектонисты утверждают, что геодинамика находится на перепутье [30, 36], ибо тектоника плит исчерпала свой прогностический потенциал, а её постулаты противоречат реальности: локальный и асинхронный характер глубинных процессов [31], следы преимущественно горизонтальных относительных смещений базальтовых полей и астенолинз [14], латеральная гетерогенность мантии и «корни» континентов [26], – всё это несовместимо с конвекцией ячеистого типа. Однако патриарх теоретической геологии В.Е. Хаин [33] обоснованно утверждает, что на глобальном уровне мобилизму тектоники плит альтернативы пока не найдено.

С другой стороны, трудно отрицать системный характер эволюции тектоносферы. Так, реконструируя кинематику тектонических движений в подвижных поясах разного возраста, Ю.А. Морозов выявил «однотипный мотив строения и кинематической эволюции разновозрастных поясов», позволяющий говорить «об общих условиях и причинах их формирования, диктуемых неким единым механизмом» [16]. Таким образом, тектонисты вновь стоят перед необходимостью поиска общей причины растяжений, сжатий и ротаций. Без её познания невозможен существенный прогресс в изучении строения и эволюции Земли.

Между тем, остроту проблемы геодинамики следует расценивать как дополнительный симптом сомнительного состояния современной космогонической парадигмы в целом. Помимо этого в физике планет, равно как в кинематике и астрофизике солнечной системы, известен большой

перечень неразрешимых фундаментальных проблем, свидетельствующих об исчерпании возможностей динамической парадигмы и необходимости поиска новых подходов. К этому призывает, например, специалист по астродинамике А.М. Чечельницкий [34]. Стандартная космогоническая модель не способна указать причину разворота оси в случае Земли и разнообразия в ориентации осей вращения других планет, свидетельствующих о непостоянстве их положения в пространстве. Косвенно на такое непостоянство указывают нерегулярные спутники у планет гигантов. Современная астрофизическая парадигма не может также предложить убедительную интерпретацию феномену магнетизма Земли и Солнца. Приведём мнение А. Соуорда и П. Робертса по этому поводу: «Теория турбулентного динамо воздвигнута на топком болоте многочисленных трудностей, скрытых от поверхностного взгляда» [32].

В целом, проблемы энергетики и движущих сил в небесной механике, астрофизике и физике небесных тел стоят не менее остро, чем в геотектонике. Ныне можно утверждать, что их рациональное разрешение предполагает парадигмальные изменения фундаментальной науки. В частности, предлагаемая в двух работах этого сборника концепция глобальной тектоники и магнетизма небесных тел затрагивает основания современной космогонии, астрофизики и фундаментальной физики. Таким образом, возможные парадигмальные изменения, ожидающие науку, не в последнюю очередь будут инициированы результатами физики Земли и, в частности, геотектоники.

Предлагаемая альтернатива плейттектонике существенно основана на предположении, что вращение небесных тел имеет вынужденный характер. В случае Земли проницающий эфирно-вихревой осесимметричный привод вращения, приложенный ко всем её оболочкам, ответственен за целый ряд геофизических феноменов, в том числе – за тектонические процессы. Генезис данного вихря связан с формированием химических элементов в мафической магме, а его дальнейшая эволюция обусловлена тектоно-химическими процессами. Возникновение и эволюция вихревого «привода» вращения планеты определяются законами вихревой динамики Г. Гельмгольца.

Сдвиговые напряжения, которые вихревой привод создаёт в оболочках Земли, связаны с торможением её суточного вращения приливными эффектами: на низких широтах течения вихря опережают движения земных оболочек, понуждая планету к вращению, на высоких – оболочки Земли опережают течения вихря. Этот дисбаланс скоростей вызывает динамические эффекты во всех земных оболочках.

1. Реконструкция картины сдвиговых напряжений

В последнее время высказываются надежды связать тектогенез с инерциальными и приливным факторами [26, 33, 36]. В этом подходе

тектонические силы интерпретируют как результат совместного воздействия приливной и центробежной сил, каждая из которых изменяется со временем из-за периодических изменений орбиты Луны [1]. Однако преобладание горизонтальных напряжений и феномен горизонтальных ударов в эпицентральных зонах землетрясений определённо указывают на сдвиговые силы тангенциального характера. Тем не менее, ротационное направление поисков физических оснований геодинамики следует признать обоснованным. Необходимо лишь отказаться от представления об инерциальной природе вращения Земли и связать тектонические процессы с действием на планету силового поля, вызывающего её суточное вращение. Напомним, что Н.Н. Парийский [27] неоднократно указывал на необходимость поиска космического механизма, «подкручивающего» планету. По его оценкам, вековое замедление вращения Земли (удлинение суток на 0,02 мс/г.) необъяснимо мало в свете значительных приливных эффектов.

В интерпретации иностранного члена РАН М. Алле, наша планета находится в эфирно-вихревом «коконе», течения которого служат «приводом» её суточного вращения и, заметим мы, причиной тектонических и ряда других геофизических процессов (рис. 1). Образно говоря, Земля понуждается к вращению моментом сил, приложенных, в основном, на низких широтах к её литосфере и коре. Отсутствие синхронности между течениями привода и вращением планеты приводит к ряду оптических и механических феноменов, обзор которых можно найти в работах М. Алле полувековой давности [38].

Перечислим некоторые признаки рельефа земной поверхности, свидетельствующие о наличии в коре дифференциального сдвигового поля напряжений широтного направления. Прежде всего на его счёт можно отнести западно-восточную асимметрию земного лика, в частности, восточный сдвиг Южно-Американского континента по отношению к Северному и разворот Африканского континента. Сдвиговые напряжения в континентальной части планеты обнаруживаются в движениях Аравийской плиты, которые в свою очередь вызывают сдвигово-ротационные движения в Скифской и Восточно-Европейской платформах [10]. Постоянно действующие в системе отсчёта, связанной с Землёй, сдвиговые напряжения с дифференциальным широтным профилем способны вызвать также трансформные разломы широтного простирания. Явно ротационно-сдвиговую природу имеет *осесимметричная* сеть горно-складчатых хребтов материков и океанов при *дуговой* форме горных цепей [14].

Ярким свидетельством сдвига материковых масс по пластичному мантийному материалу являются активные окраины океанов. Глубоководные желоба и окраинные моря являются полями растяжений, обусловленных движением на восток материков и островных дуг, соответственно. Обнажающаяся в активных зонах океаническая кора закономерным образом

оказывается молодой. Ю.В. Чудинов назвал наблюдающийся процесс обновления дна эдукцией, связав её с подъёмом глубинного материала под давлением внутренних расширяющихся частей Земли [35]. Принимая во внимание все экспериментальные факты, приводимые Ю.В. Чудиновым в пользу эдукции, мы, в отличие от него, предполагаем, что эдукция является следствием горизонтальных сдвиговых напряжений, приложенных к возвышенным участкам земной коры. Расширение Земли, вызывающее разрывные нарушения, лишь подготавливает блоки для горизонтальных подвижек. Типичным результатом такого процесса служит островная дуга.

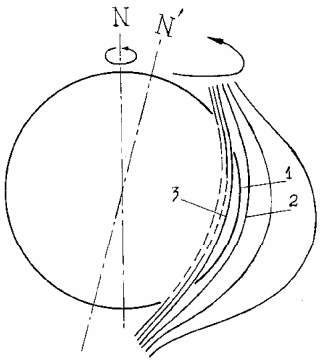
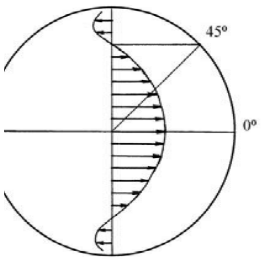


Рис. 1. Меридианное сечение планеты с вихревым приводом: 1 – поверхность Земли; 2 – сечение поверхности равных скоростей (изотаха) течений, вызывающих зональную циркуляцию атмосферы; 3 – изотаха течений в коре. Пунктир – изотахи течений в ядре вихря. N – северный полюс вихря.

Как известно, рифты, грабены и крупные прогибы на континентальной коре связывают с её растяжениями, тогда как складчатые пояса закономерно относят на счёт сжатий. При этом оба типа тектонических движений гипотетически связывают с процессами в астеносфере. Между тем, развитие континентальной коры можно связать со сдвиговыми напряжениями, приложенными непосредственно к ней. Со времён Вегенера формирование океанов связывают с глобальным растяжением континентальной коры [15]. О её тангенциальном широтном растяжении свидетельствует не получившая убедительного объяснения регматическая субмеридианальная сеть разломов.

Весьма симптоматичными в геодинамическом отношении представляются ротационные геотектонические объекты, образующие в плане *s*- или *z*-структуры. Согласно теореме Гельмгольца о сохранении завихренности, наличие вихревых структур двух типов указывает на реализацию в оболочках Земли двух полей завихренности: левого и правого типа. Иными словами, в системе отсчёта, связанной с Землёй, постоянно поддерживаются циклонические и антициклонические сдвиговые напряжения (или ротационные течения флюидного типа). При этом в подвижных поясах эпизодически, как отмечает Ю.А. Морозов [16], полюса соответствующих вихревых полей действуют на оболочку Земли, формируя в плане спиральную структуру одного из видов.

Отставание течений привода от движения земной поверхности на высоких широтах, приводящее к дифференциальному профилю напряжений на рис. 2, обусловлено двумя причинами. Первая заключается в приливном торможении ротации Земли, вторая – в несовпадении симметрий цилиндрического вихревого привода и сферического вращаемого тела (см. рис. 1). В пользу предлагаемого широтного профиля говорят феномены «тектонического» характера, наблюдающиеся в других оболочках. Так, дифференциальный широтный профиль сдвиговых напряжений обнаруживается в гидро- и атмосфере. По оценкам Н.Н. Парийского, на Земле в экваториальной зоне атмосфера дрейфует в восточном направлении со скоростью 46,5 м/с [28]. На Юпитере и Сатурне опережающие поверхность планеты течения достигают скоростей 100 и 400 м/с, соответственно, и наблюдаются непосредственно. На Земле они обнаруживается в океанических течениях западных ветров.



Оценивая физическую возможность вихревого привода флюидного типа, следует учитывать, что из-за эфемерной плотности и незначительной вязкости эфирной среды привод имеет «мягкий» характер. Он обнаруживается лишь на космогонических и геологических временах. Наличие эфирных течений и самой эфирной среды не исключает возможности движений тел «против ветра». На эту возможность указывал ещё Ньютон [25]. Современные данные физики высоких энергий приводят к следующим реологическим параметрам эфира: плотность $3{,}7\cdot10^{-3}$ кг/м^3, сдвиговая вязкость $2\cdot10^{-7}$ м^2/с [21].

Важно также подчеркнуть, что с данным силовым полем связано и (дрейфовое) обращение естественных спутников планет. Дрейфовая природа обращения планет и их спутников описана ранее в работах [20, 21, 23]. В случае Земли наличие естественного спутника с регулярным обращением облегчает построение вертикального низкоширотного профиля сдвиговых течений, к которому мы обратимся ниже.

Как заметил В.Н. Шолпо [36], вихревой подход обладает большой привлекательностью, легко, однако, видеть, что он выводит нас за пределы современной *инерциальной* космогонической парадигмы и возвращает к эфиродинамической *дрейфовой* парадигме XVII–XIX в. Согласно последней, вращение (как и обращение) Земли поддерживается эфирным приводом. Возрождение ныне забытой гипотезы эфира ставит нас также перед необходимостью нового решения проблемы происхождения планет. В небулярной и аккреционной моделях химические элементы, слагающие ныне тела солнечной системы, ранее находились в составе протопланетных облаков или планетезималей. Геологические данные, однако, косвенно указывают на то, что химические элементы формировались в поверхностном слое мафической магмы и в последующем эволюционировали в ходе геологических процессов. В свете этого вновь встаёт вопрос об источнике энергии, требуемой для поддержания обращения и вращения планет и всей совокупности геологических и геофизических процессов.

2. Энергетические аспекты кинематики солнечной системы

В предлагаемой концепции регулярную составляющую обращения небесных тел следует отнести на счёт стационарного глобального линейного вихря, встроенного в каскадную систему вихрей Галактики, а вращение небесных тел и обращение их спутников приписать локальным вихрям эндогенного происхождения [20, 23]. Солнце находится на оси центрального вихря и понуждаемо к вращению его осесимметричными течениями. Протяжённость глобального вихря не менее 10 св.г. (10^{14} км), поперечник в зоне солнечной системы несколько больше 10^{10} км, скорость осевого течения около 215 км/с (ортогональная к эклиптике составляющая скорости галактического движения Солнца).

С гидродинамической точки зрения кинематический привод солнечной системы представляет собой стационарный вязкий вихрь [2] галактического происхождения. Кинематика солнечной системы определяется суперпозицией данной гигантской вихревой нити, течения которой поддерживают регулярную компоненту обращения небесных тел, и локальных «коротких» вихрей, приуроченных к каждому небесному телу и выполняющих роль вихревого привода (см. рис. 1).

Галактика, транслирующая в солнечную систему энергию течений метагалактики в виде кинетической энергии эфирных турбулентных течений, служит источником энергии для поддержания обращения и вращения планеты, а также геофизических процессов и эволюции слагающего её материала. Трансляция осуществляется путём каскадного распада метагалактических вихрей при их турбулизации. Данная гипотеза принадлежит В. Нернсту [19]. Модель турбулентного эфира была предложена ещё в XVIII в. Н. Мальбраншем и затем развита лордом Кельвином. Согласно теоремам, доказанным Н.А. Умовым, эфир играет роль агента всех физических взаимодействий. Выводы современной теории турбулентности свидетельствуют о безошибочности концепции классиков науки. Опираясь на их работы, в будущем мы предложим и механизм превращения энергии турбулентных пульсаций эфирных течений внутри Земли в геотермальную энергию. На протяжении всей геологической истории вращение Земли и геологические процессы на ней обязаны своей энергией течениям эфирной метагалактической среды. В частности, горизонтальные составляющие деформаций земной коры обусловлены сдвиговыми напряжениями, которые вызываются тангенциальными течениями вихревого привода.

3. Профиль течений в экваториальном сечении вихревого привода

Гипотеза о вынужденном характере, как обращения, так и вращения планет вносит ясность в противоречивые данные по эфирному ветру, полученные в первую половину XX в. С историей вопроса можно ознакомиться по книге С.И. Вавилова, который отметил необоснованность решения физиков отказаться от гипотезы эфира [7]. Искавшийся физиками эфирный ветер со скоростью 30 км/с не наблюдается потому, что обращение Земли имеет дрейфовый характер (рис. 3). При этом эфирный ветер со скоростью от 1 до 10 км/с, обнаруженный в опытах Д. Миллера и других, очевидно, связан с наличием у Земли вихревого привода. Этот слабый ветер объясняется «нерегулярностью» вращения Земли. Как уже отмечалось, из-за приливного торможения вращения планеты и несовпадения осей привода и вращаемого тела скорость поверхности не равна скорости течений – это создаёт эффект эфирного ветра. Суточные вариации экспериментального значения скорости ветра объясняются заметными перемещениями тела Земли в пространстве течений вихревого привода. Легко понять, что эти

перемещения должны сказываться на пространственно-временной динамике массопереносов в земных оболочках. Общеизвестна связь сейсмических и метеорологических феноменов с обращением Луны [6]. Причину данной связи следует искать в изменениях приложенного к оболочкам Земли сдвигового поля, связанных с движением Земли относительно барицентра.

Эксцентрическое смещение Земли в пространстве вихревых течений можно уточнить, используя возможности системы глобального позиционирования (GPS). Как известно, показания атомных часов, установленных на 24 геостационарных спутниках, не удалось согласовать с предсказаниями специальной и общей теорий относительности [39]. Рассогласования связаны с наличием эфирного ветра, скорость которого, таким образом, может быть рассчитана.

На рис. 4 представлен предположительный радиальный профиль тангенциальных течений земного вихря на низких широтах. Принципы реконструкции профилей локальных вихрей подробно изложены в работе [20]. Вихрь состоит из ядра (линейный участок профиля) и зоны распределённой завихренности. На больших расстояниях от оси вихря его течения поддерживают обращение Луны. Аналогично глобальному вихрю солнечной системы, за пределами ядра скорость изменяется как $r^{-1/2}$. Как уже отмечено, взаимное положение Земли и её ротационного привода непрерывно изменяется, поэтому рис. 4 представляет собой усреднённую картину: планета расположена на оси вихря. Важно также отметить, что на средних и высоких широтах изотахи течений «прижимаются» к оси вихря (см. рис. 1), – это приводит к более быстрому уменьшению скорости с расстоянием; в частности, можно ожидать профиль $\sim r^{-1}$.

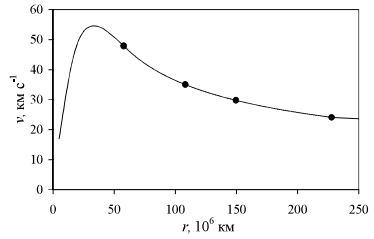


Рис. 3. Профиль течений глобального вихря солнечной системы. Точки – планеты земной группы. В масштабе диаграммы Солнце не показано. Участок профиля ближе Меркурия имеет условный характер.

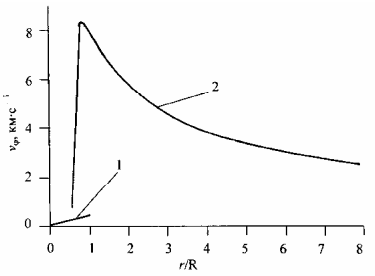


Рис. 4. Профиль тангенциальной скорости (v_φ) течений привода в экваториальном сечении: 1 – твёрдотельное вращение Земли; 2 – профиль скорости эфирных течений; R – радиус Земли. На рисунке ось вихря и Земли совпадают, при этом ядро вихря показано пустотелым (см. ниже).

4. Генезис и эволюция локального вихря

Разнообразие в ориентации осей вращения планет свидетельствует об их разворотах со временем. На Земле это обнаруживается по размещению типов литогенеза, описанных Н.М. Страховым для фанерозоя. Тем более удивительной представляется примерное равенство угловых скоростей небесных тел (в небесной механике это обстоятельство получило название закона изоротации): при разнице масс в 12 порядков разброс периодов вращения составляет не более порядка [40]. Все небесные тела, не подверженные приливным действиям центральных тел, – вплоть до комет – имеют период вращения порядка 10 ч. Но изоротация означает равенство массовой (объёмной) плотности углового момента для тел разной природы. Поэтому естественно связать генезис вихря, вращающего небесное тело, с элементогенезом, происходящим *in situ*, а его эволюцию и, следовательно, разворот оси вращения планеты – с тектоно-химической эволюцией материала, слагающего тело. Поясним сказанное.

Согласно классической физике, эфирный континуум служит материальным субстратом для микрочастиц [41]. Д.И. Менделеев зарезервировал за ним самую первую ячейку своей таблицы, которую ныне стыдливо занимает водород. В. Нернст писал об эфире как о «среде, вмещающей в себя огромные количества энергии», о «воссоздании материи за счёт эфира», о «непрерывном зарождении и исчезновении материи» в эфире, понимая под материей вещество и слагающие его частицы. В данной концепции (Г. Гельмгольца, лорда Кельвина и др.) микрочастицы представляют собой вихревые динамические структуры с большим внутренним запасом кинетической энергии. В современной физике её обозначают метафорой «энергии покоя».

Обобщение результатов тектонического, геохимического и петрологического характера позволяет предположить, что генезис ядер химических элементов на Земле происходил в протопланетной порции магмы, сброшенной Солнцем на некотором этапе своей эволюции. Здесь было бы преждевременно обсуждать «химический» состав раннего Солнца и, следовательно, ранней Земли. В 1957 г. В.А. Амбарцумян высказал мнение, что «вещество протозвёзд является сверхплотным и, возможно, близким по плотности к атомным ядрам» и отметил большую важность «вопроса об образовании химических элементов, из которых состоит обычное космическое вещество» [3]. Однако ещё в 1909 г., рассматривая проблему *парагенезиса* химических элементов при геологических процессах, В.И. Вернадский [8] напомнил о мнении В. Крукса (1886 г.), согласно которому все элементы образовались «из одного первичного вещества – протила». В ходе геологической эволюции происходит расщепление ядерного материала химических элементов [5, 11]. В целом, элементный и изотопный состав геологических пород со временем изменяется. О снижении

плотности земного вещества и соответствующем росте радиуса Земли свидетельствует непостоянство модуля её углового момента (последнее подтверждается нарушением правила $g/\omega = \text{const}$, где g – ускорение свободного падения, ω – угловая скорость вращения планеты [12]). К сожалению, на протяжении прошедших ста лет физика и космогония уклонялись от решения проблемы Амбарцумяна–Крукса. Тем самым фактически был наложен запрет на разработку перспективной концепции «расширяющейся Земли», как обоснованно подчеркнул А.В. Николаев [24].

Для нашей темы важно, что независимо от конкретной «химической» структуры магматического субстрата, генезис химических элементов и образование первичной коры на ранней планете сопровождались генерацией завихренности в космической эфирной среде, омывающей и пропитывающей планету. Причина заключается в следующем. Согласно теореме Гельмгольца о сохранении завихренности, вихри формируются в паре, обладающей нулевой суммарной завихренностью. Выделение из мафической магмы атомов (вихревых, спиновых частиц), слагающих вещество, сопровождалось одновременным формированием в непосредственной близости от них компенсационных течений с завихренностью противоположного направления. Иными словами, *атомы химических элементов порождались вращающимися как целое*. Компенсационные течения диффундировали наружу и оформлялись в виде автономного планетного вихря, который ныне вращает планету и поддерживает обращение спутника. Такую коалесценцию малых вихрей в гидродинамике называют обратным каскадом. Тесная связь между космогенезом элементов и формированием вихревого привода, вращающего небесное тело, закономерно приводит к изоротации. Осесимметричная центробежная диффузия компенсационной завихренности наружу и само порождение её во внешних оболочках Земли, возможно, приводят к пустотелости локального вихря: в отличие от глобального вихря (см. рис. 3), в приосевой зоне ротационного привода течения отсутствуют (см. рис. 4). С учётом диффузии завихренности максимальная скорость течений на границе вихревого ядра принята несколько большей первой космической скорости (7,9 км/с).

Обсудим коротко причину эволюции момента вращения планеты по величине и направлению. Перемещения вещества в ходе тектонических процессов и параллельные тектоно-химические процессы сопровождаются в соответствии с теоремой Гельмгольца изменением ориентации момента локального вихря. Таким образом, будучи динамической причиной тектонических процессов, вихревой привод планеты, в свою очередь, непрерывно эволюционирует в силу моментной (спиновой) перестройки вещества земной коры. По этой причине ось вихря всегда несколько отклонена от оси вращения планеты (см. рис. 1), что вызывает медленный разворот внешней оболочки Земли, как обоснованно предполагает Н.И. Павленкова [26]. В таком случае трансформные разломы субширотной

или меридианной ориентации следует связывать с иной ориентацией оси вихря и, следовательно, сдвиговых напряжений в прошлом. Показательно в этом отношении, например, сочетание Курильской и Алеутской островных дуг субширотного простирания и ортогональных к ним трансформных разломов [9].

Доказательством разворота вихревого привода и последующей центробежной диффузии завихренности служит наличие у планет гигантов внешних нерегулярных спутников. На рис. 5 условно (в одной плоскости) показана ориентация орбит спутников Юпитера и Сатурна, где угол наклона вектора средней скорости обращения спутника равен углу наклона плоскости его орбиты к экваториальной плоскости планеты. Отрицательные значения логарифма скорости соответствуют обратному обращению; данные взяты из работ [13, 17].

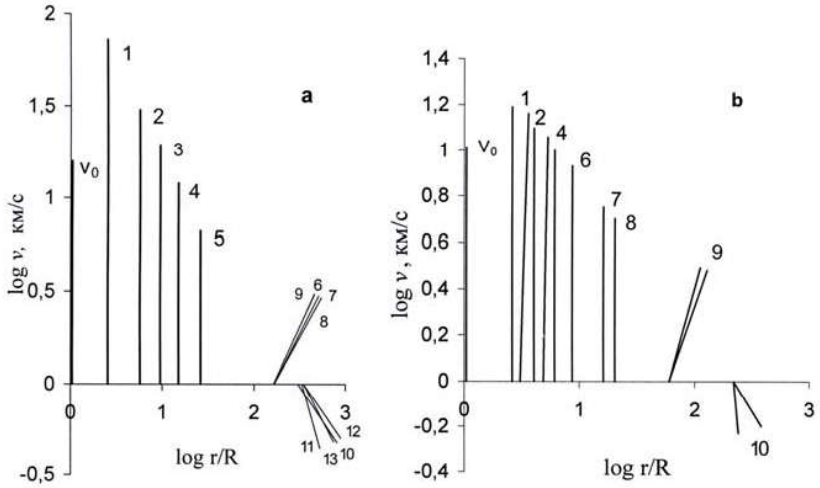


Рис. 5. Наклонение орбит спутников Юпитера (a) и Сатурна (b) к экваториальной плоскости планет. Вертикальные отрезки соответствуют нулевому наклонению. Длина отрезка отражает среднюю скорость обращения спутника в логарифмическом масштабе. Спутники пронумерованы в порядке удаления от планеты. V_0 – скорость поверхности планеты на экваторе.

Согласно общепринятой точке зрения, нерегулярное обращение спутников свидетельствует об их захвате или пережитом столкновении на стадии аккреции протопланетного материала. Обе модели вызывают возражения механиков [29]. По нашему мнению, разница в ориентации орбит внутренних и периферийных спутников объясняется пространственной эволюцией планетного вихревого привода, последствия которой достигают внешних спутников с большим запаздыванием. В предшествующую геологическую эпоху ось вихревого привода, как Юпитера, так и Сатурна,

разворачивалась, изменяя вначале ориентацию оси вращения планеты, а затем и плоскости орбиты спутников. Из-за малой вязкости эфирной среды диффузия вихревых течений новой ориентации происходит весьма медленно. В настоящее время вихревые течения, оси симметрии которых совпадают с осями планет, поддерживают обращения лишь ближайших спутников, называемых поэтому регулярными. При этом внешние спутники планет всё ещё обращаются в «старом» направлении, однако диффузионный фронт вихря в его новой ориентации уже достиг зоны их обращения. О последнем свидетельствует неустойчивость орбит внешних спутников. Спутники 9 (Япет) и 10 (Феба) Сатурна демонстрируют переменные наклонения орбит. Неустойчивость орбит в случае внешних спутников Юпитера заметна по разбросам наклонений в переделах каждой из двух внешних групп. Первоначальная ориентации углового момента ранних планет, очевидно, определялась угловым моментом Солнца.

В данной работе не получил освещения выявленный Ю.А. Морозовым [16] циклический характер кинематических инверсий в подвижных поясах. В будущем мы обратимся к обсуждению данного вопроса. Предварительно заметим, что продолжительность кинематических циклов развития геологических процессов действительно, как отмечает Ю.Н. Авсюк, коррелирует с эволюцией системы Земля–Луна [1], однако собственно приливные и центробежные силы в данном случае не являются определяющими. Это, в частности, подтверждается и результатами анализа сейсмических данных, проведённого Н.П. Булатовой [6]. Самые общие закономерности пространственно-временной динамики привода ротации и тектогенеза изложены в статье настоящего сборника по геомагнетизму [22].

Заключение

Непредвзятый анализ некоторых геофизических проблем приводит к выводу о необходимости пересмотра ряда фундаментальных космофизических концепций. Науки о Земле составляют значительную и самую динамичную компоненту современного естествознания – не исключено поэтому, что очередные парадигмальные изменения фундаментальной науки будут инициированы физикой Земли. Вытекающие из всей совокупности экспериментальных данных петрохимии, тектоники и геофизики выводы об элементогенезе и сдвиговом поле напряжений, вызывающем вращение и тектонику планеты, ставят фундаментальную физику перед необходимостью пересмотра положений о «вечности» атомов, аккреционном генезисе солнечной системы и инерциальном вращении небесных тел.

Характеризуя возможности развиваемой вихревой парадигмы в целом, можно отметить следующее. Кинетический подход представляется весьма перспективным в плане разрешения других застарелых проблем физики

планеты: геомагнитное поле и его обращение, природа циклов тектогенеза; происхождение геотермальной энергии; наконец, природа гравитации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Авсюк Ю.Н.* Приливные силы и природные процессы. М.: ОИФЗ РАН, 1996. 188 с.
2. *Алексеенко С.В., Куйбин П.А., Окулов В.Л.* Введение в теорию концентрированных вихрей. М.– Ижевск: Ин-т комп. исслед., 2005. 504 с.
3. *Амбарцумян В.А.* Научные труды. В двух томах. Т. 2. Ереван: Изд-во АН АССР, 1960. 361 с.
4. *Атлас океанов.* Северный ледовитый океан. ГУНО–МО СССР. 1980. 185 с
5. *Боганик Н.С.* Ядерная химия – новая область исследований // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1953. № 6. С. 54–66.
6. *Булатова Н.П.* Широтное распределение сейсмичности Земли в зависимости от положения Солнца и Луны // Вулканология и сейсмология. 2005. № 2. С.57–78.
7. *Вавилов С.И.* Экспериментальные основания теории относительности. М. – Л.: ГИТТЛ, 1928. Глава III.
8. *Вернадский В.И.* Парагенезис химических элементов в земной коре // Избр. соч. Т.I. М.: Изд-во АН СССР, 1954. С. 395–410.
9. *Кононов М.В.* Тектоника плит северо-запада Тихого океана. М:. Наука, 1979. 168 с.
10. *Копп М.Л.* Новейшие деформации Скифской и юга Восточно-Европейской платформ как результат давления Аравийской плиты // Геотектоника. 2000. № 2. С. 26–42.
11. *Кривицкий В.А.* Трансмутация химических элементов в эволюции Земли. М.: МПГУ, 2003. 204 с.
12. *Кропоткин П.Н.* Пульсационная геотектоническая гипотеза В.А.Обручева и мобилизм // Проблемы расширения и пульсаций Земли / Ред. Е.Е. Милановский. М.: Наука, 1984. С. 24–33.
13. *Крукшенк Д., Дегевий Дж., Целлнер Б.* Внешние спутники Юпитера // Спутники Юпитера. В 3-х частях. Ч. 1. Ред. Д. Моррисон. М.: Мир, 1985. С. 147–164.
14. *Макаренко Г.Ф.* Покровные базальты и данные сейсмической томографии // Тихоокеанская геология. 1995. № 3. С. 60–72.
15. *Милановский Е.Е.* Развитие идей о происхождении и истории океанических впадин // Проблемы эволюции тектоносферы. Ред. В.Н. Шолпо. М.: ОИФЗ РАН, 1997. С. 9–23.

16. *Морозов Ю.А.* Цикличность кинематических инверсий в подвижных поясах в свете лунно-земных связей // Геотектоника. 2004. № 1. С. 21–50.
17. *Моррисон Д., Крукшенк Д., Бернс Дж.* Сведения о спутниках // Спутники планет. / Ред. Дж. Бернс. М.: Мир, 1980. С. 13–28.
18. *Нейман Г.* Океанские течения. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. 257 с.
19. *Нернст В.* Мироздание в свете современной науки. П-д.: Научное книгоиздат-во, 1923. 82 с.
20. *Низовцев В.В.* Континуальная модель гравитации солнечной системы // Проблемы холодной трансмутации ядер химических элементов. Мат-лы 10-й Рос. конф. Дагомыс, Сочи. 2002. М., 2003. С. 371–379.
21. *Низовцев В.В., Бычков В.Л.* Структурно-динамические параметры эфирной среды // Проблемы холодной трансмутации ядер химических элементов. Мат-лы 11-й Рос. конф. Дагомыс, Сочи. 2003. М., 2004. С. 325–339.
22. *Низовцев В.Л., Бычков В.Л.* Вихревая природа геомагнетизма // Настоящий сборник.
23. *Низовцев В.В., Панченко О.В.* Гидромеханическая модель солнечной системы // Геоинформатика. 2003. № 4. С. 54–58.
24. *Николаев А.В.* Черты геофизики XXI века // Проблемы геофизики XXI века. В 2 кн. Ред. А.В Николаев. М.: Наука, 2003. Кн. 1. С. 7–16.
25. *Ньютон И.* Оптика или трактат об отражениях, преломлениях, изгибаниях и цветах света.. М.–Л.: ГИЗ, 1927. 300 с.
26. *Павленкова Н.И.* Ротационно-флюидная гипотеза глобальной геотектоники // Эволюция тектонических процессов в истории Земли. Мат-лы XXXVII Тектонического совещания. Новосибирск.: Изд-во СО РАН, 2004. Т.2. С. 66–69.
27. *Парийский Н.Н.* О нерегулярных изменениях скорости вращения Земли и возможной связи их с деформациями Земли и изменениями силы тяжести // Проблемы расширения и пульсаций Земли / Ред. Е.Е. Милановский. М.: Наука, 1984. С. 84–93.
28. *Парийский Н.Н.* Избранные труды. М.: ОИФЗ РАН. 2000. 400 с.
29. *Поллак Д.*Б., *Фанейл Ф.* Происхождение и эволюция системы спутников Юпитера // Там же. Ч. 3. С. 264–304.
30. *Пущаровский Ю.М.* Новые веяния в тектонике // Геотектоника. 1997. № 4. С. 62–68.
31. *Пущаровский Ю.М., Меланхолина Е.Н.* Тектоническое развитие Земли. Тихий океан и его обрамление. М.: Наука, 1992. 263 с.
32. *Соуорд А.М., Робертс П.Г.* Современное состояние теории динамо // Магнитная гидродинамика. 1976. Т. 12. С. 3–51.
33. *Хаин В.Е.* Геотектоника на новом переломе своего развития // Геотектоника. 1996. № 6. С. 38–42.

34. *Чечельницкий А.М.* Экстремальность, устойчивость, резонансность в астродинамике и космонавтике. М.: Машиностроение, 1980. 355 с.
35. *Чудинов Ю.В.* Геология активных океанических окраин и глобальная тектоника. М.: Недра, 1985. 286 с.
36. *Шолпо В.Н.* Размышления о нелинейной геодинамике // Геотектоника. 1996. № 6. С. 29–37.
37. *Яншин А.Л.* Вероятная эволюция геофизических полей в истории Земли // Эволюция геологических процессов в истории Земли. / Ред. Н.П. Лаверов. М.: Наука, 1993. С. 81–88.
38. *Allais M.F.C.* Should the laws of gravitation be reconsidered? // Aero-Space Engineering. 1959. No. 9, pp. 46–52; No. 10, pp. 51 – 55; No. 11, p. 55.
39. *Muller F.*J., *Means D.* Solar and Galactic Sagnac effects might be hidden in published GPS data of 1985 // Galilean Electrodinamics. 1994. Vol. 5. No. 5. P. 90–97.
40. *Tedesco E.F., Zappalá V.* Rotational properties of asteroids: correlations and selection effects // Icarus. 1980. V. 43. P. 33–50.
41. *Thomson W.* On the vortex atoms // Phil. Mag. Ser. 4. 1867. V. 34. P. 15–24.

Низовцев Владимир Васильевич. С.н.с. факультета почвоведения МГУ им. М.В.Ломоносова. К.ф.-м.н., доцент. Область научных интересов: физика планет, астрофизика солнечной системы.

Кривицкий Владимир Алексеевич. Доцент кафедры прикладной геофизики Международного университета природы, общества и человека (Дубна), к. г.-м. н. Область научных интересов: геохимическая эволюция Земли, рудогенез.

УДК 523.16

ВИХРЕВАЯ СТРУКТУРА ВСЕЛЕННОЙ

А.С. Латкин [1], Н.А. Шило [2]

[1] *Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия*

[2] *Президиум РАН, г. Москва*

Аннотация. На основании анализа решения математических моделей предлагается расчёт структуры движения межпланетного вещества в планетарной системе и формулируется гипотеза, объясняющая продолжительность существования звёздных систем во Вселенной.

Циркуляционное движение – самое распространенное во Вселенной: фотографии Галактик, звездных систем, движение воды, обмен газов в биосфере, все обменные и жизненные процессы – вот неполный перечень доказательств этому. Вместе с тем – циркуляционные движения одни из самых загадочных явлений в природе: закрученное движение газового или жидкостного потока создает поле центробежных сил, развитой турбулентной структуры и градиента температур, поток электронов в соленоиде формирует электромагнитное поле и, вполне возможно, что поток фотонов в соленоиде из световода рождает, в свою очередь, какое-то физическое поле.

Однако если явления, связанные с наличием центробежного поля и пульсационного движения, можно довольно точно рассчитать, то для явлений, связанных с температурным разделением, формированием электромагнитных полей, существует только ряд спорных, не вполне обоснованных гипотез – ведь даже образование обычной воронки при истечении жидкости мы не в состоянии не то что рассчитать, но даже внятно объяснить.

Это происходит в результате сложности экспериментального исследования циркуляционных процессов, с одной стороны, и ограниченной возможности вести исследования аналитическими способами – с другой. Имеющиеся исследования циркуляционного движения проводились для зон малых размеров: от технологических вихревых устройств до природных «циклонов» (степень изученности которых несопоставимо ниже вихревых устройств).

Из-за сложности решения уравнений движения (Эйлера, Навье–Стокса и Рейнольдса) в настоящее время имеются аналитические решения для двух видов вращательного движения: 1 – потенциальное вращение симметричного плоского потока; 2 – твердое вращение.

Несмотря на ограниченность применения, эти решения могут дать информацию для качественного анализа циркуляционного движения. В виде примера рассмотрим движение планет в звёздных системах. Так как в настоящее время наиболее изученной является Солнечная система,

возьмём её за образец, то есть будем считать, что у большинства звёздных систем наблюдаются те же закономерности. Все планеты вращаются вокруг Солнца практически в одной плоскости, орбиты вращения близки к круговым, а орбитальные скорости, в зависимости от расстояния от Солнца, подчиняются квазипотенциальному закону из-за малого трения с межпланетной средой. Изложенные факты определяют граничные условия:

$$\frac{\partial}{\partial r} > \frac{\partial}{\partial \varphi} > \frac{\partial}{\partial z}\ ;\ V_\varphi > V_r > V_z, \qquad (1)$$

где r – расстояние от Солнца до точки в плоскости вращения планет и, соответственно, радиальная координата; φ – угловая координата; z – координата, перпендикулярная плоскости вращения планет; V_φ, V_r, V_z – тангенциальная, радиальная и осевая составляющие вектора скорости движения системы.

Допустим, что такая закономерность характерна не только для движения планетарной Солнечной системы, но и большинства планетарных Звездных систем, поэтому в дальнейшем имеет смысл оперировать понятиями Звезда, планеты, межзвездное и межпланетное вещество, а адекватность рассуждений оценивать имеющимися данными для Солнца и Солнечной системы, так как для Звезд они пока отсутствуют.

Допуская, что концентрация межпланетного вещества невелика по сравнению с массой системы, то трением можно пренебречь и за исходное взять для анализа уравнение Эйлера для стационарного движения, т.к. изменение в системе в течение существования наблюдений не наблюдалось:

$$\rho \frac{dv}{dl} = \frac{\partial P}{\partial l}, \qquad (2)$$

где ρ – средняя плотность вещества; v – вектор скорости; l – пространственная координата; P – давление в системе.

Преобразуем уравнение (2) в трехмерное в цилиндрической системе координат, с учетом граничных условий (1) и получим следующую систему:

$$\begin{aligned} V_r \frac{\partial v_r}{\partial r} - \frac{V_\varphi^2}{r} &= -\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial r} \\ V_r \frac{\partial v_\varphi}{\partial r} + \frac{V_\varphi V_r}{r} &= 0 \\ \frac{\partial v_r}{\partial r} - \frac{V_r}{r} &= 0. \end{aligned} \qquad (3)$$

Система дифференциальных уравнений (3) имеет аналитическое решение [3]:

$$V_r = C/r;\ V_\varphi = C_1/r;\ \Delta P = C_2 - \rho\,(C^2 - C_1^2)\,/\,2r^2,\qquad (4)$$

где ΔP – перепад давления; C, C_1, C_2 – постоянные интегрирования.

Анализ полученного решения показывает, что в результате вращения системы имеется градиент давления межпланетного вещества в плоскости вращения планет, а в области Звезды (центра вращения) давление межпланетного вещества ниже среднего давления в пространстве. Таким образом, создается возможность поступления вещества Вселенной, состоящей на 80–90% из водорода, к поверхности Звезды. Учитывая интенсивность тепломассообменных явлений в этой зоне, подводимое вещество может явиться топливом для термоядерных процессов в ходе существования Звездной системы.

Данная гипотеза позволяет объяснить длительное время существования Солнечной системы, так как существование Солнца только за счет термоядерных процессов массы его вещества возможно только 3–4 десятка тысяч лет. А самое главное, решается парадокс, который хорошо известен в астрономии: температура газа в солнечной короне значительно выше температуры поверхности Солнца. С позиций термоядерного процесса в объёме это совершенно непонятно, однако, если термоядерные процессы идут за счет подводимого к звезде водорода из пространства, то все становится объяснимым – термоядерные процессы, связанные с синтезом легких элементов из водорода, идут в короне Солнца (и этот процесс, по всей видимости, характерен для любой Звезды). В результате этого идет интенсивный подвод энергии к поверхности Звезды, что дает возможность при наличии различных продуктов термоядерного синтеза формировать ее структуру за счет синтеза более тяжелых элементов в ее объеме, вплоть до трансурановых, с массами, на много большими известным нам.

Существуют факты прямого подтверждения справедливости данной гипотезы: во-первых, масса вещества, поступающего на звезду, значительна, так как опыт межпланетных полетов показал, что концентрация межпланетного вещества на 3–4 порядка выше, чем считалось ранее; во-вторых, тангенциальная составляющая, полученная в результате решения исходной системы (3), значительно выше реальных скоростей вращения планет, а это можно объяснить только высоким внутренним трением в результате движения вещества в Солнечной системе.

Встаёт вопрос, а следует ли брать к рассмотрению модели, которые дают такую ошибку, в то время когда решения, предложенные Ньютоном для Солнечной системы, имеют полную сходимость с реальным движением планет? Рассмотрим решение Ньютона: из баланса гравитационной силы, действующей между Звездой и Планетой ($F_{гр}=\gamma mM/R^2$), и центробежной силы, удерживающей планету на орбите ($F_{цб}=mV_\varphi^2/R$), можно определить реальную скорость вращения планеты

$$V_\varphi = C_2 / r^{1/2}. \quad (5)$$

Однако уравнение Ньютона на основе баланса гравитационных и центробежных сил движения планет по их орбитам является кинематическим и не в состоянии объяснить причины движения системы. Вместе с тем, необходимо учитывать, что модель на основе решения уравнения Эйлера может дать только основу для качественного анализа, который нам уже показал необходимость учета вязкости, а, следовательно, для качественной оценки динамического взаимодействия системы нам необходимо взять уравнение Навье–Стокса. Для исходных граничных условий оно будет иметь вид:

$$\begin{aligned} V_r \frac{\partial v_r}{\partial r} - \frac{V_\varphi^2}{r} &= -\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial r} + \nu f(V_r), \\ V_r \frac{\partial v_\varphi}{\partial r} + \frac{V_\varphi V_r}{r} &= \nu\left(\frac{\partial^2 V_\varphi}{\partial r^2} + \frac{\partial V_\varphi}{r\partial r} - \frac{V_\varphi}{r^2}\right), \\ \frac{\partial v_r}{\partial r} - \frac{V_r}{r} &= 0, \end{aligned} \quad (6)$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости пространства.

Значение скорости движения вещества планетарной системы в радиальном направлении можно получить из решения третьего уравнения системы (6):

$$V_r = C/r_i, \quad (7)$$

где r_i – текущий радиус в планетарной системе, γ – гравитационная постоянная; m и M – массы планеты и звезды, соответственно; R – радиус орбиты планеты.

Подставив уравнения (5) и (7) во второе уравнение системы (6), найдем распределение коэффициента кинематической вязкости ν межпланетной среды и его изменение по радиусу планетарной системы:

$$\nu = 2C/ (2r_i + 1). \quad (8)$$

Анализ полученного уравнения показывает, что в пространстве около Звезды вязкость межзвездного вещества значительна, а, следовательно, наличие внутреннего трения приведет к изменению закона вращения межзвездного вещества от квазипотенциального $V_\varphi=C/f(r)$ к квазитвердому $V_\varphi=C\ f(r)$.

Общий профиль тангенциальной составляющей можно найти на основе простейших рассуждений. Период движения вещества и планет в реальной звездной системе T можно найти из уравнения:

$$T = \Delta T + r_i / C_1, \quad (9)$$

где r_i /C_1 – период вращения системы при потенциальном вращении; Δ T – приращение периода вращения из-за сил внутреннего трения.

Учитывая, что угловая скорость вращения – величина, обратная периоду вращения, а линейная – равна произведению угловой скорости на радиус вращения, получим [2]:

$$V_\varphi = V_{\varphi max}\, C\eta / (1 + \eta^2), \qquad (10)$$

где $V_{\varphi max}$ – максимальное значение скорости вращения межпланетного вещества в орбитальной системе на радиусе $R_{\varphi max}$; $\eta = r_i / r_{\varphi max}$ – новая переменная величина безразмерного радиуса вращения системы.

Уравнение (10) носит частный характер, так как получено из общих рассуждений, и решение системы (6) на основании введения данной аппроксимации позволит получить структуру движения материи в звёздной системе со строго фиксированными параметрами, носящими только качественный характер, в то время как эксперименты показывают наличие самых разнообразных вихревых структур [2], получение решения для которых можно найти из самого уравнения Навье–Стокса. Градиент давления вязкой несжимаемой жидкости по тангенциальной составляющей для вихревых аппаратов в цилиндрических координатах можно записать в виде:

$$\frac{W_r \partial W_\varphi}{\partial \eta} + \frac{W_r W_\varphi}{\eta} = -\frac{\partial P}{\partial \varphi} + \nu \left(\frac{\partial^2 W_\varphi}{\partial \eta^2} + \frac{\partial W_\varphi}{\eta \partial \eta} - \frac{W_\varphi}{\eta^2} \right), \qquad (11)$$

где $W_i = V_i / V_{\varphi max}$ – безразмерное текущее значение составляющей вектора скорости; V_i – текущее значение составляющей вектора скорости.

Так как в расчетах вращение потока принимается осесимметричным, уравнение можно преобразовать к виду:

$$\frac{\partial W_\varphi}{\partial \eta} + \frac{W_\varphi}{\eta} = \frac{\nu}{W_r} \left(\frac{\partial^2 W_\varphi}{\partial \eta^2} + \frac{\partial W_\varphi}{\eta \partial \eta} - \frac{W_\varphi}{\eta^2} \right). \qquad (12)$$

Отношение ν / W_r, согласно экспериментальным данным [2], можно аппроксимировать уравнением $\nu / W_r = C\eta / (1 - \eta)$, так как величина ν в любой точке вихревой камеры имеет положительное значение, а W_r меняет свое значение в районе $\eta \sim 1$.

Дифференциальное уравнение (12), с учетом аппроксимации ν / W_r, имеет два решения: $W_{\varphi 1} = C/\eta$; $W_{\varphi 2} = C(\eta + 2 - 2/\eta)e^{-\eta}$. Анализ полученных уравнений показал, что слагаемое $C\eta e^{-\eta}$ соответствует реальному профилю тангенциальной составляющей вектора скорости закрученного потока. Однако для существующего диапазона вариаций режимно-конструктивных параметров циклонно-вихревых устройств более универсальной является функция типа:

$$V_\varphi(\eta) = \left(\eta e^{1-\eta}\right)^m, \qquad (13)$$

где m – показатель степени, зависящий от характеристик пространства формирования планетной системы.

Решение системы уравнений (6) в виде (1) – (3) после подстановки в них выражения (13) позволяет определить уравнения для радиальной и

для аксиальной составляющих вектора скорости и распределения давления во вращающейся системе[1, 2, 4]:

$$V_r(\eta) = 2\alpha^2(\eta e^{1-\eta})^m \cdot [(1+m-m\eta)^2 - m\eta], \quad (14)$$

$$V_z(\eta) = -\frac{2\alpha^2}{\eta}\zeta(\eta e^{1-\eta})^m [(1+m-m\eta)^3 - 3m\eta(1+m-m\eta) - m\eta] + C, \quad (15)$$

$$\Delta P = \int \frac{(ne^{1-n})^{2k}}{n} dn - \alpha^2 \int \frac{(ne^{1-n})^{2k}}{n} \left[\left(1+k^2\right) - 2kn(1+k) + k^2n^2\right] dn + c. \quad (16)$$

Наличие вязкости межзвездного вещества позволяет предположить схему существования и развития звезды с планетарной системой (в том числе солнечной).

Движение межзвездного вещества, при наличии вязкости на определенном участке Вселенной, создает вихревые зоны, подобно вихрям около газовых или жидкостных потоков. В результате, создаются условия для поступления межзвездного вещества в центр вихревой зоны, где происходит его накопление под действием гравитационных сил. При достижении массы, выше критической, начинается процесс термоядерного синтеза, возникает звезда, а выброс лишней массы в пространство позволяет формировать планеты и их спутники. Наиболее вероятно, что дальнейшее развитие и существование звездной системы происходит под влиянием двух факторов: наличие движения материи в области, смежной системе, и поступление межзвездного вещества как топлива на поверхность звезды. Основные положения предложенной модели можно взять за основу описания формирования звёздных систем, движение которых зависит от совместного влияния отдельных вихревых структур, формирующих Галактику.

Из проведённого анализа можно сделать следующие выводы. Существующий математический аппарат недостаточен для детального изучения циркуляционных процессов, так как исходные уравнения движения материи в трехмерном пространстве не поддаются аналитическому решению, а численные методы не могут дать детальную информацию для анализа. Вместе с тем, сочетание простейших математических выкладок с существующими экспериментальными исследованиями может послужить основой для формирования корректных гипотез, прокладывающих путь к познанию естественных законов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кутепов А.М., Латкин А.С., Потапов В.В.* Движение и массообмен капли жидкости в закрученном потоке геотермальной среды // Теоретические основы химической технологии. М:, 2000. Т. 34. № 2. С. 6–14.

2. *Латкин А.С.* Научные и технологические основы повышения эффективности переработки тонкодисперсного сырья на базе вихревых устройств: Дисс. на соискание степени доктора технических наук. Хабаровск, 1995. 387 с.
3. *Шило Н.А., Латкин А.С.* Интерпретация движения планетных систем на основе модели квазипотенциального вращения // Колымские вести. 1999. № 5. С. 10–12.
4. *Латкин А.С.* Вихревая структура звездных планетных систем Вселенной // Вихри в геологических процессах. Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2004. С. 241–245.

Латкин Александр Сергеевич. Доктор технических наук, профессор, зам. директора по научной работе Научно-исследовательского геотехнологического центра Дальневосточного Отделения РАН. **Сфера интересов**: процессы и аппараты химической технологии, горного дела, геотехнологии. **Основное достижение –** создание теории вихревых процессов.

Шило Николай Алексеевич. Академик, консультант РАН. **Сфера интересов**: формирование россыпных месторождений минерального сырья, вопросы вихревой структуры Вселенной. **Основное достижение –** открытие основных месторождений россыпного золота на Колыме.

ROTATIONS and MICRO-MOTIONS IN SEISMIC WAVE FIELD: from ASYMMETRIC CONTINUUM TO RELATIVITY THEORY

ВРАЩЕНИЯ И МИКРОДВИЖЕННИЯ В СЕЙСМИЧЕСКОМ ВОЛНОВОМ ПОЛЕ: ОТ АСИММЕТРИЧНОГО КОНТИНУУМА К ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Teisseyre Roman
Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences,
ul. Ksiecia Janusza 64, 01–452 Warszawa, Poland
e-mail: rt@igf.edu.pl

Abstract. The elastic theory with an asymmetric stress field is presented; in this theory the antisymmetric part of stresses plays an equivalent role to the stress moments. Using the Kröner approach, with its self-fields and interaction nuclei, we define the elastic fields as given by a difference between the total and self-fields, where the total fields – stresses, strains and rotations – mean the fields defined as respective derivatives of the displacement motion.

In this way we arrive at the deviations from the classical elasticity and the independent rotation motions – spin and twist, the first being a counterpart to rotation of displacements while the other to oscillations of shear strain.

We develop the theory of the spin and twist motions both forming the elastic rotation field. Our theory is based on the experimental evidence described in many papers discussed here, especially those related to propagation of such motions and their generation in a source zone.

In the last sections we extend our theory for a relativistic case with a transition to the speed light velocity and to the electromagnetic field. We introduce the natural EM potentials presented with the help of the Pauli tensor 2D matrices; in such a way the derived theory appears to be adequately formulated not only to describe the electromagnetic field equations, but also to become an electromagnetic counterpart of the General Relativity.

Аннотация. Представлена теория упругости с асимметричным полем напряжений; в теории асимметричная часть напряжений эквивалентна моментам напряжений. С использованием теории Кренера, опирающейся на представления о локальных полях и взаимодействующих ядрах, упругие поля определены как поля, представляющие собой разность между полными полями и локальными полями, где полные поля – поля напряжения, деформации и вращения – определяются как относительные производные смещений.

Таким образом, мы получаем в приближении классической теории упругости и независимых вращательных движений – спиральную (spin) и изгибную (twist) компоненты. Первая является для полных полей

вращательной компонентой, вторая – колебаниями сдвиговой деформации.

Мы развили теорию спиральных и изгибных движений, формирующих упругое ротационное поле. Наша теория основана на экспериментальных данных, описанных в ряде статей, обсуждаемых в работе, специализирующихся на распространении таких движений и их генерации в зоне источника.

В последних разделах мы распространяем нашу теорию на релятивистский случай, переходя к скорости света и электромагнитному полю. Мы вводим естественные электромагнитные потенциалы, представленные с помощью тензоров Паули 2D; в результате теория адекватно описывает не только уравнения электромагнитного поля, но и становится электромагнитным аналогом общей теории относительности.

Introduction

Classical treatment of the continuum mechanics found its basis in considerations on deformations caused by displacement field, including the moment of momentum and angular deformation counterpart. However, when treating the displacements and rotations appearing in the field relations as the equally and similarly treated independent fields, we will to the theory of asymmetric continuum; our present work relates to our former studies (Teisseyre 2004, 2005) as well as to the recent monograph (Teisseyre 2006).

We shall mention that in the micropolar and micromorphic theories with the infinitely small nuclei (see: Eringen and Suhubi 1964, Eringen 1999) or in other advanced continuum treatments, the spin motions, or angular fields, appear as independent variables; however, in our present treatment we deal with the ideal elastic continuum, or elastic continuum with the defect fields (dislocation and disclination densities), in which there appear, besides the constitutive laws for the symmetric stresses and strains, also the bonds joining the antisymmetric stresses and the rotation motions with a related rigidity modulus.

In the asymmetric continuum, defined as that including both the symmetric stresses and the antisymmetric stresses, the rotational deformations split into the pure rotation and twist motions, the latter relating to shear deformations of the point-nuclei.

The experimental evidence for the spin and twist motions is based on the records of seismic rotation fields obtained with the help of the ring laser or fiber optics interferometers, based on the Sagnac principle, or by the rotation seismographs (see recent monograph on rotation motions: Teisseyre et al. (eds) 2006).

In the present study we confine ourselves to a concise theoretical approach to the asymmetric continuum; we will consider also a case of the degenerated

continuum, defined as that in which only rotation motions (spin and twist) exist while displacement motions are excluded, and its relation to relativity theories.

The twist motions are defined as those related to oscillations of a shear kind. This notion appeared when analyzing the seismic rotation fields. The rotation motions can be measured with the help of the ring laser or fiber optics interferometers or by the rotation seismographs; in the last case a rotation around a given axis can be estimated independently from the records of the rotation seismographs aligned along two perpendicular planes. The obtain results clearly indicate that true spin and twist motions in many cases, especially for the near events, exceed the values of rotation of displacement $1/2(\partial u_i/\partial x_k - \partial u_k/\partial x_i)$ and that of shear deformations $1/2(\partial u_i/\partial x_k + \partial u_k/\partial x_i)$. While for some events of an explosive nature (explosions and some volcanic events) the mentioned «true» spin and twist are not detectable.

The twist deformations present the grain deformations caused by elastic strain; however, when considering the grains as the «rigid» points of continuum, such bend-twist deformation converts to a kind of 3D space curvature (Teisseyre et al. 2005, Teisseyre et al. 2006). To theory of the spin and twist motion we will return further on.

The other important remark is that the influence of rotational processes generated in earthquake sources remains theoretically not attenuated in a homogeneous continuum, as it is for the classical ideal elasticity, and the related waves can propagate to distant sites.

Continuum with asymmetric fields

First let us mention that in the classical elastic continuum with symmetric stresses, the rotations are introduced with the help of the stress moment tensor (related to some arm length). Instead we assume, in our theoretical approach, the existence of asymmetric stresses, strains and rotation fields. The antisymmetric elastic stresses form the system equivalent to stress moments, while the symmetric rotations describe the twist motions being equivalent in classic theory to shear oscillations of the point-grains of a continuum (or equivalent notions appearing in the micromorphic theories) – compare papers by Teisseyre 2001 and Teisseyre and Boratyński 2003, 2006 and Boratyński and Teisseyre 2004, 2006).

Usually, the deviations from ideal elasticity are described by the appriopriate elasto-plastic constitutive laws; here, following the Kröner approach (Kröner 1981), we maintain the ideal elastic relation for the stresses and strains, supplemented by constitutive law joining the antisymmetric stresses with rotations, and we introduce the self/inner stresses, strains and rotations as related to the internal nuclei or defects: $\mathbf{S}^S, \mathbf{E}^S, \omega^S$.

Therefore we distinguish between the total stresses, strains and rotations, $\mathbf{S}^T, \mathbf{E}^T, \omega^T = 0$, as defined by their direct relations to the displacement field, from the asymmetric elastic stresses, strains and rotations $\mathbf{S}$, $\mathbf{E}$, ω . These elastic fields shall obey the constitutive laws given in the ideal elasticity. However, the asymmetric continuum includes both displacements and rotations; the related balance equations split into the parts related to symmetric and antisymmetric stresses (Teisseyre 2005, 2006); in such a continuum the elastic strains, rotations and stresses can be expressed as differences between total and self-fields (Kröner 1982):

$$E^{\mathrm{T}}_{ki} = u_{(i,k)} \quad , \quad \omega^{\mathrm{T}}_{ki} = u_{[ik]} . \tag{1}$$

The elastic and self deformations, rotations and stresses are, in general, asymmetric; the antisymmetric parts of stresses and strains are mutually compensated and similarly the symmetric parts for elastic and self rotations:

$$E_{[ik]} + E^S_{[ik]} = 0, \qquad S_{[ik]} + S^S_{[ik]} = 0 \quad \text{and} \quad \omega_{(ik)} + \omega^S_{(ik)} = 0 . \tag{2}$$

However, referring to our earlier papers, we assume that the self-parts of the antisymmetric part of strain and rotation are put as equal to each other:

$$E^S_{[ik]} = \omega^{\mathrm{S}}_{[ik]} . \tag{3}$$

The self rotation tensor may be related to the spin motion $\omega_{[s]}$ and to the mentioned above twist motion $\omega_{(s)}$:

$$\omega_{[ki]} = \in_{kis} (\omega_{[s]} + \mathrm{i}\omega_{(s)}) . \tag{4}$$

We can recognise a similarity of this relation to the definition of the electromagnetic tensor composed form the magnetic and electric vectors. However, to a proper definition of the twist motion we will return further on.

The elastic fields, $\mathbf{S}, \mathbf{E}$, and ω represent the physical fields, while the total fields, $\mathbf{S}^{\mathbf{T}}, \mathbf{E}^{\mathbf{T}}$ and $\omega^{\mathbf{T}}$ relate, according to the compatibility condition, to the displacement motions **u**; the self-fields relate to the internal nuclei, defect densities and continuum structure.

First, we refer to the definitions of the twist-bend tensor; first after Kossecka and DeWitt (1977) is related to gradient of the rotation vector (vanishing of both the Frank vector and the disclination density):

$$\overline{\chi}^T_{mq} = \frac{\partial \omega^T_q}{\partial x_m} = \frac{1}{2} \varepsilon_{nsq} \frac{\partial \omega^T_{ns}}{\partial x_m} \tag{5}$$

and that after Teisseyre (2001), and Teisseyre and Boratyński (2002):

$$\chi^T_{mq} = \varepsilon_{ksq} \frac{\partial \omega^T_{mk}}{\partial x_s} \ , \ \chi^S_{mq} = \varepsilon_{ksq} \frac{\partial \omega^S_{mk}}{\partial x_s} . \tag{6}$$

These two definitions can describe different types of rotation nuclei; Kossecka and DeWitt's definition directly leads to the pure rotation nuclei, while the other definition describes nuclei which can undergo the rotation and twist vibrations and includes the Frank vector and the disclination density. The total fields related to these two definitions coincide (apart of the sign) $\overline{\chi}^T_{mq} = -\chi^T_{mq}$ and we could combine them (Teisseyre and Boratyński 2002); however, we will relate further on to the definition (6).

We introduce Shimbo's (1975 and 1995) constitutive law for anstisymmetric stresses and rotation

$$\omega^S_{[mn]} = E^S_{[mn]} = -E_{[mn]} = -\frac{1}{2\mu^*} S_{[ik]}, \tag{7}$$

where the constant μ^* represents the rotation rigidity modulus: rotation related bonds (inner friction).

We put also a similar relation for symmetric stresses; see further on in the part related to motion equations:

$$\omega^S_{(mn)} = -\omega_{(mn)} = E^S_{(mn)} = -E_{(mn)}, \tag{8}$$

arriving at

$$\omega^S_{mn} = E^S_{mn} , \quad \text{and} \quad \omega^S_{mn} = E^S_{mn} = \frac{1}{2\mu^*} S^S_{mn} . \tag{9}$$

Antisymmetric stresses relate to an internal rotation motion; these stresses become important in zones with higher dislocation densities, under high stresses or in zones where microfracturings nucleate; in such zones we can expect the presence of rotation nuclei.

These considerations, related to defects – dislocation and disclination densities – and to rotation nuclei, contain some partial results presented by Kossecka and DeWitt (1977), Teisseyre (2002), Teisseyre and Boratyński (2002, 2003); however, some necessary modifications are introduced.

Following Kossecka and De Witt (1977), we write, with the help of the twist-bend tensor (6), for a total disclosure and twist along a closed circuit (the Burgers vector and the Frank vector):

$$B_l = \oint \left[E_{(kl)} - \varepsilon_{lqr} \chi^S_{kq} x_r \right] \mathrm{d}l_k \ , \quad \Omega_q = \oint \chi^S_{kq} \mathrm{d}l_k = \iint \theta_{pq} \mathrm{d}s_p , \tag{10}$$

and the dislocation, α, and disclination densities, θ, become (see: Kleman 1980 and DeWitt 1971):

$$\alpha_{pl} = -\varepsilon_{pmk}\left(\frac{\partial E^S_{(kl)}}{\partial x_m} + \varepsilon_{klq}\chi^S_{mq}\right),\ \theta_{pq} = -\varepsilon_{pmk}\frac{\partial \chi^S_{kq}}{\partial x_m}, \tag{11}$$

From the definitions of the twist-bend tensor (6) it follows that $\chi^S_{mq} = \varepsilon_{ksq}\frac{\partial \omega^S_{mk}}{\partial x_s}$ and we obtain:

$$\alpha_{pl} = -\varepsilon_{pmk}\frac{\partial E^S_{(kl)}}{\partial x_m} - \delta_{pl}\varepsilon_{kmq}\frac{\partial \omega^S_{ks}}{\partial x_m} - \varepsilon_{pmk}\frac{\partial \omega^S_{lk}}{\partial x_m}\ ,\quad \theta_{pq} = \varepsilon_{pmk}\varepsilon_{qns}\frac{\partial^2 \omega^S_{ks}}{\partial x_m \partial x_n} \tag{12}$$

and

$$\frac{\partial \alpha_{pl}}{\partial x_p} + \varepsilon_{lpq}\theta_{pq} = 0\,,\quad \frac{\partial \theta_{pq}}{\partial x_p} = 0\ ,\quad \frac{\partial \alpha_{pl}}{\partial x_p} + \frac{\partial \chi^S_{qq}}{\partial x_l} - \frac{\partial \chi^S_{lp}}{\partial x_p} = 0\ .$$

In the former papers by Kossecka and DeWitt (1977) and Teisseyre (2001), the dislocation current has been defined as the related deviation between the total plastic distortion and total plastic flow, it becomes more convenient to use the modified definition (Teisseyre 2002):

- for the dislocation current (Teisseyre 2002)

$$J_{kl} = -\frac{\partial \upsilon^S_l}{\partial x_k} + \dot{E}^S_{(kl)} + \dot{\omega}^S_{(kl)}, \tag{13}$$

- for the disclination current

$$Y_{kq} = \varepsilon_{snq}\frac{\partial \dot{\omega}^S_{ks}}{\partial x_n} + \varepsilon_{qns}\frac{\partial \dot{\omega}^S_{(sk)}}{\partial x_n} = -\varepsilon_{nsq}\frac{\partial \dot{\omega}^S_{[ks]}}{\partial x_n}. \tag{14}$$

The self-spin motions $\dot{\omega}^S_{(sk)}$ are the sources of disclinations and contribute to dislocation fields; there follow the conservation laws:

$$\dot{\alpha}_{pl} + \varepsilon_{pmk}\frac{\partial J_{kl}}{\partial x_m} + \varepsilon_{pmk}\varepsilon_{klq}Y_{mq} = 0\ ,\quad \theta_{pq} + \varepsilon_{pmk}\frac{\partial Y_{kq}}{\partial x_m} - \varepsilon_{pmk}\varepsilon_{qns}\frac{\partial^2 \dot{\omega}^S_{(ks)}}{\partial x_m \partial x_n} = 0$$

On the other hand, a dislocation current according to Teodosiu (1970) is expressed by the formula:

$$J_{pk} = -\varepsilon_{qmk}\alpha_{qp}\,\upsilon_m \tag{15}$$

where υ is the dislocation velocity.

Constitutive law joining dislocation velocity with stresses was given by Mataga et al. (1987):

$$V_m = \varepsilon_{snq}\frac{\alpha_{kl}}{|\alpha_{kl}|}\frac{S_{ql} - R_{ql}}{\sqrt{(S-R) + R^2}} \tag{16}$$

where S are the stresses; R is the resistance stress; $cB = bR$; B is the drag coefficient; b is the Burgers vector of dislocation; υ_j and $V_j = \upsilon_j / \upsilon_0$ are, respectively, the dislocation velocity and relative dislocation velocity with respect to the shear wave velocity υ_0.

Dislocation – asymmetric stress relation

For the incompatibility tensors with their symmetric and antisymmetric parts we obtain:

$$I_{ij} = -\varepsilon_{ikm}\varepsilon_{jtn}\frac{\partial^2 E_{(mn)}}{\partial x_k \partial x_t} - \varepsilon_{ikm}\varepsilon_{jtn}\frac{\partial^2 E_{[mn]}}{\partial x_k \partial x_t} \tag{17}$$

and we can arrive at (Teisseyre 2005):

With equations (6) and (11) we obtain an equivalent form:

$$I_{pq} = -\left(\varepsilon_{pmk}\frac{\partial(\alpha_{qk} - \chi^S_{kq})}{\partial x_m}\right)_{(pq)} - \left[\varepsilon_{pmk}\frac{\partial \chi^S_{kq}}{\partial x_m}\right]_{[pq]} \tag{18}$$

The above two forms of the incompatibility tensor, (17) and (18), can be used to derive the relation between the dislocation density and the asymmetric stresses. To this end we write the incompatibility tensor for the asymmetric field, in analogy to eq. (17) , with the help of the classical relation for symmetric stresses and the additional relation for the antisymmetric ones (7); we get:

$$I_{pq} = -\varepsilon_{pmk}\varepsilon_{qnl}\frac{\partial^2 E_{kl}}{\partial x_m \partial x_n} = -\frac{1}{2\mu}\varepsilon_{pmk}\frac{\partial}{\partial x_m}\varepsilon_{qnl}\frac{\partial\left(S_{(kl)} + \frac{\mu}{\mu^*}S_{[kl]} - \frac{\lambda}{(3\lambda+2\mu)}\delta_{kl}S_{ii}\right)}{\partial x_n} \quad . \tag{19}$$

Comparing (18) and (19) we arrive at the relation

$$\delta_{ip}\frac{1}{\mu}\varepsilon_{qnl}\frac{\partial\left(S_{(kl)} + \frac{\mu}{\mu^*}S_{[kl]} - \frac{\lambda}{(3\lambda+2\mu)}\delta_{kl}S_{ii}\right)}{\partial x_n} =$$

$$\delta_{ip}(\alpha_{qk} - \chi^S_{kq}) + \delta_{ip}\chi^S_{kq} + \delta_{iq}(\alpha_{pk} - \chi^S_{kp}) - \delta_{iq}\chi^S_{kp} + \frac{\partial}{\partial x_k}\Psi_i$$

and further

$$\delta_{ip}\frac{1}{\mu}\varepsilon_{qnl}\frac{\partial\left(S_{(kl)} + \frac{\mu}{\mu^*}S_{[kl]} - \frac{\lambda}{(3\lambda+2\mu)}\delta_{kl}S_{ii}\right)}{\partial x_n} =$$

$$\delta_{ip}(\alpha_{qk} - \chi^S_{kq}) + \delta_{ip}\chi^S_{kq} + \delta_{iq}(\alpha_{pk} - \chi^S_{kp}) - \delta_{iq}\chi^S_{kp} + \frac{\partial}{\partial x_k}\Psi_{ipq} \tag{20}$$

where got rid of rotation operator and arrive at the following free indexes: i, p, k and q; this is valid with an accuracy to the gradient of some function, which has no importance for the case of equilibrium when the stresses can be expressed by the rotation operator from the Airy stress function (see: Kröner 1981). For the state of equilibrium we derive from these two relations the dislocation-stress relations for screw and edge dislocation densities (Teisseyre 2001, 2005; in the former papers some errors have arisen due to fact that the antisymmetric part of stresses has not been taken into account).

In a particular case for i equal to q but not to p we obtain

$$\alpha_{pk} = 2\chi^{S}_{kp} \tag{21}$$

and then for i equal to p but not equal to q we get

$$\frac{1}{\mu}\varepsilon_{qnl}\frac{\partial\left(S_{(kl)} + \frac{\mu}{\mu^*}S_{[kl]} - \frac{\lambda}{(3\lambda+2\mu)}\delta_{kl}S_{ii}\right)}{\partial x_n} = \alpha_{qk} \tag{22}$$

For the state of equilibrium we derive, thus, the relation between stresses and the densities of screw and edge dislocations:

$$\alpha_{sk} = \frac{1}{\mu}\varepsilon_{snl}\frac{\partial\left(S_{(kl)} + \frac{\mu}{\mu^*}S_{[kl]}\right)}{\partial x_n} \quad ; \quad s = k \tag{22a}$$

$$\alpha_{sk} = \frac{1}{2\mu}\varepsilon_{snl}\frac{\partial\left(S_{(kl)} + \frac{\mu}{\mu^*}S_{[kl]} - \frac{\lambda}{(3\lambda+2\mu)}\delta_{kl}S_{ii}\right)}{\partial x_n} \quad ; \; s \neq k\,. \tag{22b}$$

Symmetric stresses: motion equations

In the classical equilibrium equation and using the Kröner approach (Kröner 1981) we obtain motion equation for the elastic symmetric stresses

$$\frac{\partial}{\partial x_k}S_{(kl)} = \rho\frac{\partial}{\partial t}\upsilon_l + F_l \;\;,\;\; \frac{\partial}{\partial t}\upsilon_l = \frac{\partial}{\partial t}\upsilon^{T}_{l} - \frac{\partial}{\partial t}\upsilon^{S}_{l} \tag{23}$$

and we can replace the elastic acceleration by a difference between the total and self accelerations (Kossecka and DeWitt 1977); a plastic velocity υ^{S} is related to the dislocation flow (13) and the total velocity to the time derivatives of displacement field. Taking the space derivative of this relation and using relations (1–3) we get

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x_k \partial x_s}S_{(lk)}\right)_{(ls)} = \rho\frac{\partial^2}{\partial t^2}E^{T}_{(ls)} + \rho\frac{\partial}{\partial t}J_{(sl)} - \rho\frac{\partial^2}{\partial t^2}E^{S}_{(ls)} - \rho\frac{\partial^2}{\partial t^2}\omega^{S}_{(ls)} + \left(\frac{\partial}{\partial x_s}F_l\right)_{(ls)} \tag{24}$$

arriving at the expression for the propagation and diffusion terms.

These equations can be expressed by displacement motion and rotations; we shall underline that elastic rotation - twist $\omega_{(sl)}$ - remains as independent field and shall be subject to a separate equation for twist motion. Indeed, when introducing the displacement field (eq. 1) as related to the total fields, we would get two equations; one related to total fields (depending on a displacement field) and the other related to twist field $\omega_{(ls)}$ (a symmetric part of elastic rotation – see eqs.(1) and (3)); for the total fields we write

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x_k \partial x_s} S^{\mathrm{T}}_{(lk)}\right)_{(ls)} = \rho \frac{\partial^2}{\partial t^2} E^{\mathrm{T}}_{(ls)} + \left(\frac{\partial}{\partial x_s} G_l\right)_{(ls)} \tag{25}$$

where we have divided the sum $\rho \frac{\partial}{\partial t} J_{(sl)} + \left(\frac{\partial}{\partial x_s} F_l\right)_{(ls)}$ into displacement related forces $\left(\frac{\partial}{\partial x_s} G_l\right)_{(ls)}$ and that related to the twist field $2\Omega_{(ls)}$.

For the twist field there remains the equation:

$$\mu^* \frac{\partial^2}{\partial x_k \partial x_k} \omega_{(ls)} = \rho \frac{\partial^2}{\partial t^2} \omega_{(ls)} + \Omega_{(ls)} \tag{26}$$

where we have used the relation (8) and we introduced the generalized Shimbo's law (7) for symmetric self-rotations

$$-\omega_{(mn)} = \omega^S_{(mn)} = \frac{1}{2\mu^*} S^S_{(ik)} \tag{27}$$

where we shall also note the following equivalence:

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x_k \partial x_s} \omega_{(lk)}\right)_{(ls)} = \frac{\partial^2}{\partial x_k \partial x_k} \omega_{(ls)}$$

Antisymmetric stresses: motion equations

In our continuity approach we use the antisymmetric stresses $S_{[ni]}$, instead of stress moments. Antisymmetric stresses relate to an internal rotation motion; these stresses become important in materials with higher dislocation densities or under high stresses or in zones where microfracturings nucleate; in such zones we can expect the presence of rotation nuclei. The related balance law expresses, on the one hand, the rotation of force acting on a body element due to the antisymmetric stresses (rotational moment of forces per infinitesimal arm length corresponding to stress moments), and, on the other hand, the balancing

term, the acceleration related to angular momentum (Teisseyre and Boratyński 2003):

$$\varepsilon_{lki}\frac{\partial^2}{\partial x_k \partial x_n} S_{[ni]} = \rho\varepsilon_{lki}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\omega_{[ki]} + \varepsilon_{lki}\rho K_{[ki]}, \tag{28}$$

where we introduce also the body couples $K_{[ki]}$ or body moment $K_{[l]} = \varepsilon_{lki}\rho K_{[ki]}$.

With the constitutive law (7) we obtain

$$\mu^*\frac{\partial^2}{\partial x_n \partial x_n}\omega_{[l]} = \rho\frac{\partial^2}{\partial t^2}\omega_{[l]} + \rho K_{[l]}, \tag{29}$$

where the left sides of these forms present the basic expression for the resulting stress moment divergence in the continuum with asymmetric rotation nuclei:

$$\frac{\partial}{\partial x_k}M_{lk} = \varepsilon_{lki}\frac{\partial^2}{\partial x_k \partial x_n}S_{[ni]} = \varepsilon_{lki}\frac{\partial}{\partial x_n}\frac{\partial}{\partial x_n}S_{[ki]}, \quad M_{lk} = \varepsilon_{lki}\frac{\partial}{\partial x_n}S_{[ki]}, \tag{29'}$$

or defining the angular moment Ξ_i, we obtain :

$$\frac{\partial}{\partial x_k}M_{ik} = 2\mu^*\Xi_i \ , \quad \Xi_i = \varepsilon_{iks}\frac{\partial}{\partial x_n}\frac{\partial}{\partial x_s}\omega_{[kn]}. \tag{30}$$

Note that instead of expression $M_l = \varepsilon_{lki}\frac{\partial}{\partial x_n}S_{[ni]}\lambda_k$ for stress moment we have in our continuum an expression without a moment arm λ_k.

Further, using the relations (eqs. 1–3) between the total, elastic, and self fields $(\omega^T_{[ki]} = (\partial u_i/\partial x_k)_{[ki]} = \omega_{[ki]} + \omega^S_{[ki]})$ we obtain equivalently to (29):

$$\mu^*\frac{\partial^2}{\partial x_n \partial x_n}\omega_{[ki]} = \rho\frac{\partial^2}{\partial t^2}\left(\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_k}\right)_{[ki]} - \omega^S_{[ki]}\right) + \rho K_{[ki]} \tag{31}$$

Correspondence with the micropolar theory

In the micropolar/micromorphic theories, the motion equation for a stress moment may be written in the isotropic case as

$$\Lambda_{psl,p} + S_{[sl]} + \rho L_{[sl]} = \rho N\frac{\partial^2}{\partial t^2}\omega_{[sl]} \ , \quad \Lambda_{psl} = NS_{[sl],p} = 2\mu^* N\omega_{[sl],p} \tag{32}$$

or

$$\mu^* N \frac{\partial^2}{\partial x_p \partial x_p} \omega_{[sl]} + S_{[sl]} + \rho L_{[sl]} = \rho N \frac{\partial^2}{\partial t^2} \omega_{[sl]}, \tag{33}$$

where N is proportional to a square of a characteristic length l.

We could compare this relation with (30). However, we shall remember that some differences exist in the definitions used in the micromorphic theory and the presented approach, e.g. relating to the body couples and antisymmetric stresses. Nevertheless, we obtain from such a comparison, especially, when passing to a continuum $l \to 0,$ that an antisymmetric stress field has its source in the body couples:

$$S_{[sl]} + \rho L_{[sl]} = -N \rho K_{[sl]}. \tag{34}$$

Hence, we could state that the antisymmetric stresses relate to rotational deformation and form the internal rotation moments, as e.g., those appearing in an earthquake focus zone.

A density of strain energy for the case of asymmetric fields may be expressed as

$$E = \frac{1}{2} S_{ik} E_{ik} = \frac{1}{2} (S^T_{ik} - S^S_{ik})(E^T_{ik} - E^S_{ik}) \tag{35}$$

where the pure spin and twist energy densities are

$$E_{SPIN} = 2\mu^* \omega_{[s]} \omega_{[s]}) \quad , \quad E_{TWIST} = 2\mu^* \omega_{(s)} \, \omega_{(s)} \tag{36}$$

Degenerated continuum mechanics

Here, we consider the degenerated mechanics in which the displacement motions are neglected and only the spin and twist motions exist as independent elastic fields (Teisseyre 2004, 2005; Teisseyre and Białecki 2005). In an elastic continuum, the bonds related to rotational deformations could be considered as being weaker than those related to elastic rigidity moduli.

When considering a case in which only rotation motions – the spin and twist – are taken into account, that is when we neglect the displacement motions, we arrive at situation in which the total rotation vanish; we can write

$$\omega^T_{ki} = \omega_{ki} + \omega^S_{ki} = 0 \, , \; \omega_{ki} = - \omega^S_{ki} \tag{37}$$

The elastic rotation tensor splits in the antisymmetric, $\omega_{[ki]}$, and the symmetric, $\omega_{(ki)}$, tensors:

$$\omega_{ki} = \omega_{[ki]} + \omega_{(ki)} \quad , \quad \mathrm{Tr}(\omega_{ki}) = \mathrm{Tr}(\omega_{(ki)}) = 0 \tag{38}$$

where we assume that the related trace must vanish.

In any reference system, we can present such the symmetric tensor in the following way:

$$\omega_{(ki)} = \begin{bmatrix} \in_{1qm} W_{m,1q} & \varpi_{(3)} & \varpi_{(2)} \\ \varpi_{(3)} & \in_{2qm} W_{m,2q} & \varpi_{(1)} \\ \varpi_{(2)} & \varpi_{(1)} & \in_{3qm} W_{m,3q} \end{bmatrix} = \left| \in_{kiq} \right| \varpi_{(q)} + \delta_{ki} \in_{iqm} W_{m,qK} \quad (39)$$

where the repeating indexes marked as k and K in the last term remain free (no summation over k and K).

The presented form defines a new vector field W_m and assures vanishing of the trace:

$$\omega_{(kK)} = \in_{kqm} W_{m,qK} \ , \ \omega_{(kk)} = \in_{kqm} W_{m,qk} = 0 ,$$

where again the repeating indexes marked as k and K, in the first expression remain free. Basing on this form of the considered symmetric tensor (39), we define the additional antisymmetric tensor:

$$\varpi_{[km]} = \in_{kmq} \varpi_{(q)} + \in_{kmq} W_{q,MK} \quad (40)$$

where the repeating indexes marked as k, m and K, M remain free and, in contrast to (39), the equivalent W_q contributions to this antisymmetric tensor appear at the off diagonal terms.

Referring to the definitions (38) and (40) we define the complex antisymmetric tensor $\bar{\omega}_{[ki]}$:

$$\bar{\omega}_{[ki]} = \omega_{[ki]} + \mathrm{i}\, \varpi_{[ki]} = \in_{kis} \omega_{[s]} + \mathrm{i} \in_{kis} \omega_{(s)} \quad (41)$$

with the related definition of the twist motion, $\omega_{(q)}$, invariant in any system:

$$\varpi_{[ki]} = \in_{kiq} \omega_{(q)} = \in_{kmq} \varpi_{(q)} + \in_{kmq} W_{q,MK} \qquad \text{and} \qquad \omega_{(q),q} = 4\pi\varepsilon \, . \quad (41')$$

We shall mention that, the twist motions so defined, are related to the shear oscillations of some elements of continuum would; in the extreme case and for the basic – point-like – continuum elements, these motions appear as related to the oscillations of angular and axial motions. In direction of the instantaneous «compression» axis we would have motion contracting an element to a point, while in the perpendicular «tensional» directions we would have its extension to the string or membrane forms.

For this complex rotation tensor (41) we can use two complementary forms for the balance relationship. First, using the generalized expression for the angular moment, we can arrive to the balance law comparing a volume integral

of the angular moments with an outflow (we introduce also the external moments):

$$\in_{ipk} \iiint \frac{\partial^2}{\partial x_s \partial x_p} \overline{\omega}_{[sk]} dV = \frac{\in_{siq}}{2} \iint \left(\frac{\partial}{\mathrm{i}\upsilon \partial t} \omega_q - \frac{4\pi}{\upsilon} J_q \right) \mathrm{d}s_s \ , \ J_{sk} = \varepsilon_{skq} J_q \ , \quad (42)$$

where $\overline{\omega}_{sk} = \varepsilon_{skq} \omega_q$.

The other form of the equivalent conservation law can be based on a surface

$$\oint \overline{\omega}_{[iq]} \mathrm{d}l_q = \in_{spk} \iint \frac{\partial}{\partial x_p} \overline{\omega}_{[ik]} \mathrm{d}s_s = \frac{\in_{isq}}{2} \iint \left(\frac{\partial}{\mathrm{i}\upsilon \partial t} \omega_q - \frac{4\pi}{\upsilon} J_{si} \right) \mathrm{d}s_s \ . \quad (43)$$

Both the expressions lead us to the equations of motion for the spin and twist.

The related complex equations become

$$\varepsilon_{msi} \frac{\partial}{\partial x_s} \omega_i = \frac{\partial}{\mathrm{i}\upsilon \partial t} \omega_m - \frac{4\pi}{\upsilon} J_m \ ; \quad \varepsilon_{isk} \overline{\omega}_{[sk]} = \omega_i = \omega_{[i]} + \mathrm{i}\omega_{(i)}$$

or splitting the complex vector ω_i into the real and imaginary parts

$$\varepsilon_{msi} \frac{\partial}{\partial x_s} \omega_{[i]} - \frac{\partial}{\upsilon \partial t} \omega_{(m)} = -\frac{4\pi}{\upsilon} J_m \ , \quad \varepsilon_{msi} \frac{\partial}{\partial x_s} \omega_{(i)} + \frac{\partial}{\upsilon \partial t} \omega_{[m]} = 0 \ , \quad (44)$$

where $x_4 = \mathrm{i}\upsilon t$.

For $\upsilon \to c$ we arrive at the EM field equations.

Of course for the 4D form of $\overline{\omega}_{\alpha\beta}$

$$\overline{\omega}_{[\alpha\beta]} = \begin{bmatrix} 0 & \omega_{[3]} + \mathrm{i}\omega_{(3)} & -\omega_{[2]} - \mathrm{i}\omega_{(2)} & -\mathrm{i}\omega_{[1]} + \omega_{(1)} \\ -\omega_{[3]} - \mathrm{i}\omega_{(3)} & 0 & \omega_{[1]} + \mathrm{i}\omega_{(1)} & -\mathrm{i}\omega_{[2]} + \omega_{(2)} \\ \omega_{[2]} + \mathrm{i}\omega_{(2)} & -\omega_{[1]} - \mathrm{i}\omega_{(1)} & 0 & -\mathrm{i}\omega_{[3]} + \omega_{(3)} \\ \mathrm{i}\omega_{[1]} - \omega_{(1)} & \mathrm{i}\omega_{[2]} - \omega_{(2)} & \mathrm{i}\omega_{[3]} - \omega_{(3)} & 0 \end{bmatrix} \ ,$$

the related equations (44) take the form

$$\frac{\partial}{\partial x_\beta} \overline{\omega}_{[\alpha\beta]} = -\frac{4\pi}{\upsilon} J_{\alpha\beta} \ .$$

Further, we get

$$\Delta \omega_{[n]} - \frac{1}{V^2} \ddot{\omega}_{[n]} = \frac{4\pi}{V} \varepsilon_{npk} \frac{\partial}{\partial x_p} J_k \ , \ \Delta \omega_{(n)} - \frac{1}{V^2} \ddot{\omega}_{(n)} = 4\pi \frac{\partial}{\partial x_n} \varepsilon - \frac{4\pi}{V^2} \dot{J}_n \quad (45)$$

We shall underline an important property of the derived spin and twist equations (44, 45): these equations become equivalent to the electromagnetic equations for

$$\omega_{[n]} \to B_n \text{ and } \omega_{(n)} \to E_n \text{ at } V \to c \tag{46}$$

Natural EM potentials

We consider further on the electromagnetic fields; however, we shall recognize that the results obtained, further on, might be also valid for the spin and twist fields for $V < c$.

Instead of the 4-vector potential $A_\mu = \{A_k\ ,\ A_4\}$, we introduce a new definition of the EM natural 3D vector potential $\tilde{A}_s$ and the additional $\{\hat{A}_s\ ,\ \hat{A}_4\ \}$ (Teisseyre and Białecki 2005) and the related conditions:

$$B_{[k]} = \varepsilon_{kbs}\frac{\partial}{\partial x_b}\tilde{A}_s \text{ and } E_{(k)} = \varepsilon_{kbs}\frac{\partial}{\partial x_b}\hat{A}_s - \frac{\partial}{\partial x_k}\hat{A}_4\ ;\frac{\partial}{\partial x_s}\tilde{A}_s = 0\ ,\ \frac{\partial}{\partial x_s}\hat{A}_s = 0 \tag{47}$$

$$4\pi J_k = \varepsilon_{kbs}\frac{\partial}{\partial x_b}\psi_s + \frac{\partial}{\partial t}\frac{\partial}{\partial x_k}\hat{A}_4\ ;\ \Delta\hat{A}_4 = -4\pi\rho\ , \tag{48}$$

where we have also introduced the current potentials ψ_s and we put additionally

$$\psi_{s,s} = 0\ ,\quad 4\pi\varepsilon_{ndk}\frac{\partial}{\partial x_d}J_k = \Delta\psi_n \tag{49}$$

All together we have introduced the10 potentials, $\tilde{A}_s$, $\hat{A}_s$, $\hat{A}_4$, ψ_s, with the 4 conditions. It is easy to find that our equations will be fulfilled when these potentials obey

$$\varepsilon_{kbs}\tilde{A}^s_{,b} - \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\hat{A}_k = \frac{1}{c}\psi_k\ \ ,\ \ \hat{A}^b_{,b} = 0\ ;\ \ \varepsilon_{kbs}\hat{A}^s_{,b} + \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\tilde{A}_k = 0\ \ ,\ \ \tilde{A}^b_{,b} = 0 \tag{50}$$

The complex antisymmetric tensor for potentials $A_{\alpha\beta} = \tilde{A}_{\alpha\beta} + \mathrm{i}\hat{A}_{\alpha\beta}$ is constructed as

$$A_{\alpha\beta} = \begin{bmatrix} 0 & \overline{A}^3 & -\overline{A}^2 & -\overline{A}_1 \\ -\overline{A}^3 & 0 & \overline{A}^1 & -\overline{A}_2 \\ \overline{A}^2 & -\overline{A}^1 & 0 & -\overline{A}_3 \\ \overline{A}_1 & \overline{A}_2 & \overline{A}_3 & 0 \end{bmatrix},\ \overline{A}_k = \tilde{A}_k + i\hat{A}_k \tag{51}$$

with the related equations

$$A_{\alpha\beta|\beta} = \frac{1}{c}\psi_\alpha\ ,\qquad \psi_\alpha = \{\psi_k\ , 0\} \tag{52}$$

we have

$$\Box\tilde{A}_n = \tilde{J}_n \ , \qquad \hat{A}^b_{,b} = 0 \, ; \quad \Box\hat{A}_n = \hat{J}_n \, , \quad \tilde{A}^b_{,b} = 0 \tag{53}$$

where

$$\tilde{J}_n = -\frac{1}{c}\varepsilon_{ndk}\psi_{k,d} \quad ; \hat{J}_k = \frac{1}{c^2}\frac{\partial}{\partial t}\psi_k \tag{53'}$$

Finaly, we obtain

$$\Box A_{\alpha\beta} = J_{\alpha\beta} \, ; \quad J_{\alpha\beta} = \begin{bmatrix} 0 & \overline{J}^3 & -\overline{J}^2 & -\overline{J}_1 \\ -\overline{J}^3 & 0 & \overline{J}^1 & -\overline{J}_2 \\ \overline{J}^2 & -\overline{J}^1 & 0 & -\overline{J}_3 \\ \overline{J}_1 & \overline{J}_2 & \overline{J}_3 & 0 \end{bmatrix}; \qquad \overline{J}_n = \tilde{J}_n + i\hat{J}_n \tag{54}$$

Natural potentials: transition to 2D forms

The number of the introduced potentials: $\tilde{A}_k$, $\hat{A}_k$, $\hat{A}_4$ and ψ_s is enough to reduce them to the 2D form: we introduce the natural symmetric 2D potentials $N_S = \tilde{N}_S + \mathrm{i}\hat{N}_S$ (*S=1,2*) and $\hat{N}_4$ and η_s for the EM fields

$$B_{[k]} = \varepsilon_{kbS}\tilde{N}_{S,b} \, , \ E_{(k)} = \varepsilon_{kbS}\hat{N}_{S,b} - \frac{\partial}{\partial x_k}\hat{N}_4 \, , \ N_{S,S} = 0 \, , \ N_S = \tilde{N}_S + \mathrm{i}\hat{N}_S \tag{55}$$

$$4\pi J_k = \varepsilon_{kbs}\frac{\partial}{\partial x_b}\eta_s + \frac{\partial}{\partial t}\frac{\partial}{\partial x_k}\hat{N}_4 \ ; \ \Delta\hat{N}_4 = -4\pi\rho \tag{56}$$

introducing the conditions

$$4\pi\varepsilon_{Ndk}J_{k,d} = -\varepsilon_{ndk}\varepsilon_{kbS}\eta_{S,bd} = \Delta\eta_N \ , \quad \eta_{S,S} = 0 \ , \qquad \varepsilon_{3bS}\frac{\partial}{\partial x_b}\eta_S = \eta_{2,1} - \eta_{1,2} = 0 \cdot \tag{56'}$$

Hence, with the definitions (55) we obtain

$$\overline{\nabla}N_S = 0 \quad ; \quad \text{where} \quad \overline{\nabla} = \frac{\partial}{\partial x_1^2} + \frac{\partial}{\partial x_2^2} \, . \tag{57}$$

All together we have introduced 7 potentials $\tilde{N}_S$, $\hat{N}_S$, $\hat{N}_4$ and η_S with 4 conditions. It is easy to find that our equations will be fulfilled when these potentials obey

$$\varepsilon_{K3S}\tilde{N}_{S,3} - \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\hat{N}_K = \frac{1}{c}\eta_K \ , \quad \varepsilon_{K3S}\hat{N}_{S,3} + \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\tilde{N}_K = 0 \tag{58}$$

and hence for complex potentials we obtain

$$N_{N,33} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2} N_N = Y_N \quad \text{or} \quad \Box N_N = Y_N , \tag{59}$$

where $\Box = \frac{\partial^2}{\partial x_3^2} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}$ and where we define the 2D current field $Y_N = \tilde{Y}_N + \mathrm{i}\,\tilde{Y}_N$ as follows

$$-\frac{1}{c}\varepsilon_{K3S}\frac{\partial}{\partial x_3}\eta_S = \tilde{Y}_K \ , \ \frac{1}{c^2}\frac{\partial}{\partial t}\eta_N = \hat{Y}_N \ ; \ Y_N = \tilde{Y}_N + i\hat{Y}_N \tag{60}$$

Instead, for the complex antisymmetric tensor for potentials $A_{\alpha\beta}$ (51), we might have, the $N^0_{\alpha\beta}$ in the 4D form:

$$N^0_{\alpha\beta} = \tilde{N}_{\alpha\beta} + \mathrm{i}\hat{N}_{\alpha\beta} \ ; \ N_S = \tilde{N}_S + \mathrm{i}\hat{N}_S \ ; \ Y_N = \tilde{Y}_N + i\hat{Y}_N \tag{61}$$

$$N^0_{\alpha\beta} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -N_2 & -N_1 \\ 0 & 0 & -N_1 & N_2 \\ N_2 & -N_1 & 0 & 0 \\ -N_1 & -N_2 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{and} \quad Y^0_{\alpha\beta} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -Y_2 & -Y_1 \\ 0 & 0 & -Y_1 & Y_2 \\ Y_2 & -Y_1 & 0 & 0 \\ -Y_1 & -Y_2 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \tag{62}$$

where

$$\Box N^0_{\alpha\beta} = Y^0_{\alpha\beta} \tag{62'}$$

and where we have reversed the signs in the 2-nd and 4-th rows in comparison to (51).

We define two systems of the independent coordinates related to the 2D forms:

– the dynamic coordinates for the potentials

$$\bar{X}_A = \left[\bar{X}_1 , \quad \bar{X}_2\right] = \left[x_3 , \quad x_4 = \mathrm{i}Vt\right] \tag{63}$$

– the conservative coordinates for the potentials

$$X_A = \left[X_1 , \quad X_2\right] = \left[x_1 , \quad x_2\right]. \tag{63'}$$

From (62) we can define the 2D tensors

$$N_{AB} = \begin{bmatrix} N_2 & -N_1 \\ -N_1 & -N_2 \end{bmatrix}, \bar{N}_{\bar{A}\bar{B}} = \begin{bmatrix} -N_2 & -N_1 \\ -N_1 & N_2 \end{bmatrix}, Y_{AB} = \begin{bmatrix} Y_2 & -Y_1 \\ -Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix}, \bar{Y}_{\bar{A}\bar{B}} = \begin{bmatrix} -Y_2 & -Y_1 \\ Y_1 & Y_2 \end{bmatrix}, \tag{64}$$

where

$$N^0_{\alpha\beta} = \begin{bmatrix} 0 & \bar{N}_{\bar{A}\bar{B}} \\ N_{AB} & 0 \end{bmatrix}, \quad Y^0_{\alpha\beta} = \begin{bmatrix} 0 & \bar{Y}_{\bar{A}\bar{B}} \\ Y_{AB} & 0 \end{bmatrix}.$$

And in analogy to (52) for the 2D tensors N_{AB}, $\bar{N}_{\bar{A}\bar{B}}$ we have

$$N_{AB,B} = 0, \quad \bar{N}_{\bar{A}\bar{B},\bar{B}} = \frac{1}{c}\eta_{\bar{A}}$$

and from (57) and (59) we arrive for the tensors (65) to relations

$$\bar{\Box} N_{AB} = 0, \quad \Box N_{AB} = Y_{AB}; \quad \bar{\Box}\bar{N}_{\bar{A}\bar{B}} = 0, \quad \Box\bar{N}_{\bar{A}\bar{B}} = \bar{Y}_{\bar{A}\bar{B}} \tag{65}$$

where $\bar{\Box} = \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_2^2} = \frac{\partial^2}{\partial X_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial X_2^2}$ and $\Box = \frac{\partial^2}{\partial \bar{X}_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial \bar{X}_2^2} = \frac{\partial^2}{\partial x_3^2} - \frac{\partial^2}{c^2 \partial t^2}$

From the obvious relation for operators $\Box = \bar{\Box} + \bar{\Box}$ we write instead of (65) the same relation as presented in eq. (62'):

$$\Box N^0_{\alpha\beta} = \Box \begin{bmatrix} 0 & \bar{N}_{\bar{A}\bar{B}} \\ N_{AB} & 0 \end{bmatrix} = Y^0_{\alpha\beta} = \begin{bmatrix} 0 & \bar{Y}_{\bar{A}\bar{B}} \\ Y_{AB} & 0 \end{bmatrix} \tag{66}$$

With a help of the Pauli tensors

$$\sigma_1 = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}, \ \sigma_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}, \ \sigma_3 = \begin{bmatrix} 0 & -\mathrm{i} \\ \mathrm{i} & 0 \end{bmatrix}, \ \sigma_4 = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}, \tag{67}$$

which fulfill the conditions:

$$\frac{1}{2}(\sigma_\alpha \sigma_\beta + \sigma_\beta \sigma_\alpha) = \eta_{\alpha\beta} \tag{68}$$

we arrive at the invariant form for the tensors N_{AB}, $\bar{N}_{AB}$:

$$N_{AB} = N_1\sigma_1 + N_2\sigma_2, \ \bar{N}_{AB} = N_1\sigma_1 - N_2\sigma_2, \ Y_{AB} = Y_1\sigma_1 + Y_2\sigma_2, \ \bar{Y}_{\bar{A}\bar{B}} = Y_1\sigma_1 - Y_2\sigma_2 \tag{69}$$

Space curvature and complex metric tensor

For system $\{X_1, X_2\}$ and for $N_{AB} = N_1\sigma_1 + N_2\sigma_2$ we can perturb the matrices σ_1 and σ_2 in the way indicated below

$$\nu_1 = (1 + N_1)\sigma_1, \quad \nu_2 = (1 + N_2)\sigma_2 \tag{70}$$

and we arrive at the disturbed metric tensor:

$$g_{11} = \nu_1\nu_1 = (1 + 2N_1), \quad g_{22} = \nu_2\nu_2 = (1 + 2N_2) \tag{71}$$

While for system $\{\overline{X}_1, \overline{X}_2\}$ and for $\overline{N}_{\overline{AB}} = N_1\sigma_1 - N_2\sigma_2$ we perturb these matrices as

$$\overline{\nu}_{\overline{1}} = (1+N_1)\sigma_1\,, \qquad \overline{\nu}_{\overline{2}} = (1-N_2)\sigma_2 \tag{72}$$

arriving at

$$\overline{g}_{\overline{11}} = g_{33} = \overline{\nu}_{\overline{1}}\overline{\nu}_{\overline{1}} = (1+2N_1)\,, \quad g_{44} = \overline{g}_{\overline{22}} = g_{44} = \overline{\nu}_{\overline{2}}\overline{\nu}_{\overline{2}} = (1-2N_2) \tag{73}$$

With these complex perturbation, applied after deformation, we would have the following disturbances of the length elements:

$$\mathrm{d}S^2 = g_{AB}\mathrm{d}X^A\mathrm{d}X^B = g_{11}\mathrm{d}X_1^2 + g_{22}c^2\mathrm{d}X_2^2 = (1+2N_1)\mathrm{d}x_1^2 + (1-2N_2)\mathrm{d}x_2^2$$

$$\mathrm{d}\overline{S}^2 = \overline{g}_{\overline{AB}}\mathrm{d}\overline{X}^A\mathrm{d}\overline{X}^B = \overline{g}_{\overline{11}}\mathrm{d}X_{\overline{1}}^2 + \overline{g}_{\overline{22}}c^2\mathrm{d}X_{\overline{2}}^2 = (1+2N_1)\mathrm{d}x_3^2 - (1-2N_2)c^2\mathrm{d}t^2$$

and according to (67, 68) we arrive to the deformed metric tensor and first order disturbances:

$$g_{\alpha\beta}(x^1, x^2, x^3, x^4) = \{g_{AB}(X_1, X_2)\,, \quad \overline{g}_{\overline{AB}}(\overline{X}_1, \overline{X}_2)\} \tag{74}$$

$$h_{11} = 2N_1\,, \quad h_{22} = 2N_2\,, \quad h_{33} = 2N_1\,, \quad h_{44} = -2N_2\,. \tag{75}$$

We will arrive, thus, at the complex Riemann $R_{\alpha\beta}$ and the Einstein-like $G_{\alpha\beta}$ tensors and according to obtained deformed distortions (75) we obtain the basic relation for the Einstein tensor which corresponds to eqs. (65) and (66):

$$G_{\alpha\beta} = -\frac{1}{2}\tilde{Y}_{\alpha\beta}, \quad \text{or} \quad \begin{bmatrix} N_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & N_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & N_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -N_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & Y_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Y_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -Y_2 \end{bmatrix}.$$

This relation becomes an electromagnetic counterpart to the Einstein General Gravity theory.

From the 2D potentials and with a help of (55) and (56) we can return to the potentials natural potentials (47):

$$\varepsilon_{kbs}\tilde{N}_{S,b} = \varepsilon_{kbs}\frac{\partial}{\partial x_b}\tilde{A}_s \quad \text{and} \quad \varepsilon_{kbs}\hat{N}_{S,b} - \frac{\partial}{\partial x_k}\hat{N}_4 = \varepsilon_{kbs}\frac{\partial}{\partial x_b}\hat{A}_s - \frac{\partial}{\partial x_k}\hat{A}_4$$

As we have mentioned before, the results obtained in the last three sections related to the EM field could be also valid for the spin and twist motions with

$V < c$ and with the relativistic law for a value of this velocity appearing in the related relations. In this way, we can obtain a generalization of theory of these spin and twist motions which in limit case $V \to c$ will lead us to the EM fields as described above.

Conclusions

We have shown that the degenerated continuum mechanics leads to deformations of the Euclidean space into a Riemannian one and can be described by the complex Einstein-like tensor.

With a new constitutive law joining the self-rotations with asymmetric stresses, we can evade an influence of the Hook law, which in the ideal elasticity rules out an existence of the rotation waves. Thus, it is not true that the rotation vibrations are in the homogeneous elastic continuum automatically attenuated and ruled out. In fact, for the related rotation waves, of spin and twist type, there is no attenuation as it is for the ideal elastic waves; these motions are accompanied by the related rotational vibration of the points of continuum. Moreover, our equations may contain the source function depending on spin and twist processes in a seismic source.

We have presented the invariant definition of the twist motion which is the counterpart of to spin motion; both forming the elastic rotation field.

An alternative way to introduce the rotation motions which is based on a concept of the asymmetric continuum with dislocation and disclination densities and rotation nuclei was presented in our former papers (Teisseyre 2001, Teisseyre 2002, Teisseyre and Boratyński 2003); here, we show that even in uniform continuum such rotational vibrations and waves exist and are not attenuated as displacement motion in the ideal elasticity.

Further, we have extended our consideration on the rotation waves pointing out on their similarity to the electromagnetic waves. Introducing the natural EM potentials we presented the new approach to the General Relativity theory combining these electromagnetic potentials, as presented with the help of the Pauli 2D tensors, with the gravity field.

REFERENCES

1. *Boratyński W. and Teisseyre R.* Generalized continuum with defects and asymmetric stresses. Acta Geophys. Pol. 2004. **52**. 2. P. 185–195.
2. *Boratyński W. and Teisseyre R.* Continuum with rotation nuclei and defects: dislocation and disclination densities // Earthquake Source Asymmetry, Structural Media and Rotational Effects / Eds. Teisseyre et al. Springer, Berlin, 2006. P. 57– 66.
3. *Eringen A.C.* Microcontinuum Field Theories. Springer, Berlin, 1999

4. *Eringen A. C. and Suhubi E. S.* Non-linear theory of simple micro-elastic solids // I. Int. J. Eng. Sci. 1964. **2**. P. 189–203.
5. *Kleman M.* The general theory of disclinations // Dislocations of solids. 1980. V. 5. Other effects of dislocations: disclinations / Ed. F.R.N. Nabarro. North-Holland, 1980. P. 243–297.
6. *Kossecka E. and DeWitt R.* Disclination kinematic // Arch. Mech. 1977. **29**. P. 633–651.
7. *Kröner E.* Continuum theory of defects. In: Les Houches, Session XXXV, 1980, Physique des Defauts / Physics of Defects. Eds. Balian et al., North Holland, Dordrecht, 1981.
8. *Mataga P.A., Freund L.B. and Hutchison J.W.* Crack tip plasticity in dynamic fracture // J. Phys. Chem. Solid. 1987. **48**. 985–1005.
9. *Shimbo M.* A geometrical formulation of asymmetric features in plasticity. Bull. Fac. Eng.. Hokkaido Univ. 1975. **77**. P. 155–159.
10. *Shimbo M.* Non-Riemannian geometrical approach to deformation and friction // Theory of Earthquake Premonitory and Fracture Processes Ed. R. Teisseyre, PWN (Polish Scientific Publishers), Warszawa, 1995. P. 520–528.
11. *Teisseyre R.* Evolution, propagation and diffusion of dislocation fields, in Earthquake Thermodynamics and Phase Transformations in the Earth's Interior. Eds. R. Teisseyre and E. Majewski. Academic Press (vol. 76 of International Geophysical Series), San Diego, 2001. P. 167–198.
12. *Teisseyre R.* Continuum with defect and self-rotation nuclei // Acta Geophys. Pol. 2002. **50**. P. 1.
13. *Teisseyre R.* Spin and twist motions in a homogeneous elastic continuum and cross-band geometry of fracturing // Acta Geophys. Pol. 2004. **52**. P. 173–183.
14. *Teisseyre R.* Degenerated mechanics in homogeneous continuum potentials // Acta Geophys. Pol.. 2005. **53.** P. 115–126
15. *Teisseyre R. and Boratyński W.* Continua with self-rotation nuclei: evolution of defect fields and equations of motion // Acta Geophys. Pol. 2002. **50**. 2. P. 223–229.
16. *Teisseyre R. and Boratyński W.* Continua with self-rotation nuclei: evolution of asymmetric fields // Mech. Res. Com. 2003. **30**. P. 235–240.
17. *Teisseyre R. and Białecki M.* Complex relativity: gravity and electromagnetic fields. arXiv:physics/0506033. 2005.
18. *Teisseyre R. et al.* (Eds.) Earthquake Source Asymmetry, Structural Media and Rotational Effects, Springer, Berlin, 2006. 582 p.
19. *Teisseyre R., Białecki M. and Górski M.* Degenerated asymmetric continuum theory // Earthquake Source Asymmetry, Structural Media and Rotational Effects. Eds. R Teisseyre et al., Springer, Belin, 2006. P. 43–55.
20. *Teisseyre R., and Boratyński W.* Deviations from symmetry and elasticity: asymmetric continuum mechanics // Earthquake Source Asymmetry,

Structural Media and Rotational Effects. Eds R Teisseyre et al. Springer, Berlin, 2006. P. 31–41.
21. *DeWitt R.* Relation between dislocations and disclinations. J. Appl. Phys. 1971. **42**. P. 3304–3308.
22. *Teodosiu C.* A dynamic theory of dislocations and its applications to the theory of the elastic-plastic continuum // Fundamental aspects of dislocation theory. Eds. J.A. Simmons et al. National Bureau of Standards (U.S.). 1970. Spec. Publ. 317. II. P. 837–876.

Teisseyre Roman. E-mail: rt@igf.edu.pl. Born: April 11, 1929; EDUCATUION: B. Sc. in Physics, University of Warsaw, 1952. Ph.D. in Physics, University of Warsaw, 1959. POSITIONS HELD: Institute of Theoretical Physics, University of Warsaw, Assistant Professor, 1952–1953; Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences, Warsaw; Assistant Professor, 1953–1959; Associate Professor 1959–1967; Professor 1967–. Expert UNESCO w International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Tokio, 1965–1966. Visiting Profesor: University of Trieste, Italy, 1979–1980; University of Strasbourg, France, 1984; Hokkaido University, Japan, 1999. Member of the Polish Academy of Sciences: corresponding member 1969–, real member 1980– ; member Finnish Academy of Science and Literature 1975–. Chief of Geophysical Expedition to Vietnam of the International Geophysical Year, 1957–1960. UNESCO expert, International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Tokyo, Japan, 1965–1966. Visiting Professor: University of Trieste, Italy, 1979–1980; University of Strasbourg, France, 1984; Hokkaido University, Japan, 1999. MAIN INTERESTS: seismology, continuum theories, General Relativity. SEISMOLOGICAL CONTRIBUTIONS: (1) Dislocation theory of earthquakes: energy release and thermal processes. (2) Theory of earthquakes precursory processes: variation of electric resistivity and generation of electromagnetic fields. (3) Physics of earthquake processes based on continuous dislocation distribution: stress-dislocation relations and equation of motion for elastic medium contaminated by a dense defect distribution. (4) Earthquake thermodynamics. (5) Micromorphic media and seismic rotation waves.

УДК 537.212+537.213+531.26+539.24

НЕПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВИХРЕВОЕ РЕШЕНИЕ КЛАССИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ОБ ЭЛЕКТРОНЕ

А.Г. Иванчин

Торговый дом ООО «Музыка», Томск, iagiag@mail.ru

Аннотация. В современной физике широко используется уравнение $div(\mathbf{E}) = \delta(\mathbf{r})$, для которого ищется только потенциальное решение и автоматически, без всякого объяснения, исключаются из рассмотрения все вихревые компоненты. В представленной статье на примере классической задачи для электрона для такого уравнения показывается существование непотенциального решения. Для выбора физически реализуемого решения используется принцип минимальности потенциальной энергии поля, который, как показывается в работе, достигается при наличии непотенциальной вихревой компоненты.

Непотенциальное решение

Ниже будем рассматривать поле сосредоточенного заряда на примере электрона, используя термин «электрон» несколько условно, предполагая, что сказанное может относиться к любому сосредоточенному заряду, например, к протону.

Как известно, электростатическое поле точечного источника подчиняется следующему уравнению:

$$div(\mathbf{E}) = -\frac{e}{\varepsilon}\delta(\mathbf{r}). \qquad (1)$$

Здесь $\mathbf{E}$ – напряженность электростатического поля, e – заряд электрона, ε – диэлектрическая проницаемость. К этому уравнению надо добавить граничные условия:

$$\mathbf{E} \to 0, \quad \mathbf{r} \to \infty . \qquad (2)$$

Здесь $\mathbf{r}$ – радиус – вектор, δ – функция Дирака.

Существующая методика решения задачи (1) – (2) заключается в следующем. Делается предположение, что напряжённость поля $\mathbf{E}$ есть потенциальный вектор:

$$\mathbf{E} = grad(\Phi), \qquad (3)$$

где $\Phi(r)$ некоторая скалярная функция, которую называют потенциалом. Тогда уравнение (1) записывается в виде:

$$\Delta(\Phi) = -\frac{e}{4\pi\varepsilon}\delta(r), \qquad (4)$$

где Δ – оператор Лапласа. Решением уравнения (4) является функция: $\Phi = \frac{e}{4\pi\varepsilon\, r}$. Вектор $\mathbf{E}$, являющийся решением (4), в декартовых и сферических координатах записывается следующим образом:

$$\mathbf{E} = \frac{e}{4\pi\varepsilon\, r^3}\mathbf{r}; \quad E_r = \frac{e}{4\pi\varepsilon\, r^2}, \quad E_\theta = E_\varphi = 0\,. \tag{5}$$

Полярные и декартовые переменные связаны стандартным соотношением:

$$x = r\cdot\cos(\varphi)\cdot\sin(\theta), \quad y = r\cdot\sin(\varphi)\cdot\sin(\theta), \quad z = r\cdot\cos(\theta). \tag{6}$$

Такая методика решения задачи (1)–(2) применяется в различных разделах физики.

Следует заметить: предположение (3) о потенциальности поля не следует ни из каких физических законов и нужно лишь только для того, чтобы получить решение задачи. С математической точки зрения, исключение непотенциальных решений сужает класс функций, являющихся решением уравнения (1). Более правильно было бы найти решение задачи (1) – (2) без предположения о потенциальности. И если в этом случае полученное решение оказывается потенциальным и единственным, то тогда действительно можно было бы утверждать, что поле напряжённости электрона есть потенциальный вектор. Если же существуют другие решения задачи (1)–(2), то в этом случае необходимо обосновать выбор именно решения (5) в качестве физически реализуемого, а не какого-нибудь другого решения.

Ниже покажем, что решение задачи (1)–(2), отличное от потенциального (5), существует. Для этого используем методику, описанную в [1, 2] и применённую также при решении задач физики атмосферы [3] и физики Земли: сейсмологии [4] и геодинамики [5].

Для нахождения такого решения используем вспомогательный вектор

$$\mathbf{U}^+ = -\left\{\frac{x}{r^3}\ ,\ \frac{y}{r^3}\ ,\ 0\right\}. \tag{7}$$

Подставляя эту функцию в уравнение (1), получим $div\left(\mathbf{U}^+\right) = \frac{1-3\cdot\cos(\theta)^2}{r^3}$, где $\cos(\theta) = z/r$. Вектор $\mathbf{U}^+$ ни чисто потенциальный, ни чисто вихревой. В этом можно убедиться, вычислив дивергенцию и ротор от него. Они не равны тождественно нулю.

Рассмотрим уравнение Пуассона в сферических координатах:

$$\Delta\Phi^* = \frac{1}{r^2}\cdot\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\cdot\frac{\partial\Phi^*}{\partial r}\right)+\frac{1}{r^2\sin(\theta)}\cdot\frac{\partial}{\partial\theta}\left(\sin(\theta)\frac{\partial\Phi^*}{\partial\theta}\right)+ \qquad (8)$$
$$+\frac{1}{r^2\sin^2(\theta)}\frac{\partial^2\Phi^*}{\partial\varphi^2}=\frac{1-3\cos^2(\theta)}{r^3}.$$

Если удастся найти решение уравнения (8), то вектор

$$\mathbf{U} = C\left[\mathbf{U}^+ - grad\left(\Phi^*\right)\right] \qquad (9)$$

будет решением уравнения (1), что можно проверить дифференцированием. Здесь C – произвольная константа, её значение определяет величину заряда, расположенного в начале координат. Не снижая общности, можно положить:

$$C = -e/2\pi\varepsilon, \qquad (10)$$

при этом произвольность выбора C учитывается свободными константами λ в (16). Тогда уравнение (9) можно переписать в виде:

$$\mathbf{U} = \frac{e}{2\pi\varepsilon}\left[grad\left(\Phi^*\right)-\mathbf{U}^+\right]. \qquad (11)$$

Уравнение (8) будем решать методом разделения переменных, представив искомую функцию в виде:

$$\Phi^* = R(r)\cdot\Phi_1(\theta)\cdot\Phi_2(\varphi) \qquad (12)$$

По самому смыслу задачи функция Φ^* должна зависеть от r, также как и Φ, поэтому положим $R(r) \sim 1/r$, тогда первое слагаемое в (8) обращается в нуль. Поскольку правая часть в (8) не зависит от φ, положим $\Phi_2 = const$. Тогда и третье слагаемое в (8) обращается в нуль. Окончательно (8) переходит в соотношение:

$$\frac{\partial}{\partial\theta}\left(\sin(\theta)\frac{\partial\Phi_1}{\partial\theta}\right) = (1-3\cos^2(\theta))\cdot\sin(\theta).$$

Интегрируя (9) по θ, получим: $\frac{\partial\Phi_1}{\partial\theta} = -\sin(\theta)\cdot\cos(\theta)+\frac{A}{\sin(\theta)}$. Здесь A – произвольная константа. Отсюда находим: $\Phi_1 = \frac{1}{2}\cos^2(\theta)+A\cdot\ln\left(\tan\frac{\theta}{2}\right)$. Несмотря на то, что Φ_1 – неограниченная функция, при $\theta = 0$, тем не менее, создаваемый ею вектор напряжённости ограничен в этих точках. Энергия взаимодействия компоненты $\ln(\tan\theta/2)$ с другими компонентами электрона равна нулю. Вычисление этой энергии взаимодействия не сложно, но довольно громоздко, поэтому в данной статье вычисления опускаем.

Из условия минимума потенциальной энергии значение произвольной константы надо положить $A = 0$. В результате получаем: $\Phi_1 = \frac{1}{2}\cos^2(\theta)$ или в декартовых координатах $\Phi_1 = \frac{z^2}{2\cdot\left(x^2+y^2+z^2\right)}$.

Отсюда и из (12) выражение для Φ^* в декартовых и сферических координатах, соответственно, запишется в виде:

$$\Phi^* = \frac{z^2}{2\left(x^2+y^2+z^2\right)^{\frac{3}{2}}} = \frac{z^2}{2r^3}, \quad \Phi^* = \frac{\cos^2(\theta)}{2r}. \qquad 13)$$

Из (11) получаем значение вектора напряжённости в виде $\mathbf{U} = \frac{e}{4\pi\varepsilon}\frac{z^2-2x^2-2y^2}{\left(x^2+y^2+z^2\right)^{5/2}}\mathbf{r}$. Простой подстановкой можно убедиться, что этот вектор удовлетворяет уравнению (1) всюду, кроме начала координат, где $\mathbf{U} \to \infty$.

Вектор $\mathbf{U}$ не является потенциальным вектором, поскольку $\operatorname{rot}\mathbf{U} \neq 0$ тождественно. Запишем вектор $\mathbf{U}$ в сферической системе координат:

$$U_r = \frac{e}{4\pi\varepsilon}\ \frac{2-3\cos^2\theta}{r^2}, \qquad (14)$$
$$U_\theta = U_\varphi = 0.$$

Видно, что поле (14) является осесимметричным относительно оси z.

Поток вектора $\mathbf{U}$ через замкнутую сферу с центром в начале координат запишется в виде:

$$\oint_S U_r dS = -\frac{e}{4\pi\varepsilon}\int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\pi} U_r r^2 \sin(\theta) d\theta = -\frac{e}{\varepsilon}. \qquad (15)$$

Здесь знак минус выбран для того, что бы нормаль к сфере интегрирования была направлена внутрь сферы. Такой выбор нормали обусловлен тем, что при переходе от объёмного интеграла к поверхностному с использованием формулы Остроградского-Гаусса нормаль к произвольно малого радиуса сфере, окружающей особую точку поля, направлена внутрь сферы.

Соотношение (15) показывает, что поток вектора $\mathbf{U}$ через замкнутую сферу с центром в начале координат не зависит от ее радиуса и является постоянной величиной. Следовательно, справедливо соотношение $divU = -\frac{e}{\varepsilon}\delta(r)$. То же самое утверждение справедливо и для вектора $\mathbf{E}$ в (5), для которого поток вектора через замкнутую поверхность также

является величиной постоянной и не зависящей от радиуса сферы. Действительно: $\oint_S E_r dS = -\frac{e}{4\pi\varepsilon}\int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\theta} E_r d\theta = -\frac{e}{\varepsilon}$. Как видим, $\mathbf{U}$ действительно является решением уравнения (1). Из (5) и (14) следует, что векторы $\mathbf{E}$ и $\mathbf{U}$ параллельны.

Несколько слов следует сказать о выборе вспомогательного вектора (7). Можно было бы взять в качестве вспомогательного, например, вектор $\mathbf{U}^{+} = -\left\{\frac{x}{r^3},\ 0,\ 0\right\}$ или использовать другие компоненты вектора $\mathbf{E}$. Результат получается тот же.

Энергетика

Векторы $\mathbf{U}$ и $\mathbf{E}$ удовлетворяют одной и той же краевой задаче (1) – (2). Вопрос о том, какое решение физически реализуется, остаётся открытым. Для выбора физически реализуемого решения надо исходить из каких-то дополнительных соображений. Для этой цели, как и в [5], можно использовать общий физический принцип минимальности потенциальной энергии системы в состоянии равновесия.

Стационарное равновесное состояние системы реализуется только при (глобальном или локальном) минимуме энергии. Рассмотрим линейную комбинацию векторов в виде:

$$\lambda_1\mathbf{E} + \lambda_2\mathbf{U}. \qquad (16)$$

Поскольку от выбора компонент заряд не должен меняться и быть равным заряду электрона, то должно иметь место соотношение:

$$\lambda_2 = 1 - \lambda_1. \qquad (17)$$

Потенциальная энергия электростатического поля (16) даётся соотношением [6]:

$W = \frac{\varepsilon}{2}\int_V (\lambda_1\mathbf{E}_* + \lambda_2\mathbf{U}_*)^2 dV$. Вычисление энергии наиболее просто провести в сферической системе координат. Получаем:

$$W = \frac{e^2}{32\pi^2\varepsilon}\int_V (\lambda_1 E_r + \lambda_2 U_r)^2 dV, \qquad (18)$$

где интегрирование проводится по всему пространству. Соотношение (18) распадается на три слагаемых. Первое:

$$W_E = \frac{\lambda_1^2}{32\pi^2}\frac{e^2}{\varepsilon}\int_V E_r^2 dV = \frac{\lambda_1^2}{32\pi^2}\frac{e^2}{\varepsilon}\int_\rho^\infty \frac{1}{r^2}dr\int_0^{2\pi} d\varphi\int_0^{\pi}\sin(\theta)d\theta = \frac{\lambda_1^2}{8\pi\rho}\frac{e^2}{\varepsilon} \qquad (19)$$

есть собственная энергия для классической потенциальной компоненты электрона.

Второе

$$W_U = \frac{\lambda_2^2}{32\pi^2}\frac{e^2}{\varepsilon}\int_V U_r^2 dV = \frac{\lambda_2^2}{32\pi^2}\frac{e^2}{\varepsilon}\int_\rho^\infty \frac{dr}{r^2}\int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^\pi \left[2-3\cos^2\theta\right]^2 \sin(\theta)d\theta = \frac{9}{40\pi}\frac{\lambda_2^2}{\rho}\frac{e^2}{\varepsilon} \qquad (20)$$

есть собственная энергия для непотенциальной компоненты электрона. И третье:

$$W_B = \frac{\lambda_1\lambda_2}{16\pi^2}\frac{e^2}{\varepsilon}\int_V (E_r U_r)dV = \frac{\lambda_1\lambda_2}{16\pi^2}\frac{e^2}{\varepsilon}\int_\rho^\infty dr\int_0^{2\pi} d\varphi\int_0^\pi \frac{2-3\cos^2\theta}{r^2}\sin(\theta)d\theta = \frac{\lambda_1\lambda_2}{8\pi\rho}\frac{e^2}{\varepsilon} \qquad (21)$$

есть энергия взаимодействия потенциальной и не потенциальной компонент полей электрона. В формулах (19) – (21) ρ есть радиус «обрезания», появление которого связано с тем, что собственная электростатическая энергия электрона при $\rho \to 0$ стремится к бесконечности. По физическому смыслу ρ есть такое расстояние от центра электрона, начиная с которого нельзя говорить о собственном электростатическом поле электрона.

Суммируя (19), (20), (21) с учетом (17), окончательно полную энергию получаем в виде: $W = \frac{e^2}{8\pi\rho\varepsilon}\left[\lambda_1^2 + \lambda_1(1-\lambda_1) + \frac{9}{5}(1-\lambda_1)^2\right]$. Как можно видеть, минимум энергии достигается при $\lambda_1 = \frac{13}{18}$ и равен $W_m = W(\lambda_1 = \frac{13}{18}) = \frac{31}{288}\frac{e^2}{\rho\,\pi\varepsilon}$. При $\lambda_1 = 1$ (классическое поле электрона) имеем $\frac{W(\lambda_1 = 1)}{W_m} = \frac{36}{31}$. При $\lambda_1 = 0$ получаем $\frac{W(\lambda_1 = 0)}{W_m} = \frac{324}{155}$.

Таким образом, учёт непотенциальной компоненты понижает собственную энергию электрона почти на 14% по сравнению с чисто классическим потенциальным полем. Аналогичный вывод был сформулирован и для потенциального, и вихревого упругих полей в имеющей блоковое строение литосфере вращающейся Земли [5].

В сферических координатах поле электрона $\widetilde{\mathbf{E}}$, достигающее минимума потенциальной энергии, запишется в виде: $\widetilde{E}_r = \frac{e}{72\pi\varepsilon\, r^2}\left(23-15\cos^2\theta\right), \widetilde{E}_\theta = \widetilde{E}_\varphi = 0$, или в декартовой системе координат:

$$\widetilde{\mathbf{E}} = \frac{e}{24\pi\varepsilon}\frac{x^2+y^2+6z^2}{\left(x^2+y^2+z^2\right)^{\frac{5}{2}}}\mathbf{r}. \qquad (22)$$

Взяв ротор от (22), получим: $\mathrm{rot}\,\widetilde{\mathbf{E}} = \dfrac{5e}{12\pi\varepsilon\, r^5} z(-y, x, 0)$. Для непотенциального решения (22) зависимость напряженности электростатического поля от величины угла в сферических координатах приведена на рис. 1.

Таким образом, у поля электрона, которое обеспечивает минимум потенциальной энергии, должна существовать *вихревая составляющая*. Роль этой вихревой компоненты пока не ясна. Вполне вероятно, она является причиной квантовых эффектов, таких как спин.

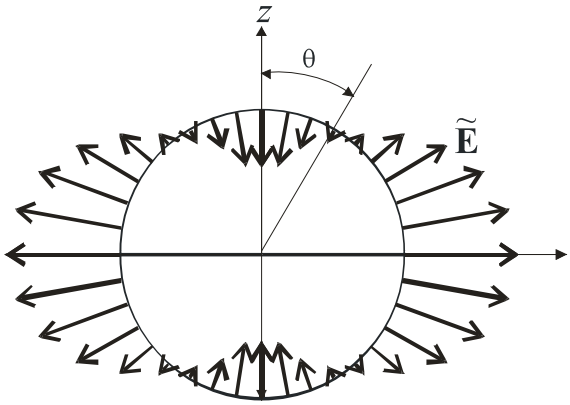


Рис.1. Зависимость напряженности электростатического поля $\widetilde{E}_r$ для непотенциального (соответствующего минимуму потенциальной энергии) решения электрона в сферической системе координат (θ, r). Угол θ откладывается от оси z, являющейся осью симметрии задачи. Длина стрелок пропорциональна $\widetilde{E}_r$, их направление совпадает с направлением вектора $\widetilde{\mathbf{E}}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ivanchin A.G.* // Phys. Stat. Sol. 1987. V. 99. P. 437–440.
2. *Ivanchin A.G.* Spherical asymmetric solution for point defect // J. Mater. Sci. Technol. 1994. V. 10. P. 386–388.
3. *Иванчин А.Г.* Движущая сила смерча // Вихри в геологических процессах. Петропавловск-Камчатский: ИВГиГ ДВО РАН, 2004. С. 269–273.
4. *Викулин А.В., Иванчин А.Г.* Ротационная модель сейсмического процесса // Тихоокеанская геология. 1998. Т. 17. № 6. С. 95–103.

5. *Викулин А.В., Быков В.Г., Лунева М.Н., Иванчин А.Г.* Волновая геодинамика литосферы Земли // Сопряженные задачи механики и экологии. Томск: ТГУ, 2000. С. 28–39 с.
6. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теория поля. М.: Наука, 1973. 504 с.

Иванчин Александр Геннадиевич, окончил Томский государственный университет, физик-теоретик, кандидат физ. – мат. наук. Автор ряда оригинальных статей по физике твердого тела, опубликованных в отечественных и зарубежных изданиях. В настоящее время является Президентом ООО «Торговый дом Музыка». В свободное от занятий бизнесом время занимается наукой. И не безуспешно. Активно развивает «вихревое» направление в геофизике.

УДК 519.63

РОТАЦИЯ ЭЛЕКТРОНА КАК ОСНОВА ПОРЯДКА ВСЕЙ ВСЕЛЕННОЙ

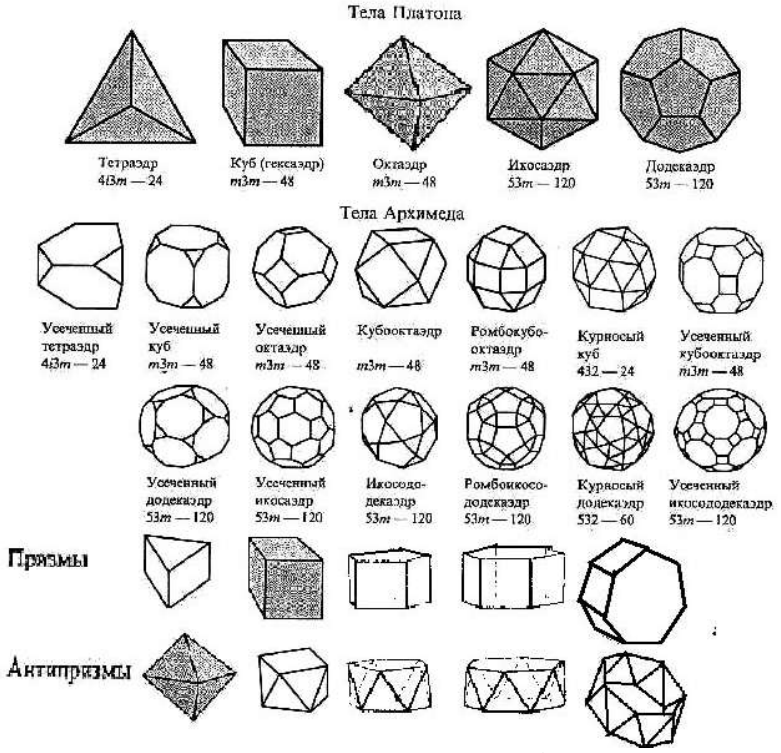
Р.В. Галиулин[1], С.Д. Захаров[2], Т.Ю. Тверитинова[3]
[1]Институт кристаллографии РАН, [2]ФИАН, [3]Геологический факультет МГУ

Аннотация. Обсуждаются некоторые следствия новой классификации элементов в Таблице Менделеева (ТМ), а также свойств электронов как фермионов и электронных пар как бозонов. Основная роль в динамическом поведении сложных систем отводится не электрическому заряду, а спину и магнитному моменту. Устойчивость атомов определяется правилом отбора четного числа электронов в результате спаривания спинов и нечетного числа пар. Стремление к образованию пар проявляется и в конденсированных средах, в частности, в явлении сверхпроводимости, где перенос электрического тока осуществляют куперовские пары. Постулируется, что электроны, ответственные за химические связи, располагаются по сферическим поверхностям атомов, образуя правильные системы точек (изогон), отвечающие правильным кристаллографическим телам динамического типа. При объединении атомов в молекулы внешние электроны образуют динамические структуры типа систем Делоне. По аналогии с ридберговскими состояниями атомов предполагается, что в космическом вакууме могут образовываться сверхатомы, содержащие на последней оболочке электроны (в виде призмы или антипризмы) и удаленные на любое расстояние. Согласно модели Пуанкаре, Вселенная имеет форму компактного локально-евклидового многообразия, построенного на додекаэдре, что отвечает d-атомам ТМ. Это позволяет предположить, что ТМ является одновременно и классификацией Вселенных со сложной топологией. Образование атомом компактных многообразий отражает всеобщую тенденцию к упорядочению, поэтому в открытых системах материя стремится не к хаосу, а к динамическому порядку, статическим отражением которого является идеальный кристалл.

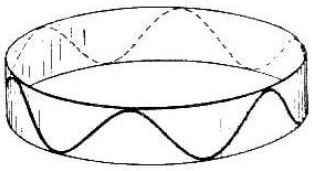
Все элементарные частицы делятся на 2 класса: бозоны и фермионы. Главное свойство бозонов – находиться в одном состоянии в пространстве импульсов. Это означает, что бозоны ничем неотличимы друг от друга. А это имеет место только в идеальном кристалле. Бозоны могут существовать только как правильные системы точек. Фермионы же отличаются друг от друга как по энергии, так и по ротационному своему свойству – спину, который может быть «правым» и «левым». За простейшую геометрическую модель фермиона может быть принят аксиальный вектор. Физическим воплощением фермионов являются электроны. Они и ответственны за правильность Вселенной.

«Человеческий ум всегда и во всем ищет правильности» – так начинается самая первая статья гения русской науки Е.С. Федорова (1853–1919), представленная им в 1880 году Д.И. Менделееву, но напечатанная только через 75 лет [1]. «На поверхности атома, – пишет в ней молодой гений, – располагаются частицы, ответственные за его химические связи».

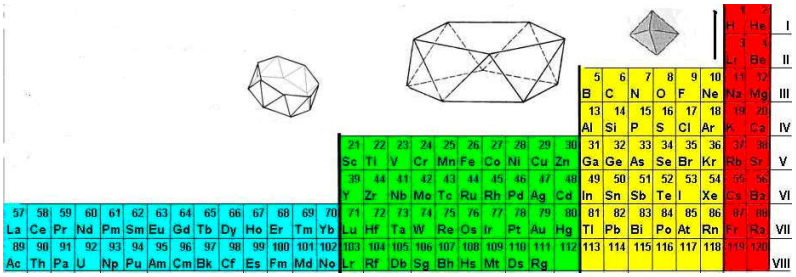
Если теперь учесть, что частицами этими являются электроны, старающиеся расположиться друг от друга как можно дальше, и позиции, которые они статистически занимают, образуют правильную систему точек на сфере (изогон), то все различные расположения таких позиций на поверхности шара исчерпываются следующей таблицей [2]:



Это все теоретически допустимые атомные орбитали и всевозможные их гибридизации, если ещё учесть, что ряды призм и антипризм продолжаются бесконечно, которые тоже имеют физическую интерпретацию (ридберговские атомы). Пучности волн де-Бройля соответствующих атомов совпадают с вершинами антипризм (волну де-Бройля тоже можно рассматривать как кристалл – компактное локально-евклидовое многообразие).



С современных позиций можно сказать, что Д.И. Менделеев заметил следующее: если все элементы расположить в порядке возрастания их числа электронов, то эта последовательность разобьется на группы рядом стоящих элементов с одинаковой симметрией: сферической (s-элементы, по 2 в каждой группе), с осью 3-го порядка (p-элементы, по 6 элементов в каждой группе), с осью 5-го порядка (d-элементы, по 10 элементов в каждой группе) и с осью 7-го порядка (f-элементы, по 14 элементов в каждой группе). Если теперь группы с одинаковым числом элементов записать друг под другом, получим 4 прямоугольника, которые однозначно объединяются в нижеследующую таблицу [3]:

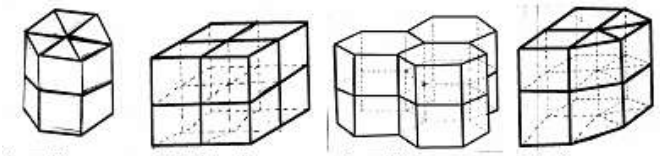


При объединении атомов в правильную структуру работает только одно правило: атом так окружает себя другими атомами, чтобы все электронные оболочки соответствовали многогранникам, содержащимся в вышеприведенной таблице.

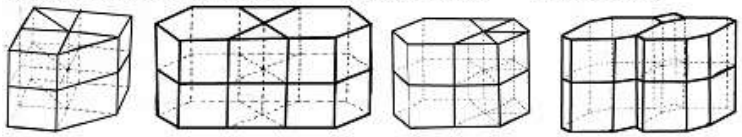
Геометрически это означает, что пространство разбивается на вышеприведенные многогранники так, что их вершины образуют правильную систему точек. Существует 28 таких разбиений (разбиения Андреини [3]).

По вершинам этих разбиений и перемещаются электроны, т.е. течет электрический ток.

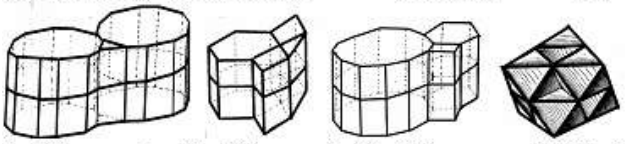
Открытый профессором МГУ А.А. Власовым дальний порядок в плазме [4] (за это открытие он был награжден Ленинской премией в 1970 году) тоже обеспечивается электронами. Но самым удивительным свойством электронов, прямо вытекающим из Таблицы Менделеева, является их спаривание. Два спаренных электрона образуют Бозе-частицу.



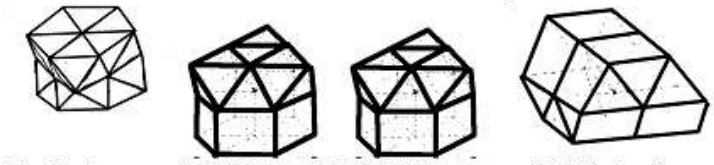
1. P6/mmm a 2. Pm3m a 3. P6/mmm c 4.Cmmm g



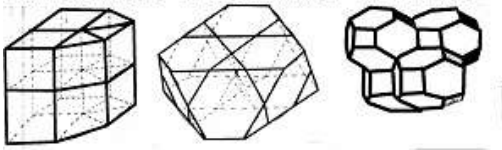
5. P4/mbm g 6. P6/mmm f 7. P6/m j 8. P4/mmm l



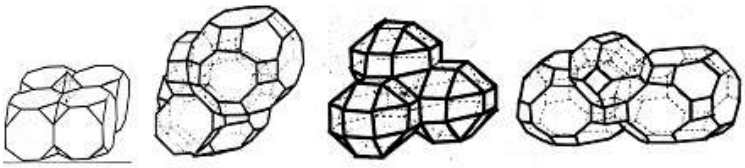
9. P6/mmm l 10. P6/mmm l 11. P6/mmm p 12. Fm3m a



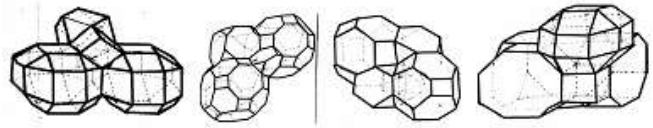
13. P6s/mmc c 14. P6s/mmc f 15. P3im c 16. P4r/amd a



17. I4r/amd e 18. Fd3m c 19. Im3m d 20. Pm3m c



21. Pm3m e 22. Im3m i 23. Fm3m f 24. Pm3m k



25. Pm3m i 26. Fm3m k 27. Fm3m h 28. Pm3m m

Эта частица (Куперовская пара) обладает сверхпроводимостью, поскольку это – компактное локально евклидовое многообразие (нанокристалл).

Нанокристаллом следует называть идеальный кристалл (евклидов, сферический, гиперболический) с отождествленными эквивалентными граничными точками [2]. Такое отождествление не постоянно, но его можно получить и экспериментально. Японцы уже вырастили кристалл в виде ленты Мебиуса (УФН 2002, N 7). Первые 120 элементов Таблицы Менделеева по симметрии нанокристаллов разделяются (Таблица, справа налево) на нанокристаллы со сферической симметрией, с осью 3-го порядка, с осью 5-го порядка и с осью 7-го порядка (2, 6, 10, 14).

В космическом вакууме множества этих элементов за счет перехода в Ридберговские состояния могут образовывать нанокристаллы, содержащие на последней оболочке все свои электроны (в виде призмы или антипризмы) и удаленные на любое расстояние. Хвосты комет, кольца Сатурна состоят из таких нанокристаллов, которые тоже образуют кристалл. В последнее время склоняются к мысли, что Вселенная ограничена и ее диаметр составляет 75 миллиардов световых лет. Она имеет форму компактного локально-евклидового многообразия, построенного на додекаэдре (модель Пуанкаре), т.е. похожа на d-атомы. Получается, что Таблица Менделеева является одновременно и классификацией Вселенных со сложной топологией. Отметим снова, что все эти топологии получаются склейкой по эквивалентным граничным точкам независимых областей Федоровских групп. Возможно, что эти мысли, как и ряд других (Фуксовы группы, группы Лоренца, качественная теория дифференциальных уравнений, r-годическая теорема) появились у Пуанкаре благодаря его солидной кристаллографической подготовке. Более 4-х лет он учился в горной школе, и любимым его предметом была кристаллография. А по окончании Горной школы он два года работал инженером на угольной шахте.

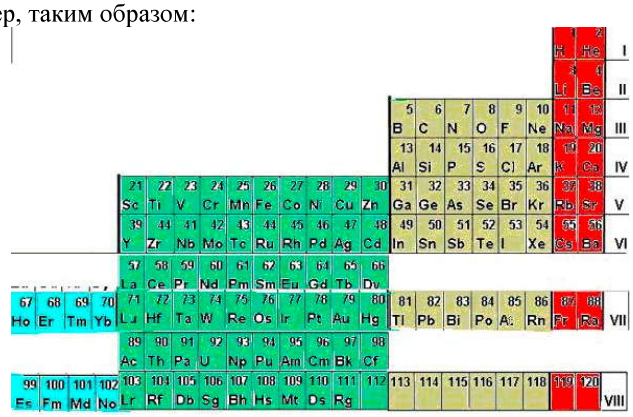
Образование атомом компактных многообразий и есть его стремление на микроуровне упорядочиться. В открытых системах материя стремится не к хаосу, а к порядку, к идеальному кристаллу.

«Все, что не кристаллично – не прочно и должно постепенно превратиться в кристаллы. Кристаллы – это то идеальное состояние вещества, тот глубокий внутренний порядок, к которому стремится природа» – такие слова сказал выдающийся минералог А.Е. Ферсман на похоронах Федорова. Это стремление материи определяет новую физику – кристаллографическую [3]. Зарождение кристалла – это стремление частиц образовать нанокристалл. Рост кристалла – это стремление кристалла скомпенсировать свои связи на поверхности. Для этого кристалл может даже менять кривизну пространства [6].

Таким образом, чтобы перевести проводник в состояние сверхпроводимости, надо спарить все, содержащиеся в нем свободные

электроны. Заметим теперь, что в заполненных электронных уровнях (s, p, d, f, …) содержится нечетное число спаренных электронов.

Под давлением электронные уровни могут перестроиться, что повлечет за собой топологическое изменение Таблицы Менделеева, например, таким образом:



ЛИТЕРАТУРА

1. *Федоров Е.С.* Попытка подвести атомные веса под один закон. КРИСТАЛЛОГРАФИЯ. ЛГИ. 1955. Вып. 3. С. 85–96.
2. *Галиулин Р.В.* Кристаллоподобная модель Вселенной // УФН. 2002. Т. 172. № 2. С. 229–233.
3. *Галиулин Р.В.* Кристаллографическая физика. Материалы конференции по целочисленным вычислениям. ВЦ РАН им. Дородницына, 4–7 июля 2006. М., 2006. С. 76–85. http://www.galiulin.narod.ru
4. *Власов А.А.* Теория многих частиц. М.-Л.: ГИТТЛ, 1950. 348 с.
5. *Тяпкин А., Шибанов А.* Пуанкаре. ЖЗЛ. М.: Молодая Гвардия, 1970.
6. *Кузьменков Л.С.* Теория А.А. Власова // Процессы реального кристаллообразования. М.: Наука, 1977. С.221–227.

Галиулин Равил Вагизович. Зав. сектором методологии кристаллографии Института кристаллографии РАН, доктор ф.-м. наук, сфера научных интересов – кристаллография (в полном смысле этого слова).

Захаров Станислав Дмитриевич. Ведущий научный сотрудник Физического института им. П.Н. Лебедева, кандидат ф.-м. наук, сфера научных интересов – биофизика

Тверитинова Татьяна Юрьевна. Доцент кафедры Геология России Геологического факультета МГУ. Кандидат г.-м. наук, сфера научных интересов – закономерности строения Земли.

УДК 536:531:550.3:55

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ТЕРМОГИДРОДИНАМИКА НЕОБРАТИМЫХ СДВИГОВО-ВРАЩАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

С.В. Симоненко

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, Россия

Аннотация. Для моделирования неравновесных сдвигово-вращательных процессов движения континуума развит синтетический термогидродинамический подход на основе синтеза неравновесной термодинамики, механики сплошных сред (континуума), гидродинамики и статистической физики. Выведена обобщенная дифференциальная формулировка первого закона термодинамики, обобщающая классические формулировки с учетом нестационарного гравитационного поля и работы вязких сил на границе движущегося макроскопического объема деформируемого теплопроводного стратифицированного континуума с симметричным тензором напряжений $\mathbf{T}$. Представлено обобщение принципа Брауна–Ле-Шателье на вращающиеся термодинамические системы с учетом сдвигово-вращательных термодинамических состояний рассматриваемой подсистемы. Проделан термодинамический анализ классической сдвиговой и ротационной модели очага землетрясения. На основе обобщенной дифференциальной формулировки первого закона термодинамики показана физическая адекватность ротационной модели очага землетрясения (А.В. Викулин, 2003) для сейсмофокальной зоны тихоокеанского кольца. Выведено интегральное выражение для изменения полной энергии $(E(t))_{\tau}$ подсистемы τ (планеты без океанов и атмосферы) планеты $(\tau+\bar{\tau})$ Солнечной системы с учетом теплового и динамического взаимодействия подсистем τ и $\bar{\tau}$ (атмосфера и океан) на граничной поверхности $\partial\tau$.

Получено выражение для полной энергии $(E(t))_{(\tau+\bar{\tau})}$ планеты $(\tau+\bar{\tau})$, подверженной гравитационному влиянию Солнца, планет Солнечной системы и их спутников, а также гравитационных полей нашей Галактики с учетом тепловыделения внутри планеты в результате распада радиоактивных элементов, тепловыделения в атмосфере в результате промышленной деятельности человечества и потока энергии электромагнитного солнечного излучения.

Введение

Проблема долгосрочного предсказания землетрясений является одной из основных проблем современной геофизики [2, 4, 6], которая для автора работы (проживающего в г. Владивостоке, отнесенном к 6–7-ми бальной

зоне на комплекте карт общего сейсмического районирования России) ощущается очень насущной жизненной проблемой. В настоящее время считается классической деформационная (сдвиговая) модель [10] очага землетрясения. Проведенный анализ [4] показал, что «в пределах сейсмофокальной зоны тихоокеанского кольца существуют условия, при которых может быть реализован ротационный механизм», связанный с поворотом блока посредством напряжений «вокруг поворачивающегося блока сейсмофокальной зоны», обусловленных вращением планеты. В монографии [4] отмечено, что ротационный механизм «может оказаться более реальным, по сравнению с общепринятым в настоящее время механизмом накопления напряжений, в основе которого заложены процессы, приводящие к появлению внутри очага так называемого магистрального разрыва». Адекватность ротационной модели [4] очага землетрясения не может быть обоснована на основе классической формулировки [12, 21] первого закона термодинамики в силу того, что в ней не учитывается эффект дифференциальной работы δA_s вязких сил на границе $\partial\tau$ макроскопического объема континуума τ, а также не учтен эффект влияния нестационарного гравитационного поля, который, согласно современным представлениям [1,2], является решающим при подготовке землетрясения в очаге землетрясения. Известно, что «аномальные изменения силы тяжести» предшествуют землетрясениям [2]. В данной работе проанализированы с общих термодинамических позиций классическая деформационная (сдвиговая) модель [10, с. 113–120] и ротационная модель [4] очага землетрясения на основе выведенной обобщенной дифференциальной формулировки первого закона термодинамики. На основе обобщенной формулировки первого закона термодинамики проанализирован механизм накачки внутренней энергии в макроскопический объем τ континуума за счет нарастания внутри макроскопического объема τ гравитационного потенциала ψ нестационарного гравитационного поля внешнего гравитационного источника энергии. Обобщенная формулировка первого закона термодинамики использована для вывода выражений, описывающих изменения полной энергии любой планеты (с учетом атмосферы и океана и без учета) Солнечной системы с учетом взаимодействия [6] литосферы с атмосферой и океанами на граничной поверхности $\partial\tau$, солнечного излучения, гравитационного влияния Солнца, планет Солнечной системы и их спутников, а также гравитационных полей нашей Галактики.

Обобщенная дифференциальная формулировка первого закона термодинамики, учитывающая работу вязких сил на границе движущегося макроскопического конечного объема деформируемого стратифицированного теплопроводного сжимаемого вязкого континуума в нестационарном гравитационном поле.

Для вывода обобщенной дифференциальной формулировки первого закона термодинамики для макроскопического объема континуума (находящегося в нестационарном гравитационном поле) будем использовать дифференциальную формулировку «первого закона термодинамики» [5] для макродифференциального элемента вязкого сжимаемого и деформируемого однокомпонентного континуума:

$$\frac{du}{dt} = \frac{dq}{dt} - p\frac{d\vartheta}{dt} - \vartheta\ \boldsymbol{\Pi} : \operatorname{Grad}\mathbf{v}, \qquad (1)$$

где u – внутренняя тепловая энергия единицы массы, $\vartheta = 1/\rho$ – удельный объем, ρ – локальная плотность массы, $\mathbf{v}$ – «скорость центра масс элемента» континуума [5], $\boldsymbol{\Pi}$ – «вязкий тензор давлений» [5], dq - изменение «теплоты» на единицу массы [5], связанное с обменом энергией с внешним окружением элемента континуума в форме теплоты, определяемым уравнением теплопроводности

$$\rho\frac{dq}{dt} = -\operatorname{div}\mathbf{J}_q, \qquad (2)$$

где $\mathbf{J}_q$ – «поток тепла» [5]. Используя дифференциальную формулировку (1) «первого закона термодинамики» [5], уравнение (2) и общее уравнение движения [8]:

$$\frac{D\mathbf{v}}{Dt} = \frac{1}{\rho}\operatorname{div}\mathbf{T} + \mathbf{g} \qquad (3)$$

для деформируемого ньютоновского вязкого сжимаемого однокомпонентного континуума (характеризуемого тензором напряжений $\mathbf{T}$), строго выводится обобщенная дифференциальная формулировка первого закона термодинамики (в системе отсчета Галилея) для макроскопического конечного объема τ континуума (обобщающая формулировку [24] с учетом эффекта изменчивости во времени потенциала ψ нестационарного гравитационного поля внутри объема τ), характеризуемого симметричным тензором напряжений $\mathbf{T}$:

$$d\left(K_\tau + U_\tau + \pi_\tau\right) = dt\iint_{\partial\tau}\left(\mathbf{v}\cdot\left(\mathbf{n}\cdot\mathbf{T}\right)\right)d\Omega_{\mathbf{n}} - dt\iint_{\partial\tau}\left(\mathbf{J}_q\cdot\mathbf{n}\right)d\Omega_{\mathbf{n}} + dt\iiint_{\tau}\frac{\partial\psi}{\partial t}\rho dV, \qquad (4)$$

где

$$dA_{np,\partial\tau} = dt \iint_{\partial\tau} \left(\mathbf{v} \cdot \left(\mathbf{n} \cdot \mathbf{T}\right)\right) d\Omega_{\mathbf{n}} \qquad (5)$$

– дифференциальная работа, совершаемая в течение бесконечно малого интервала времени dt внешними непотенциальными силами давления и вязкости, действующими на поверхности $\partial\tau$ макроскопического объема τ континуума; $d\Omega_{\mathbf{n}}$ – дифференциальный элемент площади (поверхности $\partial\tau$, ограничивающей объем τ континуума), характеризуемый внешним единичным нормальным вектором $\mathbf{n}$ (нормальным к дифференциальному элементу поверхности $d\Omega_{\mathbf{n}} \in \partial\tau$); $\mathbf{t} = \mathbf{n} \cdot \mathbf{T}$ – вектор напряжений [8]; $dQ = -dt \iint_{\partial\tau} \left(\mathbf{J}_q \cdot \mathbf{n}\right) d\Omega_{\mathbf{n}}$ – дифференциальное изменение тепла в объеме τ континуума, связанное с молекулярной теплопроводностью через границу $\partial\tau$ объема τ; $\pi_\tau \equiv \iiint_\tau \psi \rho dV$ – макроскопическая потенциальная гравитационная энергия (объема τ континуума), связанная с потенциалом ψ нестационарного гравитационного поля, $-\nabla\psi = \mathbf{g}$ – нестационарный вектор локального гравитационного ускорения; $U_\tau \equiv \iiint_\tau u \rho dV$ – классическая внутренняя тепловая энергия объема τ континуума; $K_\tau = \iiint_\tau \frac{\rho \mathbf{v}^2}{2} d\,V$ – мгновенная макроскопическая кинетическая энергия объема τ континуума, которая для малого макроскопического объема τ (в пределах которого справедливо квадратичное разложение Тейлора вектора скорости $\mathbf{v}$ около радиус-вектора $\mathbf{r_c}$ центра масс объема τ) дается выражением [22,24]:

$$K_\tau = K_t + K_r + K_s + K_{s,r}^{coup} + K_{res} = \frac{1}{2} m_\tau \mathbf{V}_c^2 + \frac{1}{2} \sum_{i,k=1}^{3} I_{ik} \omega_i(\mathbf{r_c}) \omega_k(\mathbf{r_c}) + \frac{1}{2} \sum_{i,j,k=1}^{3} J_{jk} e_{ij}(\mathbf{r_c}) e_{ik}(\mathbf{r_c}) + \sum_{i,j,k,m=1}^{3} \varepsilon_{ijk} J_{jm} \omega_i(\mathbf{r_c})\, e_{km}(\mathbf{r_c}) + K_{res}, \qquad (6)$$

которое приводит к обобщению [22,24] классического выражения [5,8] для макроскопической кинетической энергии единицы массы $\varepsilon_k =$

K_τ / m_τ с учетом тензора скоростей деформаций $e_{ij}(\mathbf{r_c})$. Здесь m_τ – масса объема τ континуума; I_{ik} – ik-компонента классического тензора инерции, зависящего от распределения массы в рассматриваемом объеме τ континуума; J_{jk} – j,k-компонента классического центробежного тензора; $K_t = \frac{1}{2} m_\tau \mathbf{V_c^2}$ – макроскопическая поступательная кинетическая энергия объема τ континуума, движущегося как целое со скоростью $\mathbf{V_c}$ центра масс объема τ; $K_r = \frac{1}{2} I_{ik}\, \omega_i(\mathbf{r_c}) \omega_k(\mathbf{r_c})$ – макроскопическая внутренняя вращательная кинетическая энергия (вращающегося как целое с угловой скоростью $\boldsymbol{\omega}(\mathbf{r_c}) \equiv (\omega_1(\mathbf{r_c}), \omega_2(\mathbf{r_c}), \omega_3(\mathbf{r_c}))$ малого макроскопического объема τ континуума; $K_S = \frac{1}{2} J_{jk} e_{ij}(\mathbf{r_c}) e_{ik}(\mathbf{r_c})$ – макроскопическая внутренняя сдвиговая кинетическая энергия малого макроскопического объема τ континуума (подверженного деформации локальным сдвигом скорости, связанным с тензором скоростей деформаций $e_{ij}(\mathbf{r_c})$); $K_{s,r}^{coup} = \varepsilon_{ijk} J_{jm} \omega_i(\mathbf{r_c}) e_{km}(\mathbf{r_c})$ – макроскопическая внутренняя кинетическая энергия сдвигово-вращательного сцепления малого макроскопического объема τ континуума, связанная с кинетической энергией локального сцепления между диссипативным сдвиговым (деформационным) и вращательным (твердотельным) макроскопическими движениями континуума, ε_{ijk} – перестановочный символ третьего порядка, K_{res} – малая остаточная часть. Энергии K_r, K_S и $K_{s,r}^{coup}$ являются макроскопическими и имеют относительно диаметра d_τ объема τ континуума порядок $O(d_\tau^5)$ [22,24]. Поэтому, когда $d_\tau \to 0$ (при рассмотрении физически бесконечно малого элемента объема) энергиями, K_r, K_S и $K_{s,r}^{coup}$ можно пренебречь по сравнению с внутренней тепловой энергией в соответствии с формулировкой (1) и осознанием того, что «инерционные силы, вызванные вращением тела, всегда связаны с элементом конечного объема» [4].

Для ньютоновского вязкого сжимаемого континуума с тензором напряжений $\mathbf{T}$ [8]:

$$T_{ij} = -\left\{p + \left(\frac{2}{3}\nu\rho - \eta_v\right)\mathrm{div}\,\mathbf{v}\right\}\delta_{ij} + 2\nu\,\rho\,e_{ij}, \qquad (7)$$

определяемым изменяющимися в пространстве и во времени коэффициентами кинематической первой (сдвиговой) вязкости $\nu = \eta/\rho$ и кинематической второй (объемной) вязкости $\nu_2 = \eta_v/\rho$, дифференциальная работа $dA_{np,\partial\tau}$, совершенная в течение бесконечного малого интервала времени dt внешними (для объема τ континуума) непотенциальными силами давления и вязкости, представляется тремя членами:

$$dA_{np,\partial\tau} = \delta A_p + \delta A_c + \delta A_s =$$
$$= -dt\iint_{\partial\tau} p(\mathbf{v}\cdot\mathbf{n})\,d\Omega_n - dt\iint_{\partial\tau}\left(\frac{2}{3}\eta - \eta_v\right)\mathrm{div}\,\mathbf{v}(\mathbf{v}\cdot\mathbf{n})\,d\Omega_n + dt\iint_{\partial\tau} 2\eta\,v_\beta n_\alpha e_{\alpha\beta}\,d\Omega_n, \qquad (8)$$

где

$$\delta A_p = -dt\iint_{\partial\tau} p(\mathbf{v}\cdot\mathbf{n})\,d\Omega_n \qquad (9)$$

– элементарная работа внешних (для объема τ континуума) сил гидродинамического давления на границе $\partial\tau$, ограничивающей объем τ;

$$\delta A_c = -dt\iint_{\partial\tau}\left(\frac{2}{3}\eta - \eta_v\right)\mathrm{div}\,\mathbf{v}(\mathbf{v}\cdot\mathbf{n})\,d\Omega_n \qquad (10)$$

– элементарная работа внешних (для объема τ континуума) сил акустического (как будет показано ниже) давления (обусловленных сжимаемостью континуума) на границе $\partial\tau$, ограничивающей объем τ;

$$\delta A_s = dt\iint_{\partial\tau} 2\eta\,v_\beta n_\alpha e_{\alpha\beta}\,d\Omega_n \qquad (11)$$

– элементарная работа внешних (для объема τ континуума) сил вязкого ньютоновского трения на границе $\partial\tau$ объема τ, связанная с совместным эффектом сдвига скорости (связанным с деформацией объема τ континуума) и молекулярной вязкости.

Давление $p = p(\rho, T)$ в рамках «термогидродинамической» теории [5] рассматривается как функция плотности ρ и температуры T, не предполагая зависимости p от относительного локального движения континуума, что дало основание Бетчелору [20] назвать такое давление «равновесным давлением» p_e. В приближении

«термогидродинамической» теории [5] вынеся постоянное давление p_e (для малого макроскопического объема τ) из-под интеграла в выражении (9) для δA_p, получим $\delta A_p = -p_e\, dV$. Аналогично, считая величину $\left(\frac{2}{3}\eta - \eta_v\right)\mathrm{div}\,\mathbf{v}$ постоянной (для малого макроскопического объема τ), получим из выражения (10) приближенное соотношение $\delta A_c = (2/3\eta - \eta_v)\mathrm{div}\,\mathbf{v}\, dV$. В результате получим приближенное выражение:

$$\delta A_p + \delta A_c = -\left(p_e + \left(\frac{2}{3}\eta - \eta_v\right)\mathrm{div}\,\mathbf{v}\right) dV, \qquad (12)$$

в котором величину $p = (p_e + (2/3\eta - \eta_v)\mathrm{div}\,\mathbf{v})$ можно рассматривать как полное давление p с учетом сжимаемости. Ранее Бетчелор [20] другим путем получил с учетом сжимаемости выражение для давления $p = p_e - \chi \mathrm{div}\,\mathbf{v}$, в котором неизвестный коэффициент χ предполагался положительным. Очевидно, что неизвестный коэффициент χ для ньютоновского вязкого сжимаемого континуума дается выражением $\chi = \left(\eta_v - \frac{2}{3}\eta\right)$. Таким образом, полученное выражение (12) обосновывает наличие члена $-p\, dV$ в приведенной ниже классической формулировке (в обозначениях Гиббса) 1-го закона термодинамики [21] для жидкого тела :

$$d\varepsilon = dH - dW, \qquad (13)$$

где $d\varepsilon$ – дифференциал энергии, dH – дифференциальное количество тепла, получаемого (отдаваемого) телом в процессе дифференциального перехода, $dW = pdV$ – элементарная работа, производимая жидким телом над его окружением при изменении dV его объема V при давлении p. В формулировке ([12], с. 62) первое начало формулируется в эквивалентном виде:

$$dE = dQ - pdV, \qquad (14)$$

где $dA = -pdV$ – элементарная работа, произведенная над термодинамической системой при изменении ее объема V на dV, dQ – элементарный теплообмен, обусловленный термическим (тепловым)

взаимодействием системы с окружающей средой, т.е. dQ – элементарное количество энергии в форме тепла, которое система получает (если $dQ>0$) или теряет (если $dQ<0$), E – энергия термодинамической системы, под которой надо, как считается [12], понимать полную энергию тела, включающую кинетическую энергию макроскопического движения. Дифференциальная формулировка (4) обобщает классические формулировки (13) и (14) первого закона термодинамики за счет учета работы δA_s вязких сил на границе $\partial\tau$, ограничивающей макроскопический объем τ континуума, а также за счет учета изменчивости потенциала ψ нестационарного гравитационного поля внутри объема τ континуума в результате гравитационного воздействия на объем τ.

Дифференциальная формулировка (4) первого закона термодинамики показывают, что для образования дислокаций в среде энергия может черпаться из нестационарного гравитационного поля гравитационного источника энергии, который определяется членом

$$W_{gr} = \iiint_{\tau} \frac{\partial\psi}{\partial t}\rho dV, \qquad (15)$$

представляющим мощность источника внешнего гравитационного поля, если макроскопический объем τ не очень большой и не способен сам произвести существенные изменения гравитационного потенциала ψ внутри τ. В работе [1] ранее установлено, что «гравитационная энергия доминирует среди других типов внутриземных энергий». Формулировка (4) и выражение (15) для W_{gr} показывают, что локальные нарастания по времени гравитационного потенциала ψ внутри макроскопического объема τ (как и нарастания градиента потенциала $\nabla\psi = -\mathbf{g}$) являются механизмом накачки гравитационной энергии в объем τ, что может привести к разрядке в объеме τ, когда прочность пород окажется недостаточной, чтобы вместить накачиваемую в объем τ энергию, в результате чего объем τ становится очагом землетрясения. Этот вывод соответствует известным представлениям, что на фоне лунно-солнечных вариаций «аномальные изменения силы тяжести» предшествуют землетрясениям [2, с. 60]. При этом выделенная первая стадия [2] таких аномальных изменений силы тяжести, сопровождаемая возрастанием величины силы тяжести, соответствует накачке будущего очага землетрясения τ. Далее при обобщении принципа Брауна–Ле-Шателье на вращающиеся термодинамические системы (с учетом сдвигово-вращательных состояний рассматриваемой подсистемы) будем

предполагать в качестве внешнего спускового механизма разрядки очага гравитационное воздействие Солнца и планет Солнечной системы на макроскопический объем τ коры планеты.

Обобщение принципа Брауна – Ле-Шателье на вращающиеся системы

Рассмотрим, следуя [12], замкнутую вращающуюся термодинамическую систему, состоящую из незамкнутого макроскопического объема τ (подсистемы в вязком упругом континууме, которая может являться фокальной зоной землетрясения) и некоторой большой подсистемы $\bar{\tau}$, дополняющей τ до замкнутой термодинамической системы ($\tau + \bar{\tau}$). Пусть S – полная энтропия системы, а y – некоторая величина, определяющая состояние τ, такая, что условие максимума S относительно y:

$$\frac{\partial S}{\partial y} = 0 \qquad (16)$$

означает, что τ находится в частичном равновесии, не находясь при этом обязательно в равновесии с окружающей ее подсистемой $\bar{\tau}$. Пусть x – другая термодинамическая переменная, характеризующая подсистему τ, такая что, если наряду с условием (16) имеет место также и условие:

$$\frac{\partial S}{\partial x} = 0, \qquad (17)$$

то это означает, что подсистема τ находится не только в своем внутреннем частичном равновесии, но также и в равновесии с окружающей ее подсистемой $\bar{\tau}$.

Рассматривая в качестве переменной x макроскопическую внутреннюю сдвиговую кинетическую энергию $(K_s)_\tau$ [24] макроскопического континуального объема τ, получим классическое [12] условие термодинамического равновесия

$$T_\tau = T_{\bar{\tau}}, \qquad (18)$$

т.е. температура T_τ макроскопического объема τ равна температуре $T_{\bar{\tau}}$ окружающей ее подсистемы $\bar{\tau}$. Если в качестве переменной y взять момент количества движения $\mathbf{M}_\tau$ континуального макроскопического объема τ, то получим (считая, что полные энергии E_τ и $E_{\bar{\tau}}$, соответственно, макроскопических подсистем τ и $\bar{\tau}$ вычисляется по формуле (6)), что условие (16) дает условие термодинамического равновесия

$$\frac{\boldsymbol{\Omega}_{\tau}}{T_{\tau}} = \frac{\boldsymbol{\Omega}_{\bar{\tau}}}{T_{\bar{\tau}}}. \qquad (19)$$

Поскольку в термодинамическом равновесии $T_{\tau} = T_{\bar{\tau}}$, то из (19) следует равенство угловой скорости $\boldsymbol{\Omega}_{\tau}$ вращения подсистемы τ и угловой скорости $\boldsymbol{\Omega}_{\bar{\tau}}$ вращения окружающей ее подсистемы $\bar{\tau}$, что есть также известное классическое [12] условие равновесия. Рассмотрим обобщенные термодинамические силы, действующие на подсистему τ:

$$F_X = \frac{\partial S}{\partial x} = \frac{\partial S}{\partial (K_S)_{\tau}}, \qquad (20)$$

$$F_Y \equiv F_{Y_i} = \frac{\partial S}{\partial y} = \frac{\partial S}{\partial (\mathbf{M}_{\tau})_i}. \qquad (21)$$

Следуя формальной схеме [12] изложения принципа Брауна–Ле-Шателье и считая, что некоторая проекция $y \equiv y_i = (\mathbf{M}_{\tau})_i$ (проекция вектора $\mathbf{M}_{\tau}$ на ось X_i декартовой системы координат K) не изменяется непосредственно в результате резкого изменения макроскопической внутренней сдвиговой кинетической энергии ($(K_S)_{\tau} > 0$) относительно равновесного нулевого значения, легко выводится неравенство [12]:

$$\left|(\Delta F_X)_y\right| > \left|(\Delta F_X)_{F_Y=0}\right|, \qquad (22)$$

которое составляет содержание принципа Брауна–Ле-Шателье [12] для вынужденных небольших отклонений подсистемы τ (в окружающей среде $\bar{\tau}$, которая вместе с τ составляет замкнутую систему) из состояния равновесия. Здесь ΔF_X – изменение величины обобщенной термодинамической силы F_X в результате внешнего деформационного воздействия на подсистему τ (при $\Delta x = \Delta(K_s)_{\tau} \equiv (K_s)_{\tau}$ и $y \equiv y_i = (\mathbf{M}_{\tau})_i$ = const):

$$(\Delta F_X)_y = \left(\frac{\partial F_X}{\partial x}\right)_y \Delta x = \left(\frac{\partial F_X}{\partial x}\right)_y (K_s)_{\tau}, \qquad (23)$$

$$(F_X)_{F_Y=0} = \left(\frac{\partial F_X}{\partial x}\right)_{F_Y=0} \Delta x \qquad (24)$$

– значение (производная берется при постоянном значении $F_Y = 0$) величины $F_X \equiv \Delta F_X$ после того как условие $F_Y = 0$ внутреннего равновесия будет достигнуто в подсистеме τ в результате оттока тепла из

τ, достижении равенства угловой скорости $\boldsymbol{\Omega}_\tau$ вращения подсистемы τ и угловой скорости $\boldsymbol{\Omega}_{\bar{\tau}}$ вращения окружающей ее подсистемы $\bar{\tau}$ и излучения сейсмоакустических волн из τ. Легко показывается, что неравенство (22) означает выполнение условия

$$S\big|_{F_Y=0} = S_o + \frac{1}{2} d^2 S\big|_{F_Y=0} > S\big|_y = S_o + \frac{1}{2} d^2 S\big|_y, \qquad (25)$$

т.е., в результате кратковременного воздействия на подсистему τ и сообщения ей макроскопической внутренней сдвиговой кинетической энергии $(K_s)_\tau$ (когда некоторая компонента $y \equiv y_i = (\mathbf{M}_\tau)_i$ вектора $\mathbf{M}_\tau$ не изменяется непосредственно в результате резкого изменения $(K_S)_\tau > 0$ относительно равновесного нулевого значения) энтропии S всей системы уменьшается до некоторого значения $S\big|_y$, которое меньше, чем значение S_o в равновесном состоянии, а после процессов релаксации в замкнутой системе энтропия S всей системы увеличивается до значения $S\big|_{F_Y=0}$, но не достигает значения S_o в первоначальном равновесном состоянии, а меньше S_o в результате релаксационных процессов, уменьшающих результаты сообщения подсистеме τ макроскопической внутренней сдвиговой кинетической энергии $(K_s)_\tau$. В этом состоит эффект повышения энтропии $\Delta S = S\big|_{F_Y=0} - S\big|_y > 0$ в системе за счет необратимых процессов, релаксирующих деформационное воздействие на подсистему τ.

Легко показывается, что для макрообъема континуума τ произвольной формы рассмотренное предположение о неизменности некоторой проекции $y \equiv y_i = (\mathbf{M}_\tau)_i$ вектора $\mathbf{M}_\tau$ на ось X_i декартовой системы координат K непосредственно в результате деформационного воздействия на объем (резкого изменения $(K_S)_\tau > 0$) является довольно сильным, и не верно априорно для всех случаев. Рассмотрим кратковременное воздействие на макроскопический объем τ, при котором его момент количества движения $\mathbf{M}_\tau$ изменяется на конечную векторную величину $\Delta\mathbf{M}_\tau$, а макроскопическая внутренняя сдвиговая кинетическая энергия $(K_s)_\tau$ в процессе этого воздействия остается нулевой $(K_s)_\tau = 0$. Физически рассматриваемый вариант воздействия на

макроскопический объем τ осуществляется в рамках ротационной модели [4] для твердого блока τ литосферы Земли, расположенного между литосферными плитами.

Проведя аналогичные рассуждения, как и в первом рассмотренном деформационном (традиционном) варианте воздействия на макроскопический объем τ в фокальной зоне землетрясения, теперь для кратковременного воздействия на макроскопический объем τ, при котором только его момент количества движения $\mathbf{M}_\tau$ изменяется на конечную векторную величину $\Delta\mathbf{M}_\tau$, а макроскопическая внутренняя сдвиговая кинетическая энергия $(K_s)_\tau$ в процессе этого воздействия остается нулевой $(K_s)_\tau = 0$, имеем в этом случае вместо (22) аналогичное очевидное соотношение:

$$\left|(\Delta \mathbf{F}_Y)_x\right| > \left|(\Delta \mathbf{F}_Y)_{F_X=0}\right|, \tag{26}$$

в котором знак модуля следует понимать, как знак модуля вектора. Анализ соотношения (26) показывает возрастание энтропии системы в процессе релаксации начального внешнего вращательного воздействия на подсистему τ, приводящего к нарушению условия (19) термодинамического равновесия. Таким образом, два рассмотренных механизма (деформационный и вращательный) внешнего воздействия на макроскопический объем τ приводят к возрастанию энтропии вращающейся замкнутой термодинамической системы, связанному с необратимой диссипацией макроскопической кинетической энергии. Рассмотрим каждый из этих механизмов с точки зрения энергетических соображений.

Термодинамическое обоснование модели ротационного очага землетрясения [4]

Обобщенная дифференциальная формулировка (4) первого закона термодинамики может быть переписана в виде

$$\begin{aligned}\frac{dE_\tau}{dt} &= \frac{d}{dt}\left(K_\tau + U_\tau + \boldsymbol{\pi}_\tau\right) = \frac{d}{dt}\iiint_\tau\left(\frac{1}{2}\mathbf{v}^2 + u + \psi\right)\rho dV = \\ &= \iint_{\partial\tau}\left(\mathbf{v}\cdot\left(\mathbf{n}\cdot\mathbf{T}\right)\right)d\Omega_{\mathbf{n}} - \iint_{\partial\tau}\left(\mathbf{J}_q\cdot\mathbf{n}\right)d\Omega_{\mathbf{n}} + \iiint_\tau\frac{\partial\psi}{\partial t}\rho dV\cdot\end{aligned} \tag{27}$$

Чтобы проанализировать с общих термодинамических позиций классическую деформационную (сдвиговую) модель [10] и ротационную модель [4] очага землетрясения, рассмотрим вытекающее из обобщенной формулировки (27) уравнение эволюции полной механической энергии

макроскопического объема τ (в ньютоновском вязком сжимаемом континууме с тензором напряжений (7)):

$$\frac{d}{dt}(K_\tau + \pi_\tau) = \frac{d}{dt}\iiint_\tau \left(\frac{1}{2}\mathbf{v}^2 + \psi\right)\rho dV =$$

$$= \iiint_\tau p\,\mathrm{div}\mathbf{v}\,dV + \iiint_\tau \left(\frac{2}{3}\eta - \eta_v\right)(\mathrm{div}\mathbf{v})^2 dV - \iiint_\tau 2\nu(e_{ij})^2 \rho dV + \qquad (28)$$

$$+ \iint_{\partial\tau} (\mathbf{v}\cdot(\mathbf{n}\cdot\mathbf{T}))\,d\Omega_{\mathbf{n}} + \iiint_\tau \frac{\partial\psi}{\partial t}\rho dV.$$

Проведем сначала энергетический анализ деформационного воздействия на макроскопический объем τ (ограниченный замкнутой поверхностью $\partial\tau$), когда внутри макроскопического объема τ при релаксации сообщенной макроскопической внутренней сдвиговой кинетической энергии $(K_s)_\tau$ образуется эволюционирующая разрывная поверхность $F_1(\tau)$ (нестационарный магистральный разрыв). Макроскопический объем τ можно разбить мысленно на две подсистемы τ_1 и τ_2, продолжив мысленно поверхность $F_1(\tau)$ посредством поверхности $R_1(\tau)$ до ее пересечения с поверхностью $\partial\tau$ макроскопического объема τ. Поверхность подсистемы τ_1 состоит из поверхности $(\partial\tau)_1$, являющейся частью поверхности $\partial\tau$, и поверхностей $F_1(\tau)$ и $R_1(\tau)$, а поверхность подсистемы τ_2 состоит из поверхности $(\partial\tau)_2$, являющейся частью поверхности $\partial\tau$, и поверхностей $F_1(\tau)$ и $R_1(\tau)$. Следуя формулировке (28) и записывая уравнения эволюции полной механической энергии для подсистем τ_1 и τ_2, получим в результате суммирования этих уравнений уравнение эволюции полной механической энергии макроскопического объема τ, состоящего из подсистем τ_1 и τ_2, взаимодействующих на поверхности тангенциального разрыва $F_1(\tau)$:

$$\frac{d}{dt}(K_\tau + \pi_\tau) = \frac{d}{dt}\iiint_\tau \left(\frac{1}{2}\mathbf{v}^2 + \psi\right)\rho dV = \iiint_\tau p\,\mathrm{div}\mathbf{v}\,dV + \iiint_\tau \left(\frac{2}{3}\eta - \eta_v\right)(\mathrm{div}\mathbf{v})^2 dV -$$

$$\iiint_\tau 2\nu(e_{ij})^2 \rho dV + \iint_{\partial\tau} (\mathbf{v}\cdot(\mathbf{n}\cdot\mathbf{T}))\,d\Omega_{\mathbf{n}} + \iint_{F_1(\tau)} ((\mathbf{v}_1(\tau_1) - \mathbf{v}_1(\tau_2))\cdot(\zeta_1\cdot\mathbf{T}))\,d\Sigma_{\zeta_1} + \iiint_\tau \frac{\partial\psi}{\partial t}\rho dV, \qquad (29)$$

где $\mathbf{v}_1(\tau_1)$ – вектор скорости на поверхности $F_1(\tau)$ в подсистеме τ_1, $\mathbf{v}_1(\tau_2)$ – вектор скорости на поверхности $F_1(\tau)$ в подсистеме τ_2, ζ_1 –

внешняя нормаль поверхности (подсистемы τ_1), которая представлена поверхностями $F_1(\tau)$ и $R_1(\tau)$, $-\zeta_1$ – внешняя нормаль (поверхности подсистемы τ_2), которая представлена поверхностями $F_1(\tau)$ и $R_1(\tau)$.

В уравнении (29) первый член во втором ряду отражает изменение полной механической энергии макроскопического объема τ за счет сжимаемости, второй и третий члены выражают необратимую диссипацию кинетической энергии соответственно за счет сжимаемости континуума и наличия сдвига скорости для модели ньютоновского вязкого сжимаемого континуума. Четвертый, пятый и шестой члены в третьем ряду уравнения (29) являются универсальными для произвольной модели среды, которая характеризуется симметричным тензором напряжений $\mathbf{T}$. Четвертый член выражает мощность $dA_{пр,\partial\tau}/dt$ внешних для объема τ непотенциальных сил давления и вязкости, действующих на поверхность $\partial\tau$ макроскопического объема τ. Пятый член выражает мощность работы внешних для объема τ сил по разные стороны от разрывной поверхности $F_1(\tau)$ в процессе образования поверхностной дислокации. Шестой член в уравнении (29) представляет источник (сток) полной механической энергии, связанный с увеличением (уменьшением) потенциала ψ нестационарного гравитационного поля в области макрообъема τ. Нестационарность потенциала ψ может быть вызвана нестационарным гравитационным полем «системы Солнце-Земля-Луна» [2], а также гравитационным влиянием других планет Солнечной системы на рассматриваемый макрообъем τ литосферы Земли. Шестой член W_{gr} в уравнении (29) описывает влияние нестационарного гравитационного поля на динамику тектонических процессов, что подкрепляется эмпирически наблюдаемой связью ([3], с. 251) между областями сгущения изолиний гравитационного поля (с одной стороны) и тектоносферными зонами и «тектоворонками» гравитационной неустойчивости (с другой стороны).

Рассчитаем энергию, которая диссипируется при образовании поверхностной дислокации на нестационарной поверхности $F_1(\tau)$ в интервале времени $(t, t+\Delta t)$. Для этого имеем, исходя из пятого члена уравнения (29), выражение для работы $\delta A_{пр,F_1(\tau)}$ (в интервале времени $(t, t+\Delta t)$) внешних для объема τ непотенциальных сил по разные стороны от поверхности $F_1(\tau)$ разрыва:

$$\delta A_{\text{пр},F_1(\tau)} = \int_t^{t+\Delta t}\left(\iint_{F_1(\tau)}((\mathbf{v}_1(\tau_1)-\mathbf{v}_1(\tau_2))\cdot(\zeta_1\cdot\mathbf{T}))\,d\Sigma_{\zeta_1}\right)dt, \qquad (30)$$

которое после перестановки порядка интегрирования приводится к виду

$$\delta A_{\text{пр},F_1(\tau)} = \iint_{F_1(\tau)}\left(\int_t^{t+\Delta t}(\mathbf{v}_1(\tau_1)-\mathbf{v}_1(\tau_2))\cdot(\zeta_1\cdot\mathbf{T})\,dt\right)d\Sigma_{\zeta_1}\cdot \qquad (31)$$

Чтобы протестировать формулу (31), рассчитаем энергию $dA_{\text{пр},\Delta\Sigma}$, которая диссипируется при образовании поверхностной дислокации на небольшой поверхности $\Delta\Sigma$ в интервале времени $(t, t+\Delta t)$. В этом случае, применяя теорему о среднем и взяв внутренний интеграл по времени, получим из (31) для $F_1(\tau)=\Delta\Sigma$:

$$dA_{\text{пр},\Delta\Sigma} = \iint_{\Delta\Sigma}((\mathbf{w}(\zeta_1,t+\Delta t)-\mathbf{w}(-\zeta_1,t+\Delta t))\cdot<(\zeta_1\cdot\mathbf{T})>d\Sigma_{\zeta_1}, \qquad (32)$$

где $<(\zeta_1\cdot\mathbf{T})>$ – среднее значение по времени вектора напряжения для элемента $d\Sigma_{\zeta_1}$ двухсторонней поверхности $\Delta\Sigma$, $\mathbf{w}(\zeta_1,t+\Delta t)$ и $\mathbf{w}(-\zeta_1,t+\Delta t)$ – векторы смещения континуума по разные стороны элемента $d\Sigma_{\zeta_1}$ двухсторонней поверхности $\Delta\Sigma$ в точках, характеризуемых нормалями ζ_1 и $-\zeta_1$. Используя естественное выражение для «линейного» среднего по времени $<(\zeta_1\cdot\mathbf{T})>$:

$$<(\zeta_1\cdot\mathbf{T})> = \frac{1}{2}((\mathbf{p}(\zeta_1,t)-\mathbf{p}(-\zeta_1,t+\Delta t)), \qquad (33)$$

как среднего арифметического от значений вектора напряжения по разные стороны от разрыва, получим выражение для элементарной работы внешних непотенциальных сил на двухсторонней поверхности $\Delta\Sigma$ поверхностной дислокации:

$$dA_{\text{пр},\Delta\Sigma} = \frac{1}{2}\iint_{\Delta\Sigma}((\mathbf{w}(\zeta_1,t+\Delta t)-\mathbf{w}(-\zeta_1,t+\Delta t))\cdot((\mathbf{p}(\zeta_1,t)+\mathbf{p}(-\zeta_1,t+\Delta t))d\Sigma_{\zeta_1}. \qquad (34)$$

Именно такое выражение ([16], с. 544) ранее получено в рамках классического линейного подхода модели упругого твердого тела. Работа (30) внешних для объема τ непотенциальных сил (противодействующих разрушению материала внутри объема τ на поверхности $F_1(\tau)$ дислокации, которая рассматривается как внешняя двухсторонняя поверхность) должна быть отрицательной. Таким образом, энергия

$\delta E_{d,F_1(\tau)}$, затрачиваемая подсистемой τ на образование поверхности $F_1(\tau)$ дислокации равна работе внутренних сил в макроскопическом объеме τ, она должна быть положительной и равной по абсолютной величине выражению (30), но противоположной ему по знаку:

$$\delta E_{d,F_1(\tau)} = -\delta A_{пр,F_1(\tau)} = -\int_t^{t+\Delta t}\left(\iint_{F_1(\tau)}\left((\mathbf{v}_1(\tau_1)-\mathbf{v}_1(\tau_2))\cdot(\zeta_1\cdot\mathbf{T})\right)d\Sigma_{\zeta_1}\right)dt > 0. \qquad (35)$$

Ясно, что предположение (33) верно только для слабых тангенциальных разрывов смещений континуума. Это дает основание рассматривать выражение (30) как нелинейное обобщение выражения (34) для произвольной разрывной поверхности $F_1(\tau)$ и для сильных тангенциальных разрывов смещений континуума на разрывной поверхности $F_1(\tau)$ для модели среды с произвольным симметричным тензором напряжений $\mathbf{T}$. Формула (34) ранее получена [16] из модели упругого твердого тела. Отметим, что формулы (30) и (34) получены для модели среды с произвольным симметричным тензором напряжений $\mathbf{T}$, что показывает отмеченную универсальность выражения (5) для дифференциальной работы $dA_{пр,\partial\tau}$, которая существенна для термодинамического обоснования ротационной модели [4] очага землетрясения.

Проведем энергетический анализ ротационного механизма [4] очага землетрясения, связанного с образованием кругового разрыва, который после релаксации сейсмотектонического процесса в очаге землетрясения проявляется в форме дисклинации (круговой дислокации). Рассмотрим, следуя ротационной модели [4] очага землетрясения отдельный блок сейсмофокальной зоны. При превышении внешнего воздействия на него со стороны нестационарных гравитационных сил и непотенциальных сил напряжения на его границе некоторого критического значения его сцепление с окружающим его пластическим слоем может нарушиться за счет его смещения (отрыва) и вращения с образованием тангенциального разрыва на поверхности блока $\partial\tau_i$. Обозначим посредством τ_{int} рассматриваемый блок, имеющий поверхность $\partial\tau_i$, вне которой расположен тонкий аккомодационный пластический слой (подсистема) τ_{ext}, ограниченный внешней поверхностью $\partial\tau$ рассматриваемой термодинамической системы. Записывая, используя формулировку (28), уравнения эволюции полной механической энергии макроскопических

подсистем τ_{int} и τ_{ext} и складывая их, получим уравнение эволюции полной механической энергии макроскопического объема τ, состоящего из подсистем τ_{int} и τ_{ext}, взаимодействующих на поверхности тангенциального разрыва $\partial\tau_i$:

$$\frac{d}{dt}\left(K_\tau + \pi_\tau\right) = \frac{d}{dt}\iiint_\tau \left(\frac{1}{2}\mathbf{v}^2 + \psi\right)\rho dV =$$
$$= \iiint_\tau p\,\mathrm{div}\mathbf{v}\,dV + \iiint_\tau \left(\frac{2}{3}\eta - \eta_v\right)(\mathrm{div}\mathbf{v})^2\,dV - \iiint_\tau 2\nu\left(e_{ij}\right)^2\rho dV + \iint_{\partial\tau}\left(\mathbf{v}\cdot(\mathbf{n}\cdot\mathbf{T})\right)d\Omega_{\mathbf{n}} + \quad (36)$$
$$+ \iint_{\partial\tau_i}\left(\left(\mathbf{v}_{int}(\partial\tau_i) - \mathbf{v}_{ext}(\partial\tau_i)\right)\cdot(\mathbf{m}\cdot\mathbf{T})\right)d\Sigma_{\mathbf{m}} + \iiint_\tau \frac{\partial\psi}{\partial t}\rho dV,$$

где $\mathbf{m}$ – внешняя нормаль поверхности $\partial\tau_i$ подсистемы τ_{int}, $-\mathbf{m}$ – внутренняя нормаль поверхности $\partial\tau_i$, которая ограничивает изнутри подсистему τ_{ext}, $\mathbf{n}$ –внешняя нормаль поверхности $\partial\tau$, $\mathbf{v}_{int}(\partial\tau_i)$ – вектор скорости на внутренней стороне поверхности $\partial\tau_i$ в подсистеме τ_{int}, $\mathbf{v}_{ext}(\partial\tau_i)$ – вектор скорости на внешней стороне поверхности $\partial\tau_i$ в подсистеме τ_{ext}.

Аналогично выражению (35) для энергии $\delta E_{d,F_1(\tau)}$, затрачиваемой макрообъемом τ на образование разрывной поверхности $F_1(\tau)$, приводящей к дислокации, имеем выражение для энергии $\delta E_{d,\partial\tau_i}$, затрачиваемой макрообъемом τ в интервале времени $(t, t+\Delta t)$ на образование разрывной поверхности $\partial\tau_i$, приводящей к дисклинации:

$$\delta E_{d,\partial\tau_i} = -\delta A_{np,\partial\tau_i} = -\int_t^{t+\Delta t}\left(\iint_{\partial\tau_i}\left(\left(\mathbf{v}_{int}(\partial\tau_i) - \mathbf{v}_{ext}(\partial\tau_i)\right)\cdot(\mathbf{m}\cdot\mathbf{T})\right)d\Sigma_{\mathbf{m}}\right)dt > 0\cdot \quad (37)$$

Покажем, что при некоторых условиях по энергетическим соображениям осуществление ротационного механизма более вероятно, чем осуществление магистрального разрыва внутри очага. Учитывая [4], что критические напряжения, необходимые для образования разрыва на поверхности блока (слабо сцепленного с окружающим его пластическим слоем) существенно меньше, чем критические напряжения, необходимые для разрыва цельных горных пород и образования магистрального разрыва, получаем, что затрачиваемая энергия $\delta E_{d,\partial\tau_i}$, данная выражением (37), существенно меньше, чем затрачиваемая энергия

$\delta E_{d,F_l(\tau)}$, данная выражением (35), при условии, что смещения пород по разные стороны от различных анализируемых разрывов имеют одинаковую величину, и отношение площади поверхности дисклинации к площади поверхности магистрального разрыва не превосходят порядка. Если рассмотреть кубический блок, то его поверхность (исключая верхнюю поверхность, которая практически не влияет на энергетику образования разрывов) в $5/\sqrt{2}$ раз превосходит максимальную площадь внутреннего сечения куба. Предполагая, что коэффициент сдвиговой вязкости $\eta_{\partial\tau_i}$ на поверхности блока τ_{int} меньше, чем коэффициент сдвиговой вязкости $\eta_{\tau_{int}}$ внутри блока τ_{int}, получим (не учитывая коэффициенты объемной вязкости) очевидную связь для куба

$$\delta E_{d,F_l(\tau)} = \frac{\eta_{\tau_{int}}}{\eta_{\partial\tau_i}} \frac{\sqrt{2}}{5} \delta E_{d,\partial\tau_i} . \qquad (38)$$

Если сообщенной энергии K_r достаточно для совершения работы $\delta E_{d,\partial\tau_i}$ и образования поверхностной круговой дислокации (дисклинации), т. е. $K_r = \delta E_{d,\partial\tau_i}$, то энергии $K_S = K_r$ будет недостаточно для совершения работы $\delta E_{d,F_l(\tau)}$ и образования магистрального разрыва, если $\eta_{\tau_{int}} / \eta_{\partial\tau_i} > 5/\sqrt{2}$. Поскольку условие $\eta_{\tau_{int}} / \eta_{\partial\tau_i} > 5/\sqrt{2}$ заведомо выполняется для подвижных блоков в пределах сейсмофокальной зоны тихоокеанского кольца [4], поэтому, если рассматривать эффект сообщения кубическому блоку одной и той же величины макроскопической внутренней сдвиговой кинетической энергии K_S и макроскопической внутренней вращательной кинетической энергии K_r, то получаем, что макроскопическая внутренняя вращательная кинетическая энергия K_r более эффективна для образования поверхностной круговой дислокации, чем макроскопическая внутренняя сдвиговая кинетическая энергия K_S для образования магистрального разрыва внутри блока. Разумеется, если для однородной среды с постоянной вязкостью рассматривать эффект сообщения кубическому блоку одной и той же величины макроскопической внутренней сдвиговой кинетической энергии K_S и макроскопической

внутренней вращательной кинетической энергии K_r, то макроскопическая внутренняя сдвиговая кинетическая энергия K_s более эффективна для образования магистрального разрыва (в соответствии с классической сдвиговой моделью [10]) внутри блока, чем макроскопическая внутренняя вращательная кинетическая энергия K_r для образования поверхностной круговой дислокации.

Термогидрогравидинамика Солнечной системы

Для использования обобщенной дифференциальной формулировки (27) первого закона термодинамики применительно к планетам Солнечной системы учтем дополнительный источник энергии, связанный с тепловыделением внутри планет в результате распада радиоактивных элементов. Для этого введем дополнительный член с пространственно-временной плотностью e_τ распределенных источников тепла в правую часть уравнения (27), с учетом чего формулировка (27) для произвольного макроскопического объема τ без разрывов (в том числе и для подсистемы τ планеты, ограниченной внешней граничной поверхностью $\partial\tau$, на которой она взаимодействует с подсистемой $\bar{\tau}$, представляющей атмосферу или атмосферу и гидросферу планеты ($\tau+\bar{\tau}$) обобщается в виде:

$$\begin{aligned}\frac{dE_\tau}{dt}&=\frac{d}{dt}\left(K_\tau+U_\tau+\pi_\tau\right)=\frac{d}{dt}\iiint_\tau\left(\frac{1}{2}\mathbf{v}^2+u+\psi\right)\rho dV=\\&=\iint_{\partial\tau}\left(\mathbf{v}\cdot\left(\mathbf{n}\cdot\mathbf{T}\right)\right)d\Omega_n-\iint_{\partial\tau}\left(\mathbf{J}_q\cdot\mathbf{n}\right)d\Omega_n+\iiint_\tau\frac{\partial\psi}{\partial t}\rho dV+\iiint_\tau e_\tau\rho dV,\end{aligned}\tag{39}$$

в котором потенциал нестационарного гравитационного поля ψ в подсистеме τ находится с учетом всех объектов в нашей Галактике. Интегрируя уравнение (39), получим (в предположении постоянных значений угловой скорости вращения и тензора скоростей деформаций для всего объема подсистемы τ) выражение для полной энергии $(E(t))_\tau$ подсистемы τ (планеты без подсистемы $\bar{\tau}$ – атмосферы или атмосферы и гидросферы) планеты ($\tau+\bar{\tau}$):

$$\begin{aligned}(E(t))_\tau&=(K_t(t))_\tau+(K_r(t))_\tau+(K_s(t))_\tau+(K_{s,r}^{coup}(t))_\tau+U_\tau(t)+\pi_\tau(t)=\\&=(K_t(t_o))_\tau+(K_r(t_o))_\tau+(K_s(t_o))_\tau+(K_{s,r}^{coup}(t_o))_\tau+U_\tau(t_o)+\pi_\tau(t_o)+\\&+\int_{t_o}^{t}\left(\iint_{\partial\tau}\left(\mathbf{v}\cdot\left(\mathbf{n}\cdot\mathbf{T}\right)\right)d\Omega_n\right)dt'-\int_{t_o}^{t}\left(\iint_{\partial\tau}\left(\mathbf{J}_q\cdot\mathbf{n}\right)d\Omega_n\right)dt'+\int_{t_o}^{t}\left(\iiint_\tau\frac{\partial\psi}{\partial t'}\rho dV\right)dt'+\int_{t_o}^{t}\left(\iiint_\tau e_\tau\rho dV\right)dt'.\end{aligned}\tag{40}$$

Изменение полной энергии $(E(t))_\tau$ подсистемы τ определяется динамическим [6] и тепловым энергообменом на граничной поверхности $\partial\tau$, изменением потенциала ψ гравитационного поля в подсистеме τ планеты $(\tau+\bar{\tau})$ и тепловыделением в подсистеме τ за счет распада радиоактивных элементов. Из выражения (40) видно, что регулирование макроскопической внутренней вращательной кинетической энергии $(K_r(t))_\tau$ и угловой скорости $\boldsymbol{\omega}(\tau)$ вращения подсистемы τ планеты определяется при термодинамически равновесном режиме вращения подсистемы τ (когда угловая скорость $\boldsymbol{\omega}(\tau)$ постоянна по всему объему подсистемы τ и $(K_s(t))_\tau = 0$ и $(K_{s,r}^{coup}(t))_\tau = 0$ [22, 24]) динамическим энергообменом [6] на граничной поверхности $\partial\tau$ между атмогидросферой (океанами и атмосферой – подсистемой $\bar{\tau}$) и подсистемой τ (содержащей литосферу), а также изменением потенциала ψ гравитационного поля в подсистеме τ. Долговременные изменения скорости вращения Земли также должны определяться изменениями тепловыделения за счет распада радиоактивных элементов и циклическими изменениями солнечной активности, которые изменяют распределения средних циркуляций атмосферы и океанов и соответствующих полей термогидродинамических параметров вблизи литосферы.

Для получения изменения во времени полной энергии планеты $(\tau+\bar{\tau})$ необходимо рассмотреть дифференциальную формулировку (27) первого закона термодинамики (с источником тепла $e_{\bar{\tau}}$ в подсистеме $\bar{\tau}$) для подсистемы $\bar{\tau}$ (атмосферы или атмосферы и гидросферы), которая окружает подсистему τ:

$$\frac{dE_{\bar{\tau}}}{dt} = \frac{d}{dt}\left(K_{\bar{\tau}} + U_{\bar{\tau}} + \pi_{\bar{\tau}}\right) = \frac{d}{dt}\iiint_{\tau}\left(\frac{1}{2}\mathbf{v}^2 + u + \psi\right)\rho dV = \iint_{\partial\tau}\left(\mathbf{v}\cdot(\mathbf{n}\cdot\mathbf{T})\right)d\Omega_{\mathbf{n}} + \\ + \iint_{\partial\tau}\left(\mathbf{J}_q\cdot\mathbf{n}\right)d\Omega_{\mathbf{n}} + \iiint_{\tau}\frac{\partial\psi}{\partial t}\rho dV + \iint_{\partial(\tau+\bar{\tau})}\left(\mathbf{v}\cdot(\mathbf{k}\cdot\mathbf{T})\right)d\Sigma_{\mathbf{k}} - \\ \iint_{\partial(\tau+\bar{\tau})}\left(\mathbf{J}_q\cdot\mathbf{k}\right)d\Sigma_{\mathbf{k}} + \iiint_{\tau}e_{\bar{\tau}}\rho dV, \qquad (41)$$

где $\partial(\tau+\bar{\tau})$ – граница атмосферы, т.е. внешняя граничная поверхность подсистемы $\bar{\tau}$, $\mathbf{k}$ – внешний единичный нормальный вектор граничной поверхности $\partial(\tau+\bar{\tau})$ атмосферы, дифференциальный элемент площади которой обозначен посредством $d\Sigma_{\mathbf{k}}$. Складывая уравнения (39) и (41), получим интегрально-дифференциальное уравнение временной

изменчивости полной энергии $E_{(\tau+\bar{\tau})}$ планеты $(\tau+\bar{\tau})$, состоящей из взаимодействующих на граничной поверхности $\partial\tau$ подсистем τ и $\bar{\tau}$:

$$\frac{dE_{(\tau+\bar{\tau})}}{dt}=\frac{dE_{\tau}}{dt}+\frac{dE_{\bar{\tau}}}{dt}=\frac{d}{dt}\iiint_{\tau}\left(\frac{1}{2}\mathbf{v}^2+u+\psi\right)\rho dV+\frac{d}{dt}\iiint_{\bar{\tau}}\left(\frac{1}{2}\mathbf{v}^2+u+\psi\right)\rho dV=$$
$$=\iint_{\partial(\tau+\bar{\tau})}(\mathbf{v}\cdot(\mathbf{k}\cdot\mathbf{T}))\,d\Sigma_{\mathbf{k}}-$$
$$\iint_{\partial(\tau+\bar{\tau})}(\mathbf{J}_q\cdot\mathbf{k})\,d\Sigma_{\mathbf{k}}+\iiint_{(\tau+\bar{\tau})}\frac{\partial\psi}{\partial t}\rho dV+\iiint_{\tau}e_{\tau}\rho dV+\iiint_{\bar{\tau}}e_{\bar{\tau}}\rho dV, \qquad (42)$$

интегрирование которого при естественном условии $\iint_{\partial(\tau+\bar{\tau})}(\mathbf{v}\cdot(\mathbf{k}\cdot\mathbf{T}))\,d\Sigma_{\mathbf{k}}=0$ на внешней граничной поверхности $\partial(\tau+\bar{\tau})$ атмосферы планеты $(\tau+\bar{\tau})$ дает временную зависимость полной энергии $(E(t))_{(\tau+\bar{\tau})}$ планеты $(\tau+\bar{\tau})$:

$$(E(t))_{(\tau+\bar{\tau})}=(K_t(t))_{\tau}+(K_r(t))_{\tau}+(K_s(t))_{\tau}+(K_{s,r}^{coup}(t))_{\tau}+U_{\tau}(t)+\pi_{\tau}(t)+(K(t))_{\bar{\tau}}+$$
$$+U_{\bar{\tau}}(t)+\pi_{\bar{\tau}}(t)=(K_t(t_o))_{\tau}+(K_r(t_o))_{\tau}+(K_s(t_o))_{\tau}+(K_{s,r}^{coup}(t_o))_{\tau}+U_{\tau}(t_o)+$$
$$+\pi_{\tau}(t_o)+(K(t_o))_{\bar{\tau}}+U_{\bar{\tau}}(t_o)+\pi_{\bar{\tau}}(t_o)-\int_{t_o}^{t}\left(\iint_{\partial(\tau+\bar{\tau})}(\mathbf{J}_q\cdot\mathbf{k})\,d\Sigma_{\mathbf{k}}\right)dt'+ \qquad (43)$$
$$+\int_{t_o}^{t}\left(\iiint_{(\tau+\bar{\tau})}\frac{\partial\psi}{\partial t'}\rho dV\right)dt'+\int_{t_o}^{t}\left(\iiint_{\tau}e_{\tau}\rho dV\right)dt'+\int_{t_o}^{t}\left(\iiint_{\bar{\tau}}e_{\bar{\tau}}\rho dV\right)dt',$$

которая показывает, что в силу термодинамической неравновесности в целом каждой из рассматриваемых планет (так как в атмосферах и гидросферах планет движение отлично от твердотельного) принципиально невозможно полную кинетическую энергию планеты представить в виде суммы кинетических энергий поступательного, вращательного, сдвигового и сдвигово-вращательного сцепления для всей планеты в целом. Выражение (43) показывает, что полные кинетическая энергия $(K(t))_{\bar{\tau}}$, внутренняя энергия $U_{\bar{\tau}}(t)$ и потенциальная гравитационная энергия $\pi_{\bar{\tau}}(t)$ подсистемы $\bar{\tau}$ являются энергетическими факторами, регулирующими угловую скорость вращения подсистемы τ планеты $(\tau+\bar{\tau})$, в частности Земли за счет механизма [6] обмена энергией между подсистемой $\bar{\tau}$ (атмосфера и океаны) и литосферой Земли, входящую в подсистему τ. Полная энергия $(E(t))_{(\tau+\bar{\tau})}$ планеты $(\tau+\bar{\tau})$ изменяется в результате потока энергии в виде электромагнитного излучения Солнца на внешней граничной поверхности $\partial(\tau+\bar{\tau})$

атмосферы планеты $(\tau+\bar{\tau})$, за счет вариаций гравитационного потенциала в подсистемах τ и $\bar{\tau}$ планеты $(\tau+\bar{\tau})$ под действием гравитационного воздействия всех небесных тел Солнечной системы (включая собственный вклад планеты) и галактического гравитационного влияния, вследствие тепловыделения внутри планеты (внутри подсистемы τ) в результате распада радиоактивных элементов и выделения тепла в атмосфере и гидросфере планеты (сейчас Земли, а потенциально на других планетах в будущем) в результате сгорания топлива и человеческой промышленной деятельности.

Каждая планета (как и ее спутник) в процессе самоорганизации Солнечной системы может «сбросить» часть своей внутренней энергии (в которую входит накопленная упругая энергия сжатия или растяжения) за счет образования новых планетарных разломов. Рассматривая систему законов сохранения полной энергии и полного момента импульса подсистемы τ планеты $(\tau+\bar{\tau})$, ранее показано [23], что взаимопревращения накопленной внутренней энергии U_τ и макроскопических неравновесных кинетических энергий $(K_s)_\tau$ и $(K_{s,r}^{coup})_\tau$, затухают под действием вязкости и сопровождаются изменением направления вектора угловой скорости вращения подсистемы τ, что свидетельствует об отмеченном ранее планетарном характере сейсмотектонического процесса [4].

Синтезирующий анализ полученных результатов и выводы

Выведены обобщенные дифференциальные формулировки (4) и (27) первого закона термодинамики (в инерциальной системе отсчета) для неравновесных сдвигово-вращательных термодинамических состояний движения в нестационарном гравитационном поле конечного объема однокомпонентного континуума, описываемого симметричным тензором напряжений $\mathbf{T}$. Обобщенная дифференциальная формулировка (4) обобщает классические [12, 21] формулировки (13) и (14) первого закона термодинамики за счет учета элементарной работы δA_s вязких сил на границе $\partial\tau$, ограничивающей макроскопический объем τ континуума, а также за счет учета изменчивости потенциала ψ нестационарного гравитационного поля внутри объема τ континуума в результате деформации объема τ и внешнего гравитационного воздействия на объем τ. На основе обобщенной дифференциальной формулировки (27) первого закона термодинамики установлен гравитационный механизм накачки энергии в макроскопический объем τ континуума за счет нарастания

внутри макроскопического объема τ гравитационного потенциала ψ нестационарного гравитационного поля внешнего гравитационного источника энергии, который определяется членом W_{gr} в уравнении (27) и показано, что выявленный теоретический механизм накачки находится в согласии с известными представлениями об аномальном возрастании величины силы тяжести перед землетрясением (на первой стадии) на фоне лунно-солнечных вариаций [2]. Представлено обобщение классического принципа Брауна – Ле-Шателье [12] на вращающиеся термодинамические системы (планеты Солнечной системы), предполагая в качестве внешнего спускового механизма разрядки очага гравитационное воздействие на макроскопический объем коры планеты.

На основе вытекающего из обобщенной формулировки (27) уравнения (28) эволюции полной механической энергии макроскопического объема τ (в ньютоновском вязком сжимаемом континууме) показано, что классическая деформационная (сдвиговая) модель [10] является термодинамически обоснованной моделью для однородной среды с постоянной вязкостью, а ротационная модель [4] очага землетрясения является термодинамически обоснованной моделью для сейсмофокальной зоны тихоокеанского кольца. Ротационную модель [4] необходимо рассматривать в качестве значимой компоненты для универсального синтеза со сдвиговой моделью [10] в силу того, что все три макроскопические внутренние кинетические энергии K_r, K_s и $K_{s,r}^{coup}$ [22–24] только в совокупности (согласно обобщенным формулировкам (4) и (27) первого закона термодинамики для малого макроскопического объема τ континуума) описывают динамику процесса сейсмотектонической релаксации в фокальной области очага землетрясения. Учитывая, что сейсмофокальная зона тихоокеанского кольца в районе Камчатки и Курильских островов приурочена к области вулканических и геотермальных процессов (которые являются существенным фактором уменьшения сцепления блока с его пластическим окружением для осуществления ротационного механизма), очевидно, что соответствие реальности ротационной модели [4] свидетельствует о фундаментальности ранее установленной генетической связи орогенного вулканизма с тектоническими процессами [14].

Используя обобщенную формулировку (39) первого закона термодинамики, выведено интегральное выражение (40) для изменения во времени полной энергии $(E(t))_\tau$ подсистемы τ, окруженной подсистемой $\bar{\tau}$ (атмосфера или атмосфера и океан), любой планеты $(\tau + \bar{\tau})$ Солнечной системы с учетом энергетического взаимодействия [6] на граничной поверхности $\partial\tau$ (представляющей границу подсистем τ и

$\bar{\tau}$), которое регулирует скорость вращения подсистемы τ планеты в соответствии с ранее обнаруженным [18; 19, с. 36] явлением частичного солнечного управления вращательным режимом Земли посредством атмогидросферной циркуляции. Из выражения (40) следует, что для адекватного моделирования энергообмена между океанами, атмосферой и литосферой Земли (входящей в подсистему τ) посредством члена δA_s (наряду с членами δA_p и δA_c в выражении (8) для элементарной работы $dA_{пр,\partial\tau}$) необходимо использовать реальную информацию о колебаниях литосферы [6], а не рассматривать ее при теоретическом моделировании как твердое неупругое тело. При абсолютно жесткой литосфере такой энергообмен абсолютно невозможен в рамках рассматриваемой для литосферы модели ньютонианского вязкого сжимаемого континуума, что согласуется с результатом исследования [19], в котором показано, что рассмотрение морского дна абсолютно твердым устраняет механизм энергообмена между океаном и верхней мантией Земли.

В выведенном выражении (43) для изменения полной энергии $(E(t))_{(\tau+\bar{\tau})}$ планеты $(\tau+\bar{\tau})$ учтены энергии, которые определяют самоорганизацию Солнечной системы. При сжатии подсистемы τ планеты $(\tau+\bar{\tau})$, сопровождающимся увеличением потенциала гравитационного поля ψ в фиксированной точке пространства, согласно (43) должна увеличиваться внутренняя энергия, что должно приводить к росту потоков тепла из ядра планеты и соответствующему увеличению интенсивности орогенеза. Этот вывод согласуется с представлениями Е.Е. Милановского [13], согласно которым эпохи интенсивного орогенеза соответствуют эпохам общего сжатия Земли. Три полных цикла (эпох последовательного сжатия, растяжения и более продолжительного успокоения тектонических движений), которые Земля прошла в фанерозое [13] с полной продолжительностью в 570 млн лет приближенно соответствуют трем циклам галактического года (трем периодам обращения Солнечной системы вокруг ядра нашей Галактики), каждый из которых равен 180 млн лет [9], что указывает на галактический генезис каждого цикла эпох последовательного сжатия, растяжения и успокоения тектонических движений Земли в соответствии с выводом Д.В. Наливкина о том, что «Земля является частью Вселенной, и поэтому крупные события, происходившие в Солнечной системе и в Галактике, влияли на ее развитие и строение» [15].

Полученная временная зависимость (43) полной энергии $(E(t))_{(\tau+\bar{\tau})}$ планеты ($\tau+\bar{\tau}$) дает возможность комплексного исследования для любой планеты различных энергетических трансформаций (между гравитационной, тепловой, электромагнитной и деформационной энергией упругого сжатия, а также макроскопическими кинетическими энергиями планеты: трансляционной – $(K_t(t))_\tau$, вращательной – $(K_r(t))_\tau$, сдвиговой – $(K_s(t))_\tau$ и сдвигово-вращательного сцепления – $(K_{s,r}^{coup}(t))_\tau$) с целью построения в масштабах всей Земли модели долгосрочного детерминистического предсказания землетрясений и геологических катаклизмов (связанных с образованием обширных планетарных разломов) на основе: 1) детального анализа закономерностей разломной тектоники земной коры [18]; 2) синтезирующего анализа структурных закономерностей и генетических связей орогенного вулканизма и тектонических процессов [13, 14]; 3) осмысления закономерностей и причин возникновения землетрясений [2, 4, 10]; 4) обобщающего синтеза неравновесной термодинамики, механики сплошных сред, гидродинамики и статистической физики [4, 5, 8, 12, 16, 20, 21, 22, 24]; 5) реальных физических закономерностей энергообмена в системе океан–атмосфера–литосфера [6, 7, 17]; 6) использования распределенных адаптивных оптоэлектронных информационно-измерительных систем [11]; 7) развития адекватного анализа фактических данных и разработке физически адекватных моделей механизмов очага землетрясения [4] .

Благодарности

Автор выражает свою благодарность д.ф.-м.н., чл.-кор. РАН Г.И. Долгих и д.г.-м.н., проф. В.А. Абрамову за ряд указанных ценных замечаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрамов В.А.* Структура и динамика тектоносферы Алданского щита. Ч. I (методология, методика, предпосылки). Владивосток: Дальнаука, 1993. 161 с.
2. *Абрамов В.А.* Причины и предвестники землетрясений // Тр. профессор. клуба ЮНЕСКО. Владивосток: Изд-во «Уссури», 1997. № 1. С. 50–63.
3. *Абрамов В.А., Молев В.П.* Эколого-радиометрический мониторинг. Владивосток: Дальнаука, 2005. 316 с.
4. *Викулин А.В.* Физика волнового сейсмического процесса. Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2003. 151 с.
5. *Де Гроот С., Мазур П.* Неравновесная термодинамика. М.: Мир, 1964. 456 с.

6. *Долгих Г.И.* Исследование волновых колебаний океана и литосферы лазерно-интерференционными методами. Владивосток: Дальнаука, 2000. 160 с.
7. *Долгих Г.И., Долгих С.Г., Ковалев С.Н., Корень И.А., Новикова О.В., Овчаренко В.В., Окунцева О.П., Швец В.А., Чупин В.А., Яковенко С.В.* Лазерный нанобарограф и его применение при изучении баро-деформационного взаимодействия // Физика Земли. 2004. №. 8. С. 82–90.
8. *Дьярмати И.* Неравновесная термодинамика. Теория поля и вариационные принципы. М.: Мир, 1974. 304 с.
9. *Жирмунский А.В., Кузьмин В.И.* Критические уровни в развитии природных систем. Л.: Наука, 1990. 223 с.
10. *Короновский Н.В., Абрамов В.А.* Землетрясения: причины, последствия, прогноз // Современное естествознание: Энциклопедия. Т. 9. Науки о Земле. М., 2000. 368 с.
11. *Кульчин Ю.Н., Витрик О.Б. и Урываев К.П.* Распределенные адаптивные оптоэлектронные информационно-измерительные системы // Вестник Дальневосточного Отделения Российской Академии Наук. 2005. №. 6. С. 66–76.
12. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теоретическая физика. Т. V. Статистическая физика. Ч.1. М.: Наука, 1976. 584 с.
13. *Милановский Е.Е.* К проблеме происхождения и развития линейных структур платформ // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. 1979. №. 6. С. 29–53.
14. *Милановский Е.Е., Короновский Н.В.* Орогенный вулканизм и тектоника Альпийского пояса Евразии. М.: Недра, 1973. 280 с.
15. *Наливкин Д.В.* Очерки по геологии СССР. Л.: Недра, 1980. 158 с.
16. *Седов Л.И.* Механика сплошной среды. Т.2. М.: Наука, 1994. 560 с.
17. *Тюков И.Я.* Волны взаимодействия гравитирующего океана с атмосферой и верхней мантией Земли. Препринт. Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2005. 34 с.
18. *Чебаненко И.И.* Основные закономерности разломной тектоники земной коры и ее проблемы. Киев: Издательство АН УССР, 1963. 155 с.
19. *Эйгенсон М.С.* О солнечном управлении вращательным движением Земли, Международный геофизический год, Информ. бюлл., № 1, Изд-во АН УССР, 1958.
20. *Batchelor G.K.* An introduction to fluid dynamics. Cambridge: Cambridge University Press, 1967. 615 p.
21. *Gibbs J.W.* Graphical methods in the thermodynamics of fluids // Trans. Connect. Acad. 1873. II, April-May. P. 309–342.

22. *Simonenko S.V.* The macroscopic non-equilibrium kinetic energies of a small fluid particle // J. Non-Equilibrium Thermodynamics. 2004. Vol. 29, No. 2. P. 107–123.
23. *Simonenko S.V.* The macroscopic non-equilibrium kinetic energies of a small fluid particle // Proceedings of the international conference on «The Arctic and North Pacific». Ed. V.I. Sergienko, O.L. Shcheka and A.I. Cherednichenko. Vladivostok, 2004a. P. 26.
24. *Simonenko S.V.* Non-equilibrium statistical thermohydrodynamics of turbulence. Moscow: Nauka, 2006. 174 p.

Симоненко Сергей Викторович. Закончил Московский физико-технический институт, факультет Аэрофизики и космических исследований, специальность Термодинамика и аэродинамика, группа Физика океана. Кандидат физико-математических наук. Ведущий научный сотрудник Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева ДВО РАН. Научные интересы связаны с неравновесной термодинамикой, механикой сплошной среды, теорией турбулентности и геофизикой.

УДК 525, 551

НАРУШЕНИЕ СОСТОЯНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАВНОВЕСИЯ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ НА ВРАЩАЮЩЕЙСЯ СФЕРЕ

Ф.Х. Каримов [1], З.Д. Усманов [2]

[1] Институт сейсмостойкого строительства и сейсмологии, [2]Институт математики

Академия наук Республики Таджикистан, Душанбе, Таджикистан

Аннотация. В работе исследуется состояние относительного покоя материальной точки под действием центральной гравитационной силы и силы сухого трения на поверхности сферы, вращающейся с заданной угловой скоростью. Обнаружено, что северный и южный полюса, а вместе с ними и небольшие сферические шапки вокруг них, всегда принадлежат множеству положений устойчивого равновесия материальной точки. Установлено также, что если при некоторых значениях параметров, характеризующих действующие силы и режим вращения сферы, проявляются неравновесные состояния, то их множество представляет собой симметричные по отношению к экватору сферические пояса.

Предложенная в работе методика исследований может быть использована для анализа крутильных колебаний земного шара, в частности чандлеровских колебаний, а также для изучения состояния равновесия геоблоков на земной поверхности, нарушение которого при изменениях скорости вращения Земли может приводить к накоплению тектонических напряжений и, тем самым, к подвижкам геоблоков – землетрясениям. В настоящей статье на примере моделирования относительного покоя и относительного движения материальной точки на поверхности вращающейся сферы предпринята попытка выяснения возможных причин, по которым происходят нарушения состояния устойчивого равновесия геоблоков, изменения тектонических напряжений в областях их контакта с последующими разгрузками, сопровождаемыми землетрясениями или крипом.

Уравнения относительного движения материальной точки на вращающейся сфере

Пусть $O\xi\eta\zeta$ и $Oxyz$ – две прямоугольные системы координат с общим началом в точке O и совмещенными осями $O\zeta$ и Oz, причем первая система – неподвижная, а вторая – жестко связанная со сферой радиуса R с центром в точке O, вращающейся с заданной угловой скоростью $\omega = \omega(t)$ вокруг оси Oz.

Характер вращения может быть различным. Это могут быть, в частности, вращения с колебаниями угловой скорости, что представляет собой частный случай чандлеровских колебаний земного шара.

Пусть М – материальная точка с массой m, положение которой на сфере определяется в момент времени t сферическими координатами – широтой $\theta = \theta(t)$, $-\frac{\pi}{2} \le \theta \le \frac{\pi}{2}$ и долготой $\varphi = \varphi(t)$, $0 \le \varphi \le 2\pi$, см. [3] и рис. 1. Выпишем уравнения движения точки на сфере в предположении, что на неё действует сила притяжения $\boldsymbol{F}_g$, направленная по $\mathrm{M}O$. С этой целью рассмотрим материальную точку М как свободную, для чего заменим связь, удерживающую эту точку на сфере, силой реакции связи, разложив последнюю на две составляющие – нормальную силу $\boldsymbol{N}$, приложенную к точке М и направленную по единичному вектору $\boldsymbol{n}$ нормали к поверхности сферы в точке М, и силу трения скольжения $\boldsymbol{F}_f$, приложенную к той же точке и расположенную в плоскости, касательной к сфере в точке М.

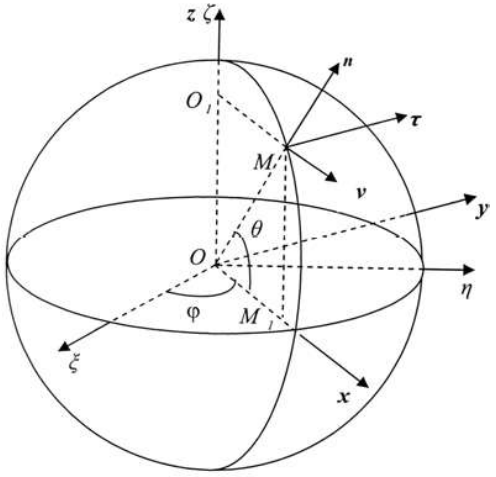


Рис.1 Положение материальной точки М по отношению к системам координат и направления единичных векторов.

Из второго закона Ньютона следует, см. [1]:

$$m \cdot (\boldsymbol{W}_r + \boldsymbol{W}_t + \boldsymbol{W}_c) = \boldsymbol{F}_g + \boldsymbol{N} + \boldsymbol{F}_f \quad , \qquad (1)$$

где $\boldsymbol{W}_r$ – ускорение точки М с массой m относительно подвижной системы координат $Oxyz$; $\boldsymbol{W}_t$ – переносное ускорение, которое в соответствии с определением равно абсолютному ускорению той точки

подвижной системы координат $Oxyz$, в которой в данный момент времени находится материальная точка М; $\boldsymbol{W}_c$ – кориолисово ускорение. Эти ускорения определяются формулами (см., например, [2]):

$$\boldsymbol{W}_r = \frac{d\boldsymbol{V}_r}{dt},$$

$$\boldsymbol{W}_t = \boldsymbol{W}_\tau + \boldsymbol{W}_\nu = \frac{d\boldsymbol{\omega}}{dt} \cdot O_1\mathrm{M} \cdot \boldsymbol{\tau} + \boldsymbol{\omega}^2 \cdot O_1\mathrm{M} \cdot \boldsymbol{\nu}\ ; \qquad (2)$$

$$\boldsymbol{W}_c = 2\boldsymbol{\omega} \times \boldsymbol{V}_r,$$

где в первой формуле $\boldsymbol{V}_r$ – вектор относительной скорости точки М по поверхности сферы; во второй формуле $\boldsymbol{W}_\tau$ и $\boldsymbol{W}_\nu$ – компоненты вектора переносного ускорения по направлениям единичных векторов $\boldsymbol{\tau}$ и $\boldsymbol{\nu}$ (первый вектор – касательный в точке М к окружности радиуса $O_1\mathrm{M}$, а второй вектор направлен к оси вращения Oz, т.е. по $\mathrm{M}O_1$; в третьей формуле $\boldsymbol{\omega}$ – вектор угловой скорости вращения подвижной системы координат, направленный по оси Oz.

Из (1) получаем уравнение относительного движения материальной точки М с массой m по поверхности сферы:

$$m \cdot \boldsymbol{W}_r = \boldsymbol{F}_g + \boldsymbol{N} + \boldsymbol{F}_f - m \cdot \boldsymbol{W}_t - m \cdot \boldsymbol{W}_c. \qquad (3)$$

Переход из состояния относительного покоя в состояние относительного движения

Воспользуемся уравнением (3) для описания переходного момента от состояния покоя материальной точки к началу движения. Покой характеризуется следующими условиями:

$$\theta(t) = \theta_0,\ \varphi(t) = \varphi_0,\ \boldsymbol{V}_r(t) \equiv 0,\ \boldsymbol{W}_r(t) \equiv 0,$$

т.е. постоянными значениями сферических координат материальной точки и нулевыми значениями её относительной скорости и ускорения.

В момент перехода $t = t_s$ от состояния покоя к началу движения все четыре соотношения остаются справедливыми (производная по времени от $\boldsymbol{W}_r(t)$ будет отлична от нуля). Очевидно также, что и $\boldsymbol{W}_c(t_s) = 0$. С учётом этого при $t = t_s$ из (3) получаем

$$\boldsymbol{F}_g + \boldsymbol{N} + \boldsymbol{F}_f - m \cdot \boldsymbol{W}_t = 0, \qquad (4)$$

где $\boldsymbol{F_g} = -\mu \cdot \frac{M \cdot m}{R^2} \cdot \boldsymbol{n}$, $\boldsymbol{N} = N \cdot \boldsymbol{n}$ и $\boldsymbol{F_f} = -f \cdot N \cdot \frac{\boldsymbol{V_r}}{V_r}$. В этих формулах M – масса шара, μ – гравитационная постоянная, $\boldsymbol{n}$ – нормальный единичный вектор к поверхности сферы в точке M, N и V_r – модули векторов $\boldsymbol{N}$ и $\boldsymbol{V_r}$, соответственно, f – коэффициент трения скольжения. Последняя из трех формул показывает, что сила трения направлена в сторону, противоположную вектору $\boldsymbol{V_r}$.

Подставляя в (4) выражения для $\boldsymbol{F_g}$, $\boldsymbol{N}$, $\boldsymbol{F_f}$, а также $\boldsymbol{W_t}$ из (2), получим в проекциях на $\boldsymbol{n}$ и на касательную плоскость к поверхности сферы в точке M, соответственно:

$$N = \mu \frac{M \cdot m}{R^2} - m\omega^2 \cdot R\cos^2\theta_0, \tag{5}$$

$$-f \cdot N \cdot \frac{\boldsymbol{V_r}}{V_r} = m \cdot R\cos\theta_0 \cdot (\dot{\omega} \cdot \boldsymbol{\tau} + \omega^2 \sin\theta_0 \cdot \boldsymbol{v_1}). \tag{6}$$

В соотношении (6) единичный вектор $\boldsymbol{v_1}$ направлен по касательной к меридиану в точке M, см. рис.1.

Приравнивая квадраты модулей векторов левой и правой части равенства (6) и подставляя в это выражение значение N из (5), получим

$$f^2 \cdot \left(\mu \frac{M \cdot m}{R^2} + m\omega^2 R\cos^2\theta_0\right)^2 = \\ = m^2 R^2 \cos^2\theta_0 \cdot (\dot{\omega}^2 + \omega^4 \cdot \sin^2\theta_0). \tag{7}$$

Соотношение (7) определяет геометрическое место тех точек на сфере, в которых проявляется неустойчивость равновесного состояния материальной точки на вращающейся сфере. Выводы, которые будут извлекаться из этого соотношения, основываются на известных положениях о движении и покое твердого тела под действием движущей силы F_m и противодействующей ей силы трения скольжения F_f:

1) при $F_f < F_m$ тело движется;

2) при $F_f > F_m$ тело покоится;

3) при $F_f = F_m$ тело находится в неустойчивом состоянии равновесия.

Запишем соотношение (7) в виде

$$f^2 = \frac{m^2 R^2 \cos^2\theta_0 (\dot{\omega}^2 + \omega^4 \sin^2\theta_0)}{\left(\mu \frac{M \cdot m}{R^2} + m\omega^2 R \cos^2\theta_0\right)^2}$$

или, после деления числителя и знаменателя на $m^2\omega^4 R^2$, получим

$$f^2 = \frac{\cos^2\theta_0 \cdot (\dot{\omega}^2/\omega^4 + \sin^2\theta_0)}{\left(M/m_0 + \cos^2\theta_0\right)^2}. \qquad (8)$$

Здесь использовано обозначение $m_0 = \frac{\omega^2 R^3}{\mu}$.

Обратимся к исследованию соотношения (8). При $\theta_0 = \pm\frac{\pi}{2}$, т.е. для случая, когда материальная точка M находится на северном или южном полюсах вращения, это соотношение не выполняется даже для сколь угодно малых значений f, поскольку правая часть обращается в нуль. Следовательно, по непрерывности $\cos\theta_0$ нарушение равенства распространяется, по крайней мере, для значений $\theta_0 = \pm\frac{\pi}{2} \mp \varepsilon$, где $\varepsilon = \varepsilon(t)$ – положительная функция, значения которой не превосходят некоторое достаточно малое число. Однако это значит, что *материальная точка, оказавшаяся в широтах* $\frac{\pi}{2} - \varepsilon \le \theta_0 \le \frac{\pi}{2}$ *и* $-\frac{\pi}{2} \le \theta_0 \le -\frac{\pi}{2} + \varepsilon$, *будет пребывать в состоянии покоя*.

Дополнительную информацию о поведении материальной точки на поверхности вращающейся сферы удается получить в трех частных случаях.

Случай 1. $\dot{\omega}^2/\omega^4 \gg 1$. Тогда соотношение (8) можно представить в виде:

$$f^2 \approx \frac{(\dot{\omega}^2/\omega^4)\cos^2\theta_0}{\left(M/m_0 + \cos^2\theta_0\right)^2}. \qquad (8')$$

Отсюда следует, что для всякого фиксированного t существуют значения $\pm\theta_0^*$ ($0 < \theta_0^* < \frac{\pi}{2}$), в которых справедливо (8′), причем в интервалах $\theta_0^* \le \theta_0 \le \frac{\pi}{2}$ и $-\frac{\pi}{2} \le \theta_0 \le -\theta_0^*$ значение f^2 превосходит правую часть в соотношении (8′), а в интервале $-\theta_0^* < \theta_0 < \theta_0^*$ становится меньше правой части в соотношении (8′). Однако это значит, что *в сферическом поясе* $-\theta_0^* < \theta_0 < \theta_0^*$ *материальная точка будет пребывать в состоянии относительного движения, а за её пределами – в состоянии относительного покоя*. Отметим также, что материальная точка, попав на широту $\pm\theta_0^*$, оказывается в неустойчивом состоянии. В следующий момент времени она может переместиться как в зону относительного покоя, так и в зону относительного движения.

Если записать отношение центростремительной силы на экваторе к гравитационной силе, используя выражения (2) и (4), то можно заметить, что оно равно $m_0 / M = q$. Величина m_0 имеет размерность массы и составляет долю q массы шара M. Смысл m_0 состоит в том, что это – некоторый эквивалент потери гравитационной массы Земли, возникающей за счёт вращения Земли. Параметр q связан с параметром β в известной формуле А. Клеро для изменений ускорения силы тяжести на поверхности земного сфероида соотношением

$$q = 0{,}4\beta,$$

где $\beta = 0{,}003468$ и, следовательно, $q = 0{,}001387$, см., например, [2, 4]. Такие числовые значения подсказывают нам следующую возможность.

Случай 2. $M / m_0 \gg 1$. Тогда m_0 / M является малой величиной, и соотношение (8) можно представить в виде:

$$f^2 \approx \frac{m_0}{M}(\dot{\omega}^2/\omega^4 + \sin^2\theta_0)\cos^2\theta_0 . \qquad (8'')$$

В данном случае очевидно, что f^2 всегда будет превосходить правую часть соотношения (8″), и потому *вся поверхность сферы от одного полюса до другого будет зоной относительного покоя материальной точки*.

Интересно отметить, что в силу принятого для m_0 / M обозначения малость этой величины может достигаться либо за счет малости R, либо за счет чрезвычайно больших значений M. Аналогичный результат имеет место и для малых значений ω, однако с существенной оговоркой, что $\dot{\omega}^2 / \omega^4$ остается при этом конечной величиной. Это, например, выполняется при больших значениях t для $\omega = ct^{-1}$, т.е. когда скорость вращения уменьшается обратно пропорционально времени.

Из сказанного следует, что на космических телах «малых размеров» или же с «достаточно большими массами», а также для специальных законов изменения их угловой скорости вращения касательные напряжения не возникают, и нет оснований для появления разломов на поверхности космического тела.

Случай 3. $\dot{\omega} = 0$, т.е. сфера S вращается с постоянной угловой скоростью $\omega = \omega_0 = const$. Тогда (8) примет вид

$$f^2 = \frac{\cos^2\theta_0 \cdot \sin^2\theta_0}{\left(M / m_0 + \cos^2\theta_0\right)^2}, \qquad (8''')$$

причем $m_0 = \omega_0^{\,2} R^3 / \mu = const$. При $\theta_0 = 0$ материальная точка будет находиться на экваторе, и полученное соотношение (8‴) снова нарушится, поскольку правая часть обращается в нуль. Следовательно, точки, расположенные на экваторе, также окажутся точками относительного покоя. В силу непрерывности $\sin\theta_0$ нарушение соотношения (8‴) распространяется также на значения $\theta_0 = \pm\varepsilon_1$, где ε_1 – достаточно малое положительное число. В свою очередь, это означает, что *материальная точка в широтах* $-\varepsilon_1 \le \theta_0 \le \varepsilon_1$ *будет пребывать в состоянии относительного покоя*.

Последующий анализ сводится к тому, чтобы выяснить, существует ли между зонами относительного покоя, т.е. между упомянутыми ранее полярными шапками и экваториальным поясом, пояса неустойчивого состояния на сфере, оказавшись в которых материальная точка даже из состояния покоя перейдет в состояние относительного движения.

Если в рассматриваемой проблеме соотношение между кинематическими и динамическими характеристиками, например, таково, что

$$f^2 > (m_0 / M)^2,$$

то, как легко проверить, f^2 для любых значений θ_0, $-\frac{\pi}{2} \le \theta_0 \le +\frac{\pi}{2}$, будет больше правой части соотношения (8‴). И тогда, также как и в случае 2, *вся поверхность сферы от одного полюса до другого будет зоной относительного покоя материальной точки*.

Если же, например, соотношение между кинематическими и динамическими характеристиками таково, что при $\theta_0 = \pm\frac{\pi}{4}$ имеет место неравенство

$$f^2 < \frac{1}{(2m_0 / M + 1)^2},$$

т.е. квадрат коэффициента трения меньше значения правой части соотношения (8‴) при $\theta_0 = \pm\frac{\pi}{4}$, то в силу непрерывности тригонометрических функций, неравенство сохранится для двусторонней окрестности значений $\pm\frac{\pi}{4}$. В таком случае ясно, что и в северном и южном полушариях существуют пояса, симметричные относительно экватора, оказавшись внутри которых материальная точка из состояния покоя переходит в состояние движения по поверхности сферы.

В случае переменной во времени скорости вращения сферы границы, разделяющие области устойчивости и неустойчивости положения материальной точки, будут также зависеть от времени. Кроме того, вообще будут меняться соотношения между всеми действующими силами, определяющими равновесие и движение геоблоков и тектонических плит. Следовательно, будут меняться механические напряжения, прежде всего, на границах между геоблоками и тектоническими плитами, что может приводить либо к их плавному относительному перемещению, например, крипу, либо резким подвижкам, представляющим собой акт землетрясения.

Заключение

Итак, модельные исследования настоящей статьи показали, что кинематические характеристики R, ω, $\dot{\omega}$ совместно с динамическими характеристиками M, μ, f являются определяющими для описания поведения материальной точки на вращающейся сфере. При конкретных

соотношениях между ними в точках, расположенных на широте θ_0, материальное тело может оказаться в состоянии относительного покоя, относительного движения или же неустойчивого промежуточного состояния.

Для того чтобы воспользоваться результатами модельных исследований в описании динамики геоблоков на поверхности земного шара, они представляются в виде системы материальных точек, каждая из которых подчиняется изученным выше модельным поведениям. При таком подходе вполне понятно, что если какой-либо геоблок полностью располагается либо в зоне относительного покоя или же относительного движения материальной точки, то и сам геоблок будет пребывать в аналогичном состоянии. Если же одна его часть оказывается в одной зоне, а другая – в другой, то в зоне относительного движения возникают касательные напряжения, приводящие к изменениям взаимного положения материальных точек.

Применение полученных модельных оценок к анализу условий равновесия геоблоков, в частности, на поверхности земного шара показывает, что в окрестностях полюсов основную роль в устойчивости геоблоков играют силы гравитации и реакции опоры, а в экваториальных поясах – к ним добавляется центробежная сила. Силы трения играют заметную роль в равновесии геоблоков в средних широтах.

Авторы выражают благодарность А.В. Викулину за обсуждение настоящей работы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. *Аппель П.* Теоретическая механика. Т.1. М.: Физматлит, 1960, 516 с.
2. *Жарков В.Н.* Внутреннее строение Земли и планет. М.: Наука, 1983. 416 с.
3. *Корн Г.А., Корн Т.М.* Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 1977. 832 с.
4. *Маловичко А.К., Костицын В.И.* Гравиразведка. М.: Недра, 1992. 357 с.

Каримов Фаршед Хилолович. Окончил Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Физический факультет, Отделение физики твёрдого тела. Доктор физико-математических наук, академик Инженерной академии Таджикистана, академик Международной Инженерной Академии. **Сфера научных интересов:** Физика землетрясений и процессы их подготовки; геомеханика и вибрационные эффекты нарушения устойчивости в геосреде; тектономагнетизм и модели подготовки землетрясений; физика

магнитных явлений; физика малоразмерных ферромагнетиков и магнетизма горных пород. Опубликовал свыше 120 научных работ.

Усманов Зафар Джураевич. Окончил Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Механико-математический факультет, Отделение механики. Доктор физико-математических наук, профессор, академик Академии наук Таджикистана. **Сфера научных интересов:** Обобщенные системы Коши-Римана с сингулярностями в изолированных точках и на замкнутой линии; деформация поверхностей с изолированной точкой уплощения, конической точкой и параболической границей; моделирование собственного времени произвольного процесса; моделирование эколого-экономических, производственных и технологических процессов; автоматизация обработки информации на естественных языках. Опубликовал свыше 180 научных работ по теоретической и прикладной математике в научных журналах стран ближнего и дальнего зарубежья.

УДК 523.4: 525: 551.1: 551.24

ОБРАЩЕНИЕ И ВРАЩЕНИЕ – ДВА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ВОЛНОВЫХ СВОЙСТВА НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

Г.Г. Кочемасов
ИГЕМ

Аннотация. Два фундаментальных свойства – движение по орбитам и вращение присущи всем небесным телам от астероидов до скоплений галактик. Циклические кеплеровские движения по некруговым орбитам с переменными ускорениями являются причиной возникновения в телах коробящих волн, имеющих разные длины, стоячий характер и 4 направления распространения. Интерференция этих волн приводит к образованию в телах поднимающихся, опускающихся и переменных движений (орогены) тектонических блоков. Границы между ними проявляются в виде линеаментов и регматических сетей. «Структуры делаются орбитами» – суть источника энергии для формообразования и структурирования небесных тел.

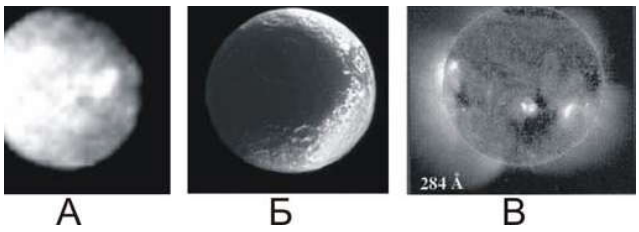
Самыми общими свойствами всех небесных тел (включая Землю) являются их движение и вращение. Нет ни одного тела, которое не двигалось бы и не вращалось. Все тела движутся по циклическим некруговым, как установил Кеплер, орбитам – эллиптическим и параболическим. А это значит, по Ньютону, что их массы испытывают действие инерционно-гравитационных сил, так как их орбиты подразумевают периодически меняющиеся ускорения тел. Умноженные на массу, эти ускорения производят силы, действующие на всю массу, независимо от того, как она структурирована, то есть какую форму она имеет и делится ли она на сферы. Инерционные силы, естественно более значительные в начальные периоды, когда эллиптичность орбит была выше, заставляют колебаться все части тела. Во вращающихся телах эти колебания упорядочиваются, приобретая орто- и диагональные направления, и становятся стационарными. Образующиеся стоячие волны имеют гармонический характер и начинаются с фундаментальной волны 1 длиной $2\pi R$ (R – радиус тела). Интерференция разнонаправленных волн приводит к образованию в телах поднимающихся (+), опускающихся (–) и нейтральных (0) скомпенсированных блоков, размеры которых связаны с длиной коробящей волны.

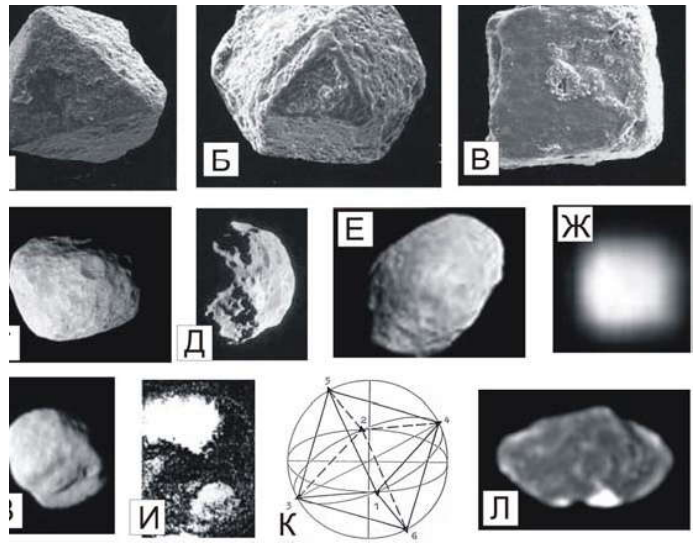
Итак, «структуры делаются орбитами». Это положение может быть развернуто в 4 теоремы волновой планетарной тектоники: 1) небесные тела дихотомичны; 2) небесные тела секторны; 3) небесные тела зернисты; 4) угловые моменты разноуровенных блоков стремятся к равновесию [2 и др.]. Первые три имеют дело с волнами разной длины.

Фундаментальная волна 1 дает всегда присутствующую дихотомию (рис. 1, 2). Ее первый обертон длиной πR волна 2 образует секторы, группирующиеся в форме октаэдра (рис. 3); последующие гармоники дают другие более слабо выраженные многогранники. Тектоническая зернистость связана с волнами, длины которых обратно пропорциональны орбитальным частотам тел: выше частота – мельче зернистость, и наоборот (рис. 4). Теорема 4 отражает физическое требование равенства угловых моментов блоков разного радиуса в едином вращающемся теле, что достигается регулированием плотностей.

Коробящее действие волн разной длины выражается в геометризации тел, то есть в придании им форм многогранников (неоднократно обсуждавшихся геологами!). Эти фигуры наиболее хорошо заметны в малых телах, где небольшие силы гравитации не сглаживают их с превращением в шары. Однако и в крупных шарообразных телах при анализе их геофизических полей выявляются отдельные грани и вершины многогранников. С фундаментальной 2πR-структурой – дихотомией связан тетраэдр. Его четырем вершинам, к которым сходятся грани (сжатие), противостоят грани, от которых они расходятся (растяжение). В этом и состоит суть дихотомии волнового происхождения. С πR-структурой связан октаэдр с 6-ью вершинами. С πR/2-структурой связан куб с 8-ью вершинами и т.д. (рис. 5).

Рис. 1. Однотипные выгнуто-вогнутые формы малых тел разного размера: А – астероид Итокава, 0.5 км; Б – спутник Калипсо (PIA07633), 22 км: В – астероид Эрос (03111), 33 км; Г – спутник Прометей (08192), 102 км.




Б
В
Д
Е
Ж
И
К
Л

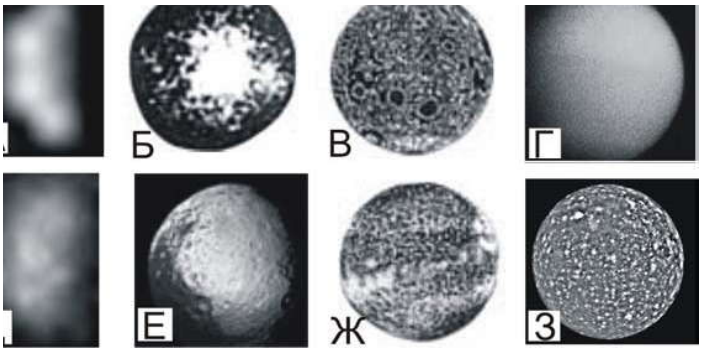

Б
В
Г
Е
Ж
З

Рис. 5. Три тела Платона: А – тетраэдр, 2πR-структура, Телесто (24 км, 07546), Б – октаэдр, πR-структура, Янус (181 км, 08192), В – куб, πR/2-структура, Елена (32 км, 07547).

Планетарные волны не являются синусоидами с постепенными переходами от + к –, но представляют собой дискретные квантово-механические образования с резкими границами между подъемами (+) и спадами (–), например, переход континентов в океаны. С такими резкими границами связаны нарушения пород от значительных до едва заметных (в зависимости от амплитуды волны), которые ощущаются как протяженные линейные зоны, выраженные в гидросети, обводненности, типе и густоте растительности, оттенках альбедо. Такие зоны именуются линеаментами. Регматические сети также связаны с волновой природой коробления литосфер в четырех направлениях (часто резко очерченными являются три направления, связанные с плоскостями симметрии структурного октаэдра) (рис. 6).

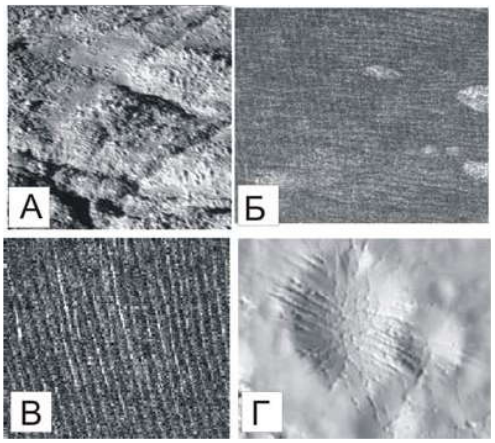


Рис. 6. Сетки, линеаменты: А – Энцелад (06252), «шахматная доска» на пересечениях разновысоких полос-волн; Б – Титан (03567), пересечения волн на темной метановой равнине, шаг 1–2 км; В – Титан (часть 08454), волны с шагом 10–15 км; Г – Энцелад (часть 06248), пересечение волн (чередование хребтов и долин) с образованием цепочек кратеров. Цифры в скобках – номера изображений NASA.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Квасниця І.* Природні мідні кристали України // Геолог України. 2005. №1. С. 55–64.
2. *Kochemasov G.G.* Tectonic dichotomy, sectoring and granulation of Earth and other celestial bodies // Proceedings of the International Symposium

on New Concepts in Global Tectonics, «NCGT-98 TSUKUBA», Geological Survey of Japan, Tsukuba, Nov 20–23, 1998. P. 144–147.

Кочемасов Геннадий Григорьевич. Окончил в 1959 г. Московский геологоразведочный институт им. С. Орджоникидзе. Работал в различных экспедициях Министерства геологии СССР и в качестве эксперта ООН в Африке. С 1978 по 2001 гг. – сотрудник ИГЕМ РАН. Автор многочисленных работ по геологии, геохимии, планетологии на русском и английском языках. **Сфера научных интересов** – сравнительная планетология и тектоноантропология.

ЧАСТЬ 3. РОТАЦИЯ КАК ОСНОВОПОЛАГАЮЩИЙ ФАКТОР СТРОЕНИЯ И ЭВОЛЮЦИИ ЗЕМЛИ

Имеет начало структура любая,
Но где-то, конечно, она затухает.
Пространство – вместилище всяких структур,
А время диктует им ход процедур –
Тогда-то начаться, тогда – умереть,
И след свой в пространстве оставить посметь.
Все свяжет в единое вечное Вихрь,
Что где-то, когда-то начавшись, не стих.
И это любому из нас подтвердит
Вода, что грызет неустанно гранит,
Река, что течет далеко в океан,
И ветер, что нам в ощущениях дан.
Движенье тот Вихрь из покоя в покой,
Но только уже не в начальный – другой.
Пространство и время в спирали слились.
Тот Вихрь – это центр, но также и высь.
Вихрь – это дыхание Бога, а мы
Когда-то дыханием тем рождены.

УДК. 550.34+551.24

ВОЛНОВАЯ РОТАЦИОННО-УПРУГАЯ ТЕКТОНИКА ПЛАНЕТ

Т.Ю. Тверитинова[1], А.В. Викулин[2]

[1] *Геологический факультет МГУ, Москва, Россия*

[2] *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия*

Аннотация. Приводится краткий обзор вращательных (согласно терминологии А.И. Полетаева (2006)) структур, представления о которых, по мнению авторов, могут быть заложены в основу новой тектонической парадигмы. Отмечаются выявленные в ходе проведенных исследований особенности, которым должны соответствовать «генерирующие» такие вращательные структуры тектонические движения и вихревые геомагнитные явления. Описывается построенная авторами ротационно-упругая тектоническая модель, рассматриваются ее следствия, связанные с тектоническими перестройками Земли и с гипотезой о полярном правозакрученном вихре. Предполагается, что в рамках предложенной авторами модели могут быть описаны и геомагнитные явления, включая и генерацию магнитного поля вращающихся планет.

1. Геологические данные о кольцевых, вихревых и других «непрямолинейных» структурах указывают на ротационную природу тектонического процесса, и, как следствие, они должны быть использованы физиками при разработке новой ротационной, вихревой концепции пространства-времени [4, 9, 11, 35].

2. Первые вихревые структуры на примере Китая были описаны уже почти 80 лет тому назад [36]. С тех пор накопилось большое количество данных по таким структурам [5, 37], и их число постоянно увеличивается [24, 25, 39]. Размеры вращающихся (в соответствии с классификацией, предложенной в [24]) структур изменяются в больших пределах: от метров и десятков метров [36, 39] до сотен (альпийские складки Генуя и Дунай, Исландия), тысяч (Восточно-Европейская и Сибирская платформы [25]) и многих тысяч (например, вся Тихоокеанская плита [16]) километров. Примечательно, что в науках о Земле стремительное за последние 10 лет увеличение интереса к проблеме вращательных структур [24, 25] (т.е. переход от «линейки» к «циркулю») происходит на фоне «неуспехов» Новой глобальной тектоники [8, 26, 29]. Как видим, имеет место очевидный процесс поиска новой тектонической парадигмы. И в то же время, механизм вращательных движений, «генерирующий» геологические структуры, остается пока не до конца понятным и разработанным.

3. Накопленные данные указывают на наличие следующих наблюдаемых на поверхности Земли особенностей вращательных движений земной коры [5].

3А. А.В. Пейве (1961) уже почти полвека назад отметил, что «каждый блок земной коры обладает как бы *самостоятельной «движущей силой», заключенной в нем самом»* [23].

3Б. О.И. Слензак (1972) сделал «важный вывод о *самостоятельности крупной вихревой системы*, как типа тектонической структуры литосферы, который не может быть создан внешними источниками движения в виде дрейфующих материков или смещений по планетарным разломам», а также о том, что «перекрытие вихревых систем способствует образованию систем меньшего размера, соединяя в новые вихри отрезки больших дуг крупных систем». При этом «непосредственное изучение свидетельствует о формировании вещества», слагающего вихревые системы, «в твердом состоянии на месте и за счет вещества верхней мантии» [28]. По-видимому, именно этот процесс мы наблюдаем на примере «молодых» растущих микроплит Пасха и Хуан-Фернандес, вихревые структуры которых отчетливо проявляются в различных геофизических полях [6].

3В. А.В. Лукьянов (1999) отметил, что «если представить себе тектоническое течение в виде векторного поля скоростей (или перемещений) частиц тектоносферы, то самоорганизация приводит это поле к единому, сплошному, непротиворечивому рисунку», в котором «находят свое место не только неоднородные деформации, но и *зоны с ненулевыми дивергенциями и вихрями*» [14].

3Г. В.Н. Жарков (1983), на основании полученных в рамках концепции Новой глобальной тектоники данных о движении плит, сформулировал положение о том, что «скорости плит коррелируются с величиной среднего полярного расстояния плиты». При этом он сделал вывод, «что движение литосферы…*увлекает* за счет сил вязкого трения подстилающую ее астеносферу» [10]. По сути, к аналогичному выводу пришли авторы работы [8], убедительно показав, что «осесимметричная *одноячейковая* конвекция…является *вынужденной*». Другими словами, движение литосферы, в соответствии с этими данными, по сути, не зависит от движений в нижележащей астеносфере. Курсив во всех вышеприведенных цитатах, кроме [8] – авторов.

4. Приведенные выше тектонические несоответствия между существующими концепциями и моделями, с одной стороны, и наблюдаемыми данными – с другой, имеют место и в геомагнетизме. Действительно, на основании обзора в [18], имеем:

4А. Согласно классической теории электромагнетизма, магнитное поле есть проявление завихренности эфирных течений, не обязательно связанных с электрическим током. Так, В. Томсон (лорд Кельвин) полагал, что магнитное поле суть «движение, вращение которого есть магнитная сила» [38], а не электрический ток.

4Б. Накопленные экспериментальные данные указывают на то, что магнетизм является более универсальным явлением, нежели

электричество. Еще М. Фарадей истолковывал криволинейность магнитных силовых линий как признак того, что сила есть результат процесса. Согласно Кельвину (1856), «объяснение всех явлений электромагнитного притяжения или отталкивания и электромагнитной индукции следует искать просто в инерции и давлении материи, движения которой образуют тепло» [15, с. 831]. Для Максвелла «в каждой точке среды существует нечто такое, что имеет природу угловой скорости относительно оси, направленной вдоль магнитной силы» [15, с. 821]. Эффект Холла однозначно свидетельствует о том, что магнетизм есть явление вращательной природы [32].

4В. Во второй половине XX в. был установлен квантовомеханический эффект Аронова-Бома [34], сущность которого заключается в том, что заряженная частица, движущаяся в области, в которой отсутствует магнитное поле, но векторный потенциал отличен от нуля, испытывает воздействие неясной природы (согласно данным работы [11] – вихревой?), приводящее к изменению фазы частицы.

4Г. Имеет место несовпадение в расположении географических и магнитных полюсов при закономерной (по спиральной линии) миграции последних с течением геологического времени. При этом, в истории Земли неоднократно происходили переполюсовки геомагнитного поля. В.И. Уломовым также отмечена «близость расположения большинства полюсов вращения литосферных плит… к геомагнитным, а не географическим полюсам» [1].

4Д. Экспериментальные исследования гиромагнитного эффекта, проведенные П.Н. Лебедевым (1911) и С. Барнеттом (1922), не позволяют связать геомагнетизм с вращением планеты [22], что, в то же время, не позволяет исключить наличие неизвестного физического (ротационного, торсионного, вихревого, согласно данным работ [9, 11, 35]?) поля, которое одновременно могло бы поддерживать и вращение планеты и создавать ее магнитное поле. Такие экспериментальные факты вынуждают искать более универсальное, нежели гидромагнитное динамо, решение.

Приведенные данные позволили авторам работы [18] в рамках модельных представлений природу геомагнетизма планеты увязать с имеющими место в литосфере и других слоях Земли вихревыми течениями, связанными с вращением планеты. При этом удается объяснить существование пропорциональной взаимосвязи между магнитным и механическим угловым моментами Земли.

5. Представления о геофизической среде, как «неклассической нелинейной» блоковой среде [21, 23, 27], в последнее время стали общепринятыми [7]. Имеющиеся данные прямо указывают на вращательный, крутильный и вихревой характер движения блоков, плит и других геологических структур планеты [5]. Важно, что многие геологи и геофизики, как непосредственно работающие с материалом исследователи, отмечают «самостоятельный», «собственный», «с

ненулевыми дивергенциями и вихрями» и упругий характер таких движений, которые прямо связаны с вращением планеты (см. выше, а так же [5]). Для геофизических вращающихся сред было установлено существование упругих уединенных [19, 20], маятниковых [12] волн с характерной скоростью порядка 1 см/сек и показано, что такие волны, по сути, являются тектоническими [2, 3].

В настоящее время не вызывает сомнений как существование эффектов пульсаций [17] и тектонических перестроек [30] планеты, «генерирующих» зоны сжатия, растяжения и сдвига, так и их взаимосвязь с вращением Земли [33]. Для количественного описания такого рода тектонических эффектов в рамках волновых концепций необходимо разработать соответствующую ротационно-упругую модель геофизической среды.

6. Была построена сейсмотектоническая модель [3], в основе которой были заложены представления о *собственном вращательном моменте* «элементарного» жесткого блока, что позволило волны миграции землетрясений интерпретировать как ротационно-упругие крутильной поляризации солитоны и экситоны. Значение характерной скорости такого ротационно-упругого сейсмотектонического процесса при размерах «элементарных» блоков (очагов сильнейших землетрясений) $r_0 = 100$ км оказалось равным: $c_0 \approx \sqrt{V_r V_S} \approx 1$ см/сек, где $V_S \approx 4$ км/сек и $V_r = \Omega r_0$ – соответственно, скорость поперечных сейсмических волн и центробежная скорость блока размером r_0, Ω - угловая скорость вращения планеты.

Анализ данных о скоростях движения плит показал существование двух механизмов, близких движению солитонов и экситонов, как частиц. При размерах плит до нескольких тысяч км характерная скорость ротационного тектонического процесса составляет $C_0 \approx (1-10)$ см/сек. Как видим, $c_0 \approx C_0$. Значения скоростей «быстрых» деформационных тектонических волн лежат в тех же пределах, что и для сейсмотектонических экситонов [3, 31]. Таким образом, тектонический процесс в рамках ротационно-упругой модели имеет своеобразные корпускулярно-волновые свойства. Такой «дуализм» позволяет блоки и плиты планеты рассматривать как *взаимосвязанные структуры*. Результатом их взаимодействия и являются ротационно-упругие сейсмотектонические солитоны и экситоны, которые в совокупности представляют собою самосогласованное тектоническое удовлетворяющее свойствам 3.I – 3.IV поле. Новая глобальная тектоника в рамках таких представлений, по сути, является «корпускулярной» *без учета вращения планеты* составляющей тектонического процесса.

Ротационно-упругая тектоническая модель [3, 5, 31] допускает существование всего (в соответствии с соответствующими «собственными» решениями задачи для тела с формой и размерами Земли) набора «вихревых» решений (волчков), максимальный масштаб которых совпадает с размерами Земли.

7. В рамках ротационно-упругой модели тектонические и «климат», и «погода» Земли, т.е. и формирование и генезис зон сжатия и растяжения и разделяющих их узлов сдвига, определяются не столько самим движением блоков и плит, сколько их *взаимодействием* – ротационно-упругими волнами. С помощью таких представлений объясняется геодинамика тектонических перестроек, связанная с направленными изменениями в расположении тектонических областей на поверхности Земли [6]. А именно: во-первых, геометрической выдержанностью процесса смены простираний структур на одну и ту же величину, примерно 90^0, во-вторых, тектонической цикличностью, выражающейся ритмично повторяющимся увеличением скорости вращения структурных планов и, в-третьих, корреляцией вращения структурных планов с тенденцией вращения палеомеридианов [30].

Рассмотрение строения границ литосферных плит как зон сдвиговых деформаций в свете ротационно-упругой тектонической концепции привело к формулировке гипотезы о правозакрученном полярном планетарном вихре, объясняющем левостороннее закручивание большинства литосферных плит [5, 31]. «Следы» такого вихря проявляются, во-первых, в чередовании радиальных субмеридиональных орографически выраженных современных структур сжатия (горно-складчатых систем) и растяжения (рифтовых зон) и, во-вторых, в сочетании с ними незамкнутых кольцевых субширотных структур левого сдвига (согласно [13]: зоны Тетического левостороннего кручения, а также подобные ей Циркумарктическая и Циркумантарктическая зоны). Те и другие представляют собой своеобразные рукава гигантского планетарного вихря, существованием которого можно объяснить, почему, согласно модели «осесимметричной одноячейковой вынужденной конвекции» [8], литосферные и подлитосферные массы стягиваются к северному полушарию в виде их неравномерного северо-западного смещения (дрейфа), более быстрого в северном полушарии, относительно южного.

8. Таким образом, основные особенности тектонических перестроек и движений литосферных плит хорошо укладываются в построенную нами ротационно-упругую (по сути, «вихревую») модель, что позволяет использовать ее в качестве основы при построении волновых геотектонических концепций. Поворотные движения блоков и плит, как и вихревые, ротационные и др. структуры, являются «собственными» решениями описанной ротационной задачи. Интенсивность поворотных движений на планетах, как известно [5], прямо пропорциональна

величинам их угловых скоростей вращения. Поэтому предложенная ротационно-упругая модель может быть использована для исследования тектонических процессов, протекающих на всех «твердотельных» планетах и их спутниках в солнечной системе. В рамках ротационной упругой волновой модели, в соответствии с данными работы [18], может быть дано объяснение и геомагнитным явлениям, включая и генерацию магнитного поля вращающейся планеты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас океанов. Северный ледовитый океан. ГУНО–МО СССР. 1980. С. 145.
2. *Викулин А.В.* Феноменологическая волновая модель сейсмического процесса // Доклады АН СССР. 1990. Т. 310. № 4. С. 621-824.
3. *Викулин А.В.* Физика волнового сейсмического процесса. Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2003. 150 с. www.kscnet.ru/ivs/monograph/vikulin/index.html
4. *Викулин А.В., Мелекесцев И.В.* (см. настоящий сборник).
5. Вихри в геологических процессах (Ред. А.В. Викулин). Петропавловск-Камчатский: ИВГиГ ДВО РАН. 2004. 297 с. http://www.kscnet.ru/ivs/publication/whirlwinds/kniga_2.htm
6. Геолого-геофизический атлас Тихого океана. М.-СПб.: Межправительственная океанографическая комиссия, 2003. 120 с.
7. *Гольдин С.В.* Физика «живой» Земли // Проблемы геофизики XXI века. М.: Наука, 2003. Кн. 1. С. 17-36.
8. *Гончаров М.А., Талицкий В.Г., Фролова Н.С.* Введение в тектонофизику. М.: УКД, 2005. 496 с.
9. *Дмитриевский А.Н., Володин И.А., Шипов Г.И.* Энергоструктура Земли и геодинамика. М.: Наука, 1993. 154 с.
10. *Жарков В.Н.* Внутренне строение Земли и планет. М.: Наука, 1983. 416 с.
11. *Иванчин А.Г.* (см. настоящий сборник).
12. *Курленя М.В., Опарин В.Н.* Проблемы нелинейной геомеханики. Ч. II. // ФТПРПИ. 2000. № 4.
13. *Кэрри У.* В поисках закономерностей развития Земли и Вселенной. История догм в науках о Земле. М.: Мир, 1991. 447 с.
14. *Лукьянов А.В.* Нелинейные эффекты в моделях тектогенеза // Проблемы геодинамики литосферы. М.: Наука, 1999. С. 253-287.
15. *Максвелл Дж.К.* Трактат об электричестве и магнетизме. Т.II. М.: Наука, 1989.
16. *Маслов Л.А.* Геодинамика литосферы тихоокеанского подвижного пояса. Хабаровск-Владивосток: Дальнаука, 1996. 200 с.
17. *Милановский Е.Е.* Пульсации Земли // Геотектоника. 1995. № 5. С. 3-24.

18. *Низовцев, Бычков* (см. настоящий сборник).
19. *Николаевский В.Н.* Геомеханика и флюидодинамика. М.: Недра, 1996. 447 с.
20. *Николаев А.В.* (ред.) Проблемы геофизики XXI века: в 2 кн. М.: Наука, 2003. Кн. 1, 311 с., Кн. 2, 333 с.
21. *Островский Л.А.* Неклассическая нелинейная акустика // Нелинейные волны 2004. Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2005. С. 109-124.
22. *Паркинсон У.* Введение в геомагнетизм. М.: Мир, 1986.
23. *Пейве А.В.* Тектоника и магматизм // Изв. АН СССР. Сер. Геолог. 1961. № 3. С. 36-54.
24. *Полетаев А.И.* Ротационная тектоника или тектоническое вращение? // Актуальные проблемы региональной геологии и геодинамики. Восьмые Горшковские чтения. М.: МГУ, 2006. С. 32-38.
25. *Полетаев А.И.* Ротационная тектоника земной коры // Материалы XXXVIII Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2005. Т. 2. С. 97-100.
26. *Пущаровский Ю.М.* Глобальная тектоника в перспективе // Материалы XXXVIII Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2005. Т. 2. С. 121-123.
27. *Садовский М.А.* Новая модель геофизической среды // Българско геофизично списание. 1985. Т. XII. № 2. С. 3-10.
28. *Слензак О.И.* Вихревые системы литосферы и структуры докембрия. Киев: Наукова Думка, 1972. 182 с.
29. Спорные аспекты тектоники плит и возможные альтернативы (Ред. В.Н. Шолпо). М.: ИФЗ РАН, 2002. 236 с.4.
30. *Тверитинов Ю.Т., Тверитинова Т.Ю.* Закономерность смены структурных планов в складчатых областях // Вестник КРАУНЦ. Серия наук о Земле. 2006. № 1(7). С. 67-94. http://www.kscnet.ru/kraesc/2006/2006_7/2006_7.html
31. *Тверитинова Т.Ю., Викулин А.В.* Геологические и геофизические признаки вихревых структур в геологической среде // Вестник КРАУНЦ. Серия наук о Земле. 2005. № 5. С. 59-77. www.kscnet.ru/kraesc/2005/2005_5/2005_5/html
32. *Уиттекер Э.* История теории эфира и электричества. М.-Ижевск: НИЦ «Рег. и хаотич. Динамика». 2001. С. 344.
33. *Хаин В.Е., Ломизе М.Г.* Геодинамика с основами геотектоники. М.: КДУ, 2005. 560 с.
34. *Чирков А.Г., Агеев А.Н.* // ЖТФ. 2001. Т. 71. В. 2. С. 16–22.
35. *Шипов Г.И.* Теория физического вакуума. М.: ООО «Кирилица-1». 2002. 128 с.
36. *Lee J.S.* Some characteristic structural types in Eastern Asia and their bearing upon the problems of continental movements // Geol. Mag. LXVI. 1928. P. 422-430.
37. *Teisseyre R., Takeo M., Majewsky E.* (Eds.). Earthquake Source Asymmetry, Structural Media and Rotation Effects Heidelberg, Germany: Springer, 2006. 582 p.

39. *Thomson W.* // Mathematical and physical papers. Vol. VIII. L.: Cambridge University Press, 1890. P. 484-515.
40. *Xie Xin-sheng.* Discussion on rotational tectonics stress field and genesis of circum-Ordos landmass fault system // Acta Seism. Sinica. 2004. V. 17. № 4. P. 464-472.

Викулин Александр Васильевич, главный научный сотрудник Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, доктор физ.–мат. наук, профессор КамГУ им. Витуса Беринга, профессор КамчатГТУ. Область научных интересов: сейсмология, геофизика. В последние годы активно разрабатывает направление ротационной волновой геодинамики. Редактор первого тематического сборника статей по проблеме вихревой геодинамики: «Вихри в геологических процессах». Петропавловск-Камчатский, 2004. Автор и соавтор пяти монографий, учебного пособия, редактор трех тематических сборников научных работ.

Тверитинова Татьяна Юрьевна. Доцент кафедры Геология России Геологического факультета МГУ. Кандидат г.-м. наук, сфера научных интересов – закономерности строения Земли.

УДК 551.24

КИНЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЕВЕРНОЙ КОМПОНЕНТЫ ДРЕЙФА КОНТИНЕНТОВ КАК ПРИЧИНЫ РАСШИРЕНИЯ ЮЖНОГО И СОКРАЩЕНИЯ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЕВ ЗЕМЛИ

М.А. Гончаров

Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

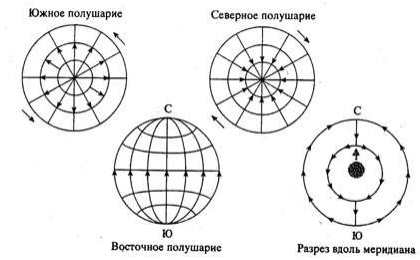
Аннотация. Выполненные к настоящему времени реконструкции дрейфа континентов в фанерозое дают основание считать северную компоненту этого дрейфа следствием осесимметричной одноячейковой конвекции в мантии. Построена простейшая математическая модель верхней горизонтальной ветви этой конвекции. Тектонические движения и деформации, являющиеся следствиями этой модели, сопоставлены с геологическими и геофизическими фактами. Периодическая смена направления дрейфа континентов с южного на северный дает основание говорить о существовании геодинамического цикла меридионального дрейфа континентов нулевого ранга с периодичностью около 1,6 млрд лет, вдвое превышающего длительность цикла 1-го ранга (цикла Вилсона, по В.Е. Хаину), определяющего периодическое созидание и распад суперконтинентов. Высказаны предположения о возможной причине одноячейковой осесимметричной конвекции и периодической смены направления меридиональной компоненты дрейфа континентов.

Факты и реконструкции, свидетельствующие о наличии северной компоненты дрейфа континентов в фанерозое. Термин «компонента дрейфа» употребляется здесь потому, что, наряду с северной компонентой, имеет место также западная компонента дрейфа континентов (роли которой мы коснемся в заключительном разделе), а также та компонента их дрейфа, которая ответственна за созидание и распад суперконтинентов.

В венде бóльшая часть континентальных масс располагалась в Южном полушарии [15; и др.]. Реконструкции положения континентов после становления мегаконтинента Гондвана в Южном полушарии, а затем возникновения вегенеровской Пангеи с центром вблизи экватора и ее последующего распада, однозначно выявляют северную компоненту дрейфа континентов на протяжении всего фанерозоя [например, 21], в результате чего бóльшая часть континентальных масс оказалась ныне в Северном полушарии. По данным неотектоники и космической геодезии, этот процесс продолжается в новейшую и современную эпохи [17]. Северный дрейф континентов, вероятно, завершится формированием нового мегаконтинента, аналогичного Гондване, только в Северном полушарии, после чего начнется их южный дрейф, знаменуя собой начало второго (южно-направленного) полуцикла меридионального дрейфа.

Общая продолжительность цикла меридионального (попеременно северо- и южно-направленного) дрейфа составляет около 1,6 млрд лет [19].

Северная компонента дрейфа характерна не только для континентального Индо-Атлантического сегмента Земли, но и для ее Тихоокеанского сегмента. Тихоокеанская плита также демонстрирует северную (наряду с западной) компоненту вектора своего движения [20, рис. 3.1], в том числе в новейшую и современную эпохи [17, рис. 1].



Итак, на всей поверхности Земли обнаруживается северная компонента движения континентов и океанических плит. Такая компонента должна быть характерна и для течения подконтинентальной мантии [9, 11].

Простейшая математическая модель северной компоненты течения мантии и дрейфа континентов. Компенсационная организация тектонического течения [8] в рассматриваемом случае заключается в следующем (рисунок). В тылу меридионального тектонического потока (под Южным полюсом) неизбежен компенсирующий восходящий поток, а на фронте (под Северным полюсом) – компенсирующий нисходящий поток. Другими словами, в мантии и во внешнем ядре Земли происходит конвекция. Одна из ее возможных причин – смещение к Северному полюсу внутреннего ядра Земли [2], которое приводит к осесимметричной одноячейковой конвекции в мантии так, как показано на рисунке. (О другой возможной причине будет сказано ниже.)

Простейшая математическая модель поля скоростей поверхностного горизонтального потока такова:

$$v_\varphi = A \cos \varphi, \qquad (1)$$

где φ – широта, принятая для расчетов отрицательной в Южном полушарии и положительной в Северном полушарии, а A – константа, определяющая характерную скорость конвекции и не играющая роли в дальнейших рассуждениях. На основе (1) нетрудно определить скорость деформации в меридиональном ($\dot{\varepsilon}_\varphi$) и широтном ($\dot{\varepsilon}_\lambda$) направлениях, возникающей в неравномерном по скорости v_φ (зависящей от широты φ) и расходящемся (в Южном полушарии) или сходящемся (в Северном полушарии) вдоль меридианов поверхностном потоке:

$$\dot{\varepsilon}_\varphi = d\, v_\varphi / d\, l_\varphi = -(A / R) \sin \varphi; \qquad (2)$$

$$\dot{\varepsilon}_\lambda = d\, l_\lambda / l_\lambda\, dt = -(A / R) \sin \varphi. \qquad (3)$$

Здесь l – длина дуги меридиана (l_φ) или параллели (l_λ), R – радиус

Земли, а t – время. Принимая, как обычно, величину удлинения положительной, а величину укорочения – отрицательной, можно с учетом знаков заключить, что в Южном полушарии как меридианы, так и параллели удлиняются, а в Северном полушарии они укорачиваются, причем, что особенно примечательно – с одинаковой скоростью.

Сопоставление следствий из модели с фактическим материалом и независимыми концепциями:

- Восходящий поток под Южным полюсом, имеющий своим источником нижнюю мантию и даже ядро, является причиной нарушения изостатического равновесия литосферы Антарктиды [12].
- Этот восходящий поток обусловил аномально высокое (3 км) стояние Антарктического материка.
- Расхождение ветвей восходящего потока под Антарктидой привело к ее горизонтальному растяжению (детали см. ниже).
- Нисходящий поток под Северным полюсом обусловил понижение кровли литосферы под Арктическим океаном в виде аномально широкого шельфа (глубоководная же часть океана – это следствие спрединга).
- Схождение ветвей нисходящего потока под Арктикой вызвало обстановку горизонтального сжатия и как следствие – весьма малую скорость спрединга в срединно-океаническом хребте Гаккеля.
- Примерно одинаковая ширина восходящего потока под Южным полюсом и нисходящего потока под Северным полюсом обусловила примерное равенство площадей антиподально расположенных Антарктиды и Арктического океана.
- В Южном полушарии меридианы и параллели удлиняются, а в Северном – укорачиваются. Такое изменение длин меридианов и параллелей зафиксировано по данным GPS [2].
- Как говорилось выше, на одной и той же широте скорость деформации вдоль меридианов равна скорости деформации вдоль параллелей. Однако это равенство весьма «шатко». Оно легко нарушается под влиянием «малых параметров» (например, несферичности Земли). Т.е. имеет место *нелинейная* зависимость, когда малые отклонения приводят к далеко идущим последствиям. В частности, в Антарктиде скорость удлинения параллелей превышает скорость удлинения меридианов. В результате возникают меридиональные (радиальные по отношению к Южному полюсу) мегатрещины отрыва (рифты и другие линеаменты) [1, 18]; их мелкомасштабным аналогом является структура «разбитой тарелки» на купольных поднятиях. А вот на некотором удалении от Антарктиды скорость удлинения параллелей меньше скорости удлинения меридианов. В результате возникает субконцентрическая (по отношению к Южному полюсу) система спрединга. На еще большем удалении от Антарктиды снова преобладает субмеридиональная система спрединга в виде трех его «стволов» (Восточно-Тихоокеанского, Атлантического и

Центрально-Индийского) через примерно 90° по долготе [14].

Возможная причина меридиональной компоненты дрейфа континентов. Северная компонента дрейфа континентов – это элемент геодинамической системы нулевого ранга (ГС–0) [11]. ГС–0 функционирует во всем объеме Земли и обусловлена действием *внешних,* по отношению к Земле, ротационно-приливных сил [9, 10]. Поэтому она функционирует во *всей* Земле и является крайним членом в иерархии интерферирующих конвективных геодинамических систем, функционирующих в столь же иерархически соподчиненных геосферах [11]. Она создает *общий фон*, на котором развертывается действие геодинамических систем более высокого (более мелкомасштабного) ранга, вуалирующих северную компоненту дрейфа континентов.

ГС–0 ответственна не только за северную, но и за западную компоненту дрейфа континентов. Западная компонента обусловлена вращением наиболее «возвышенной» континентальной литосферы вокруг земной оси с меньшей скоростью, чем нижележащие геосферы. Это предполагал еще А. Вегенер [7]. Теоретическое обоснование этого процесса содержится в [22], а результаты его физического моделирования опубликованы в [4]. Западную компоненту дрейфа континентов можно увязать с рассмотренной в этой статье северной компонентой их дрейфа с помощью известного в физике «правила буравчика» [9] (см. внешние стрелки на рисунке).

Однако, как говорилось выше, северный дрейф континентов происходит в течение лишь одной половины цикла меридионального дрейфа нулевого ранга (ГЦ–0), соответствующего упомянутой ГС–0 [19]. В течение другой половины этого цикла имеет место южный дрейф континентов. Поэтому все четыре предполагаемых (по геодинамическим реконструкциям) суперконтинента – Моногея (Пангея–0), Мегагея (Пангея–1), Родиния (Пангея–2) и вегенеровская Пангея (Пангея–3) формировались через примерно 0,8 млрд лет (цикл 1-го ранга, ГЦ–1, по В.Е. Хаину), располагая свои центры в экваториальной зоне [19]. Поскольку Земля все время вращается вокруг своей оси в одном направлении (с запада на восток), то столь же постоянна и западная компонента дрейфа континентов. Это означает, что при господстве южной компоненты дрейфа в соответствующем полуцикле ГЦ–0 «правило буравчика» действовало в обратную сторону (подобно атмосферным циклонам и антициклонам в Южном полушарии, в отличие от Северного полушария). Одна из возможных причин – смена северного тренда внутреннего ядра Земли (показанного на рисунке) на южный (о другой возможной причине будет сказано ниже). Такие инверсии предусмотрены в небесной механике ядра и мантии Земли [2]. Намечаются геодинамические инверсии и по геологическим данным, в частности, периодическая смена относительной «океаничности» и

«континентальности» Южного и Северного полушарий [5, 6].

Как известно, упомянутое «правило буравчика» относится к области электромагнетизма. Простейший пример – постоянный электрический ток, проходящий по проводнику, расположенному в виде кольца, возбуждает магнитное поле, силовые линии которого ориентированы перпендикулярно плоскости кольца и направлены в соответствии с этим правилом, т. е. в сторону наблюдателя, если ток движется по кольцу против часовой стрелки. Именно такую направленность имеет восходящий конвективный поток в мантии по отношению к западной компоненте дрейфа континентов в Южном полушарии (см. рисунок). В соответствии с «правилом буравчика» направлен и нисходящий поток в мантии в Северном полушарии относительно той же западной компоненты дрейфа. Другими словами, линии конвективного тока как бы «входят» в Землю на Северном полюсе и «выходят» из нее на Южном (см. разрез вдоль меридиана на рисунке).

Однако именно так направлены силовые линии современного магнитного поля Земли: они тоже «входят» на Северном полюсе и «выходят» на Южном. И возникает вопрос, – не является ли магнитное поле Земли «движущей силой» осесимметричной конвекции, показанной на рисунке? На первый взгляд, такое предположение кажется совершенно неправдоподобным: магнитное поле весьма слабо для того, чтобы приводить в движение мантийные массы. К тому же магнитное поле Земли только в настоящее время имеет так называемую «нормальную» полярность. А в геологическом прошлом оно неоднократно изменяло свою полярность на «обратную», что нашло выражение в линейных магнитных аномалиях зон спрединга.

Тем не менее, связь геодинамики с магнитным полем Земли все-таки намечается. Так, начиная, по крайней мере, со среднеюрской эпохи (около 170 млн лет назад), геохронологическая шкала палеомагнитных инверсий (Д. Кент и Ф. Градштейн, с добавлениями А. Шрейдера [13]) обнаруживает, что *суммарно* продолжительность периодов «нормальной» полярности превосходит продолжительность периодов «обратной» полярности. В особенности это относится к промежутку от барремского века нижнего мела до конца верхнего мела (123–67 млн лет); на этот промежуток времени приходится минимум геомагнитных инверсий и явное преобладание «нормальной» полярности геомагнитного поля. К этому промежутку времени приурочены максимум эвстатического поднятия уровня Мирового океана и максимальные скорость движения литосферных плит и интенсивность спрединга и субдукции, что подметил М.Г. Ломизе [20, рис. 17.4].

Намечается корреляция и между упомянутой выше сменой относительной «океаничности» и «континентальности» Южного и Северного полушарий и крупнопериодическими (350 и 700 млн лет)

инверсиями геомагнитного поля [5].

Однако связывать напрямую северный дрейф континентов с магнитным полем Земли вряд ли уместно. В отличие от магнитного поля, обнаруживающего упомянутые выше периодические инверсии, движение континентов и литосферных плит более монотонно. Об этом свидетельствует примерное совпадение *современных* («мгновенных») векторов горизонтальных перемещений континентов и плит и «длительных» векторов, *осредненных* за новейшее время [17]. Если бы «мгновенные» векторы испытывали инверсии, синхронные с магнитными инверсиями, то величина современных векторов горизонтальных перемещений континентов и плит оказалась бы на порядок выше величины «длительных» осредненных за новейшее время векторов. Однако подобная картина характерна лишь для скоростей современных *вертикальных* и притом *колебательных* движений земной коры по сравнению со скоростями, осредненными за новейшее время [3].

Не исключено, что главной причиной конвекции в мантии, показанной на рисунке и подчиняющейся «правилу буравчика», являются не внешние космические силы, вызывающие смещения внутреннего ядра относительно центра Земли [2], и тем более не магнитное поле Земли, а ротационно обусловленные движения планетарного масштаба, ответственные за вихревые процессы в мантии [16]. В таком случае названная одноячейковая конвекция представляет собой наиболее крупный «глобальный вихрь» в теле Земли. Возможно, именно этот «глобальный вихрь» обусловил левостороннее смещение Северного полушария относительно Южного. В частности, это смещение выражается в том, что, согласно палеогеодинамическим реконструкциям [21], после распада последней Пангеи Антарктида (область Южного полюса) не испытала вращения, в то время как ансамбль Евразия – Северная Америка (область Северного полюса) повернулся примерно на 45° по часовой стрелке вокруг полюса. (Хотя теоретические расчеты величины ротационных приливных сил, замедляющих вращение вышележащих геосфер относительно нижележащих [22], показали, что амплитуда западного дрейфа континентов должна быть максимальна на экваторе и уменьшаться до нуля к обоим полюсам.)

Если исходить из того, что названный «глобальный вихрь» представляет собой «самодостаточное» явление в том смысле, что западный дрейф континентов вокруг земной оси непременно должен сопровождаться одноячейковой конвекцией, показанной на рисунке и вызывающей северный дрейф континентов, то можно предположить и сценарий смены этого северного дрейфа на южный дрейф противоположного направления, описанной в [19]. Западный дрейф континентов постоянен постольку, поскольку постоянно направление вращения Земли вокруг ее оси. Северный же дрейф не может быть

постоянным, так как неизбежное скопление в области Северного полюса континентов [19, рис. 1] непременно заблокирует такой дрейф. Но если одним из свойств «глобального вихря» является возбуждение одноячейковой конвекции, то вполне вероятна инверсия направленности такой конвекции с генерацией южного дрейфа континентов. Как говорилось выше, в совокупности продолжительность северного и южного дрейфа континентов составляет геодинамический цикл меридионального дрейфа континентов нулевого ранга с периодичностью около 1,6 млрд лет [19].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Анохин В.М., Одесский И.А.* Характеристики глобальной сети планетарной трещиноватости // Геотектоника. 2001. № 5. С. 3–9.
2. *Баркин Ю.В.* Небесная механика ядра и мантии Земли: геодинамические и геофизические следствия // Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых. Ред. Ю.В. Карякин. Т. 1. М.: ГЕОС, 2005. С. 30–33.
3. *Белоусов В.В.* Основы геотектоники. 2-е изд. М.: Недра, 1989. 382 с.
4. *Бобряков А.П., Ревуженко А.Ф., Шемякин Е.И.* Приливное деформирование планет: опыт экспериментального моделирования // Геотектоника. 1991. № 6. С. 21–35.
5. *Божко Н.А.* Геодинамическая инверсия в полярных системах северного и южного полушарий Земли // Вестн. Моск. ун-та. Сер 4. Геология. 1992. № 1. С. 27–38.
6. *Божко Н.*А. Орогенические пояса докембрия: типизация и место в суперконтинентальных циклах // Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых. Ред. Ю.В. Карякин. Т. 1. М.: ГЕОС, 2005. С. 60–65.
7. *Вегенер А.* Происхождение континентов и океанов. Л.: Наука, 1984. 286 с.
8. *Гончаров М.А.* Компенсационная организация тектонического течения и структурные парагенезы // Геотектоника. 1993. № 4. С. 19–29.
9. *Гончаров М.А.* Западная и северная компоненты дрейфа континентов как результат вынужденной конвекции в мантии по «правилу буравчика» // Тектоника и геофизика литосферы. Ред. Ю.В. Карякин. Т. 1. М.: ГЕОС, 2002. С. 128–131.
10. *Гончаров М.А.* Количественные соотношения геодинамических систем и геодинамических циклов разного ранга // Геотектоника. 2006. № 2. С. 3–23.
11. *Гончаров М.А., Талицкий В.Г., Фролова Н.С.* Введение в тектонофизику. М.: Книжный дом «Университет», 2005. 496 с.

12. *Грушинский А.Н., Строев П.А., Корякин Е.Д.* Строение литосферы Антарктики и ее изостатическое состояние // Отечественная геология. 2004. № 2. С. 30–36.
13. *Дубинин Е.П., Ушаков С.А.* Океанический рифтогенез. М.: ГЕОС, 2001. 293 с.
14. *Милановский Е.Е., Никишин А.М.* Западно-Тихоокеанский рифтовый пояс // Бюлл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол. 1988. Т. 63. Вып. 4. С. 3–15.
15. *Моссаковский А.А., Пущаровский Ю.М., Руженцев С.В.* Крупнейшая структурная асимметрия Земли // Геотектоника. 1998. № 5. С. 3–18.
16. *Тверитинова Т.Ю., Викулин А.В.* Геологические и геофизические признаки вихревых структур в геологической среде // Вестник КРАУНЦ. Серия науки о Земле. 2005. № 5. С. 59–77.
17. *Трифонов В.Г., Певнев А.К.* Современные движения земной коры по данным космической геодезии // Фундаментальные проблемы общей тектоники. М.: Научный мир, 2001. С. 374–401.
18. *Хаин В.Е.* Тектоника континентов и океанов (год 2000). М.: Научный мир, 2001. 606 с.
19. *Хаин В.Е., Гончаров М.А.* Геодинамические циклы и геодинамические системы разного ранга: их соотношение и эволюция в истории Земли// Геотектоника. 2006. № 5. С. 3–24.
20. *Хаин В.Е., Ломизе М.Г.* Геотектоника с основами геодинамики. 2-е изд. М.: Книжный дом «Университет», 2005. 560 с.
21. *Scotese C.R., Golonka J.* PALEOMAP Paleogeographic Atlas, PALEOMAP Progress Record N 20. Department of Geology, University of Texas at Arlington. 1993. 28 maps.
22. *Smith A.D., Lewis Ch.* Differential rotation of lithosphere and mantle and the driving forces of plate tectonics // Journal of Geodynamics. 1999. Vol. 28. N. 2/3. P. 97–116.

Гончаров Михаил Адрианович. Окончил Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. Доктор геолого-минералогических наук. Заслуженный научный сотрудник Московского университета. Сфера научных интересов – геотектоника, геодинамика, структурная геология, тектонофизика, компьютерное и физическое моделирование. Основные научные достижения: Концепция связи кливажа со складкообразованием (кандидатская диссертация, 1965). Термофлюидная концепция геосинклинального складкообразования (докторская диссертация, 1985). Концепция геодинамики иерархически соподчиненных геосфер (1999).

УДК 550.83

РОЛЬ РОТАЦИОННЫХ СИЛ В ФОРМИРОВАНИИ СТРУКТУР ЦЕНТРАЛЬНОГО ТИПА

В.Н. Устинова, В.Г. Устинов, С.В. Васильев
Томский государственный университет ТГУ, Томск

Аннотация. В статье приведены результаты исследований причин возникновения на поверхности Земли и поверхности других планет Солнечной системы, спутников планет и собственно Солнца структур центрального типа, кольцевых структур. Возникновение на Земле структурных форм центрально-зональной структуры тесно связано с вращением Земли вокруг своей оси и вращением её вокруг Солнца. Возникновение и развитие этих структур определяется сложной схемой взаимодействия рассматриваемого объекта (Земля) с центральным объектом притяжения (Солнцем), другими планетами в Солнечной системе, космическим веществом в галактике, другими галактиками, звёздами, звёздными системами. Возникновение на поверхности Земли морфологических форм, имеющих центрально-зональную симметрию, имеет ротационно-пульсационную природу. Поддающийся анализу вклад в пульсационные движения оболочек Земли вносит её неравномерное вращение по орбите вокруг Солнца. Земля движется по эллиптической орбите, скорость движения её по орбите периодически изменяется. Дополнительные инерционные моменты, возникающие по причине изменения скорости, на оболочках Земли проявляются в виде приливных волн. Приливные волны за счёт периодического возобновления гравитационного взаимодействия в ходе вращения Земли вокруг своей оси на частотах параметрического резонанса формируют стоячие волны, скручивающиеся на поверхностях с кривизной, с образованием структур центрального типа. Структуры центрального типа закладываются на оболочках и развиваются с течением времени закономерным образом. На поверхности Земли это проявляется в наличии для структур центрального типа типизируемого множества геометрических фигур, которыми можно описать типовое разнообразие морфологических форм. Авторами для типизации морфологических объектов предложено 12 типовых форм.

Причины устойчивости ритмов осадконакопления на Земле, структурных форм и пространственной согласованности фациальных и формационных единиц на поверхности Земли авторы связывают с собственными колебаниями Земли и её гравитационным взаимодействием в разных системах космического вращения. Существенна роль ротационно-пульсационного механизма в тектоническом развитии Земли. Локальные колебательные движения Земли происходят на фоне общих колебательных движений, среди которых выделяются «радиальная», «сфероидальная» и «тороидальная» моды [10]. В настоящую фазу

космического движения на планетах и Солнце преобладающей является сфероидальная мода, что проявляется в усилении деформационных процессов в диагональных приэкваториальных зонах и средних широтах, уменьшении интенсивности напряжений в приполярных областях.

Полярное сжатие и пульсации Земли связаны и могут быть рассмотрены через изменчивость центробежного ускорения, возникающего при движении Земли по эллиптической орбите. Центральные области Земли, вследствие их более высокой плотности, при взаимодействии с Солнцем испытывают большую силу гравитационного притяжения, нежели периферические. Особенностью движения Земли по орбите является отсутствие постоянной взаимной компенсации векторов силы тяготения и центробежной силы, действующих на планету при ее орбитальном движении, в фиксированном центре тяжести планеты. Векторы сил равны лишь в перицентре и апоцентре орбиты (рис. 1).

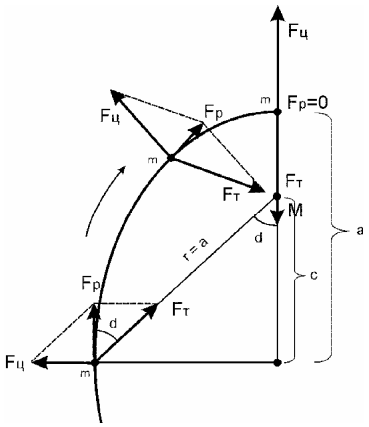


Рис. 1. *Схематическое распределение сил, действующих на небесное тело, движущееся по эллиптической орбите, в различных ее точках. Тонкой стрелкой показано направление движения планеты*

Сила тяготения (F_T) направлена к центру масс системы, центробежная сила ($F_ц$) - по нормали к эллипсу, а результирующая сила (F_p) – по касательной. Она сообщает планете положительное ускорение при движении в перицентр и отрицательное ускорение - при движении в апоцентр. Когда Земля ускоряется, ее области взаимодействуют друг с другом с разной силой в зависимости от массы областей. Гравитационные неоднородности Земли, получая различное ускорение, создают собственные упругие колебания Земли. Для системы Земля-Солнце максимальное действие эффекта наблюдается в апреле и ноябре, когда планета испытывает максимальное орбитальное ускорение. Скорость осевого вращения планеты при этом, по закону сохранения импульса, замедляется. В январе и июле, когда соответствующие силы в системе скомпенсированы, действие эффекта уменьшается, скорость осевого вращения возрастает (рис. 2). Для системы Земля–Луна действие эффекта достигает максимального значения с периодичностью примерно в две недели (половина лунного месяца). Этот же эффект увеличивает полярное сжатие Земли. Центральные, наиболее массивные области,

обладая повышенной массой в направлении центра притяжения, «растягивают» планету в экваториальном сечении.

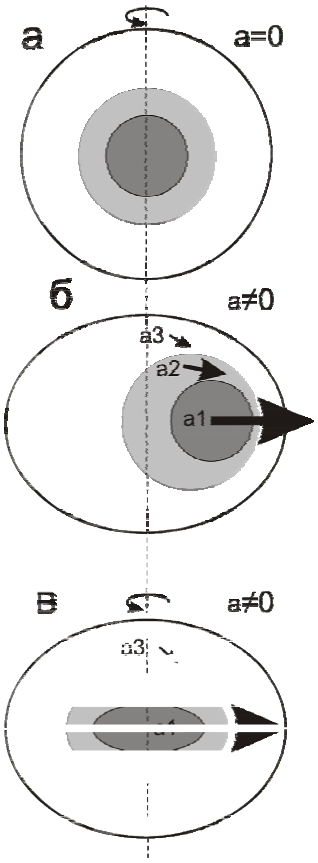


Рис. 2. *Схематическое изображение эффекта пульсационного полярного сжатия:*

а) внутренние области планеты в апо- и перицентре орбиты (чем массивнее область, тем темнее она закрашена);

б) области планеты в других точках орбиты при отсутствии осевого вращения;

в) при наложении осевого вращения, внутренние, более массивные области планеты начинают играть роль «маятника», совершающего круговые движения в плоскости орбиты. Из-за пластичности и инертности вещества Земли внутренние области планеты стремятся приобрести сплюснутую форму, орбитальное сечение планеты при этом – увеличить свою площадь.

Земля, совершающая движение по орбите вокруг центра масс Солнечной системы, в любой точке орбиты движется со скоростью геометрического центра масс планеты. При этом планета совершает осевое вращение, благодаря которому вещество планеты, находящееся с внутренней стороны орбиты, имеет скорость несколько меньше средней, а вещество с внешней стороны – больше средней. Вещество с внутренней стороны орбиты стремится «упасть на Солнце», так как его скорость ниже орбитальной, а вещество с внешней стороны, имея большую, чем орбитальная, скорость, стремится сделать свою орбиту более вытянутой. Это приводит к образованию на поверхности планеты противоположно направленных приливных горбов.

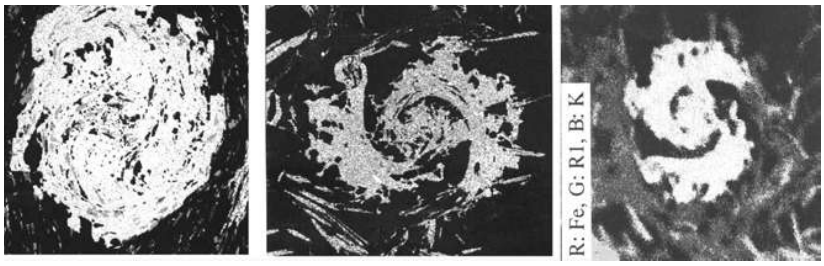
Объёмные стоячие волны на поверхности Земли, являющиеся следствием колебательных процессов её внутренних оболочек, представляют собой квазиустойчивый тип рельефа. По причине нелинейного характера системы (пространства и области взаимодействия), колебания в замкнутом пространстве земных оболочек скручиваются с образованием упругой стоячей волны ограниченного диапазона размерностей (в соответствии с размерами собственно Земли и толщинами её оболочек) и детерминированного набора форм,

определяемых частотным диапазоном интерферирующих компонент, природой резонанса и типом скейлинга. Локальные перемещения поверхностной волны представляют собой упругие колебания, бегущие по фронту стоячей волны [6].

Размерность пространственных волн, задействованных в колебаниях, тесно связана и определяется размерами блоков земной коры. В свою очередь, иерархия блочного строения согласуется с размерами объектов, в пределах которых они возникают в строгой соподчинённости размеров [8]. Как следствие развития волнового колебательного процесса на поверхности Земли, на планетах Земной группы, на спутниках Юпитера, Сатурна устанавливается концентрически-зональная структурно-вещественная пространственная упорядоченность в геолого-тектонических системах. Среди наиболее распространённых форм сочетания элементов рельефа выявляются лучевые, лепестковые, дуговые, круговые, концентрические, вихревые, спиральные, сигмоидные. По количеству проявленных лучей, лепестков (углов) наиболее часто встречаются двух и трёхзональные, треугольные, нередки четырёхугольные, пятиугольные, семилучевые формы. Удивительная особенность, открывающаяся в центрально-зональной симметрии разнопорядковых структур, обнаруживается в возможности описать характер морфологии структуры всего двумя типами: изометричная или линейно-вытянутая [9]. Практически исчерпывающей будет классификация, если к имеющимся двум типам добавить брахиморфную или овальную [5]. Дальнейшее ранжирование классификационных форм может идти по пути наращивания углов или лучей, либо дуг, колец, ветвей спиралей относительно центра структуры; либо количества дробных, малых ячей, заполняющих поле структуры более высокого порядка. Классифицируемая структура может «дробиться» с увеличением элементов от центра к периферическому замыканию структуры равномерно или ступенчато, с увеличением количества сегментов от террасы к террасе, или квазиравномерно по всему полю. Добавление к описанным выше типовым формам – двух типовых обликов структур с меридиональной и широтной ориентировкой (с центральным пережимом) и двух – диагональной ориентации ромбических форм, позволяет описать практически все основные формы организации вещества на макро- и микроуровнях. Меридиональные, широтные и диагональные типы с успехом могут использоваться для описания различных видов тектонических деформаций и напряжений. Близкие особенности в строении внутренней структуры кристаллов (трехзональные, вихревые сочетания содержания Fe и др., рис. 3, выявлены японскими исследователями [11]).

Морфологическая поверхность содержит в себе последовательность волновых тектонических движений, последовательность формирования ассоциированных в ней вещественных комплексов, последовательность

развития и характер приложения тектонических напряжений. Авторами, по результатам анализа приповерхностного облика структур, структур палеоповерхностей нефтегазоносных отложений чехла Западно-Сибирской плиты, разработана морфологическая классификация (рис. 4).



центра к периферии. Возможность макроописания структур по геометрическому облику их проявления в плане с использованием 11–12 основных типов подтверждается результатами статистического анализа. Частота встречаемости основных типов морфоструктур (из анализа морфологических поверхностей по данным сейсморазведки) разновозрастных отложений Западно-Сибирской низменности составляет для каждого из обликов – порядка 10-15%. Причём, в каждой морфоструктуре можно выявить практически все из перечисленных обликов. Ранжирование проведено по преобладающему облику.

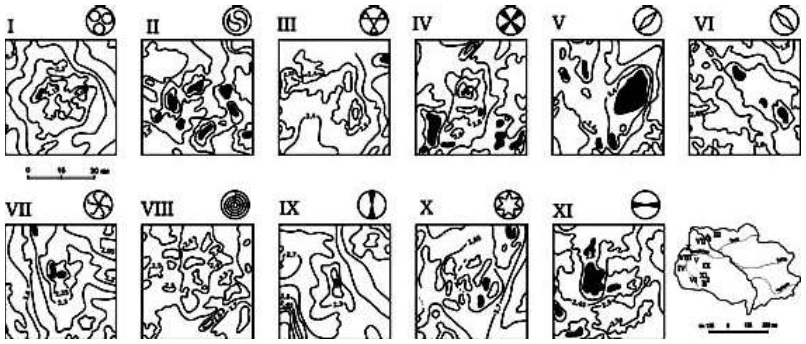


***Рис. 4**. Типовые морфологические формы палеоповерхности юры. Типизация выполнена с использованием структур второго порядка по отражающему горизонту $II_а$ юго-восточной части Западно-Сибирской низменности (стратоизогипсы с сечением 0,2 км согласно структурной карте под ред. В.М. Тищенко, 1992): I – Горелоярское куполовидное поднятие; II – юго-восточная часть Нюрольской впадины; III – Окуневское куполовидное поднятие; IV – Моисеевское куполовидное поднятие; V – Мыльджинский вал; VI – Лавровский наклонный вал; VII – Полуденное поднятие; VIII – южная часть Нововасюганского вала; IX – Соболиный вал; X – Ледовое куполовидное поднятие; XI – Останинский вал; в кружках - геометрический образ типовой формы структуры*

По причине образования структуры в системе перераспределения динамических волн от центра на периферию и в обратной последовательности, любая структура (в том числе, циклит) от центра на периферию делится на два, три, четыре, семь или другое число практически равнозначных сегментов. В заполнении дробных уровней, зачастую, выдерживается числовая последовательность. Волновая природа типизируемых форм подтверждается тем, что в соподчинённых системах особенности строения малых структурно-тектонических объектов повторяются и согласуются с особенностями строения крупных и гигантских. Например, строение и последовательность развития

Западно-Сибирской плиты как гигантской кольцевого типа структуры – нуклеара [1] проявляются в долговременном унаследованном развитии, центрально-зональной элементаризации, основные черты которой проявляются и в объектах меньших порядков (рис. 5).

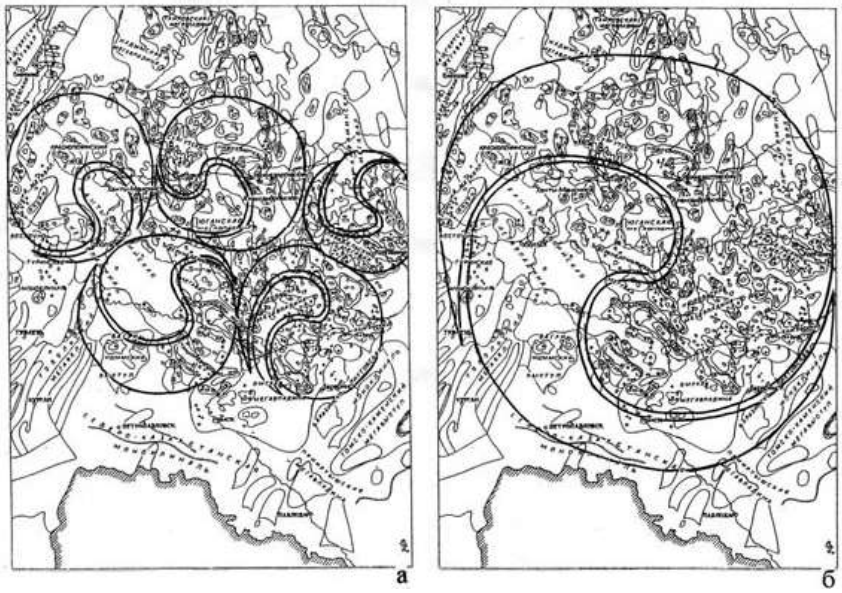


***Рис. 5**. Латеральное дополнение положительных и отрицательных форм для Обского нуклеара (б) и структур центрального типа меньшего порядка (а)*

По мнению авторов статьи, структуры центрального типа, их зональное строение обусловлены макрокинетикой внутреннего строения вещества, есть результат длительных процессов выплавления коры планет и преобразования её в непрерывной череде экзогенно-эндогенных процессов. Стадии разнообразных магматических внедрений и метаморфизма в истории формирования структур Земли, планет, спутников планет растянуты на миллионы лет [3], но протекают в соответствии со строгими правилами системной организации вещества, в условиях сжатия вещества, привноса различных компонентов из внешних систем, системообразующего («резонансностабилизирующего») влияния внешних объектов, нарастание и изменение которого происходит в связи с периодичностью вращения планетных тел в разных системах вращения. Систематика, образующихся элементов геологических структур, подчиняется строгим законам упругого волнового взаимодействия и

предопределена макроструктурой пространства и составом и структурой вещества, в котором формируется новый объект.

Процесс упорядочения в распределении областей сжатия и растяжения возникающих упругих стоячих волн имеет взаимозависимый и согласованный характер, в волновой теории они описываются объёмными стоячими волнами (фигуры Лиссажу), которые определяют иерархию структурных пространств и общий структурный мотив среды [6]. Причиной непрерывного и закономерного осуществления геодинамических процессов является тот факт, что вектор суммарных сил притяжения непрерывно скользит по поверхности. Непрерывное смещение центра взаимодействия обуславливает развитие в точке предыдущего воздействия затухающего колебательного движения. Ограничение и удерживание волны в замкнутом контуре объясняется наличием области конструктивной интерференции [6]. Сама эта область может быть структурированной подобно интерференционной решётке, градиент напряжённости силового поля является причиной постоянного поворота вектора распространения, образующего в результате замкнутый контур [6].

На сферической поверхности это упругое колебание образует спиралевидные структуры (спираль Архимеда), многолепестковые структуры (лемниската Бернули, трёхлистник и др.), решётчатые (сетчатые), дополнительного типа и др. Все типы образуются одновременно и в дополнительных системах. Пространственной особенностью сферической волны, распространяющейся по поверхности оболочки с кривизной, является её скручивание – одно, двух-, трёх- или многопетлевое, при этом наиболее вероятно для каждой области замкнутого пространства (пучности волны) трёхпетлевое скручивание (геометрически может быть описано трёхпетлевой строфоидой, трёхлистником). Интерференция характеризуется когерентностью в пространстве и времени. Степень временной когерентности может быть весьма высокой. Внутренняя структура стоячей волны обладает собственной внутренней структурой из областей конструктивной и деструктивной интерференции, сжатия и растяжения, компакции и деструкции вещества. В плановом проявлении так построены кольцевые структуры, имеющие один или два периферических вала. На рис. 6 представлена макрокольцевая структура Меркурия, где центральный и периферический валы подчёркиваются сочетанием малых кольцевых форм.

В области конструктивной интерференции вектор результирующего силового поля в течение некоторого времени вращается, мало изменяется по модулю, затем уменьшается до нуля и возникает в следующей области конструктивной интерференции. Области конструктивной интерференции являются когерентными, но отличаются фазой, источниками поля.

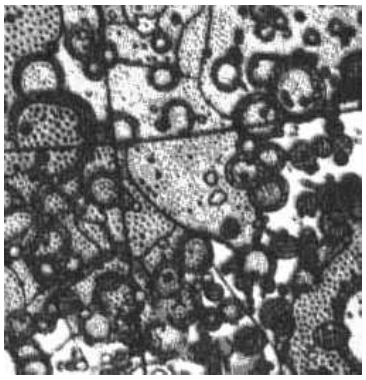


Рис. 6. *Выкопировка из геологической Карты Меркурия Г.Н. Каттерфельда*

Интерференционная картина в области распространения волн имеет «многолепестковую» фигуру (рис. 7).

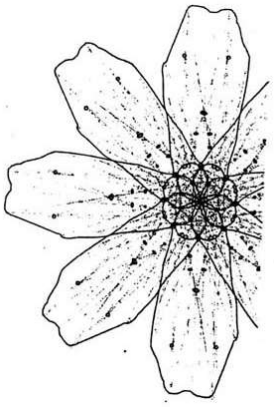


Рис. *7. Области конструктивной интерференции для точечных источников в условиях пространства с кривизной (по данным А.А. Локтюшина [6])*

Размеры пространственно-замкнутых (узловых) объектов интерференционной картины сопоставимы с мощностью слоёв, в которых распространяются сферические волны. В связи с этим на поверхности в кольцевых формах наблюдаются поперечные размеры овоидов, сопоставимые с мощностями ядра, мантии, земной коры; оболочек в мантии и коре; этажей в фундаменте; комплексов в чехле. Для каждой территории размеры соответствующих структур несколько отличаются, но всегда взаимозависимы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Глуховский М.З., Павловский Е.В.* Кольцевые структуры ранних стадий развития Земли // Сравнительная планетология. Материалы 27-го международного геологического конгресса. М.: Наука, 1984. С. 65–74.
2. *Кац Я.Г., Козлов В.В., Полетаев А.И.* Ротационные структуры Земной коры / Обзор ВИЭМС. М., 1990. 41 с.
3. *Кропоткин П.Н.* Генезис кольцевых структур Луны, Земли и других планет // Известия АН СССР. Серия геология. 1989. № 7. С. 3–14.
4. *Ли Сы-Гуан.* Вихревые структуры Северо-Западного Китая. М., 1958. 129 с.

5. *Ласточкин А.Н.* Методика и результаты конструирования общей теории геосистем. II. Единые законы композиции геоявлений // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2001. Вып. 2. Сер. 7. С. 79–95.
6. *Локтюшин А.А.* Экология: Структура и морфология: Деп. в ВИНИТИ 22.7.1999. № 2410-В99. 314 с.
7. *Слензак О.И.* Вихревые системы литосферы и структуры докембрия. Киев: Наукова думка, 1972. 181 с.
8. *Соловьёв В.В.* Структуры центрального типа территории СССР по геолого-геоморфологическим данным. Л.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1978. 110 с.
9. *Тимофеев Д.А., Брогулеев В. Вад., Чичагов В.П.* Некоторые проблемы геоморфологии гор // Геоморфология. 2002. № 3. С. 3–15.
10. *Шериф Р.Е.* Англо-русский энциклопедический словарь терминов разведочной геофизики. М.: Недра, 1984. 352 с.
11. *Takeshi Ikeda, Norimasa Shimobayashi, Simon R. Wallis, Akira Tsuchiyama.* Crystallographic orientation, chemical composition and three-dimensional geometry of sigmoidal garnet: evidence for rotation // Journal of Structural Geology. 2002. V. 24. № 10. P. 1633-1646.

Устинова Вера Николаевна – доцент кафедры динамической геологии Томского государственного университета, д.г.-м.н., по образованию горный инженер геофизик, область научных интересов – сейсморазведка, циклическое строение геологических комплексов, нелинейная геодинамика, космология.

Устинов Владимир Геннадьевич – ассистент, ведущий инженер отдела информатизации Томского политехнического университета, магистр радиофизики, область научных интересов – космическая физика, радиофизика, компьютерные технологии и компьютерная техника.

Васильев Сергей Владимирович – ведущий инженер ОАО «Тюменнефтегеофизика», по образованию геолог, область научных интересов – геология, тектоника, геодинамика, астрофизика.

УДК 523.4-332

ПОДОБИЕ И ПРОЦЕСС ВРАЩАТЕЛЬНО-ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ СТРУКТУР

Б.М. Тишкин
ДВ геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

Аннотация. Рассмотрены особенности строения структур, изменение подобия их элементов в процессе вращательно-поступательного движения. Выявляемые нарушения симметрии подобия в структурах указывают на то, что под действием сил, вызывающих вращательно-поступательное движение, системы находятся (находились) в развитии. Волновая природа этого движения обуславливает пульсационный характер изменения размеров структур и их элементов. Структуры различных типов с характерными размерами и скоростями деформирования имеют собственные периоды резонансного возбуждения, что в конечном итоге приводит к синхронно-асинхронному проявлению природных процессов.

Введение

Согласно концепции уровней организации пространство имеет иерархическую структуру. Элементы структуры характеризуются подобием, фрактальностью [Садовский и др., 1987; Жирмунский, Кузьмин, 1990 и др.]. Разноуровневые элементы структуры обнаруживают признаки вращательного и поступательного движения, компоненты которого проявлены в той или иной степени. При этом оба типа движения находятся в соподчиненных иерархических отношениях. Например, изменение радиуса орбиты Луны (силовое взаимодействие в системе Земля-Луна) в геологическом времени, согласно [Авсюк, 1993], сопровождается ротационными перемещениями в пределах оболочек Земли, что создает условия для радиального движения эндогенных масс и т.д. При этом изменение тангенциальных напряжений будет приводить к развитию сдвиговых дислокаций, и сопровождаться центробежным или центростремительным развитием тектоно-магматических систем, соответствующих уровню эндогенных потоков. В случае изменения плотности глубинного вещества и радиуса планеты изменится и скорость ее вращения.

Деформация размеров, формы системы, очевидно, будет сопровождаться перестройкой и ее структуры. Понятно также, что эти процессы должны влиять на пространственные характеристики элементов системы, на их фрактальность, подобие.

В работе [Садовский и др., 1987], при статистическом изучении распределения по размерам отдельностей геолого-геофизического пространства, было показано: 1) размеры отдельностей меняются по

закону геометрической прогрессии, а отношение соседних преимущественных размеров варьирует от 2 до 5; 2) для разных групп данных, полученных в разных условиях (например, при двух взрывах), обнаруживается относительный сдвиг в распределении преимущественных размеров отдельностей.

На основе выведенного уравнения развития, с использованием степенно-показательной функции числа Непера (основание натурального логарифма e=2,718…), были получены критические константы развития природных систем [Жирмунский, Кузьмин, 1990]. Эти константы использовались для описания широкого класса систем – от атомарного до галактического уровней организации, включая и биологические уровни. Изменение дискретностей пространства-времени и в этой модели хорошо описывается геометрической прогрессией.

Независимо от приведенных работ [Тишкин, 1994,] были получены результаты, подтверждающие выводы [Садовский и др., 1987; Жирмунский, Кузьмин, 1990] о том, что изменение пространственно-временных характеристик при развитии систем происходит в соответствии с геометрической прогрессией. При этом интервалы времени, через которые повторяются неустойчивые состояния, и происходит перестройка структуры на различных иерархических уровнях, зависит, согласно [Садовский и др., 1987], от скорости деформирования и размеров структурных элементов системы. Знаменатель прогрессии при постоянной скорости деформирования остается одинаковым для пространственно-временных дискретностей в течение всего этапа развития структуры.

Очевидно, что вращательно-поступательное движение это есть деформация пространства во времени, морфопроцесс. Деформация имеет волновую природу [Богацкий, 1986; Викулин, 2003; Панин и др., 1990; Разломобразование…,1991;Чиков, 2004 и др.]. В работе [Панин и др., 1990] приводится система уравнений, описывающих механическое поле в деформируемом твердом теле. Эти уравнения по форме подобны уравнениям для электромагнитного поля. Механизм распространения деформации аналогичен распространению электромагнитной волны, что подтверждается экспериментально для пластических деформаций, т.е. одновременно проявляется и поступательное, и вращательное движение.

Таким образом, структурный подход, с учетом подобия, дает инвариант в расшифровке процесса развития систем различных масштабных уровней. Именно такой принцип был реализован в решении проблемы связи тектоники, магматизма и оруденения [Тишкин, 1996; 1997; 2000; 2006]. Полученные при этом алгоритмы были протестированы на различных геолого-геофизических структурах и сформулированы определения понятий геодинамического поля и геодинамического подобия.

Геодинамическое поле – все геодинамическое пространство или логически ограниченная его часть, характеризующаяся в момент времени совокупностью силовых (энергетических) полей, образующих его (ее) элементарных ячеек всех уровней организации.

Системы являются геодинамически подобными, если имеют одинаковую скорость распространения геодинамического поля (скорость деформирования) и подобные размеры (площадь горизонтального сечения) с коэффициентом подобия 10^n.

Рассматривая систему «Земля» в контексте ее космического окружения, на основе полученных алгоритмов рассмотрим возможность взаимодействия геологических структур с элементами Солнечной системы. Но прежде, для понимания существа обсуждаемой проблемы приведем геометрическую модель геодинамического поля и некоторые формулы расчета.

Модель геодинамического поля

Так как пространство дискретно-непрерывно, имеет иерархическую вложенную структуру, элементы которой находятся в силовом взаимодействии и имеют волновую природу, попробуем представить, как это можно совместить в одном геометрическом образе [Тишкин, 1997].

Выдающийся специалист в области учения о симметрии А.В. Шубников, комментируя принципы П. Кюри, утверждал вслед за П. Кюри, что моделирование физических явлений можно и должно производить при помощи геометрических фигур [Шубников, 1975_a]. Симметрия силы отвечает характеристической симметрии конуса (стрелки, пирамиды).

Геодинамическое поле первого рода (ГДП I). Пусть сила F_1, действующая со скоростью V и направленная вертикально, является доминирующей (рис. 1, левая часть). Эта сила имеет ось симметрии бесконечного порядка и множество продольных плоскостей симметрии (покоящийся конус). Одновременно с F_1 действует равновеликая сила F^*_1 с теми же элементами симметрии. Полученная составная фигура соответствует симметрии покоящегося цилиндра, в котором присутствует ось бесконечного порядка, бесконечное множество продольных и одну поперечную плоскости симметрии, а, кроме того, бесконечное множество поперечных осей второго порядка и центр симметрии. Достраивая полученную фигуру до фигуры цилиндра, автоматически получаем тангенциальную силу F_2, действующую со скоростью U (скорость распространения поля). В целом всю фигуру можно рассматривать как модель стоячей волны, где отражающими поверхностями являются направляющие цилиндра. Горизонтальными линиями, проведенными через узлы, выделена область динамического равновесия (область равенства сил), совпадающая с поперечной плоскостью симметрии. Не

трудно заметить, что эта область разделяет в центре фигуры как бы новые конуса, подобные исходным, но следующего иерархического уровня, которым также противопоставляются равновеликие конуса, и полученные фигуры достраиваются до фигуры цилиндра. Эту процедуру можно повторять и далее, получая все новые структурные уровни.

По ориентировке напряжений (стрелки вдоль направляющих конусов) видно, что при реализации подобной схемы могут образовываться как сопряженные сдвиги, так и сопряженные сдвиговые зоны. Кроме того, центральная область, образованная конусами, благоприятна для формирования зон разуплотнения [Тишкин, 2004].

Все это время речь шла о том, что симметрия сил соответствует покоящемуся конусу. Теоретические, экспериментальные и геолого-геофизические данные [Абрамов, 1993; Викулин, 2004; Лойцзянский,1987; Панин, 1990; Разломообразование, 1991; Рейнлиб, Романовский, 1975; Тащи и др., 1988] свидетельствуют, что поступательное движение может происходить дискретно и обнаруживать элементы вращения в плоскости, нормальной к направлению поступательного движения. Поэтому модельным конусам мы должны приписать правую или левую симметрию. При этом фигура цилиндра будет иметь симметрию вращающегося цилиндра, у которого следующие элементы симметрии: вертикальная ось бесконечного порядка, одна поперечная плоскость симметрии и центр симметрии. Если скорость вращения у составляющих конусов будет различаться, то фигура будет иметь симметрию скрученного цилиндра с осью бесконечного порядка и бесконечное множество поперечных осей второго порядка.

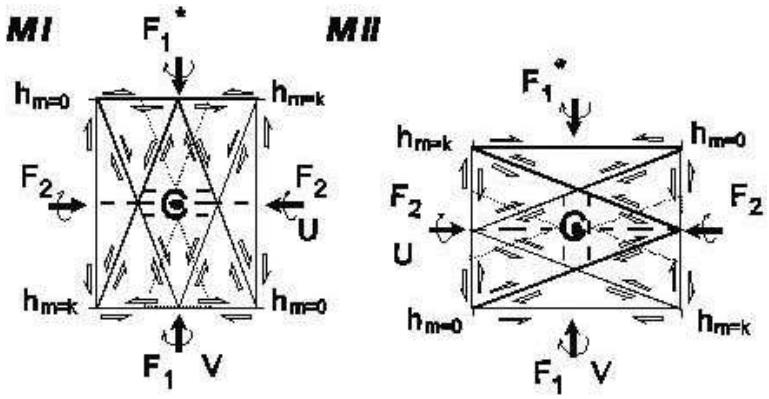


Рис. 1. Модели силовых полей как проекция конусов на плоскость: M I и M II, соответственно геодинамическое поле I и II рода.

Стрелки вокруг F_2 показывают направление вращения пространства при активизации восходящего конуса. Остальные пояснения в тексте.

Если вспомнить, что механизм распространения деформации аналогичен распространению электромагнитной волны [Панин и др., 1990], симметрия которой, согласно [Шубников, 1975_6], соответствует фигуре скомбинированной конусом (электрическое поле) и вращающимся цилиндром в плоскости, продольной к конусу (магнитное поле), то данная фигура имеет только одну плоскость симметрии. У нисходящего конуса прилегающее пространство (сила F_2) будет вращаться против часовой стрелки, а у восходящего – по часовой. Это означает, что должна происходить периодичность в активизации сил F_1 и F_1* и вращение прилегающего пространства не только в поперечной, но и в продольной плоскости. И в этом случае суперпозиция вращающегося конуса в поперечной плоскости и вращающегося цилиндра в продольной плоскости дает фигуру, элементы симметрии в которой отсутствуют.

Геодинамическое поле II рода (ГДП II). В случае доминирования силы F_2 картина поля изменяется путем поворота модельных конусов на 90^0.

Обе модели, вероятно, существуют совместно и в совокупности представляют собой модель иерархической системы сил, проявляющихся как поля напряжений, которые, однако, будут актуализироваться в виде пликативных и дизъюнктивных форм различного масштаба в пространстве и времени различно, с определенной периодичностью. Это находит отражение в результатах моделирования сдвиговых зон [Разломообразование…, 1991] и кольцевых морфоструктур [Тащи и др., 1988].

Для ГДП I в плане характерно проявление сбросо-, взбросо-сдвигов, надвигов по периферии структур, а в центральной части структур растяжения при общем поднятии (F_1) и складчатости – при прогибании (F_1*). В случае ГДП II, вся площадь структуры в плане будет вовлечена в сдвиговые перемещения с формированием синсдвиговых раздвигов.

Проведенный анализ показывает, что зонам динамического равновесия для ГДП I могут быть сопоставлены с высокой точностью границы раздела оболочек Земли, границы раздела в геолого-геофизических разрезах разномасштабных структур, в том числе, зоны пониженных скоростей сейсмических волн и др. Для ГДП II этим зонам соответствуют оси складчатости, которые пересекаются по ортогональным направлениям магмовмещающими структурами и под острым углом - сдвиговыми зонами.

Таким образом, в результате выполненных построений мы имеем в одном образе форму, структуру и силовое поле, основные элементы которого подобны целому. В работе [Тишкин, 1996] на эмпирическом материале получены формулы, позволяющие рассчитывать пространственно-временные характеристики таких структур. Позже [Тишкин, 2006] в этих формулах даны уточненные коэффициенты.

Структурные элементы по своим размерам квантуются с образованием геометрической прогрессии:

$$h_m = S_0^{1/3} p^{2n-m^*-m} /\text{const}, \quad (1)$$

$$S_m = S_0^{4/3} p^{2n-m^*-m} /\text{const}\, h_m, \quad (2)$$

где S_m и h_m – площадь секущей плоскости, проходящей через узлы, и максимальное расстояние от этой плоскости в структуре уровня m, соответственно; n – отражает взаимодействие структуры с геодинамическим полем; m* – коэффициент подобия (m, n, m* – целые числа и могут принимать как положительные, так и отрицательные значения); p = 2,154… [Тишкин, 1994]; const = 162,23.

Скорость распространения геодинамического поля (скорость деформирования) U может быть рассчитана по эмпирическим формулам:

$$L = 0{,}0256\ (15{,}95 - U), \quad (3)$$

$$K = h/S = 0{,}0001578\ (15{,}95 - U), \quad (4)$$

где L – относительная дифференцированность магматитов, которая связана с площадью и параметром К структур:

$$L = (S/10^{n)-2/3}\ (n = \pm 0,1,2,3..), \quad (5)$$

$$L/K = LS/h = S^{1/3}p^{2n}/hp^{m^*} = (b/a)p^{m^*} = \text{const}\cdot p^{m^*}. \quad (6)$$

Пример расчета кольцевой структуры Джаппи приводится на рис.2. Построение элементов структуры выше нулевого уровня проводилось путем трансляции их вдоль оси R. Как можно видеть на рисунке, размеры кольцевых структур хорошо сопоставляются с размерами модельных конусов различных структурных уровней. Однако следует отметить, что здесь же встречаются некоторые структуры с иными размерами. Одна из вероятных причин этого может быть обусловлена интерференцией различных структур. Отметим также, что при сопоставлении геолого-геофизических данных моделирования с ГДП I выясняется, что локализация плотностных неоднородностей, отождествляемых с магматическими очагами, наблюдается в сводах разноуровневых сопряженных конусов [Тишкин, Абрамов, 2002]. В тех же случаях, когда происходит взаимное наложение структур (например, Амурская и Алданская морфоструктуры), то распределение плотностных неоднородностей оказывается более сложным, т.е. в пределах рассматриваемой структуры могут наблюдаться явления, связанные как с собственным ее развитием, так и с развитием наложенной структуры.

На рис. 2 показаны конусы, моделирующие стоячие волны, m=0, 1, 2, 3 структурных уровней. Уровни m=0 и m=3 геодинамически подобны, т.е. они имеют одинаковые скорости деформирования, подобные размеры, кратные 10^nS ($3{,}162^n$ R). Определяя периоды деформирования как $t_n=(10^nS)^{0,5}/U=3{,}162^n\ t_0$, получаем временной спектр значений, при которых возможны явления резонанса, происходящие при близких, равных или кратных периодах колебаний – в данном контексте периодов развития системы.

Представленная модель геодинамического поля, по существу, близка модели нелинейной Земли В.В. Богацкого, который пришел к выводу, что

вращающаяся Земля представляет собой автоколебательную систему; ее собственные колебания порождают «всеземную» систему стоячих волн, каждая из которых представляет собой генератор и своеобразный камертон, готовый к резонансу [Богацкий, 1986]. Заметим также, что и космическое пространство также может представляться как система стоячих волн [Бутусов, 2001].

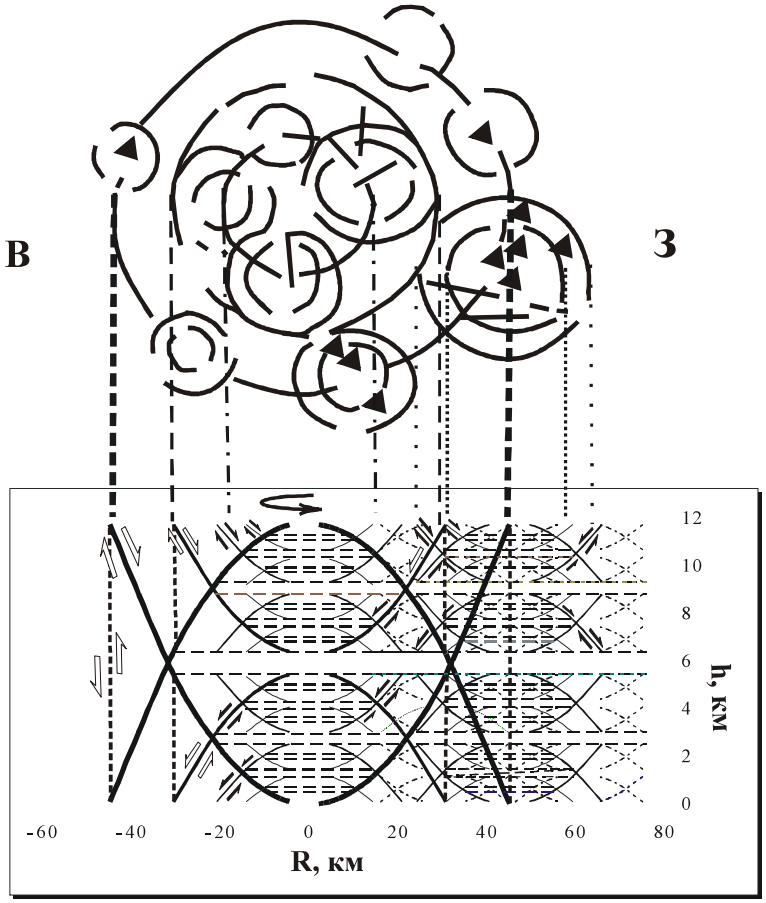


Рис. 2. Кольцевая морфоструктура Джаппи [Гаврилов, 1992] и модельный разрез силового поля (фрагмент).

Толщина линий на разрезе характеризует соответствующий структурный уровень; треугольники вверху – рудопроявления.

При сейсмическом мониторинге выясняется, что при внешнем воздействии интенсивность отклика разных структур различна и зависит от их размеров, которые определяют индивидуальные наборы собственных колебаний [Гамбурцев, 1992]. Возможно, здесь находится ключ к решению проблемы синхронно-асинхронного развития структур различного уровня [Хаин, 1990]. В связи с этим интересно было бы типизировать структуры по их размерам [Богацкий, 1986].

Типы структур

При сопоставлении по размерам морфоструктур центрального типа, выделенных [Кулаков.1985], было замечено, что Амурская, Алданская и Охотская структуры образуют самостоятельные ряды [Тишкин, 2000_6]. В эволюционно-приливной модели [Авсюк, 1993] диапазон размеров системы Земля–Луна, как оказалось, вмещает Амурскую структуру. Ориентируясь на этот диапазон, в соответствии с формулой (2), были получены границы ряда, начало и конец которого задавали границы двух других рядов, соответствующих Алданской и Охотской морфоструктурам. Полученные таким образом ряды были условно названы «амурским, алданским и охотским» типами структур (табл. 1, рис. 2).

Таблица 1. Диапазон размеров структур по типам

Типы структур, S x 10^n км^2			
Уровень	Амурский	Алданский	Охотский
0	55,5–38,5	65,0–58,0	80,0–66,0
1	25,8–17,9	30,2–26,9	37,1–30,7
2	12,0–8,3	14,0–12,5	17,2–14,2

На рис. 3 показана, согласно [Тишкин, 2006], зависимость условного геодинамического потенциала Y_0 от параметра K=h/S. Условный геодинамический потенциал представляет собой энергию, необходимую для образования элементов структуры тех размеров и форм, которые они имеют в данной структуре: $Y_0=1100,7\ (K'p^n)^{0,099}$, при n=0; параметр K' является безразмерным аналогом K. Можно заметить, что при развитии структур могут быть реализованы два варианта. Первый – развитие структуры в пределах ряда с образованием геометрической прогрессии со знаменателем p=2,154… Переход с одной ступени ряда на другую кратен $1,052Y_0$. При этом предел, окончание этапа, развития, вероятно, будет определяться размерами конечного члена ступени, при котором скорость деформирования может принимать значения U=0 [Тишкин, 2006]. Второй вариант – с достижением критического размера структуры в пределах ступени, когда U≠0, возможен переход к иному типу развития (на графике

этот вариант показан стрелками). Вместе с тем, в автономном развитии всех трех типов структур будет наблюдаться периодичность их активизации, связанная с различием в скоростях деформирования U [Тишкин, 2000; 2006], например, по схеме: амурский–алданский–охотский–амурский.… Следует отметить и то, что эволюция структур может происходить как с уменьшением геодинамического потенциала (центробежное развитие), так и с его увеличением (центростремительное развитие).

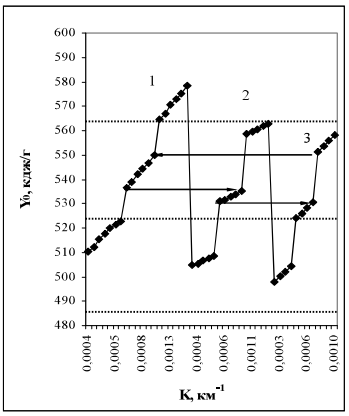


Рис. 3. Зависимость геодинамического потенциала от размеров структур. 1, 2, 3 – амурский, алданский, охотский типы структур, соответственно; горизонтальные линии – энергетические уровни.

Подобие структур Солнечной системы

Система Солнце–планеты. В табл. 2 приведены результаты расчетов размеров орбит планет Солнечной системы на основе формул, полученных для геолого-геофизических структур (за исходный размер был принят радиус Солнца). Было обнаружено двухзвенное строение системы с m=12: Солнце–Меркурий и Меркурий–Плутон. Последнее звено содержит две вакансии: между Сатурном и Ураном и Сатурном и Юпитером. Видно, что разница вычисленных и наблюдаемых радиусов может достигать 17% . Хотя эти значения в целом точнее, чем полученные по формуле Тициуса-Боде, но говорить здесь о геометрической прогрессии сложно. Мало того, структуры Солнечной системы принадлежат к различным типам. При этом параметры орбиты Урана соответствуют границе амурского и алданского типов структур, а Венера и внутренний пояс астероидов – вблизи границы амурского и охотского типов.

Система Земля–Луна. Расчет показывает следующие значения радиусов (км) при m=15 (значения m приводятся в скобках): 384401 (0), 261890 (1), 178424 (2)….5642 (11), 3844 (12), 2619 (13), 1784 (14), 1216 (15). Значения для m=12 и m=11 сопоставимы с радиусом внешнего ядра Земли (3485 км) и зоной фазовых переходов (5701 км), а также их можно с учетом подобия сопоставить с радиусами орбит Меркурия, внешнего пояса астероидов, Плутона. При m=15 мы получаем практически радиус

внутреннего ядра Земли (1217 км), а при m=14 получаем значение, очень близкое к радиусу Луны (1740 км).

Структура Земля–Луна относится к амурскому типу, также как Луна, внутреннее ядро Земли и структура, ограниченная зоной фазовых переходов, тогда как внешнее ядро по размерам находится на границе амурского и охотского типов, а сама Земля соответствует алданскому типу. Как видно, картина, полученная для структуры Земля–Луна, по своей противоречивости аналогична таковой для Солнечной системы.

Таблица 2. Размеры пространств Солнечной системы, ограниченные орбитами планет

Орбита	S x 10^n км^2	R_1 млн км	R_2 млн км	R_1/R_2
Амурский				
Меркурий	10,53	57,9	69,5	0,83
Юпитер	19,02	778,3	695,2	1,12
Уран	25,86	2869,6	3226,8	0,89
Плутон	10,93	5900,0	6952,0	0,85
Алданский				
Сатурн	63,49	1427,0	1497,8	0,95
Нептун	63,94	4496,6	4736,4	0,95
Охотский				
Солнце	15,21	0,696	-	
Венера	36,76	108,2	102	1,06
Земля	70,27	149,6	149,8	1,00
Марс	16,31	227,9	219,8	1,04
Пояс астероидов	71,96	344,1	322,7	1,07
	37,17	478,7	473,6	1,01

Примечание: R_1 и R_2 – измеренные и расчетные радиусы орбит, соответственно.

Квантованность Солнечной системы стала очевидной с появлением формулы Тициуса-Боде, которую впоследствии многие пытались усовершенствовать. В настоящий момент существуют модели, в которых при помощи золотой пропорции и чисел Фибоначчи рассчитываются характеристики Солнечной системы с точностью до долей процента [Бутусов, 2001; Петруненко,2006]. Однако здесь речь может идти о «мгновенных» характеристиках системы [Кузнецов, 1999], и стационарность орбит, также с геологической точки зрения, основанной на представлениях о возможности центробежного и центростремительного развития структур, кажется не очевидной.

В эволюционно-приливной модели [Авсюк, 1993] радиус орбиты Луны в геологическом времени периодически изменяется: периоды сжатия системы сменяются периодами растяжения, и это находит отражение в геологических процессах. Вместе с тем, в пульсационной модели Земли [Милановский, 1995] также предполагается периодический процесс сжатия-расширения. Сейчас, согласно лазерным наблюдениям, Луна удаляется от Земли, и эта тенденция проявилась с эоцена–олигоцена (примерно 40 млн лет назад) [Авсюк, 1993]. По данным лазерной локации, Луна отодвигается со скоростью 3,8 см/год, а согласно данным по затмениям в историческое время, эта скорость составляет 4,4 см/год [Жарков, 1983]. По оценкам с помощью формул (3-6), скорость деформирования системы U=–1,98 см/год, т.е. движение осуществляется по типу раздвига при сдвиге. Вместе с тем, скорость увеличения радиуса Земли, определяемая при помощи космической геодезии, оценивается в 0,3 см/год [Герасименко, 1996]. Полагая, что эта скорость сохранялась последние 40 млн лет, получаем изменение радиуса Земли ΔR=120 км, а площадь сечения Земли составит $S=12{,}27 \times 10^7$ км^2, т.е. структура в палеогеновое время по размерам смещается на границу амурского и алданского типов. Это как раз та область, которая маркирует окончание предыдущего этапа развития, где скорость деформирования, в соответствии [Авсюк;1993], была близкой к нулю.

В рамках используемой модели, следует констатировать, что Солнечная система и ее элементы находятся в стадии продолжающегося развития и, вероятно, в целом не отражают состояние равновесия. Существенные отклонения размеров системы от геометрической прогрессии, возможно, объясняются эффектом запаздывания потенциала взаимодействия [Носков, 2000], величина которого зависит от скорости распространения взаимодействия в конкретной среде на определенном иерархическом уровне и скорости движения объекта.

Амурская структура центрального типа. Амурский геоблок, выделенный в [Красный, 1984], известен также как Амурская магматогенно-рудная система [Романовский, 1987; Брянский и др., 1992] и Амурская морфоструктура центрального типа [Золотов, 1976; Соловьев, 1978; Кулаков, 1988], Амурская плита [Зоненшайн и др., 1990]. Размеры и форма этой структуры, по данным разных авторов, отличаются ввиду различных подходов в задании ее пространственно-временных границ. В данной работе размеры и форма Амурского геоблока, выделенного в границах распространения мезозойского магматизма [Брянский и др., 1992], приводятся на рис. 4.

Детальная геолого-геофизическая и металлогеническая характеристика Амурского блока и его границы приводится в работах [Вулканические пояса..., 1984; Шашкин, 1984; Синюков, 1986; Ханчук, 1989; 2000; Зоненшайн и др., 1990; Зимин и др., 1991; Брянский и др., 1992; Парфенов и др., 1996; Уткин, 1996; 1997; Красный, 1997; Парфенов и др., 1999;

Тишкин, 2000 и др.]. Здесь мы только отметим главные, на наш взгляд, геодинамические особенности северного (Становой и Байкало-Монгольский сегменты) и восточного (Сихотэ-Алинский сегмент) отрезков границы:

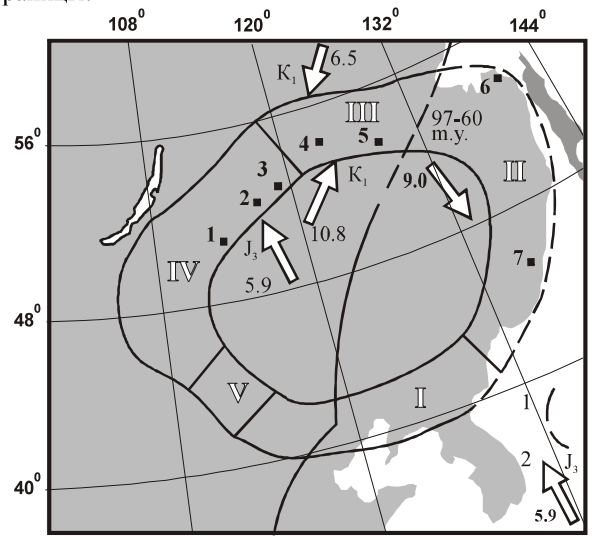


Рис. 4. Схема пространственно-временного изменения скорости деформирования пограничных структур Амурского геоблока. 1 – Пограничный разлом и разломные зоны, ограничивающие Амурский блок; сегменты: I – Иньшаньский, II – Сихотэ-Алинский, III – Становой, IV – Байкало-Монгольский, V – Эрлянский [Брянский и др., 1992; с изменениями]; 2 – направление, время и скорость деформирования пограничных структур; направление векторов приводится по данным В.П. Уткина, Г.В. Шубина, А.С. Вольского, В.В Колесникова, П.И. Логвенчева и др. Золоторудные месторождения с турмалиновой минерализацией 1-7: 1 – Любавинское, 2 – Дарасунское, 3 – Ключевское, 4 – Кировское, 5 – Широкинское, 6 – Многовершинное, 7 – Малиновое.

1) последовательная миграция (с запада на восток), вслед за складчатостью, проявлений мезозойского магматизма и оруденения вдоль северной границы фиксируется с позднего триаса–ранней юры до позднего мела;

2) омоложение возраста мезозойских магматитов и сопутствующего оруденения в северной части границы происходит центростремительно, а в восточной части – центробежно; золоторудные месторождения с турмалиновой минерализацией, служащие индикатором геодинамического режима структур, на севере приурочены к внутренней границе, а на юге – к внешней;

3) по латерали восточной границы, в отличие от северного отрезка, устанавливается ритмичное изменение интенсивности геодинамических процессов во времени (распределение типов мезозойских магматических пород, изменение возраста складчатого фундамента), что, вероятно, объясняется спецификой взаимодействия Амурского блока с геологическими структурами на севере и востоке от него;

4) в позднем мезозое развитие восточной и северной границ происходило в условиях левосдвиговых и надвиговых дислокаций; вдоль восточной границы геоблока погружение осей складчатости происходит в северо-восточном направлении с наращиванием стратиграфического объема пород мелового структурного этажа со скольжением возраста нижней границы, т.е. в соответствии с моделью ГДП I происходило продольное вращение территории по часовой стрелке; в области северной границы также проявлены единичные признаки продольного вращения по часовой стрелке;

5) по палеомагнитным и палеобиогеографическим данным предполагается вращение Амурского геоблока – начиная с перми он оказался повернут на 90° по часовой стрелке;

6) мезо-, кайнозойское время характеризуется общим поднятием территории Амурского геоблока и формированием в центральной части вблизи Пограничной гравитационной ступени вулканических рифтовых структур.

На рис. 5 приводится схема ориентировки векторов главных сжимающих напряжений с рассчитанными значениями скоростей деформирования границ Амурского блока на уровне магматических поясов и зон. Используемые материалы для моделирования геодинамических параметров пограничных структур (сегментов) блока приводятся в [Тишкин и др., 2000].

На схеме видно, что скорость деформирования крупных структурных элементов границ Амурского блока не остается постоянной в пространстве и времени, а сам блок имеет ротационную компоненту. При этом вдоль северной границы отмечается закономерное уменьшение содержания щелочных элементов в магматитах в восточном направлении [Мишин и др., 2003] на фоне увеличения скорости деформирования структурных единиц.

По своим размерам (радиус около 1200 км) рассматриваемая структура относится к амурскому типу и подобна системе Земля–Луна (ЗЛ). В свете изложенных представлений между подобными структурами (ядро, мантия, Амурский геоблок) возможно резонансное взаимодействие. Для проверки этого предположения были сопоставлены изменения радиуса орбиты Луны [Авсюк. 1993] и геологических событий на площади Амурской структуры [Тишкин и др., 2003] (рис. 5).

Обнаружилось, что увеличение радиуса ЗЛ (растяжение системы) сопровождалось общим воздыманием территории, проявлением плюмового магматизма в позднем палеозое и мезозое [Моисеенко, Сахно, 2000]. При сжатии системы ЗЛ (уменьшение радиуса) происходило сокращение бассейнов седиментации с проявлением разнообразного по составу магматизма [Геологическое строение…, 1987].

Обращает на себя внимание то, что, например, проявления плюмового магматизма приурочены к периодам максимального растяжения ЗЛ (PZ_2 и MZ_3) и началу растяжения ($N–Q_4$), что отражается в составе магматитов [Моисеенко, Сахно, 2000]. Пермские офиолиты формировались в условиях максимального сжатия–начала расширения ЗЛ (толеит-океанический тип базальтов и дунит-гарцбургитовые интрузии), а позднемезозойские (щелочно-базальтовые и щелочно-ультраосновные) офиолиты – в условиях максимального растяжения.

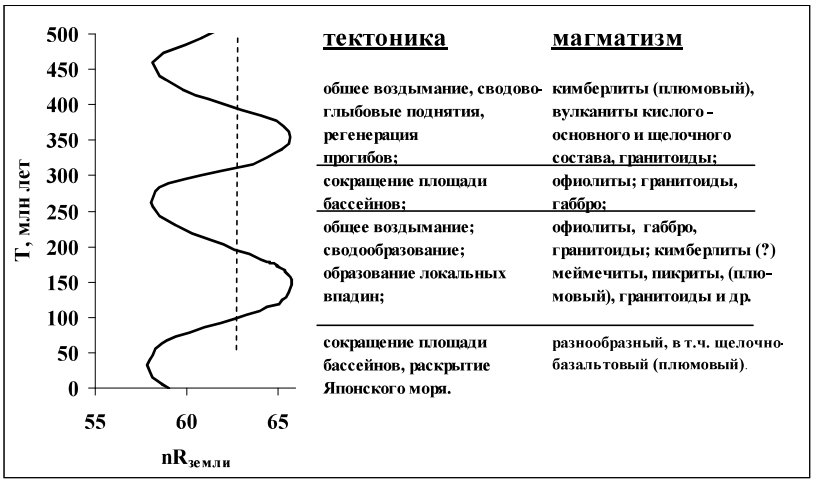


Рис. 5. Динамика развития тектонических структур и пространства Земля–Луна.

Таким образом, можно говорить о возможности синхронного, в геологическом времени, изменения размеров системы Земля–Луна с возбуждением ядра и верхней мантии Земли, а также Амурского геоблока.

При анализе приливных сейсмических событий на Луне выявлены следующие периоды их проявления [Олейник, Гамбурцев, 2003] (года): 2,19; 0,55; 0,076; 0,037; 0,018 и др. Для кавказского региона доминирующие сейсмические периоды оказались следующими (года): 30; 5–7; 10–11; 2–3; 0,58; 0,42. Некоторые из этих периодов оказались

близкими к ритмам Земли в целом (года): 7; 2–2,5; 1–1,5. Период 2,19 для лунотрясений образует значения, кратные $1,468=3,162^{1/3}$; 3,2; 4,7; 6,9; 10,2, т.е. они оказались достаточно близки ритмам земных структур, чтобы говорить об их подобии. Можно обнаружить подобие и в других ритмах, например, значение 0,018 для Луны подобно 0,58 года для Земли. Кроме того, существуют и «оригинальные» значения периодов.

Если принять размеры деформируемых структур 463,9 км^2 подобными современным размерам системы Земля–Луна, то при скорости деформирования U=1,98 см/год по формуле $t_n=(10^n S^{0,5})/U$ (лет) получим следующую последовательность ритмов: 10,9; 7,4; 5,0; 3,4; 2,3. Как видно, данные ритмы вполне могут быть сопоставлены периодам, полученным при обработке экспериментальных данных. Еще более близки рассчитанные ритмы рядам, выводимым из периодов приливных лунотрясений 200; 27,6; 13,6 суток. Из этого следует, что выделенный спектр периодов сейсмичности, характерный для структур Земли и Луны, вероятно, соответствует амурскому типу, а близость значений периодов структур в системе Земля–Луна указывает на возможность возникновения явлений резонанса.

Восточная граница Амурского геоблока. В работе [Синюков, 1986] было проведено формационное расчленение пород, слагающих Восточно-Сихотэ-Алинский вулканический пояс (восточная граница блока), и показано, что, при «плавающем» абсолютном возрасте каждой формации по простиранию пояса, их взаимоотношения с выше и нижележащими формациями сохраняются неизменными. При этом отмечается ритмичное переслаивание формаций кремнекислого и основного состава. Примечательно, что значительное осадконакопление происходило в локальных впадинах каждый раз вслед за формированием кремнекислых формаций. Осадочные толщи имеют постепенные переходы с перекрывающими их формациями основного состава. Кремнекислые образования сложены часто в значительной степени эксплозивными фациями пород.

На основе приводимых в работе [Синюков, 1986] анализов пород формаций, были рассчитаны скорости деформирования (формула (3)) соответствующих магмопроводящих структур (рис. 6). Можно видеть, что вулканические формации основного состава формировались в ГДП II рода (отрицательные значения U), т.е. движение расплава осуществлялось по синсдвиговым раздвигам. Расплавы кремнекислых вулканических формаций дифференцировались в условиях ГДП I рода (положительные значения U), т.е. их движение происходило по типу диапира, что сопровождалось общим подъемом территории. Это вполне согласуется с выводами, полученными при изучении вулканических поясов Азии, в том числе и Сихотэ-Алинского пояса [Вулканические пояса…1984]. Примечательно, что скорости U для периода формирования кремнекислых формаций увеличивались со временем, тогда как для вулканических

формаций основного состава они уменьшались (по абсолютной величине) до момента максимального сжатия системы ЗЛ. Далее, с растяжением системы ЗЛ, фиксируется начало рифтогенной стадии.

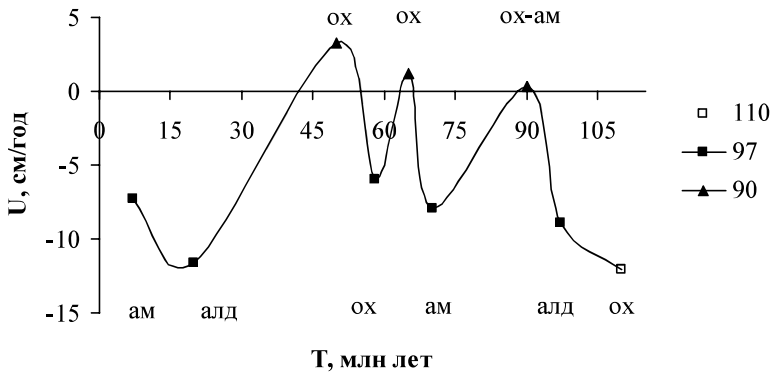


Рис. 6. Скорости формирования магмопроводящих структур Сихотэ-Алиня на условной шкале времени. 1 – Самаргинская островная дуга; магматические формации вулканического пояса: 2 – основного состава; 3 – кремнекислого состава. В табл. 1 показаны геодинамические обстановки (циклы, стадии) по разным авторам.

Таким образом, каждый следующий цикл развития вулканического пояса начинался, на фоне относительного усиления сдвиговой активности с формированием локальных впадин, осадконакоплением и извержением расплавов основного состава (ГДП II рода) и заканчивался, на фоне значительного уменьшения латеральной сдвиговой активности относительно вертикальных движений, образованием пород кременекислого состава (ГДП I рода). Примечательно, что на уровне формаций магмопроводящие структуры изменялись как в пределах одного типа, так и по типам. По данным же химических анализов, расчеты показывают, что в целом пояс относится к амурскому типу структур (граница амурского и алданского типов). Такие соотношения, вероятно, являются следствием как собственного развития структур (см. рис. 3), так и взаимодействия с окружающим пространством.

При моделировании параметров магматической колонны Соловьевского свода [Тишкин, Мясников, 2004] обнаружилось, что с глубиной ее размеры не оставались постоянными и образовывали ряд типов структур (снизу вверх): амурский – алданский – амурский – алданский – охотский, т.е. ритмичность в смене типов структур проявлена

не только во времени, но и в пространстве. Проявление геодинамических полей разных типов по восстанию магматической колонны сопровождалось изменением величины скорости распространения геодинамического поля. На глубине под Джалиндинским массивом фиксируется зона разуплотнения площадью около 200 км^2 такой же формы, но развернутой относительно массива на 180°. Учитывая левосдвиговые перемещения по широтным разломам, можно предполагать вращение осей сжимающих напряжений снизу вверх по часовой стрелке, т.е. магматическая колонна имеет симметрию скрученного цилиндра (рис. 7).

Рассмотренные особенности строения структур, подобие их элементов, вынуждает согласиться с, в общем-то, очевидным утверждением о взаимосвязи, взаимовлиянии элементов дискретно-непрерывного пространства. Выявляемые нарушения симметрии подобия в структурах указывают на то, что под действием сил, вызывающих вращательно-поступательное движение, системы находятся (находились) в развитии. Волновая природа этого движения обуславливает пульсационный характер изменения размеров структур и их элементов, возможно, имеющий в целом две глобальные тенденции: растяжения и сжатия.

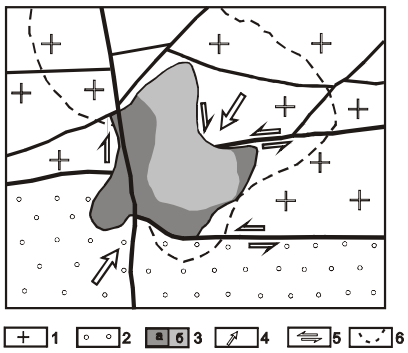


Рис. 7. Геолого-структурная схема положения Джалиндинского интрузива. 1 – становой комплекс; 2 – отложения позднеюрско-раннемелового грабена; 3 – Джалиндинский массив: диориты (а), гранодиориты (б); 4 – главные сжимающие напряжения; 5 – направление сдвиговых перемещений; 6 – контуры зоны разуплотнения [Сажина, 1974].

Структуры различных типов с характерными размерами и скоростями деформирования имеют собственные периоды резонансного возбуждения, что в конечном итоге приводит к синхронно-асинхронному проявлению природных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрамов В.А.* Структура и динамика тектоносферы Алданского щита. Владивосток: Дальнаука,1993. Ч. 1,2.
2. *Авсюк Ю.Н.* Эволюция системы Земля–Луна и ее место среди проблем нелинейной геодинамики // Геотектоника. 1993. № 1. С. 13–22.

3. *Богацкий В.В.* Механизм формирования структур рудных полей. М.: Недра, 1986. 89 с.
4. *Брянский Л.И., Бормотов В.А., Романовский Н.П.* и др. Глубинная структура рудных районов очагового типа: Центральноазиатский сегмент Тихоокеанского рудного пояса. М.: Наука, 1992. 156 с.
5. *Бутусов К.П.* Логарифмические волны возмущений в гравитационных системах и структурная диаграмма. Межд. Клуб учен. 2001. http://shaping.ru/mku/butusovart/06/06.doc.
6. *Бутусов К.П.* Структурные законы Солнечной системы. Межд. Клуб учен. 2001. http://shaping.ru/MKU/butusovart/07/07.doc.
7. *Викулин А.В.* Вращение, упругость и геодинамика // Вихри в геологических процессах. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КГПУ, 2004. С. 98 – 111.
8. *Викулин А.В.* Физика волнового сейсмического процесса. Петропавловск-Камчатский: Из-во КГПУ, 2003. 150 с.
9. Вулканические пояса востока Азии. М.: Наука, 1984. 504 с.
10. *Гаврилов А.А.* Проблемы морфоструктурно-металлогенического анализа. Владивосток: Дальнаука, 1993. 326 с.
11. Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых. Т.4. Л: Недра,1987. 448 с.
12. *Герасименко М.Д.* Проблемы расширения Земли в свете данных космической геодезии // Тихоокеанская геология. 1996. Т. 15. № 3. С. 143 – 146.
13. *Жарков В.Н.* Внутренне строение Земли и планет. М.: Наука, 1983. 415 с.
14. *Жирмунский А.В., Кузьмин В.И.* Критические уровни в развитии природных систем. Л.:Наука,1990. 223 с.
15. *Зимин С.С., Сахно В.Г., Говоров И.Н.* и др. Тихоокеанская окраина Азии (магматизм). М.: Наука, 1991. 264 с.
16. *Золотов М.Г.* Ядерно-сводовые и кольцевые структуры Приамурья // Тектоника востока советской Азии. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 3–33.
17. *Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М.* Тектоника литосферных плит территории СССР. М.: Недра, 1990. Кн.1. 327 с.
18. *Красный Л.И.* Глобальная система геоблоков. М.: Недра, 1984. 224 с.
19. *Кузнецов Э.Д.* Структура, динамика и устойчивость Солнечной системы. Уральский государственный университет, кафедра астрономии и геодезии, 1999. http://www.eunnet.net/win/metod_materials/wm3/dynamics.htm# .
20. *Кулаков А.П.* Гигантские морфоструктуры центрального типа Востока Азии, особенности их строения и развития // Морфотектонические системы центрального типа Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука, 1988. С. 63–75.
21. *Лойцянский Л.Г.* Механика жидкости и газа. М.: Наука, 1987. 840 с.

22. *Милановский Е.Е.* Пульсации Земли // Геотектоника. 1995. № 5. С. 3 – 24.
23. *Мишин Л.Ф., Чжао Чунцзин, Солдатов А.И.* Мезо-кайнозойские вулкано-плутонические пояса и системы в континентальной части Востока Азии и их зональность // Тихоокеанская геология. 2003. Т. 22. № 3. С. 28 – 47.
24. *Моисеенко В.Г., Сахно В.Г.* Плюмовый вулканизм и минерагения Амурской мегаструктуры. Благовещенск: АмурКНИИ. 2000. 160 с.
25. *Носков Н. К.* Явления запаздывания потенциала. Наука и техника. Текущие публикации, 2000. http://n-t.org/tp/ng/yzp.htm
26. *Олейник О.В., Гамбурцев А.Г.* Ритмы в сейсмичности Луны и Земли.//Напряженно-деформированное состояние и сейсмичность литосферы. Тр. Всеросс. совещ. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. С. 123 – 127.
27. *Панин В.Е., Гриняев Ю.В., Данилов В.И.* и др. Структурные уровни пластической деформации и разрушения. Новосибирск: Наука, 1990. 255 с.
28. *Парфенов Л.М., Булгатов А.Н., Гордиенко И.В.* Террейны и формирование орогенных поясов Забайкалья // Тихоокеанская геология. 1996. Т.15. № 6. С. 3–15.
29. *Парфенов Л.М., Попеко Л.И., Томуртогоо О.* Проблемы тектоники Монголо-Охотского орогенного пояса // Тихоокеанская геология. 1999. Т.18. № 5. С. 24 – 43.
30. *Петруненко В.В.* Физическая природа явления декалогарифмической периодичности Часть 2. Астрономические системы 2006. http://www.trinitas.ru/rus/doc/0232/009a/02320015.htm
31. Разоломообразование в литосфере. Зоны сдвига. Новосибирск: Наука,1991.259 с.
32. *Рейнлиб Э.Л., Романовский Н.П.* Изучение купольно-магматических рудоносных структур по геофизическим данным (на примере Верхнеселемджинского района) // Геология Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР,1975. С. 110–115.
33. *Садовский М.А., Болховитинов Л.Г., Писаренко В.Ф.* Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс. М.: Наука, 1987. 100 с.
34. *Синюков В.И.* Формации и структура Восточно-Сихотэ-Алинского вулканогенного пояса. М.: Наука, 1986. 158 с.
35. *Соловьев В.В.* Структуры центрального типа территории СССР по данным геолого-геоморфологического анализа: (объясн. зап. к карте морфоструктур центр. типа). Л.: ВСЕГЕИ, 1978. 110 с.
36. *Тащи С.М., Ермошин В.В., Токмаков Р.П.* Инъективные морфоструктуры центрального типа (результаты физического моделирования // Морфотектонические системы центрального типа Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука, 1988.С.30– 34.

37. *Тишкин Б.М.* Квантовая геодинамика – новая парадигма в геологии // Вестник ДВО РАН. 1994. № 4. С. 91–102.
38. *Тишкин Б.М.* Связь геодинамических параметров тектонических структур с составом эндогенного вещества // Тихоокеанская геология. 1996. Т. 15. N 1. С. 67–79.
39. *Тишкин Б.М.* Геодинамическое подобие тектоно-магматических систем: Автореф. дисс. к.г.-м.н. Хабаровск, 1997. 30 с.
40. *Тишкин Б.М.* Результаты моделирования пространственно-временных параметров структур в Солнечной системе в связи с геологическими процессами // Тектоника, геодинамика и процессы магматизма и метаморфизма. Т. II. М.: ГЕОС, 1999. С. 208–211.
41. *Тишкин Б.М., Зимин С.С., Сапин В.И.* Геодинамические параметры формирования золоторудных месторождений с турмалиновой минерализацией в пограничных тектоно-магматических системах Амурского геоблока // Рудные месторождения континентальных окраин. Владивосток: Дальнаука, 2000. С.124–139.
42. *Тишкин Б.М.* Задача о дискретном и непрерывном развитии геодинамического пространства // Общие вопросы тектоники. Тектоника России. М.: ГЕОС, 2000. С. 524–529.
43. *Тишкин Б.М., Абрамов В.А.* Квантово-геодинамическое моделирование геолого-геофизических структур // Тектоника и геофизика литосферы. Т II. М.: ГЕОС, 2002. С. 237–240.
44. *Тишкин Б.М., Мясников Е.А.* Моделирование геодинамических параметров Соловьевского свода в связи с золотым оруденением // Вихри в геологических процессах. Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2004. С. 209–221.
45. *Тишкин Б.М.* Способ определения геодинамического потенциала структур и его использование в решении геологических задач // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле . 2006. № 1. Вып. 7. С. 109 – 123.
46. *Уткин В.П.* Горст–аккреционные системы, рифто–грабены и вулканические пояса юга Дальнего Востока России. Статья 1. Горст–аккреционные системы и рифто–грабены // Тихоокеанская геология. 1996. Т. 15. N 6. С. 44–72.
47. *Уткин В.П.* Горст–аккреционные системы, рифто–грабены и вулканические пояса юга Дальнего Востока России. Статья 2. Вулкано-плутонические пояса: структурно-вещественные характеристики и закономерности формирования // Тихоокеанская геология. 1997. Т. 16. N 6. С. 58–79.
48. *Хаин В.Е.* Проблема развития в геологии // Принцип развития и историзма в геологии и палеобиологии. Новосибирск, 1990. С. 7–20.
49. *Ханчук А.И., Кемкин И.В., Панченко И.В.* Геодинамическая эволюция Сихотэ-Алиня и Сахалина в палеозое и мезозое // Тихоокеанская окраина Азии (геология). М.: Наука, 1989. С. 218–254.

50. *Ханчук А.И.* Палеогеодинамический анализ формирования рудных месторождений Дальнего Востока России // Рудные месторождения континентальных окраин. Владивосток: Дальнаука, 2000. С. 5–34.
51. *Чиков Б.М.* Режимы короткопериодных колебаний в геологических процессах (обзор новой проблемы геодинамики). SciTecLibrary.ru, 2004. http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/revs/Geology/index.html
52. *Шашкин К.С.* Структурно-вещественная эволюция земной коры Приамурья в позднем докембрии и фанерозое // Тихоокеанская геология. 1984. № 3. С. 38–53.
53. *Шубников А.В.* О работах Пьера Кюри в области симметрии // Избр.тр. по кристаллографии. М.: Наука, $1975_а$. С. 133–153.
54. *Шубников А.В.* Симметрия электромагнитного луча // Избр. тр. по кристаллографии. М.: Наука, $1975_б$. С. 213–217.

Тишкин Борис Михайлович. Закончил Дальневосточный политехнический ин-тут г. Владивостока в 1984 г. Специальность инженер-геолог. Кандидат г.-м. наук., ст. н. с. ДВ геологического института ДВО РАН, Владивосток. Сфера научных интересов: проблема связи тектоники, магматизма и оруденения. Основные достижения связаны с выявлением зависимости дифференцированности состава магматитов и генетически связанного оруденения от скорости движения геоблоков и размеров магмопроводящих (магмовмещающих) каналов (камер).

УДК 55

СИММЕТРИЯ В СТРОЕНИИ ЗЕМЛИ И СКРУЧЕННОСТЬ ПОЛУШАРИЙ

А.Е. Фёдоров
Геологический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия

Аннотация. Настоящая публикация посвящена закономерностям в строении Земли, свидетельствующим о том, что земная кора и мантия Южного полушария повёрнуты относительно ядра Земли, а также коры и мантии Северного полушария, на восток, на 22,5°–30° долготы.

Закономерности в строении глобального рельефа

С целью изучения закономерностей в строении *глобального рельефа Земли* были построены гистограммы, на которых показана протяженность суши вдоль меридианов (рис. 2–7). Для построения гистограмм, на глобусе окружностью 900 мм, вдоль меридианов, идущих через 7,5°, была замерена протяженность суши (в мм) и затем определён % суши для каждого меридиана. В сущности, гистограммы отражают не только распределение суши и характеризуют не только глобальный рельеф Земли, но показывают закономерности, существующие в распределении континентальной коры, тем более что архейско-протерозойские комплексы, слагающие «ядра» континентов, расположены на суше. Форма континентов в значительной степени и определяется расположением архейско-протерозойских комплексов (особенно это относится к континентам Южного полушария), и поэтому гистограммы на рис. 2–7 отражают не только регулярности, существующие сейчас, но и те регулярности, которые возникли в архее–протерозое.

Так как основная часть континентальной коры приходится на долю суши, включение в рассмотрение континентальной коры, находящейся на территории занятой морем, не вызовет существенных изменений в форме гистограмм и существенно не повлияет на положение максимумов, минимумов, середин «холмов» и «впадин».

Подсчёты проводились отдельно для Северного и Южного полушарий. Граница между Северным и Южным полушариями проведена вдоль центральной линии зоны «Тетического раздела» (зона «Тетического кручения», по У. Кэри[1] [12]). Зона Тетического раздела проходит по дуге большого круга, часть которого совпадает с Альпийско–Гималайским тектоническим поясом[2] (Средиземноморским поясом) (рис. 1).

---

[1] О кручении полушарий Земли см. также [2, 5].

[2] Зона Тетического раздела (рис 1) имеет следующие «критические области»: крайнее северное положение зоны наблюдается в районе 0°–15° в.д. (центральная линия зоны располагается на 35° с.ш., см. рис 80 в [12]); крайнее южное положение – наблюдается в районе 180°–165° з.д. (центральная линия зоны

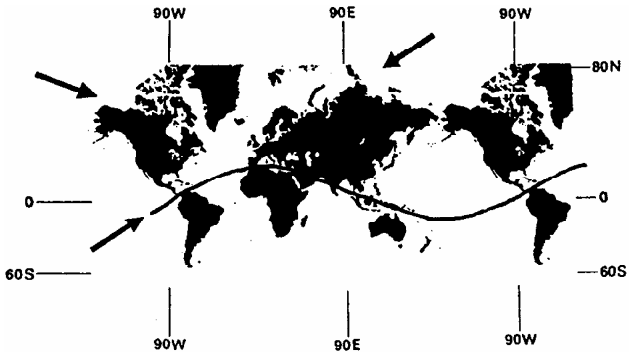


Рис. 1А. Карта континентов в проекции Меркатора. Сплошной линией показана зона Тетического раздела («Тетического кручения» по У. Кэри [12]), стрелками – глобальные линеаментные зоны, имеющие форму спиралей (локсодром) по O'Driscoll E.S.T. [28].

К Северному полушарию отнесены: Евразия (без Аравии и Индостана), Сев. Америка, Гренландия и окружающие их острова. К Южному полушарию отнесены: Ю. Америка, Африка вместе с Аравией, Австралия и окружающие их острова. Из рассмотрения исключены острова, находящиеся в зоне Тетического раздела (Сулавеси, Ява, Суматра, Калимантан, острова Карибского моря), а так же находящийся в зоне раздела полуостров Индостан (Индостанская платформа), геологически относящийся к южным континентам. Это было сделано в связи с неясностью, к какому полушарию следует отнести эти участки

располагается на 35° ю.ш., см. рис 104 в [12]). Таким образом, зона Тетического раздела является симметричной относительно плоскости симметрии, проходящей приблизительно по 0°–180° меридианам. Плоскость симметрии, проходящая приблизительно по 0°–180° меридианам, в настоящей работе именуется плоскостью симметрии 0°–180° меридианов. В реальности геологические объекты, связанные с зоной, в той или иной степени отклоняются от её «идеального положения», изображённого на рис 1. Так, область наибольшего распространения на север (наивысшего подъёма) Альпийско-Гималайского тектонического пояса расположена на 35°–50° с.ш., 15° в.д. Надо отметить, что симметрия относительно плоскости симметрии 0°–180° меридианов отмечается не только у зоны Тетического кручения, но и у закономерно расположенных относительно этой зоны Альпийско-Гималайского и Тихоокеанского тектонических поясов. Области наибольшего распространения к северу Альпийско–Гималайского и Тихоокеанского подвижных поясов удалены друг от друга на 180° по долготе и располагаются на плоскости симметрии 0°–180° меридианов: область наибольшего распространения к северу Альпийско–Гималайского пояса располагается в районе 0°–15° в.д., а Тихоокеанского – в районе 170° з.д.

суши. Как показали предварительные исследования, влияние Антарктиды (имеющей форму близкую к кругу) на общий результат оказалось ничтожно малым, поэтому Антарктида также была исключена из рассмотрения. Как было показано в [19], исключение Индостана из рассмотрения незначительно влияет на характер гистограммы для Северного полушария и на характер гистограммы для всей Земли (сравните рис. 7А и рис. 7Б, а также рис. 4 и рис. 10).

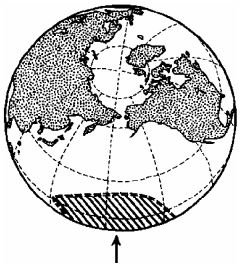


Рис. 1Б. Северная часть Тихого океана (Азимутальная проекция, ENCARTA). Заштриховано поднятие Дарвина. Центр проекции расположен в точке выхода оси, перпендикулярной плоскости, в которой лежит зона Тетического раздела; сама зона образует контур рисунка. Стрелкой показана плоскость симметрии для северной части Тихого океана, проходящая в районе 180^0 меридиана.

На гистограммах (рис. 2–7) по оси Y показана доля суши (в процентах) вдоль меридианов[3], а по оси X – долгота (через 7,5°); середины «холмов» и «впадин» показаны вертикальными линиями. Обозначения на гистограммах: NA – Северная Америка, SA – Южная Америка, **As** – Евразия, Af – Африка, Au – Австралия, АО – Атлантический океан, РО – Тихий океан, IO – Индийский океан, Am – Северная Америка вместе с Южной, AsA – Евразия вместе с Австралией.

Рассмотрение гистограмм показало следующее:

1. На гистограмме, построенной для Северного полушария (рис. 2), можно увидеть следующие закономерности:

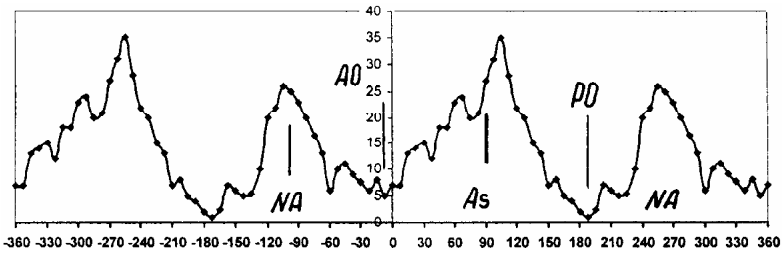


Рис. 2. Распределение суши (в %) в Северном полушарии (С. Америка, Евразия без Аравийского п-ва и без п-ва Индостан).

[3] Везде за 100% принимается протяжённость меридиана от полюса до полюса.

(а) Форма гистограммы близка к синусоиде – два близких по форме и по размерам «холма» (Северо-Американский и Евроазиатский) разделены двумя соизмеримыми с ними «впадинами» (Тихоокеанской и Атлантической).

(б) Середина Северо-Американского «холма» расположена на 97,5° з.д., а середина Евроазиатского – на 90° в.д.[4] Местоположение середины Евроазиатского «холма» на 90° меридиане несколько лучше проявляется тогда, когда полуостров Индостан включен в состав Евразии (см. [19]). Таким образом, середины этих «холмов» расположены друг против друга, на противоположных сторонах Земного шара, приблизительно через 180°долготы, и равноудалены от плоскости меридианов 3,75°з.д.–176,25°в.д., выступающей в данном случае в качестве плоскости симметрии. Данная плоскость симметрии близка к описанной ранее [19] плоскости симметрии, проходящей приблизительно по 0°–180° меридианам, проявляющейся в магнитном и гравитационном полях, в форме геоида, в атмосфере. В настоящей работе (с учётом того, что в Природе абсолютно правильных объектов не бывает) плоскость симметрии, проходящая приблизительно по 0°–180° меридианам, именуется плоскостью симметрии 0°–180° меридианов. Таким образом, можно сказать, что Северо-Американский и Евроазиатский «холмы» симметричны относительно плоскости симметрии 0°–180° меридианов.

(в) Середина и минимум Тихоокеанской «впадины» (находятся на 172,5° з.д.) и середина и минимум Атлантической «впадины» (находятся на 7,5° з.д.) расположены достаточно близко к 180° и 0° меридианам, т.е. лежат на плоскости симметрии 0°–180° меридианов.

(г) Максимум Северо-Американского «холма» (находится на 105° з.д.) и максимум Евроазиатского «холма» (находится на 105° в.д.) равноудалены от 0° и 180° меридианов, т.е. располагаются симметрично относительно плоскости симметрии 0°–180° меридианов. Расстояние между этими максимумами равно 210° (или 150°) долготы.

(д) Середина Тихоокеанской «впадины» в Северном полушарии находится на 172,5° з.д. меридиане и расположена достаточно близко к 176,25° меридиану (меридиан, равноудалённый от середин Северо-

[4] Географические центры Северной Америки и Евразии располагаются симметрично относительно плоскости симметрии, идущей по 10° з.д. – 170^0 в.д. меридианам. (Данная плоскость симметрии расположена достаточно близко к плоскости симметрии 0°–180° меридианов). Эти географические центры расположены приблизительно на одной широте, через 180° по долготе. Центр Северной Америки – в районе 100° з.д., 48° с.ш., около Rugby (Северная Дакота), центр Евразии – в районе Семипалатинска на 80°–81° в.д., 50°–51° с.ш. (см. [19]). И в том, и в другом месте установлены памятные знаки. То, что центр Евразии расположен на 10° западнее середины «Евроазиатского» холма на гистограммах, связано, по-видимому, с тем, что в состав Евразии включена Аравия, а также с шагом замеров при построении гистограмм.

Американского и Евроазиатского «холмов») и к 180° меридиану (меридиан, равноудалённый от максимумов Северо-Американского и Евроазиатского «холмов»). Поэтому плоскость 172,5° меридиана может рассматриваться как плоскость симметрии для Тихоокеанской «впадины» в Северном полушарии, а также для Северо-Американского и Евроазиатского максимумов и для середин Северо-Американского и Евроазиатского «холмов».

2. На гистограмме, построенной для Южного полушария (рис. 3), можно увидеть следующие закономерности:

(а) Южно-Американский и Австралийский «холмы» расположены симметрично относительно плоскости симметрии, проходящей через середину Тихоокеанской «впадины» и через Африканский «холм» (последний несколько сдвинут к западу).

(б) Середины Южно-Американского и Австралийского «холмов» располагаются соответственно: на 60° з.д. и 142,5° в.д., т.е. равноудалены от 138,75° з.д. меридиана.

(в) Максимумы на Южно-Американском и Австралийском «холмах» располагаются соответственно: на 67,5°з.д. и 142,5°в.д., т.е. равноудалены от 142,5° з.д. меридиана, плоскость которого выступает в данном случае как плоскость симметрии. Расстояние между Южно-Американским и Австралийским максимумами равно 210° (или 150°) долготы.

(г) Середина Тихоокеанской «впадины» в Южном полушарии располагается на 142,5° з.д. меридиане. Этот же меридиан равноудалён от Южно-Американского Австралийского максимумов и близок к 138,75°з.д. меридиану (равноудалённому от середин Южно-Американского и Австралийского «холмов»). Поэтому плоскость 142,5°з.д. меридиана может рассматриваться как плоскость симметрии для *Тихоокеанской* «впадины» в Южном полушарии, а также для Южно-Американского Австралийского максимумов и для середин Южно-Американского и Австралийского «холмов».

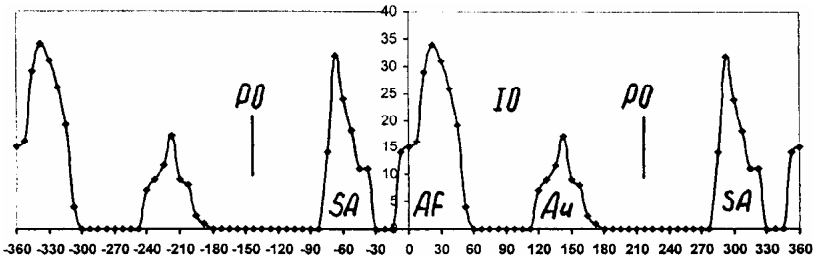


Рис. 3. Распределение суши (в %) в Южном полушарии (Африка с Аравийским п-вом, Ю. Америка, Австралия).

3. Сравнение гистограммы Северного полушария с гистограммой Южного (см. рис. 2, 3) показывает:

(а) Максимумы Северо-Американского и Евроазиатского «холмов» удалены друг от друга на такое же расстояние, как максимумы Южно-Американского и Австралийского «холмов» – на 210° (или 150°) долготы.

(б) Максимумы Южно-Американского и Австралийского «холмов» смещены на 37,5° к востоку относительно максимумов Северо-Американского и Евроазиатского «холмов».

(в) В Южном полушарии середина Тихоокеанской «впадины» (расположена на 142,5° з.д. меридиане) смещена на 30° долготы к востоку относительно середины Тихоокеанской впадины, находящейся в Северном полушарии (расположена на 172,5°з.д. меридиане). Соответственно, плоскость симметрии Тихоокеанской «впадины», находящейся в Южном полушарии, смещена на 30° долготы к востоку относительно плоскости симметрии Тихоокеанской «впадины», находящейся в Северном полушарии.

(г) Форма Южно-Американского «холма» повторяет форму Северо-Американского, а форма Австралийского – Евроазиатского.

Таким образом, наблюдается закономерное смещение на 37,5°–30° долготы элементов гистограммы одного полушария относительно элементов гистограммы другого полушария (т. е. закономерное смещение максимумов, середин «холмов», середин северной и южной частей Тихоокеанской впадины, плоскостей симметрии). Это свидетельствует о закономерной организации глобального рельефа Земли.

4. На суммарной гистограмме Северного и Южного полушарий отмеченные в пп. 1 и 2 плоскости симметрии не проявляются (рис. 4). На этой гистограмме вообще отсутствуют плоскости симметрии – т.е. гистограмма асимметрична.

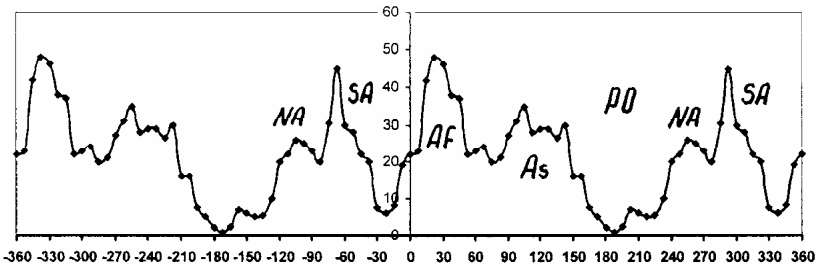


Рис. 4. Распределение суши (в %) на поверхности Земли (сумма гистограмм Южного и Северного полушарий; без п-ва Индостан).

Для того, что бы произошло совмещение плоскости симметрии Северной части Тихого океана с плоскостью симметрии Южной части Тихого океана, было произведено вращение Южного полушария на запад (рис. 5). Вращение производилось на углы, кратные $7{,}5^0$ долготы – в соответствии с шагом измерений при построении гистограмм. Для облегчения работы и в связи с некоторыми теоретическими соображениями (см. [19]), в настоящей публикации «поворот» Южного полушария относительно Северного осуществлялся вдоль экватора (т.е. вокруг оси вращения Земли). В случае вращения Южного полушария вдоль зоны Тетического раздела (рис. 1) поворот должен был бы происходить не вокруг оси вращения Земли, а вокруг оси, наклонённой к оси вращения Земли под углом в 35°. Эта ось пересекает земную поверхность в районе: 55° с.ш., 180°–165° з.д., и 55° ю.ш., 0°–15° в.д. Однако, в связи с незначительностью угла между осями (35^0) и незначительностью поворота (в пределах 30^0 долготы), расхождение в ориентации плоскостей симметрии после поворота Южного полушария является незначительным (в пределах 10°). Таким же незначительным является поворот Африки, Ю. Америки, Австралии относительно их настоящего положения.

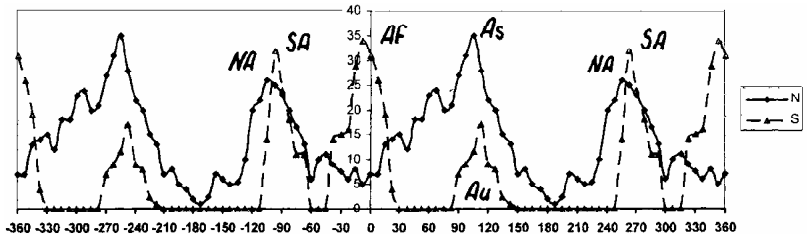


Рис. 5. Распределение суши (в %): N – в Северном полушарии (см. рис. 2), S – в Южном полушарии (см. рис. 3). Южное полушарие повёрнуто на запад на 30^0 долготы.

При повороте Южного полушария на 30° на запад (рис. 5) плоскость симметрии Тихоокеанской «впадины» и в Южном, и Северном полушариях оказывается расположенной на 172,5°з.д. меридиане. Африканские максимум и середина «холма» располагаются на 7,5° з.д. меридиане – там же, где и середина Атлантической «впадины» Северного полушария (то есть близко к плоскости симметрии для Северо-Американского и Евроазиатского максимумов, проходящей по 0° меридиану (см. п. 1 г)). Близко друг к другу располагаются «холмы» Северо-Американский и Южно-Американский, Евроазиатский и Австралийский, а также максимумы этих «холмов».

Суммарная гистограмма, построенная для случая вращения Южного полушария на 30° на запад (рис. 6), является гораздо более симметричной, чем гистограмма на рис. 4. На гистограмме на рис. 6 середины «холмов» (Американского, Африканского, Евроазиатско-Австралийского) располагаются приблизительно через 90°. Плоскость симметрии для Американского и Евроазиатско-Австралийского максимумов (и «холмов») проходит через середину Африканского «холма» – около 0° меридиана, а плоскость симметрии для Тихоокеанской «впадины» – по 172,5° з.д. меридиану. То есть, выявляется единая, несколько изогнутая, плоскость симметрии, проходящая через 0°–172,5° з.д. меридианы, близкая к плоскости симметрии 0°–180° меридианов.

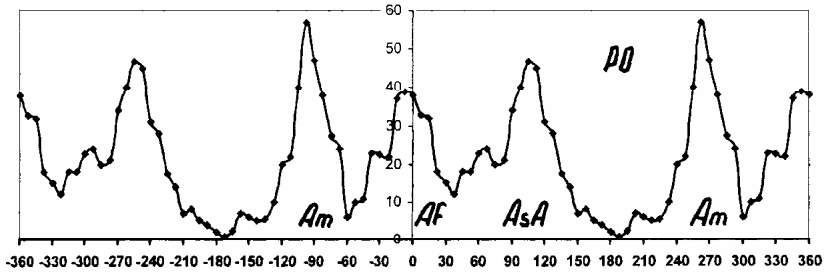


Рис. 6. Распределение суши (в %) на нескрученной поверхности Земли (сумма гистограмм Южного и Северного полушарий, изображённых на рис. 5; без п-ва Индостан). Южное полушарие повёрнуто на запад на 30^0 долготы.

Но наиболее симметричной является суммарная гистограмма, построенная для случая вращения Южного полушария на 22,5° на запад (рис. 7). Плоскость симметрии на рис. 7 для Американского и Евроазиатско-Австралийского «холмов» (и максимумов) проходит по 7,5° в.д. меридиану, а для Тихоокеанской впадины – около 172,5°з.д. меридиана. Таким образом, наблюдается единая, не искривлённая (в отличие от случая, изображённого на рис. 6) плоскость симметрии, проходящая по 7,5°в.д.–172,5°з.д. меридианам. При этом, плоскость симметрии проходит через середину Африканского «холма». Однако, симметричная картина, видная на рис. 7, получена за счёт весьма значительного расхождения Северо-Американской и Южно-Американской, Евроазиатской и Австралийской середин «холмов» (и максимумов).

Таким образом, на рис. 6 и 7 видно, что в случае поворота Южного полушария на 30°–22,5° на запад, суммарные гистограммы становятся симметричными (сравните с рис. 4), и их плоскости симметрии близки к плоскости симметрии 0°–180° меридианов. Однако, в связи с тем, что поворот на 22,5° на запад приводит к значительным расхождениям

середин «холмов» (и максимумов) Северного и Южного полушарий, представляется, что наиболее удачным является поворот на запад Южного полушария на 30°.

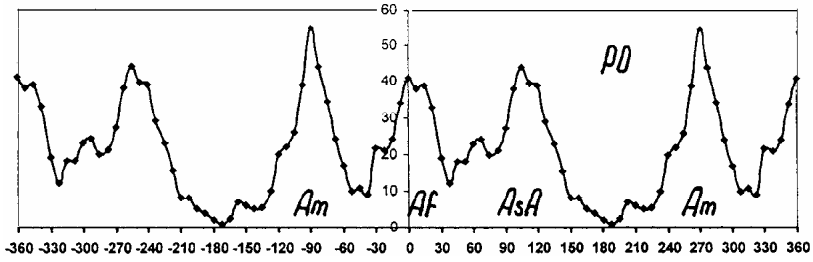


Рис. 7А. Распределение суши (в %) на нескрученной поверхности Земли (сумма гистограмм Южного и Северного полушарий, без п-ва Индостан). Южное полушарие повёрнуто на запад на 22,5^0 долготы.

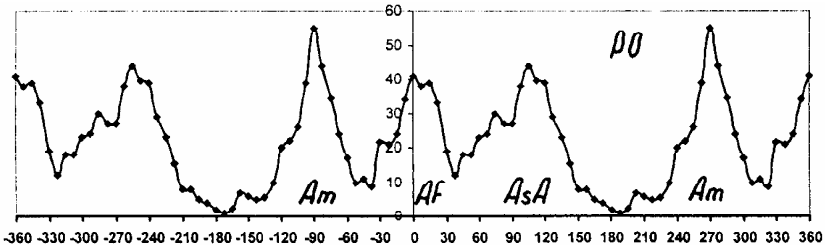


Рис. 7Б. Распределение суши (в %) на нескрученной поверхности Земли (сумма гистограмм Южного и Северного полушарий; п-в Индостан включён в Северное полушарие). Южное полушарие повёрнуто на запад на 22,5^0 долготы.

Смещение Южного полушария на 30° к западу позволяет получить симметричную относительно 175°з.д. (почти 180°) меридиана форму Тихого океана (рис. 8А), которая гораздо лучше коррелирует с формой Тихоокеанской области пониженных скоростей сейсмических волн (рис. 8Б), чем форма современного Тихого океана.

Как было показано в [19], смещение Африки приблизительно на 25° к западу позволяет получить вполне симметричную относительно плоскости симметрии 0°–180° меридианов картину распределения континентов Северного полушария (в данном случае речь идёт об обычном Северном полушарии, отделённом от Южного плоскостью экватора).

Учитывая сказанное, а также данные, представленные на рис. 6 и 7, можно сделать вывод, что вращение Южного полушария относительно

Северного приблизительно на 22,5°–30° на запад позволяет получить единую плоскость симметрии для глобального рельефа Земли, проходящую близко к плоскости симметрии 0°–180° меридианов.

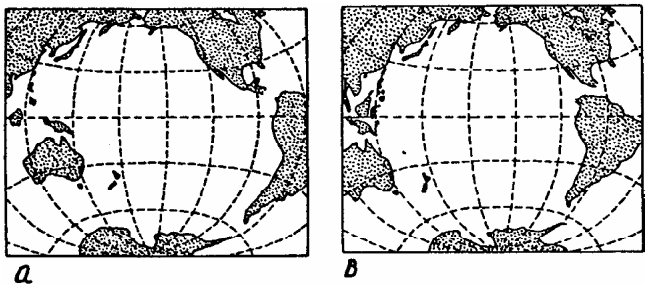


Рис. 8А. Устранение скрученности полушарий (по [12]). a – Карта Тихого океана, b – Карта Тихого океана после поворота Южного полушария на 30^0 на запад.

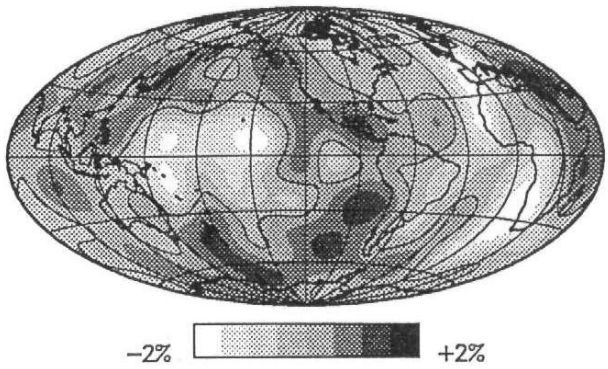


Рис. 8Б. Сейсмотомографическая модель для глубины 2850 км. Отчётливо видна сквозь-мантийная Тихоокеанская неоднородность. Шкала отражает отклонения скоростей сейсмических волн от средних значений (в %) (по [29]).

Связь глобального рельефа с магнитным и гравитационным полями. Симметрия магнитного и гравитационного полей

1. Сравнение гистограмм глобального рельефа с гистограммой осреднённой по меридианам магнитной напряжённости магнитного поля Земл*и* (рис. 9–13) показывает, что гистограмма напряженности магнитного поля Земли:

(а) Хорошо коррелирует с гистограммой распределения суши в Северном полушарии (рис. 9) (на обеих гистограммах «холмы» совпадают с «холмами», а «впадины» – с «впадинами»; обе гистограммы симметричны относительно плоскости симметрии 0°–180° меридианов).

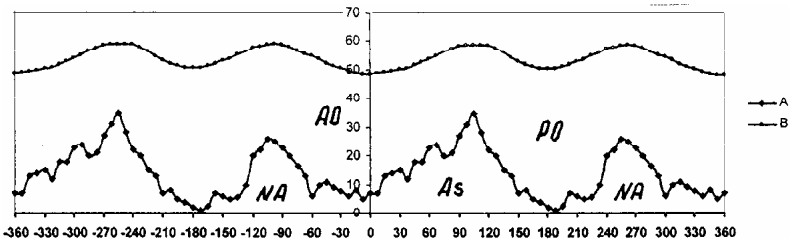


Рис. 9. А (нижняя линия на рисунке) – распределение суши (в %) в Северном полушарии (С.Америка, Евразия без Аравийского п-ва и без п-ва Индостан); В (верхняя линия на рисунке) – осреднённая по меридианам напряжённость магнитного поля Земли (Т, в эрстедах) (по [6]).

(б) Плохо коррелирует с гистограммой распределения суши в Южном полушарии (рис. 10).

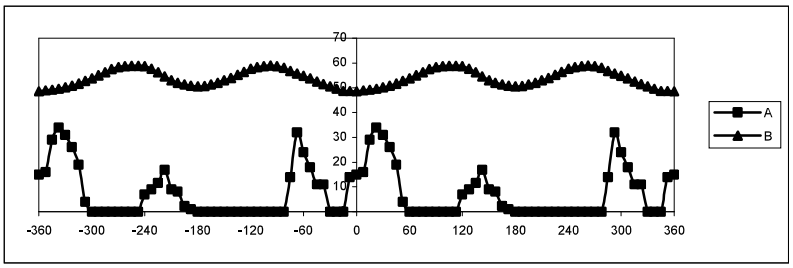


Рис. 10. А (нижняя линия на рисунке) – распределение суши (в %) в Южном полушарии (объяснения см. на рис. 3); В (верхняя линия на рисунке) – осреднённая по меридианам напряжённость магнитного поля Земли (Т, в эрстедах) (по [6]).

(в) После поворота Южного полушария на 30° на запад наблюдается определённая корреляция гистограммы напряженности магнитного поля с гистограммой распределения суши на Земле (рис. 11). «Холмы» гистограммы рельефа располагаются под экстремальными точками гистограммы магнитной напряжённости. В определённом приближении плоскость симметрии, проходящая по 0°–180° меридианам, является плоскостью симметрии гистограммы напряженности магнитного поля и плоскостью симметрии гистограммы распределения суши.

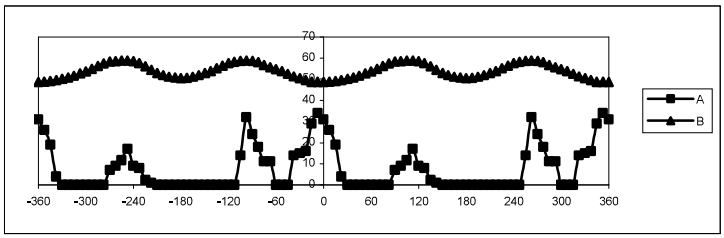


Рис. 11. А (нижняя линия на рисунке) – распределение суши (в %) в Южном полушарии (Южное полушарие сдвинуто на запад на 30^0 долготы.); В (верхняя линия на рисунке) – осреднённая по меридианам напряжённость магнитного поля Земли (Т, в эрстедах) (по [6]).

(г) Плохо коррелирует с суммарной гистограммой распределения суши на всей Земле (сумма гистограмм для Северного и Южного полушарий) (рис. 12).

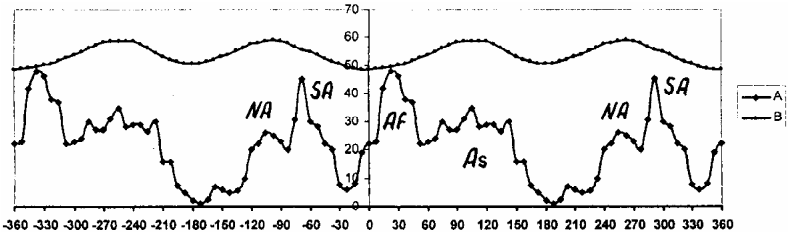


Рис. 12. А (нижняя линия на рисунке) – распределение суши (в %) на поверхности Земли (сумма гистограмм Южного и Северного полушарий; включая п-в Индостан); В (верхняя линия на рисунке) – осреднённая по меридианам напряжённость магнитного поля Земли (Т, в эрстедах) (по [6]).

(д) После поворота Южного полушария на 30° на запад гистограмма напряженности магнитного поля хорошо коррелирует с гистограммой распределения суши на всей Земле (рис. 13). На рис. 13 видно, что плоскость симметрии, проходящая по 0°–180° меридианам, является плоскостью симметрии гистограммы напряженности магнитного поля и плоскостью симметрии гистограммы распределения суши. Кроме того, «холмы» гистограммы рельефа располагаются строго под экстремальными точками гистограммы магнитной напряжённости (т.к. «холмы» гистограммы рельефа и экстремальные точки гистограммы магнитной напряжённости располагаются через 90°).

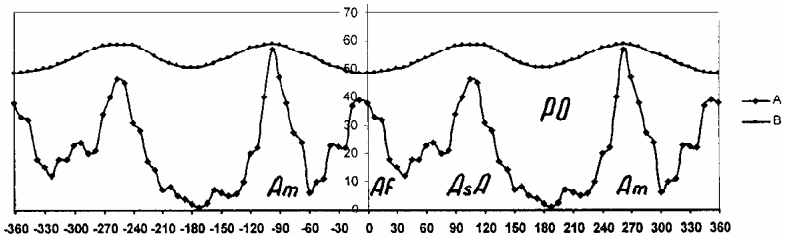


Рис. 13. А (нижняя линия на рисунке) – распределение суши (в %) на поверхности Земли (сумма гистограмм Южного и Северного полушарий; п-в Индостан исключён из рассмотрения); Южное полушарие сдвинуто на запад на 30^0 долготы.; В (верхняя линия на рисунке) – осреднённая по меридианам напряжённость магнитного поля Земли (Т, в эрстедах) (по [6]).

2. Сравнение карты глобального рельефа с картами глобальных магнитных и гравитационных аномалий показало:

(а) Наблюдается связь глобальных элементов рельефа Северного полушария с глобальными магнитными аномалиями. Так, две положительные аномалии (*Северо-Американская* и *Азиатская*) располагаются на противолежащих континентах (рис. 14). Однако в Южном полушарии связь элементов рельефа с магнитными аномалиями не наблюдается.

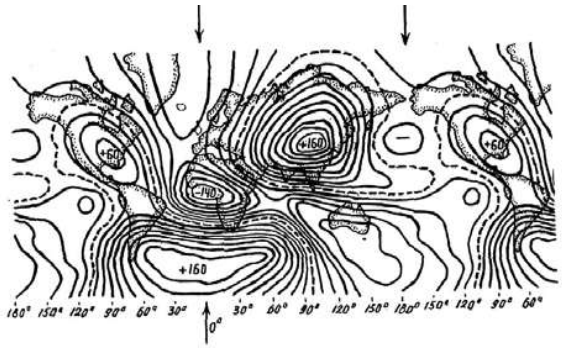


Рис. 14. Недипольное магнитное поле для эпохи 1945 г. Изолиниями показана вертикальная составляющая (интервал 0,02 Э) (по Булларду и др. [14]). Стрелками показана плоскость симметрии 0^0 – 180^0 меридианов [15].

(б) После поворота Южного полушария на 22,5°–30° долготы на запад, глобальные элементы рельефа в Северном и Южном полушариях оказываются связанными с глобальными магнитными и гравитационными аномалиями (т.е. хорошо вписываются в рисунок, образованный глобальными магнитными и гравитационными аномалиями). Так, в

магнитном поле (рис. 17) две положительные аномалии (Северо-Американская и Азиатская) располагаются на противолежащих континентах, а отрицательная (Гвинейская) аномалия оказывается в центре Африки; Африка теперь располагается севернее *Южной* положительной аномалии, на плоскости симметрии этой аномалии. В поверхности геоида (в гравитационном поле) (рис. 18) Тихоокеанский максимум, имеющий форму круга, теперь хорошо вписывается в Тихоокеанское понижение рельефа, имеющее корни в нижней мантии (сравните с рис. 8Б), а Африка располагается посередине между двумя симметрично расположенными минимумами, приходящимися на Американский и Азиатский континенты. (сравните рис. 14–16 с рис. 17 и 18.) При этом, материки, магнитные и гравитационные аномалии располагаются симметрично относительно плоскости симметрии, проходящей по 0°–180° меридианам.

Источники положительных и отрицательных глобальных аномалий, изображённых на рис. 14–16, находятся: (а) в ядре Земли (для магнитного поля [26]); (б) на границе ядро – мантия (аномалии массы для 2–3 гармоник гравитационного поля и геоида [27]). И именно эти аномалии связаны плоскостью симметрии 0°–180° меридианов. Соответственно, плоскость симметрии 0°–180° меридианов связана с ядром Земли. На рис. 16 видно, что в 4–10 сферических гармониках, характеризующих мантию [27], плоскость симметрии 0°–180° меридианов не проявляется.

Выводы

1. Плоскость симметрии 0°–180° меридианов проявляется:

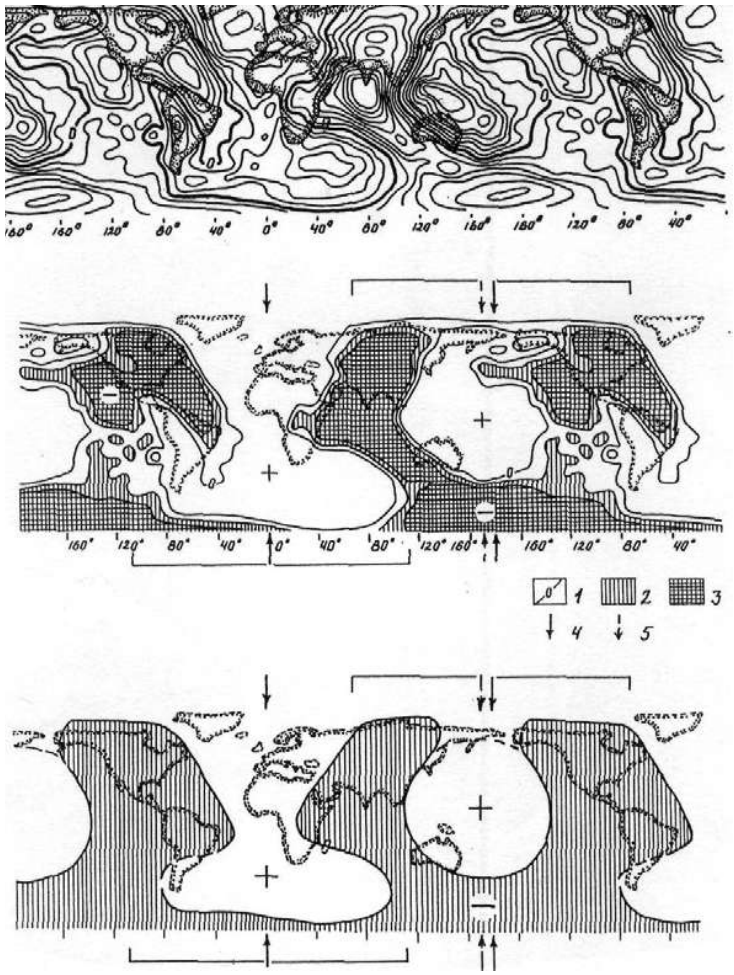
(а) в Северном и в Южном полушариях в распределении расположенных в ядре Земли (или на его поверхности), источников глобальных магнитных и гравитационных аномалий (рис. 14–16);

(б) только в Северном полушарии в распределении глобальных элементов рельефа (рис. 1Б–2).

После поворота Южного полушария на 22,5°–30° долготы на запад (рис. 6–7) плоскость симметрии 0°–180° меридианов проявляется и в Северном, и в Южном полушариях в распределении глобальных элементов рельефа.

2. Глобальные элементы рельефа хорошо вписываются в структурный рисунок расположенных в ядре Земли (или на его поверхности) источников глобальных магнитных аномалий:

(а) только в Северном полушарии (рис. 9; 14);


160° 160° 120° 80° 40° 0° 40° 80° 120° 160° 160° 120° 80° 40°
160° 120° 80° 40° 0° 40° 80° 120° 160° 160° 120° 80° 40°
1
2
3
4
5

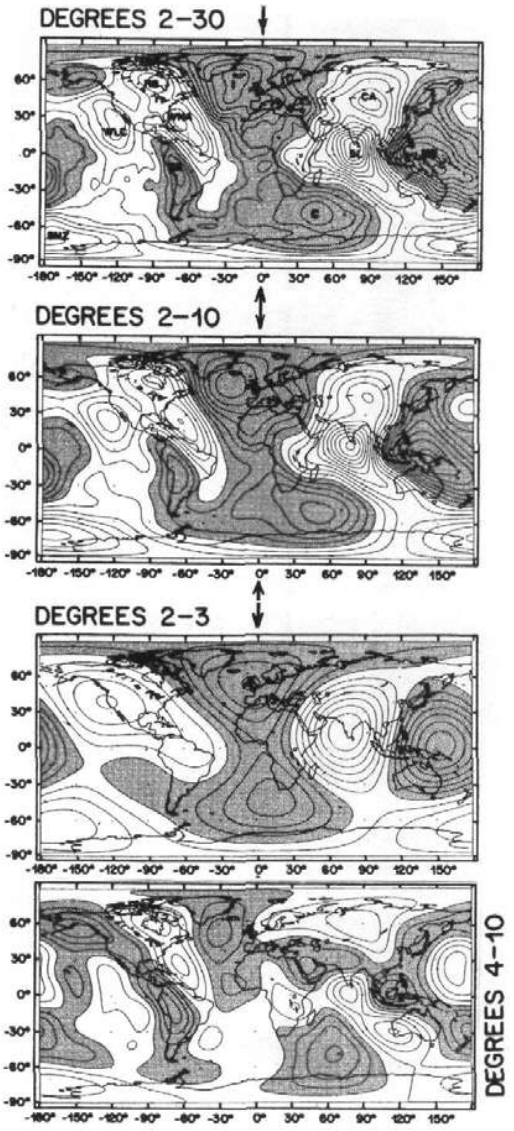
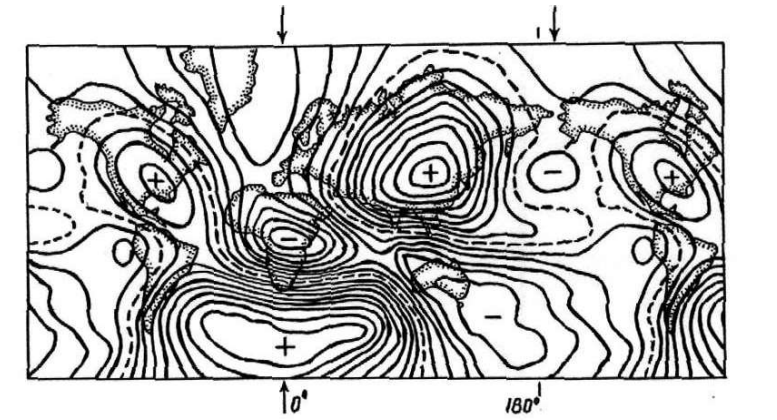


Рис. 16. Карты аномалий геоида (коэф. сферических гармоник GEM-L2, Lerch et al, 1982) (по[27]). Интервал 10 м. Гармоники указаны на картах. Стрелками показана плоскость симметрии $0^0 – 180^0$ меридианов.



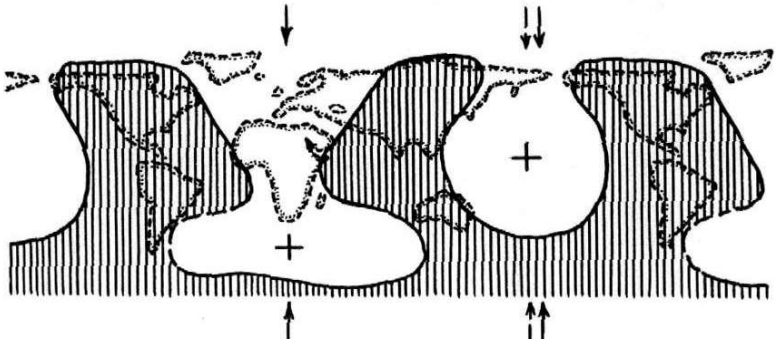


Рис. 17. (наверху) Недипольное магнитное поле для эпохи 1945 г (см. рис 14). Рельеф Южного полушария повёрнут на запад на 25^0 долготы.

Рис. 18. (внизу) Поверхность геоида (см. рис. 15, 16). Рельеф Южного полушария повёрнут на запад на 25^0 долготы.

(б) после поворота Южного полушария на 30° долготы на запад (рис. 11).

После поворота Южного полушария на 22,5°–30° долготы на запад (рис. 13), глобальные элементы рельефа как в Южном, так и в Северном полушариях оказываются связанными с расположенными в ядре Земли (или на его поверхности) источниками глобальных магнитных и гравитационных аномалий

Из сказанного следует:

1. Глобальный рельеф, магнитное поле, гравитационное поле, рельеф геоида связаны друг с другом. О связи магнитного и гравитационного

полей свидетельствует также то, что структурные рисунки этих полей во многом совпадают. Например, по модулю магнитные аномалии, гравитационные аномалии и аномалии поверхности геоида хорошо вписываются друг в друга[5].

2. Кора и мантия (учитывая корни континентов) Южного полушария повёрнуты относительно ядра Земли, а также коры и мантии Северного полушария, на 22,5°–30° на восток.

3. Кора и мантия Северного полушария не являются скрученными относительно ядра Земли.

Обсуждение

Скрученность коры и мантии Южного полушария могла возникнуть:

(1) в результате механического вращения Южного полушария после образования и фиксации в ядре Земли и в глобальном рельефе плоскости симметрии 0°–180° (и соответственно, после того, как строение глобального рельефа оказалось связано с источниками глобальных магнитных и гравитационных аномалий);

(2) в результате влияния скрученности кристалла[6], образующего мантию, на воздействие того фактора, который привёл к возникновению плоскости симметрии 0°–180° в ядре Земли и к образованию источников глобальных магнитных и гравитационных аномалий;

(3) в результате влияния на кору и мантию волновых процессов (предположение Г.Г. Кочемасова).

В случаях (2) и (3) скрученность коры и мантии Южного полушария могла возникнуть одновременно с образованием и фиксацией плоскости симметрии 0°–180° меридианов в ядре Земли (и одновременно с возникновением источников глобальных магнитных и гравитационных аномалий).

---

[5] Между магнитным полем и поверхностью геоида (гравитационным полем) наблюдается чётко выраженная структурная связь – аномалии этих полей (по модулю) хорошо вписываются друг в друга. Так, Северо-Американская и Азиатская положительные аномалии магнитного поля совпадают с Северо-Американской и Азиатской отрицательными аномалиями поверхности геоида (гравитационного поля), а положительная аномалия магнитного поля, расположенная южнее Африки, совпадает с положительной аномалией поверхности геоида (гравитационного поля), также расположенной южнее Африки.

В определённом приближении Северо-Тихоокеанская отрицательная аномалия магнитного поля коррелирует с положительной Тихоокеанской аномалией геоида (гравитационного поля) (см. рис 14–16, сказанное также хорошо видно на рис. 17 и 18, расположенных рядом). При этом, все указанные аномалии располагаются симметрично относительно плоскости симметрии, проходящей по 0°–180° меридианам.

[6] О том, что мантия Земли может представлять собой кристалл кубической сингонии и о том, как этот кристалл может влиять на процессы, происходящие в литосфере, см. в [17, 18]. Скрученные кристаллы (собственно скрученные, блочные, двойники) наблюдаются в Природе. Они могут возникнуть как в результате механического смещения одной части кристалла относительно другой, так и в результате особенностей формирования кристалла (например, скрученные кристаллы кварца, пирита, гипса, кальцита [20]).

По-видимому, скручивание возникло на начальных этапах развития планеты. В пользу этого свидетельствует то, что ряд древних (Протерозойских) и молодых (Палеозойских и Кайнозойских) меридиональных структур прослеживается из Северного полушария в Южное без смещения. К таким структурам, в частности, относятся: Нильско-Лапландский линеамент [1, 11], Евро-Африканская меридиональная зона разломов (включает меридиональные грабены Северного моря, Западной Европы, меридиональные зоны в протерозойском фундаменте Африки) [16, 23], Урало – Оманский линеамент [7], Линеамент 90° в.д.[7] Скрученность не проявляется на океанической коре в Тихом и Атлантическом океанах. Не затронуты скручиванием и срединно–океанические хребты: Атлантический и Восточно-Тихоокеанский, не искажена скручиванием секторность Восточного полушария (о секторности полушарий см. [8, 9, 10, 13]).

Симметрия относительно *плоскости симметрии 0°–180° меридианов,* наблюдающаяся в распределении архейских ядер и окружающих их более молодых образований в Северной Америке и Евразии (см. [21, 22]), а также симметрия относительно *плоскости симметрии 0°–180° меридианов,* наблюдающаяся в нескрученном глобальном рельефе Земли (и, соответственно, в распределении архейских ядер континентов; см. рис. 6. и 7), – свидетельствуют о том, что плоскость симметрии 0° и 180° меридианов возникла на ранних этапах развития Земли. Соответственно, проявление этой плоскости симметрии в поверхности геоида и в магнитном и гравитационном полях свидетельствует о существующей на протяжении длительного времени (по-видимому, с Архея) связи между геоидом, магнитным, гравитационным полями и распределением континентальной коры. Поэтому есть основание считать, что характер магнитного поля (его структура) не изменялся в течение всего этого времени (могла меняться интенсивность аномалий, но не их географическое положение [3, 24, 25]). Об этом же свидетельствует чёткая корреляция между гистограммой напряжённости магнитного поля Земли и гистограммой распределения суши в Северном полушарии (рис. 9).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Буш В.А.* Системы трансконтинентальных линеаментов Евразии. //Геотектоника. 1983. №3. С.15 – 32.
2. *Волков Ю.В.* О тетическом кручении // Система «Планета Земля». Материалы 8 научного семинара. МГУ. М.: МГУ, 2000. С.54-57.

[7] Линеамент 90^0 в.д., в частности, выражен прямолинейной долиной Енисея (отделяющей Западно-Сибирскую низменность от Средне-Сибирского плоскогорья), Восточно – Индийским хребтом в Индийском океане (хребет 90^0). Вдоль Линеамента 90^0 в.д. проходит граница между Западно-Сибирской плитой и Сибирской платформой. В его пределах находятся геологические аномалии: Турфанская котловина (-154 м), соседствующая с вершинами Тянь-Шаня, гейзеры на Тибете (расположены в 20 км к северу от Кокена (Coqen) ($85^011'$ в.д., $30^041'$ с.ш.).

3. *Гордин В.М.* Существует ли долготный дрейф главного геомагнитного поля? // Новые методы интерпретации гравитационных и магнитных аномалий. М., 1989. С.96 – 117.
4. *Грушинский Н.П.* Форма Земли //Земля и Вселенная. 1979. №5. С. 30-34.
5. *Каттерфельд Г.Н.* Лик Земли и его происхождение. М.: Географгиз, 1962.
6. *Кондратович К.В.* Озоносфера и климат // Человек и стихия. 1992. С. 50-53.
7. *Корытов Ф.Я.* Урало-Ирано-Оманский пояс магматизма и рудогенеза // Сквозные рудоконцентрирующие структуры. М.: Наука, 1989. С. 47 – 52.
8. *Кочемасов Г.Г.* Сверхдлинные литосферные волны формирующие морфотектонический облик планет // Астрономический циркуляр Института астрономии РАН. № 1550. 1991. С.37-38.
9. *Кочемасов Г.Г.* Антисимметричность двух аномально поднятых и отчётливо выраженных в современном рельефе литосферных блоков планетарного масштаба (Тибет и Южно-Тихоокеанское суперподнятие) // Неотектоника и современная геодинамика континентов и океанов. Программа и тезисы. РАН. Межведомственный тектонический комитет. Геологический факультет МГУ. М., 1996. С.72-74.
10. *Кочемасов Г.Г.* Волновая планетология против импактной и плитотектонической // Регулярности и симметрия в строении Земли. М.: Рост, 1997. С.5-17.
11. *Крупенников В.А.* Каневско-новоукраинский глубинный разлом – крупнейшая длительно развивающаяся рудоконцентрирующая структура фундамента Украинского щита // Сквозные рудоконцентрирующие структуры. М.: Наука, 1989. С.97 – 104.
12. *Кэри У.* В поисках закономерностей развития Земли и Вселенной. М.: Мир, 1991.
13. *Полетаев А.И.* Сейсмотектоника Главного Копетдагского разлома. М., 1986. С.113-115.
14. *Стейси Ф.* Физика Земли. М.: Мир, 1972. 344 с.
15. *Сонюшкин В.Е., Фёдоров А.Е., Полетаев А.И.* Корреляция морфологии ядра Земли и планетарных геологических структур // ДАН. 1993. Т. 332. № 4. С.479-481.
16. *Фаворская М.А.* Закономерности размещения крупных рудных районов в Приатлантической части Европы и Африки // Глобальные закономерности размещения крупных рудных месторождений. М.: Недра, 1974. С.154 – 164.
17. *Фёдоров А.Е.* Земля – странный кристалл // Система «Планета Земля». Материалы семинаров 1998 – 1999. М.: МГУ, 1999. С.59 – 112.
18. *Фёдоров А.Е.* Проявление куба в строении Земли // Система «Планета Земля». 10 научный семинар. Материалы. М.: МГУ, 2002. С. 121 – 153.

19. *Фёдоров А.Е.* Проявление в строении Земли и в атмосфере плоскости симметрии идущей по 0^0 – 180^0 меридианам и скрученность полушарий // Система «Планета Земля». Материалы 12-го семинара. М.: МГУ, 2004. С. 385 – 420.
20. Формы нахождения минералов (авт. Текста: Годовиков А.А, Степанов В.И.). М., 2002.
21. *Фурмарье П.* Дрейф континентов и правило симметрии // Система «Планета Земля». Материалы 11 семинара. М.: МГУ, 2003. С. 229 – 231. (Извлечения из статьи: Fourmarier P. La derive des continents et la regle de symetrie // Academie royal de Belgique Bulletins de la Classes des Sciences. 5-e Serie. Tome 22. Bruxelles, 1936. P.1391 – 1415).
22. *Фурмарье П.* Проблемы дрейфа континентов. М.: Мир, 1971.
23. *Хаин В.Е.* Тектоника континентов и океанов (год 2000). М.: Научный мир, 2001.
24. *Шмонов Г.А.* О некорректности использования палеомагнитных данных при анализе движений литосферных плит // Система «Планета Земля». 9 научный семинар. Материалы. М.: МГУ, 2001. С.63 – 68.
25. *Шмонов Г.А.* Новый взгляд на магнитное поле Земли и некорректность тектоники литосферных плит // Система «Планета Земля». 11 научный семинар. Материалы. М.: МГУ, 2003. С.169 – 173.
26. *Яновский Б.М.* Земной магнетизм. М.: Гос. изд. технико-теоретич. литры., 1953.
27. *Bowin C.* The Earth's gravity field and plate tectonics // Tectonophisics. 1991. V.187. P. 69-89.
28. *O'Driscoll E.S.T.* The double helix in global Tectonics //Tectonophysics/ 1980. N 63. P. 397-417.
29. *Su W., Woodward R.L., Dziewonski A.M.* Degree 12 model of shear velocity heterogeneity in the mantle // J. Geoph. Res. 1994. V. 99. № B4. P. 6945 – 6980.

Федоров Александр Евгеньевич. Род. 16.12.1952 г в Москве. В 1976 г. окончил Геологический ф-т МГУ. В 1986 г. окончил очную аспирантуру Геологического ф-та МГУ (1986). К.г.-м.н., специальность «Геотектоника» (1987). Один из руководителей семинара «Система Планета Земля» (Геологический ф-т МГУ) и редактор-составитель сборников, в которых публикуются материалы данного семинара. Научные интересы: регулярности и симметрия в строении Земли, этнография.

УДК 551.35. 552. (265.5)

ВЛИЯНИЕ РОТАЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ НА ТЕКТОНИКУ ПЛАНЕТЫ (НА ПРИМЕРЕ ЗОНЫ ПЕРЕХОДА ОТ АЗИАТСКОГО КОНТИНЕНТА К ТИХОМУ ОКЕАНУ)

В.П. Филатьев

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева, ДВО РАН, Владивосток, Россия

Аннотация. Солнечная система совершает движение по эллиптической орбите вокруг центра Галактики. В соответствии со вторым законом Кеплера скорость этого движения нарастает при приближении к галактическому ядру и снижается по мере удаления от него. Меняя скорость поступательного движения и подчиняясь также закону сохранения количества движения, Солнечная система изменяет скорость собственного вращения, т.е. изменяется скорость бега планет системы по их орбитам, среди которых, естественно, находится и планета Земля.

Далее, Земля, в силу того же закона сохранения количества движения (I), компенсирует изменения в скорости орбитального движения изменением скорости собственного вращения. Таков основной механизм вековых (около 200 млн лет) колебаний скорости вращения Земли, помимо которого существует еще много причин возникновения таких колебаний.

В самой же Земле при изменении скорости вращения происходит смещение геосферных оболочек относительно друг друга, поскольку они обладают различными моментами инерции. Более легкая литосфера (0,8% массы планеты) «запаздывает» в своем инерционном движении по отношению к мантии (10,4%). Между ними возникает трение с выделением тепла и выплавкой мантийного и корового субстрата.

На примере зоны перехода между Евразийским материком и северо-западной частью Тихого океана это выглядит следующим образом. При замедлении вращения планеты, что в настоящее время имеет место, выплавка мантийного субстрата устремляется к востоку. На границе континента и океана она поднимается вверх и набегает на край океанической плиты, подминая ее под себя. Одновременно, по ранее заложившимся разломам, она «отрывает» краевые части континента и надвигает их на океаническую плиту. Под давлением мантийного потока край океанической плиты погружается все глубже, образуя зону Беньофа. Надвигающийся же на нее блок оторванной континентальной коры формирует начало этого прогиба в виде глубоководного желоба, являя собой островную дугу с образующейся позади него задуговой котловиной – окраинным морем (Японским, Беринговым и др.) или островной архипелаг (Филиппины, Индонезия).

Движение частиц мантийного субстрата, помимо инерционных сил, подчиняется закономерности момента сохранения количества движения (I=mvr=const). При этом каждая частица мантийного расплава, теряя скорость при замедлении вращения планеты, стремится скомпенсировать эту потерю увеличением радиуса, отклоняясь в сторону экватора. В результате этого ее траектория изменяется от прямолинейной к востоку на экваторе до близкой к меридиональной по мере нарастания широты. Этим объясняется изменение направления наибольшего выгиба островных дуг.

Введение

В настоящей работе речь идет о структуре переходной зоны между северо-западным сектором Тихого океана и Азиатским континентом. Именно здесь, в этой зоне, с наибольшей вероятностью можно найти ответы на принципиально важные вопросы геологии о развитии и направленности геологических процессов на Земле.

В латеральном ряду перехода от материка к океану центральным и наиболее сложным звеном являются окраинные моря. Их исследование может дать наибольшее количество ответов на вопросы, возникающие при изучении зоны перехода.

Японское море. Существуют, по крайней мере, три основные гипотезы, объясняющие происхождение и современное геологическое строение впадины Японского моря: море – реликт Тихого океана; море – молодое новообразование, возникшее в результате погружения континентальной коры с последующей её океанизацией; и, наконец, – это молодое новообразование, возникшее в результате разрыва и растяжения континентальной земной коры. По нашему представлению, наибольшим образом состоянию дел соответствует последняя гипотеза.

Из комплексного анализа геологических и геофизических материалов становится очевидным, что на протяжении почти всего фанерозоя япономорский регион, включающий значительную часть Приморья, Корейский полуостров, Японские острова и подавляющее большинство подводных возвышенностей, развивались как единая мегаструктура. А сходство докайнозойских геологических структур материка и островной дуги позволяет предполагать, что до конца мела островная дуга являлась краевым блоком континента.

Наступившее в мелу глобальное возрастание тектонической активности привело к активизации в регионе будущего моря сети регматических разломов, заложенных на более ранних стадиях развития планеты. Одним из таких разломов, в нашем представлении, явился глубинный разлом, прошедший по линии Татарский–Цусимский проливы (СВ-ЮЗ). К эоцену по разломам к поверхности коры поднялся мантийный субстрат, что выразилось во всплеске вулканизма в Корее, Южном

Приморье и на будущей островной дуге. Цусимско-Татарский разлом проявился при этом как рифтовая зона. При последующей вспышке тектонической активности, пришедшейся на миоцен, открылся новый глубинный разлом, соответствующий подошве материкового склона в области современного залива Петра Великого, через который из-под континента началось интенсивное выделение мантийного субстрата. Движение этого субстрата в восточном направлении преобразовало новый рифт в область одностороннего спрединга, ставшего оттеснять лежащие перед его фронтом блоки коры (подв. возв. Ямато, блок Японских островов) к востоку и надвигать их на край океанической плиты

По мере смещения дуги Японских островов в сторону океана, между ней и краем континента образовывалось пространство, заполняемое мантийным субстратом (современный акустический фундамент глубоководной котловины), а поверх него в это же время шло отложение миоценовой вулканогенно-терригенной толщи, представляющей ныне акустически прозрачную толщу [Филатьев, 1990]. К концу миоцена расширение Япономорской впадины замедлилось, она открылась проливами в Мировой океан и в дальнейшем стала ареной накопления стратифицированной осадочной толщи, перекрывшей повсеместно акустически прозрачную. Японское море подошло к своему современному облику [Филатьев, 1986].

Охотское море. Дно Охотского моря – мозаика структур разного типа и разных стадий развития. Его сложность выявляется уже в самом рельефе и, как показывает весь комплекс геолого-геофизических исследований, соответствует сложному глубинному строению и истории этого региона.

Обобщенная интерпретация геолого-геофизических данных позволяет выделить в области Охотского моря несколько типов земной коры. Континентальный тип присущ материковой отмели в северной части моря, островным отмелям и склонам Хоккайдо, Сахалина, Камчатки и большей части Курильской островной дуги, вплоть до оси Курило-Камчатского желоба. Кора субконтинентального типа подстилает всю центральную часть Охотского моря от банки Кашеварова, через котловину Дерюгина, возвышенности Академии Наук и Института Океанологии, до северного борта Курильской котловины. Последняя, как и Северо-Западная котловина Тихого океана, представлена океаническим типом коры.

Такое распределение различных типов коры допускает следующий сценарий происхождения и развития Охотского моря. Существовавшая в этом регионе эпипалеозойская и раннемезозойская континентальная платформа несла на себе сеть глубинных регматических разломов, по которым в конце мела с наступлением периода тектонической активизации начался подъем мантийного субстрата, сформировавшего

Охотско-Чукотский вулканический пояс. (Возможно, что в это же время произошло смещение блока коры «Камчатка–Корякия» в северо-восточном направлении от положения между Шантарскими островами и п-овом Кони до их современного широтного положения).

В кайнозойскую эру процессы тектонической активности привели к новому этапу подъема мантийного субстрата под Охотской плитой с одновременным оттоком его из-под плиты в юго-восточном направлении, следствием чего явилось оседание плиты. Процесс погружения «Охотии» стал стихать лишь к плиоцену. Мантийный поток в процессе движения к юго-востоку своим передовым фронтом перемещал в сторону океанической плиты краевую часть «Охотии», отчлененную линеаментным разломом и трансформировал ее в Курильскую островную дугу. Позади южного участка этой дуги возникло «зияние» – Южно-Курильская глубоководная котловина. Океаническая плита, прогибаясь под нагрузкой островной дуги, образовала структуру Курильского желоба. По наибольшему выгибу островной дуги в сторону океанической плиты возможно определить направление движения мантийного потока из-под Охотоморской плиты.

Берингово море. В Беринговоморских котловинах сейсмическими методами установлено наличие второго океанического слоя вулканогенно-осадочного состава мощностью 2,5–3 км, залегающего на кровле «базальтового». Осадочный разрез делится на две толщи: нижнюю – акустически слабо дифференцированную и верхнюю – слоистую [Рождественский, 1991]. Такого же типа толщи мы уже встречали в котловинах Японского и Охотского морей и определили их как «акустически прозрачную» и «стратифицированную». При этом нами было установлено, что «акустически прозрачная» толща, являясь вулканогенно-терригенной, служит надежным признаком спредингового раскрытия глубоководной котловины.

В нашем представлении, первичное заложение Алеутской котловины могло произойти значительно раньше указывавшихся выше сроков, а именно в палеозое, возможно, на границе карбона и перми. Причины такого представления будут изложены в заключительной части настоящей работы.

В палеогене произошло, вероятно, вторичное заполнение базальтовыми выплавками уже сформировавшейся ранее котловины. Мантийные потоки, двигаясь из-под Чукотско-Аляскинского шельфа в юго-юго-восточном направлении, не встречая особого сопротивления, изливались на уже существовавшую плиту и, смяв и прорвав горную гряду Ширшова–Бауэрс, сформировали вторую котловину Берингова моря – Командорскую. Одновременно с этим шло формирование акустически прозрачной вулканогенно-терригенной толщи на

поверхности базальтового фундамента и уже позднее – стратифицированной.

Таким образом, воссозданные механизм и история развития Беринговоморского региона предполагают возможность его возникновения в результате разрыва континентальной коры спрединга в направлении океанической плиты, что согласуется с общим деструктивным планом развития зоны перехода от Евразиатского континента к Тихому океану. Характер перестройки региона в принципе подтверждает тектонофизическую схему развития описанных выше Японского и Охотского морей.

Восточно-Китайское море. Из имеющихся фактических материалов ясно, что островная система Рюкю имеет сходство в геологическом строении как с островами Японской дуги, так и о-вом Тайвань и по нашим представлениям, в домеловое время была участком единой тектонической системы, принадлежащей восточной окраине Азиатского континента.

По всей вероятности, глобальная перестройка восточно-азиатской окраины, начавшаяся в конце мела, изначально выразилась и здесь в заложении сети трансформных разломов, а уже затем мантийные массы начали поступать из-под континента и в своем движении к востоку отодвигать краевые участки Китайской платформы на уже сформировавшуюся к этому времени плиту Западно-Филиппинской котловины. При этом блок континента, соответствующий ныне дуге Рюкю, приобрел все морфологические элементы, присущие классическим тихоокеанским островным дугам, а Восточно-Китайское море в целом, хотя и выделяется своим весьма обширным шельфом в ряду окраинных морей Дальнего Востока, может все-таки быть причислено к их ряду как по своим генетическим признакам, так и механизму образования.

Южно-Китайское море. Море практически асейсмично. Основная сейсмоактивность региона сосредоточена вдоль северо-восточной окраины моря и связана с Филиппинской островодужной системой на отрезке от о-ва Миндоро до о-ва Тайвань включительно.

По самой общей характеристике типов земной коры видно, что фундамент континентального происхождения занимает значительную площадь под акваторией Южно-Китайского моря, распространяясь не только на шельф и материковый склон, но и в область развития крупных подводных возвышенностей и островов [Кулинич и др., 1989].

В нашем представлении, на границе мела и палеогена по сети разломов этого каркаса астеносферный субстрат устремился к поверхности Земли и одновременно к востоку в сторону океанической плиты. В процессе этого движения поток мантийного субстрата "толкал" перед собой отдельные краевые блоки континентальной коры, а в данном случае – блок островов Тайвань – Калимантан, превращая его в архипелаг Филиппинских

островов. Позади дрейфующего к востоку архипелага образовывалось зияние, заполняемое материалом субстрата, ставшим в дальнейшем фундаментом глубоководной котловины Южно-Китайского моря.

Филиппинское море представляет собой одну из наиболее сложных структур в цепи активных окраин северо-запада Тихого океана. Первая, бросающаяся в глаза, особенность заключается в том, что границы моря практически на всем протяжении определяются системами глубоководных желобов и примыкающих к ним активных дуг. Другой важной чертой является закономерное чередование сравнительно обширных котловин и разделяющих их узких протяженных хребтов во внутренней части моря, причем глубины котловин и отметок гребней хребтов последовательно уменьшаются с запада ни восток. На востоке и юго-востоке Филиппинское море обрамлено сопряженными системами островных дуг: Идзу-Бонинской, Марианской, Яп и Палау, сопровождающимися одноименными глубоководными желобами. С севера, запада и юга оно окаймлено системами развитых островных дуг Японской, Нансей, Тайвань-Лусон и Филиппинской. В пределах моря выделяется три типа котловин, различающихся по глубинам и расчлененности поверхности дна.

Наиболее крупная из них носит название Западно-Филиппинской. В целом котловина представляет собой вулканическую зону с маломощным глинистым или карбонатно-глинистым чехлом, горизонтально залегающим на базальтовом основании. С востока она ограничена горной цепью Кюсю-Палау. Северо-западная часть котловины осложнена наличием поднятий Дайто, Оки-Дайто, Гогиа, Урданета, Амами и Бенхам. «Предполагают, что они представляют разбитые и опущенные блоки континентальной коры, выровненные мощной толщей осадков. На юго-восточном склоне плато Бенхам бурением вскрыта толща пелагических осадков до 400 м» [Геология…, 1980].

С северо-запада на юго-восток Филиппинская котловина пересечена зоной интенсивно расчлененного рельефа с четко выраженной осевой депрессией глубиной более 5,5 км. Генеральное направление структур в этой зоне составляет приблизительно 300°. Зона получила название Центрального разлома.

Хребет Кюсю-Палау представляет собой глубоко погрузившуюся остаточную островную дугу, сложенную мощной олигоценовой толщей чередующихся базальтовых потоков, даек, вулкано-кластических брекчий, туфов. На её восточном склоне драгированы породы островодужного типа. На нескольких подводных горах хребта подняты граниты, базальты, коралловые известняки. Общая мощность вулканогенно-осадочных пород со скоростью 3,5 км/с достигает 2,5 км. Обилие вулканокластики свидетельствует о мелководных или даже субаэральных условиях извержений. В верхней части вулкано-кластического слоя отмечается

карбонатный слой, возраст которого определяется как позднеолигоцен-среднемиоцен-плейстоценовый. Карбонатные слои залегают субгоризонтально, что свидетельствует о том, что с позднего олигоцена дуга испытывала лишь медленное спокойное погружение.

Бассейн Паресе-Вела представляет собой структуру, сформированную на коре океанического типа. По характеру рельефа дна он разделяется на западную и восточную части. Западная часть имеет чрезвычайно неровный рельеф с многочисленными глубокими рифтами. Здесь вскрыты базальты как в виде пиллоулав, так и массивных потоков. Восточная часть бассейна характеризуется сглаженным рельефом, поскольку вулканический фундамент перекрыт толщей вулканокластических отложений позднеолигоцен-позднемиоценового возраста мощностью от первых сотен метров вблизи центрального рифта Паресе-Вела и до 3 км и более вблизи Западно-Марианского хребта.

Западно-Марианский хребет представляет собой непрерывный и линейно поднятый массив субмеридионального простирания. Хребет является самой молодой из остаточных островных дуг региона.

Между Западно-Марианской дугой на западе и Марианской островной дугой на востоке расположен Марианский трог – узкий меридионально вытянутый бассейн. Его типичные образования – базальты, переслаивающиеся с пирокластическими образованиями разной размерности.

Марианская островная дуга подстилается сейсмическим слоем мощностью 3–4 км со скоростями от 4,5 до 5,8 км/с. Древнейшие образования на островах дуги Гуам и Сайпан представлены пиллоулавами с туфами и конгломератами верхнеэоценовой формации Факпи (44 млн лет), а также риолитами формации Сэнкакуяма (41 млн лет).

На сегодняшний день с одинаковым успехом существует несколько моделей эволюционного развития Филиппинского моря, ни одна из которых не в состоянии достаточно полно ответить на вопрос о механизме его образования. По нашему мнению, дело в том, что все эти модели основаны на использовании концепции тектоники литосферных плит, что и не позволяет им достигнуть желаемых результатов.

Прежде всего, обращает на себя внимание омоложение вулканизма в направлении с запада на восток, от Филиппинского желоба через Западно-Филиппинскую котловину (56±2–38±2 млн лет) [Шараськин, 1984; Klein, Kobayashi et al., 1980; Kroenke, Scott et al., 1980], Кюсю-Палау (49–47 млн лет) [Mizuno et al., 1977; Ozima et al., 1977], Паресе-Вела (30–17 млн лет), Марианский трог (6–0 млн лет) [Шараськин, 1992] до современных процессов вулканизма во фронтальной части Марианской дуги. Изучение перерывов и несогласий в Филиппиноморском регионе, проведенное Г.Л. Кирилловой [1988], выявило 5 импульсов вулканизма разной интенсивности в среднем эоцене–раннем олигоцене, на рубеже

олигоцена-раннего миоцена, в раннем-среднем миоцене и в плиоцен-плейстоцене.

Таким образом, тектонические процессы, несомненно связанные с движением подкоровых масс, на протяжении всего кайнозоя в бассейне Филиппинского моря перемещались в направлении с запада на восток. Говорить при этом о перемещении филиппиноморской плиты в обратном направлении, в зону субдукции, абсурдно. Стало быть, остается признать поэтапное перемещение мантийных масс в восточном направлении из-под Азиатского континента на плиту Тихого океана.

Вместе с тем, раскрытие котловины Южно-Китайского моря произошло в интервале 32–17 млн лет назад (и, как вариант, в мезозое); в троге Окинава – 6–9 млн лет назад; в Япономорской – началось 27 млн лет назад и, в виде разделенных по времени фаз, продолжается поныне; в Южно-Курильской – 20 млн лет назад; Алеутской – 15–30 млн лет (как вариант – в мелу) и Командорской – 10 млн лет.

На южной оконечности Сахалина новый цикл вулканизма начинается с позднего миоцена. В южной части Большой Курильской дуги (по данным бурения) на морских терригенных отложениях залегают позднемиоцен-среднеплиоценовая риолитовая и позднеплиоцен-четвертичная андезит-базальтовая формации. Отмечена закономерная миграция четвертичных вулканов Курильской островной дуги по началу извержений во времени в пределах каждой кулисной гряды с юга на север – самые молодые вулканы в пределах гряд, имеющих длину до 110 км, находятся на их северных окончаниях. Таким образом, раздвиги, с которыми связаны цепочки вулканов, последовательно раскрывались с юга на север. На Камчатке в целом начало современного цикла вулканизма определяется с плиоцена (13 млн лет).

Изложенные выше геолого-геофизические материалы по строению окраинных морей, а также история вулканизма Камчатско-Филиппинского пояса позволяют реконструировать эволюцию коры, а также динамику и кинематику формирования сверхглубинных рифтогенных структур.

Становится совершенно очевидным, что во времени развитие магматических процессов в кайнозое шло от экваториальных областей планеты в сторону ее полюсов. Что же касается направления развития этих процессов, то при рассмотрении истории развития по каждому отдельно взятому окраинному морю, мы находим возможным принять концепцию отторжения краевых блоков материковой коры с последующим их перемещением мантийными потоками в сторону океанической плиты. Таким образом возникла возможность определить единый (планетарный) механизм образования окраинных морей и в целом зоны перехода от коры материкового типа к коре океанической. При этом наблюдается интересная закономерность – направления развития спрединга в окраинных морях, определяемые по наибольшему выгибу

островных дуг в сторону океана, зависят от их широтного положения. В области экватора эти направления являются широтными, либо субширотными, а далее, по мере продвижения к полюсу планеты, постепенно переходят к субмеридиональным и почти меридиональным (рис. 1). Безусловно, что такое явление не может быть случайным и должно иметь свое обоснование. Такое обоснование нами выдвинуто. Но прежде чем перейти к нему, необходимо определиться в ряде физических характеристик нашей планеты.

Геосферные оболочки

К.Е. Буллен [Bullen, 1936] предложил номенклатуру разделения Земли на слои, и хотя существует некоторая неопределенность в положении межслоевых границ, его подразделение оказалось устойчивым во времени и полезным с точки зрения стандартизации модельных описаний.

В настоящей работе рассмотрены взаимоотношения только двух верхних оболочек – литосферы и верхней мантии – и промежуточной между ними астеносферы. Границы геосфер представляют собой разграничительные поверхности и зоны, образовавшиеся на критических физико-химических рубежах контактирующих оболочек, и могут быть выражены выступами, впадинами, крупными каплями, затеками вещества, так как на стыке разных сред неизбежны волнообразные контакты. Ни одна оболочка не является однородной по составу, структуре, фазовому состоянию, электромагнитным полям и другим внутрисферным процессам. Количество механических деформаций и динамических изменений в плотных оболочках неисчислимо и лишь отчасти выражается в сотнях тектонических описаний, классификаций и расчетов.

Литосфера. Представляет собой фигуру Земли в целом, составляет 0,3% ее массы и имеет жесткость $5 \cdot 10^{24}$ Н·м. Толщина коры составляет 30–40 км на континентах и около 6 км в океанах. Отметим, что вся земная кора вплоть до границы М (о чем свидетельствуют сейсмические данные) представляет собой далеко не монолитную или сколько-нибудь однородную среду, а состоит из трехмерных отдельностей. Эта, в целом относительно жесткая верхняя оболочка Земли, существенно расслоена и расчленена разломами. Её вертикальный разрез представлен чередованием довольно мощных толщ пород, менее плотных и относительно плотных, или соответственно астенослоев или волноводов и литопластин.

Столь же широкий диапазон порядков, как и слои, охватывают дизъюнктивные дислокации, к которым относятся трещины, сбросы, надвиги, глубинные разломы и т. д., распространенные практически повсеместно. «Трещиноватость в поверхностных частях гипергенной оболочки распространена во всех горных породах, кроме сыпучих несцементированных песков и пластичных соляных толщ при условии отсутствия в них хрупких прослоев. По образному выражению Ю.М. Шейнманна, «земная кора – это гигантская тектоническая брекчия» [Косыгин, 1988].

Астеносфера. Без определенной четкой границы литосфера переходит в нижележащую менее прочную астеносферу, способную к вязкому или пластическому течению под действием относительно малых напряжений, позволяющих путем медленных движений постепенно создавать условия

гидростатического равновесия. Понятие астеносферы аналогично понятию «жидкий подкоровый слой». Предполагается, что астеносфера является главным местоположением процессов, вызывающих горизонтальные и вертикальные движения протяженных участков земной коры. Астеносфера – основной исходный слой для формирования средних и мелких очагов возбуждения, главный резервуар сложных магматических процессов, источник большинства землетрясений на поверхности Земли.

Верхняя мантия. Слой, где продольные сейсмические скорости равны 9–11,4 км/с. Плотность составляе6т 3,6–4,7 г/см^3. Температура слоя 1400–2200° К. Состав мантии определяется неполно из-за изменений химического состава при выносе мантийного вещества на поверхность. В слое повышается вязкость, проявляется горизонтальная неоднородность, фигурируют крупные энергетические процессы.

Ротогенез

Трудно представить, чтобы фигура Земли не претерпевала изменений на протяжении ее длительной геологической истории. Наиболее вероятно, что она отражает равновесное состояние (именно для данного состояния ее вещества и данной скорости ее осевого вращения), полученное в результате взаимодействия противоположно направленных сил – притяжения и центробежных. Изменения скорости вращения Земли, происходящие в течение длительных периодов, изменяют их взаимоотношение и могут создавать напряжения в оболочке, превосходящие предел ее упругости (прочности) и вызывающие пластические и необратимые деформации.

В настоящее время установлена неравномерность осевого вращения Земли трех типов – нерегулярные или скачкообразные, кратко периодические и вековые. Последние инструментально установлены, по крайней мере, на протяжении двух тысяч лет. Таким образом, явствует, что после своего сформирования и по настоящее время Земля претерпевала непрерывные сложные изменения скорости вращения от кратковременных до вековых. Суммарная величина долгопериодических изменений скорости вращения вполне достаточна, чтобы вывести из равновесия фигуру Земли и вызвать необходимость ее перестройки. Что же при этом происходит?

Поскольку физическое состояние рассмотренных выше земных оболочек в значительной мере отличается друг от друга, то и реакция их на испытываемые ротационные напряжения должна быть различной.

В ряде работ [Каттерфельд, 1962; Магницкий, 1948; Стовас, 1963; Цареградский, 1963] широко обсуждается вопрос о перестройке фигуры Земли в ходе её ротационных колебаний и о роли литосферной оболочки в

этих процессах. Основываясь на математических закономерностях перестройки эллипсоида вращения из двухосного в трехосный и обратно, авторы этих работ напрямую или косвенно отождествляют оболочку этой математической фигуры с литосферной оболочкой Земли. В результате этого в умах геологов и планетологов укоренилось представление о том, что в ходе реализации этих математических закономерностей происходят и соответсвующие изменения в земной коре – увеличение или сокращение ее площадей в определенных точках планеты («критические параллели»), возникновение особых напряжений в ее определенных зонах и даже перемещение мантийного субстрата под воздействием этих эффектов в коровой оболочке и т. п.

Однако, на наш взгляд, относиться к таким представлениям следует с осторожностью в силу изложенных выше сведений о большой раздробленности литосферной оболочки.

С этой точки зрения, становится просто нереальным представление о том, что хрупкая, достаточно тонкая (~1/60 радиуса планеты) и к тому же неконсолидированная оболочка (т.е. литосфера) способна оказывать достаточно эффективное воздействие на находящуюся под ней мантию, чья плотность значительно выше (3,6–4,7 против 2,7–3,1 г/см^3), а масса более чем в пятьсот раз превосходит массу коры. Скорее всего, в реальности все выглядит наоборот – физические процессы, происходящие в глубинном теле планеты и в ее соседствующей с литосферой мантийной оболочке, определяют характер различных изменений в литосфере.

Выше нами было показано, что образование окраинных морей региона (по крайней мере, их глубоководных котловин) происходит в результате отторжения краевых участков континентальной коры и смещения их в сторону океанической плиты. Движущей силой при этом являются мантийные потоки, направляющиеся из-под континента по разломам в сторону океанической плиты и создающие давление на тыловые части коровых блоков. Надвигаясь на океаническую плиту, эти блоки подминают под себя ее краевые части, образуя при этом структуры зон Беньоффа и глубоководных желобов. При этом океанический склон желоба формируется в виде эскарпов, уходящих под надвигающийся блок. Противоположный борт желоба представляет собой фронтальную часть континентального блока, осложненную аккреционной призмой, состоящей из осадков пород, сорванных со склонов этого же блока.

Нами уже высказывалось мнение, что первопричиной появления мантийных потоков является трение между земными оболочками при изменении скорости вращения Земли. При этом в действие вступают инерционные силы. Момент инерции любой из планетарных оболочек определяется формулой:

$$I = MR^2,$$

где, M – *масса тела (оболочки)*, а R – *радиус вращения*.

Как указывалось выше, масса литосферы меньше массы находящихся под ней оболочек более чем в пятьсот раз, в то время как разница в радиусах всего лишь около 0,008. При таком условии момент инерции литосферы будет значительно меньше, чем момент инерции всех лежащих ниже оболочек. В моменты ротационных колебаний планеты это выразится в том, что между оболочками (стремящимися сохранить каждая свой момент инерции) будет происходить (начнется) проскальзывание. В случае замедления вращения Земли нижние геосферы, обладающие бóльшим моментом инерции, будут в своем движении к востоку «обгонять» литосферную оболочку, имеющую меньший инерционный момент (в этом и есть, по нашему мнению, суть «западного дрейфа» литосферы). В моменты же ускорения вращения планеты направление этого дрейфа будет обратным. Безусловно, что трение между оболочками повлечет за собой выделение тепла с образованием на границе между ними расплавов. Однако этот процесс не будет равнозначным в случаях ускорения или замедления вращения.

При ускорении вращения планеты возрастание центробежной силы повлечет за собой уменьшение веса всего сущего на ней (G=mg). Изменение весовых характеристик компонентов литосферной оболочки неизбежно приведет к их новому гравитационному перераспределению и пространственному перемещению, что породит процессы разломообразования, в нашем случае – возникновение трансрегионального линеамента на границе континента и океана. Одновременно произойдет общее снижение давления литосферы на мантию. Процессы трения и связанного с ними тепловыделения будут иметь место бóльшей частью на малых глубинах, у подошвы литосферы. В таких условиях будут выплавлятся прежде всего наиболее низкоплавкие ингридиенты из подошвы литосферы, формируя преимущественно лавы кислого и среднего составов ($t_{плавл.}$=800–1000° C).

В случае замедления вращения планеты и снижения центробежной силы, описанные процессы происходят в обратном направлении – теперь уже значение веса увеличится и, на основе этого, вновь произойдет межблоковая пространственная перестройка, сопровождаемая разломообразованием или оживлением уже существовавших разломов. Увеличится общий вес литосферной оболочки, и она более плотно охватит нижележащую мантию, ввиду чего сила трения между оболочками увеличится. Процессы тепловыделения станут более интенсивными, проникающими в мантию на бóльшие глубины. Начнется выплавка ингридиентов преимущественно из мантийного субстрата в условиях более высоких температур, т.е. основных и ультраосновных магм ($t_{плавл.}$=1100–1300°C) и их подъем по разломам литосферы. Поднимающийся по разломам мантийный субстрат на всем земном шаре

будет иметь тенденцию движения к востоку в силу действия момента инерции на затормаживающейся Земле.

Однако этот процесс будет осложнятся еще одним явлением. Известно, что к каждой замкнутой вращающейся системе можно применить формулу фундаментального закона сохранения количества движения:

$$J=mrv=\text{const},$$

где J – момент количества движения (момент импульса); vr=ω – угловая скорость;

Иными словами, при изменении скорости вращения Земли каждая частица мантийного субстрата стремится сохранить свой момент количества движения (импульса). Поскольку при замедлении вращения Земли уменьшается линейная скорость (*v),* а масса частицы (*m)* остается неизменной, то условие сохранения величины момента импульса (*J)* возможно лишь за счет увеличения радиуса (*r*). Т.е. каждая частица, образующегося при выплавке мантийного субстрата, помимо инерционного продвижения к востоку будет еще стремиться перейти на бóльший радиус вращения, т.е. смещаться в сторону экватора.

В области экватора изменение радиуса на бóльший уже невозможно, поэтому частица будет иметь только инерционное движение к востоку, но при этом наибольшее, поскольку здесь происходит наибольшая потеря линейной скорости, а необходимость сохранения момента количества движения остается в силе.

В области полюса, наоборот, инерционные силы практически отсутствуют, а возможность сохранить момент импульса за счет изменения радиуса на бóльший (т. е. в сторону экватора) широко открыта.

Таким образом, результирующее направление движения мантийных масс (суммарный вектор), представленных этими частицами, в силу приведенных выше закономерностей будет изменяться от широтного в области экватора до меридионального в области полюсов через все промежуточные направления. Такую картину (отмеченную на рисунке) мы и наблюдаем в области формирования окраинных морей Азиатского континента.

Несомненно, что описанные процессы и закономерности имеют место для всей планеты и, в частности, для Тихого океана. Однако предложенное нами здесь толкование тектонических процессов вступает в прямое противоречие с постулатами ныне популярной (на наш взгляд, излишне) концепции плитовой тектоники (ПТ). Предложенные в 60-е годы прошлого столетия основные опорные идеи этой концепции в то же время могут иметь совершенно иное толкования. Прежде всего обратимся к явлению субдукции. Совершенно очевидно, что состоящая из базальтов океаническая плита с плотоностью 2,77 г/см^3 никак не может погружаться в зоне субдукции в более плотную астеносферу (3,6–4,7 г/см^3) ни в силу своей более низкой температуры (как не погружается более холодный лед

в толщу морской воды), ни под давлением с тыла (из области СОХ), ибо будучи достаточно хрупкой, она на всем пространстве от СОХ до зон субдукции многократно подверглась бы складкообразованию, либо разломообразованию и многочисленным надвигам. Примерно с таким же успехом можно пытаться затолкать хрупкий стандартный лист 3-мм фанеры в бетонную стену, толкая его сзади. Не может она передвигаться и за счет движения мантийных масс конвективных ячеек, найти хотя бы признаки существования которых до сих пор не удается при всех стараниях сторонников ПТ. К тому же весьма интенсивным сейсмологическим и вулканическим процессам в зонах субдукции должны соответствовать эти же, но еще более интенсивные процессы в области СОХ. Однако там стоит почти полная «тишина». Поэтому математические «подтверждения» всех нелепостей субдукции – дело совести создающих эти некорректные «подтверждения» и их компетенции в области физики и геологии.

Было бы нелепо отрицать существование линейных магнитных аномалий. Но придать им совершенно иное толкование не только возможно, но и весьма необходимо. Еще в 1988 году и позднее В.М. Гордин [1988, 2001] в своих публикациях показал несостоятельность подходов к интерпретации этого явления по канонам ПТ. Но сторонники ПТ попросту отмолчались, чем и заглушили дальнейшее обсуждение этой темы. Также весьма тщательно замалчивается и известное явление интенсивности проявления тектонических разломов в магнитном поле, легко устанавливавшееся при аэромагнитных исследованиях, хотя в 50-60-е годы прошлого столетия об этом явлении писалось немало. Позднее в литературе неоднократно описывалась и причинность этого явления – обогащенные железом ювенильные воды, поднимающиеся по глубинным разломам от поверхности астеносферы и встречающиеся в ослабленных зонах этих разломов с морскими водами, порождают обильные массы магнетита и титаномагнетита с их высокой магнитной интенсивностью. Осаждаясь на стенках разломов, эти минералы трассируют их на поверхности в виде линейных магнитных аномалий. Что же касается самих разломов, то они возникают как следствие перетоков астеносферного субстрата под литосферой. Коровый блок, под которым произошел отток астеносферного субстрата, провисает, теряя опору, надламывается и оседает в астеносферу на новый пониженный уровень.

В нашем представлении, основная масса астеносферных потоков, в условиях торможения вращения Земли, перемещается из-под Евразийского и Австралийского континентов на восток, под плиту Тихого океана. При этом сетка линейных магнитных аномалий наиболее четко выражена у этих континентов и постепенно, по мере удаления от источника, ослабевает, хотя в соответствии с концепцией ПТ она должна быть наиболее четко выраженной в месте их зарождения, т.е. у СОХ.

Анализ достижений в области наук о Земле, начиная с самых ранних работ, свидетельствует о том, что эволюция геологических, геофизических, биологических, климатических и космических явлений подчинена определенному ритму, характеризующему цикличность эволюции Земли в целом. Особенно зримо цикличность названных процессов проявилась в последовательности этапов фанерозойской истории планеты.

Было установлено [Тамразян, 1954], что изменения в земной коре происходят непрерывно, но максимальная их интенсивность приурочивается к определенным и, в то же время, относительно коротким интервалам отдельных тектонических этапов. При этом всем им присуща единая периодичность максимального эффекта, равная приблизительно 200 млн (10^6) лет (в различных литературных источниках 180–220 млн лет). Все большее количество исследователей за последние годы приходит к выводу, что явления геотектонических преобразований земной коры являются не столько следствием внутренних физико-химических процессов, сколько результатом действия космических сил и вращения Земли [Тяпкин, 1977; Голубев, 1989; Кузнецов и др., 1989; Третяк, 1996].

Вместе с тем, астрономической наукой за последние десятилетия накоплен огромный запас новых знаний, использование которых может дать значительный толчок для развития геологии. Например, чрезвычайно важное значение имеют научные открытия П.П. Паренаго [1952], К.Ф. Огородникова [1958] и других ученых в области динамики звездных систем, позволяющие выявлять новые закономерности для геологических процессов, происходящих и происходивших на Земле, их тесную сопряженность.

Установлено, что наша Галактика движется в пространстве относительно фонового излучения со скоростью 600 км/с. Солнечная система при этом движется вокруг её центра приблизительно со средней скоростью 250 км/с и совершает один полный оборот за 180–220 млн земных лет. Она движется по сложной орбите, в первом приближении отождествляемой с эллиптической и имеющей две крайние точки: максимального удаления (апогалактий) и приближения (перигалактий) по отношению к центру Галактики.

В 1962 году А.А. Лавров обратил внимание на различие скоростей поступательного движения Солнечной системы в апогалактии (210 км/с) и перигалактии (300 км/с), что, вероятно, предопределяется действием второго закона Кеплера [Филатьев, 2001]. В то же время основным законом вращения тел, как известно, является сохранение величины момента импульса вращающегося тела (или момента количества его движения) J, который равен произведению момента инерции (I) на угловую скорость вращения тела (ω). Чтобы сохранить этот момент

количества движения при увеличении орбитальной скорости, вся система вынуждена замедлять свое вращательное движение вокруг собственной оси, т.е. замедлять скорость бега планет Солнечной системы по их орбитам. Это, в свою очередь, приводит к ускорению их вращения вокруг собственных осей во имя сохранения все того же принципа сохранения момента количества движения.

Обратная картина характерна для апогалактия. Используя те же доводы, получаем, что в положении максимального удаления Солнечной системы от центра Галактики Земля (как часть этой системы) на фоне увеличения скорости поступательного движения должна приобретать меньшую по сравнению с перигалактием скорость вращения вокруг собственной оси. При этом соответствующим образом будет снижаться и сила инерции, т.е. центробежная, вектор направления которой перпендикулярен оси вращения. В результате преобладающего воздействия центростремительной силы твердая оболочка Земли будет изменять свою сферическую форму и сильнее сжимать нижележащую мантию, увеличивая силу трения между оболочками и связанные с этим напрямую процессы тепловыделения и выплавки мантийных масс.

Замкнутый эллиптический виток Солнечной системы вокруг центра Галактики является галактическим годом. Н.А. Ясаманов [1993] подразделяет каждый галактический год на 4 периода, имеющие разную продолжительность и характеризующиеся весьма различными природными событиями на Земле. Один период длительностью 30 млн лет отвечает времени нахождения Солнечной системы в области перигалактия, другой длительностью 85 миллионов лет отвечает времени нахождения системы в апогалактии, между ними два средних по продолжительности периода по 50 млн лет каждый.

Каждый фанерозойский галактический год отразился на развитии нашей планеты, оставив следы как в виде этапности развития органического мира, так и в цикличности природных событий. Причем наибольшее воздействие на земные геосферы оказывают космические факторы на границах между галактическими годами. Начало первого года характеризовалось завершением раннебайкальской складчатости, начало второго – завершением раннекаледонской складчатости, начало третьего – завершением герцинской, а начало четвертого – альпийской эпохой складчатости.

Идея единой причины, задающей определенный ритм в развитии Земли уже используется для создания геохронологической шкалы [Хаин, 1992; Хаин, Ясаманов, 1992; Ясаманов, 1993], где основным таксоном (масштабной линейкой времени) служит длительность галактического года.

В свою очередь, автор также создал оригинальную геохронологическую шкалу для последних трех галактических лет [Филатьев, 2001]. В основу ее положена эллиптическая спираль. Такая

форма шкалы позволяет соотносить различные временные отрезки с положением Солнечной системы на галактической орбите и выяснять соответствие происходивших на Земле процессов высказанным выше соображениям о причинах глобальных перестроек на Земле.

Начав с исследования условий образования окраинных морей и окружающих их мегаструктур в зоне перехода, мы закономерно подошли к выяснению зависимости тектонических процессов от ротационных колебаний планеты, опираясь на те же фактические данные, что и концепция ПТ, но интерпретируя их в более широком смысле.

В этом плане настоящая работа является оригинальной разработкой поставленных проблем, основанной на принципиально новом подходе к вопросам тектонических преобразований не только в зоне перехода от континента к океану, но и в целом на планете. На наш взгляд избранный подход открывает новые возможности выяснения поставленных проблем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геология дна Филиппинского моря. Ред. А.В. Пейве М.: Наука, 1980. 262 с.
2. *Голубев В.М.* Геодинамические и космофизические предпосылки глобального нефтеобразования // Сов. геология. 1989. №10. С. 6–22.
3. *Гордин В.М.* Магнитное поле океанов и гипотеза Вайна-Мэтьюса // Геодинамические иследования. М., 1988. №13. С. 129–158.
4. *Гордин В.М.* Об интерпретации аномального магнитного поля океанов по Вайну-Метьюсу // Тектоника неогена: общие и региональные аспекты. Том I. Материалы XXIV Тектонического совещания М.: ГЕОС, 2001. С. 168–170.
5. *Каттерфельд Г.Н.* Лик Земли и его происхождение. М.: Географиздат, 1962. 151 с.
6. *Кириллова Г.Л.* Перерывы и несогласия в разрезе дна Филиппинского прилагающих островов // Тихоокеан. геология. 1988. № 6. С. 26–35.
7. *Косыгин Ю.А.* Тектоника. М.: Недра, 1988. 462 с.
8. *Кузнецов В.В., Семаков Н.Н., Доровский В.Н.* и др. Физика Земли: взгляд на некоторые проблемы. Новосибирск: Наука, 1989. 128 с.
9. *Кулинич Р.Г., Заболотников А.А., Марков Ю.Д.* и др. Кайнозойская эволюция земной коры и тектогенез Юго-Восточной Азии. М.: Наука, 1989. 256 с.
10. *Магницкий В.А.* Геодезические данные и состояние вещества верхних слоев Земли // Тр. совещ. по методам изучения движения и деформации земной коры. М.: Геодезиздат, 1948.
11. *Огородников К.Ф.* Динамика звездных систем. М.: Физматгиз, 1958.
12. *Паренаго П.П.* О гравитационном потенциале Галактики, ч. II. Астрономич. Журнал. 1952. Т. 29. № 3.

13. *Рождественский Д.С.* Строение осадочного чехла Алеутской котловины (Берингово море) по данным сейсморазведки // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1991. Т. 66. Вып. 2. С. 29–34.
14. *Стовас М.В.* Некоторые вопросы тектогенеза // Проблемы планетарной геологии. М.: Госгеолтехиздат, 1963. С. 222–274.
15. *Тамразян Г.П.* Геологические революции и космическая жизнь Земли // Докл. Аз. ССР. 1954. 10. № 6. С. 433–437.
16. *Третяк А.Н.* Феномен Галактического года в эволюции Земли // Геофизический журнал. 1996. Т. 18. № 6.
17. *Тяпкин К.Ф.* Тектоника плит и новая ротационная гипотеза формирования структур в земной коре // Геофиз сб. 1977. Вып. 79. С. 3–14.
18. *Филатьев В.П.* Строение дна Японского моря по геолого-геофизическим данным: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М., 1986. 24 с.
19. *Филатьев В.П.* К вопросу о характере акустически прозрачной толщи осадков в Японском море // Новые данные по геоморфологии и геологии западной части Тихого океана. Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. С. 67–74.
20. *Филатьев В.П.* Строение и механизм развития зоны перехода от Азиатского континента к Тихому океану в свете ротационной тектоники // Проблемы морфотектоники Западно-Тихоокеанской зоны перехода / Тихоокеанский океанологический институт им. Ильичева ДВО РАН. Владивосток: Дальнаука, 2001. С. 26–48.
21. *Цареградский В.А.* К вопросу о деформациях земной коры // Проблемы планетарной геологии. М.: Госгеолтехиздат, 1963. С. 149–221.
22. *Шараськин А.Я.* Тектоника и магматизм окраинных морей в связи с проблемами эволюции коры и мантии / А.Я. М.: Наука, 1992 (Труды ГИН РАН. Вып. 472). 163 с.
23. *Шараськин А.Я.* Строение и тектоно-магматическая эволюция дна Филиппинского моря // Докл. XXVII МГК. М.: Наука, 1984. Т.6: История и происхождение окраинных и внутренних морей, ч. 2. С. 44–58.
24. *Хаин В Е.* Циклы Вильсона и циклы Бертрана // Докл. АН СССР. 1992. Т. 325. №3. С. 557–559.
25. *Хаин В.Е., Ясаманов Н.А.* Крупнейшие тектонические события и галактическая орбита // ДАН. 1992. Т. 331. № 5.
26. *Ясаманов Н.А.* Опыт построения шкалы геологического времени на основе цикличности геологических событий и астрономических данных // ДАН. 1993. Т. 328. № 4. С. 487–489.
27. *Bullen K.E.* The variation of density and ellipticities of strata of equal density within the Earth. Mon. Not. Roy. Astron. Soc. Geophys. Suppl. 3. 1936. P. 395–401.

28. *Klein G. de V. Koboyasfti K.* et al. Initial reports of the DSDP. Waah. *(D.C.).* Gov. Print. Off. 1980. V. 58. 1022 p.
29. *Kroenke L., Scott K.* et al. Initial reports of the DSDP. Wash. (D.C.): GOV. Print. Off. 1980. V. 59. 820 p.
30. *Mizuno, A. et al.* Dredged rock and piston and gravity core data from the Daito Ridges and Kyushu-Palau Ridge in the northern Philippine Sea // Geological Studies of the Ryukyii Island. 1977. 2. P. 107–119.
31. *Ozima, M. et al.* $^{40}Ar/^{34}Ar$ age of rocks and the development mode of the Philippine Sea. 1977. Nature. 267. P. 816–818.

Филатьев Вилор Петрович. В 1956 г. окончил Дальневосточный Политехнический институт по специальности «Геология и разведка полезных ископаемых». Работал на производстве. С 1967 г. работа в Тихоокеанском океанологическом институте им. В.И. Ильичева ДВО РАН. В 1987 г. защитил кандидатскую диссертацию по теме «Строение дна Японского моря по геолого-геофизическим данным». В настоящее время – с.н.с. лаборатории «Региональной геологии и тектонофизики» ТОИ ДВО РАН. Сфера научных интересов – ротационный режим планеты и его влияние на формирование геосфер, зависимость тектонических процессов от положения Земли в космическом пространстве.

ЧАСТЬ 4. РОТАЦИОННЫЕ И ВИХРЕВЫЕ ДВИЖЕНИЯ КАК «ДВИГАТЕЛИ» ЭНДОГЕННЫХ И ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Все – от галактик и звездных скоплений
И до мельчайших – в основе – частиц –
Все бесконечного мира явленья –
Это спирали, ротации… Вихрь!
Это пакет волновой электронов
(или частиц изначально других),
Что по спирали от центра любого
Вихрем в реальный врывается мир.
Так уж случилось, что в средах пластичных –
Газ или жидкость, что быстро течет,
Вихрь развивается здесь динамично –
Видно воочию этот полет.
Видим циклоны и антициклоны,
Кольца и ринги и видов других,
Были теченьем захвачены волны:
И Россби, и, Стокса (как вид краевых),
И Кельвина волны… Их разнообразье
Любого, узревшего их, удивит…
И так поражают двухлетние связи,
Которыми воздух *(атмосфера)* с водою *(океан)* прошит.
И кажется, ясно уже без сомненья,
Что волны и вихри есть в твердых телах…
Из них литосфера – не исключенье –
Ротация действует в полный размах.
Известны следы вихревого движенья
На Марсе, Венере, планетах других…
Все признаки эти, все эти явленья –
Единство природы увидим мы в них.
Будь твердое, жидкое, газообразное –
Система – одна, и законы – одни.
Процессы же могут быть самыми разными,
Но вихри, по сути, скорее, они.
Вращенье планеты и сейсмотектоника,
Процесс в атмосфере, нутации полюса,
И Солнца активность, и уровень моря,
Все связано в узел, и спорить не стоит!
Система едина – планета Земля –
И суша, и небо, а также моря…
Колеблется все, а эффекты – в Эль Ниньо,
Движениях полюса, также в Ла Ниньо.
Но среды – реальны, задача ясна –
Ну да, Дирихле – так зовется она.
Движенье – вращенье и важен момент…
И как замечателен этот момент!

УДК 531.382 + 551.114

ГЕОДИНАМИКА И ПРОБЛЕМА ДИРИХЛЕ

А.В. Викулин[1,2], Г.М. Водинчар[2,3], Тверитинова Т.Ю[4]

[1)] *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, vik@kcs.iks.ru*

[2)] *Камчатский государственный университет, Петропавловск-Камчатский*

[3)] *Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН*

[4)] *Московский государственный университет, Москва*

Аннотация. Приводится обзор проблемы фигур равновесия вращающихся гравитирующих жидкостей. Ставится и аналитически решается задача об упругом поле, связанном с вращением блокового твердого тела; проводится построение волновой ротационной геодинамической модели Земли. Показывается, что наблюдаемые движения сейсмофокальных блоков, тектонических плит, систем сдвиговых деформаций и структур растяжения – сжатия могут быть описаны в рамках такой модели. Высказывается предположение, что модельные ротационные тектонические движения соответствуют вихревым решениями задачи Дирихле для Земли. Обсуждаются проблема ротационной вихревой геодинамики (Физики Земли) и проблема трения.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с задачами, стоящими перед метеорологией и океанологией, в последнее время резко повысился интерес к проблеме вихревых гидродинамических движений. Получены новые фундаментальные результаты для Земли и новые данные для атмосфер других планет солнечной системы [1, 3, 38, 39]. Накопленный материал показывает, что основными движениями газовых и жидких оболочек планет являются определяемые их угловыми скоростями вращения циклоны, антициклоны, кольцевые течения, ринги и широкий спектр захваченных волн: Стокса (краевые волны), Кельвина, Россби и др. На основании большого количества фактов сделано обобщение о том, что океан и атмосфера являются, по сути, единой системой, что наиболее отчетливо проявляется эффектом квазидвухлетней цикличности атмосферы. Показано, что многие из наиболее заметных межгодовых колебаний метеорологических элементов в атмосфере и гидрологических величин в океане связаны с этим явлением [38].

Влияние ротации на процессы, протекающие в недрах планеты, в том числе, на состояние и форму ее поверхности – несомненно. Геофизические [21, 48] и геологические [26, 28, 40,41, 47] данные тоже приведены в многочисленных публикациях [14, 45, 46]. Более того, в науках о Земле на фоне «не успехов» Новой глобальной тектоники [31, 35, 42] резко повысился интерес именно к проблеме вихревых структур в

литосфере [14, 31, 32, 40, 47]. Вихревые структуры обнаружены и на поверхностях других быстровращающихся планет солнечной системы и их спутников [14]. Все эти данные позволяют «твердотельные» геолого-геофизические движения и движения океана–атмосферы объединить в один ряд явлений. Действительно, на это указывают следующие материалы.

«Твердая» Земля в течение геологических отрезков времени с достаточно хорошим приближением может рассматриваться как жидкое тело.

Далее, известно много данных [7], указывающих на существование взаимосвязи между сейсмотектоническими процессами, вариациями вращения планеты, нутацией ее полюса, с одной стороны, и процессами в атмосфере, количеством осадков и уровнем моря – с другой. Оказалось, что все эти планетарного масштаба процессы взаимосвязаны, в свою очередь, с «внеземными» факторами: солнечной активностью, гелиофизическими и космическими параметрами, эклиптической долготой Луны.

Было установлено [39], что не только газово-жидкая оболочка планеты представляет собой единую систему. Такой, по своей сути, является система Земля–океан–атмосфера, компоненты которой совершают согласованные колебания, влияя друг на друга. Такие колебания проявляются в виде движения полюсов Земли, эффектов Эль Ниньо и Ла Ниньо в океане, Южного (в субтропической зоне южного полушария между Тихим и Индийским океанами) колебания масс воздуха и отмечавшейся выше квазидвухлетней цикличности атмосферы.

В последние десятилетия получены фундаментальные результаты и в теории гравитационного потенциала – одном из важнейших разделов математической физики и геофизики [20, 49]. Успех связан, в основном, с преодолением кризиса в теории фигур равновесия, выразившегося в недооценке и в забвении проблемы Дирихле – задачи о движении вращающейся гравитирующей жидкости, фигура которой в любой момент остается эллипсоидальной [53]. Для различных сред (звезды, их скопления, галактики, ядра планет) в рамках задачи Дирихле были установлены новые решения Римана-Дедекинда [36], которые подтвердили вихревую природу наблюдающихся в этих средах движений. Были получены принципиально новые данные о физических свойствах исследованных сред, таких как вязкость, сжимаемость, напряженность магнитного поля и др. Таким образом, становится все более ясным и определенным понимание того, что «вихревыми» решениями задачи Дирихле – фундаментальной проблемы механики о фигурах равновесия [20, 23], по сути, являются *все* движения вращающейся гравитирующей *реальной* жидкости – вязкой, сжимаемой и движущейся во взаимодействии с различными полями.

Приведенные данные позволяют все геолого-геофизические данные о вихревых движениях атмосферы, мирового океана и структурах «твердой» Земли рассмотреть с позиции механической задачи Дирихле, вихревые решения которой отождествлены с движениями, происходящими в реальных средах, в том числе и в геофизической среде.

Представленная статья является обзорной и постановочной. Основная цель статьи, во-первых, обратить внимание на наличие *общих «вихревых»* свойств у движений, наблюдающихся в совершенно разных по своим физическим свойствам средах: в атмосфере, мировом океане и «твердых» слоях Земли, *вращение* которой и позволяет объединить их в один класс явлений. И, во-вторых, указать на возможность исследования таких движений в рамках задачи Дирихле. В этом смысле статья продолжает «вихревую» ротационно-волновую направленность работ [5–14, 45, 46, 57].

1. ФИГУРА РАВНОВЕСИЯ ВРАЩАЮЩИХСЯ ТЕЛ
(Краткий обзор проблемы)

Обстоятельные обзоры проблемы содержатся в классических работах [4, 23]. Согласно [20, с. 15–37], условно можно выделить следующие этапы, характеризующие состояние теории фигур равновесия вращающейся гравитирующей жидкости.

Начальный Ньютоновский этап можно связать с появлением первых фактов. В 1672 г. Рише обнаружил, что часы, верно отсчитывающие секунды в Париже (49° с.ш.), отстают приблизительно на 2,5 мин. в сутки в Кайенне (5° с.ш.), где он вынужден был укоротить маятник более чем на линию (1/12 французского дюйма). Аналогичное отставание часов позднее было замечено Вареном и Де Хэем в Горэ (15° с.ш.) и в других местах. Один из членов Парижской академии предположил, что на экваторе тело весит меньше, чем на полюсах. В 1690 г. Гюйгенс заметил, что линия отвеса направлена нормально к поверхности вращающейся самогравитирующей жидкости. Кроме того, он оценил эллиптичность ε Земли [4, с. 18].

Все это стимулировало деятельность Ньютона, который, как сообщают, случайно слышал об открытии Рише на заседании Королевского общества в 1682 г. Ньютон понял, что с помощью закона всемирного тяготения можно исследовать не только движение небесных тел, но и саму их форму. Он поставил знаменитую *задачу о равновесной форме гравитирующей жидкой массы, имеющей вращение вокруг оси. Эта задача и положила начало теории фигур равновесия.* Ньютон первый и определил сжатие однородной Земли: $\varepsilon = \frac{5}{4} m = 229^{-1}$, где m – отношение

центробежной силы к притяжению на экваторе. Это был несомненный успех в познании Земли и других планет.

Ученые думали и о фигуре равновесия неоднородной Земли. Не все моменты этой проблемы во времена Ньютона были ясными и понятными. Например, из популярной в то время вихревой теории Декарта (вспомним великое (!) противостояние ньютонианцев и картезианцев [14, 45]) вытекало, что Земля, в противоположность полученному Ньютоном результату, должна напоминать огурец, стоящий на остром конце.

И только Клеро (1743) верно понял, что все дело в существовании тесной взаимосвязи между сжатием планеты и распределением вещества внутри нее. Ему первому стало ясно, что в рамках альтернативы «сплюснутость однородной фигуры (Ньютон) – сплюснутость полностью переконденсированной фигуры (Гюйгенс)» имеет место неравенство:

$$\frac{5}{4}m \geq \varepsilon \geq \frac{1}{2}m\,.$$

Ньютоновские «Начала» побудили многих математиков к занятию задачами по фигурам равновесия. Маклорен (1742 г.), последователь Ньютона, решил трудную задачу о притяжении внутри однородного сфероида. Компоненты силы притяжения оказались линейными функциями координат. Это позволило Маклорену красиво обобщить результат Ньютона доказательством, что однородно сжатый сфероид при любой сплюснутости может быть фигурой относительного равновесия вращающейся жидкой гравитирующей массы. В итоге Маклорен не только открывает равновесные жидкие сфероиды, носящие теперь его имя, но и доказывает, что внутри них полная сила тяжести всегда направлена по нормали к поверхности, проходящей через испытуемую точку и подобной границе данной фигуры. Это и есть уровенные поверхности, которые после вышедших в 1743 г. работ Симпсона и Клеро, выражаясь современным языком, являются поверхностями постоянного значения давления и полного потенциала.

Этап Якоби. Период становления теории фигур равновесия был наполнен решением важных математических задач. Лежандр ввел понятие гравитационного потенциала и разработал общую теорию притяжения однородного трехосного эллипсоида, содержащую как частный случай и результаты Маклорена. Лаплас получил знаменитое дифференциальное уравнение второго порядка для потенциала вне гравитирующей массы, а Пуассон – внутри нее. Эйлер сформулировал принципы гидродинамики невязкой жидкости. Лагранж преобразовал всю механику. В результате этого подход к проблеме фигур равновесия, сформулированной Ньютоном, стал более абстрактным, что давало какой-то выигрыш в общности.

Дело касалось самого принципиального момента теории: *обязаны ли фигуры равновесия иметь осевую симметрию? Или могут существовать*

и фигуры с нарушением ее? У самого Ньютона предположение об осевой симметрии было только априорным, однако почти все его последователи считали, что гипотезе об осесимметричности нет альтернативы. Все рассуждали здраво, но, увы, стандартно: раз поле центробежных сил, ответственных за появление сплюснутости вращающейся конфигурации, имеет осевую симметрию, то неизбежно такую же симметрию должна иметь и сама фигура.

Новый толчок к развитию теории дал математик Якоби (1834), указавший на возможность существования однородной фигуры равновесия в форме трехосного эллипсоида – эллипсоиды Якоби. В 1884 г. Ляпунов и годом позднее Пуанкаре совершенно независимо друг от друга открывают целый класс новых фигур равновесия, отдаленно напоминающие по форме то груши, то рубчатые дыни, волнистые патиссоны и другие фрукты и овощи. Оказалось, что в окрестности определенных сфероидов Маклорена и эллипсоидов Якоби (их множество бесконечно, хотя и счетное) существуют неэллипсоидальные фигуры относительного равновесия. Строгое доказательство существования неэллипсоидальных форм дано в начале XX века [27].

Это блестящее достижение Ляпунова–Пуанкаре открыло новую страницу в математической физике и геофизике, сформулировало круг любопытных идей и дало толчок к развитию новых аналитических методов. Отсюда берут начало понятия о линейных сериях фигур равновесия, бифуркациях, нелинейных интегральных уравнениях. Был сделан важный шаг от идеальных поверхностей второго порядка к сложной реальности: действительно, у многих галактик, звезд и планет в их форме замечено присутствие третьих и более высоких гармоник [34].

Этап Дирихле [53]. Математик Дирихле внес настолько революционный вклад в основы теории фигур равновесия, что раздвинул сами границы этой дисциплины. Поставленная Дирихле проблема такова. *Дана однородная несжимаемая масса гравитирующей жидкости. Допускают ли законы гидродинамики такое движение этой массы, чтобы ее форма в любой момент оставалась эллипсоидальной, а поле скоростей жидкости – линейным по координатам?* Дирихле поставил задачу и получил уравнения движения такого эллипсоида.

Если до Дирихле говорили исключительно о фигурах относительного равновесия, то теперь вопрос поставлен значительно шире: существуют ли однородные эллипсоиды с внутренними течениями? Фигуры же относительного равновесия – всего лишь частный случай стационарных фигур в проблеме Дирихле. Ключевым в этой проблеме является *условие линейности внутреннего поля скоростей в эллипсоидах*; только оно делает решаемой трудную динамическую задачу учета сил Кориолиса. В итоге поля сил гравитации и Кориолиса и центробежной силы в эллипсоиде оказываются линейными. Суперпозиция этих силовых полей, без которой

проблема Дирихле вообще не имела бы смысла, и порождает обширное семейство возможных конфигураций, в том числе, и вихревые течения.

Дедекинд отметил *особую симметрию, присущую уравнениям движения эллипсоида Дирихле*. Такое свойство уравнений говорило о том, что возможно и такое движение эллипсоида, конгруэнтного исходному, которое имеет и другое поле скоростей и вращается уже с другой угловой скоростью. Другими словами, такое свойство симметрии уравнений движения *указывает на возможность существования во вращающихся средах вихревых течений*.

Самый значительный вклад в разработку идеи Дирихле внес великий математик Риман. Он впервые рассмотрел стационарные фигуры равновесия и открыл класс двухпараметрических равновесных эллипсоидов, у которых вектор угловой скорости $\boldsymbol{\Omega}$ и вектор вихря внутренних течений $\boldsymbol{\zeta}$ совпадают с одной из главных осей симметрии фигуры (S-эллипсоиды Римана). Класс S-эллипсоидов состоит из однопараметрических последовательностей фигур с определенным отношением $f = \zeta/\Omega$ (являющимся, как впоследствии будет показано Чандрасекхаром, своеобразным условием «квантования» получаемых решений).

Еще более удивительными являются эллипсоиды Римана [36] с наклонным вращением (например, Земля); у таких фигур ось вращения и вектор вихря в общем случае не совпадают с главными осями эллипсоида, что значительно расширяет спектр возможных решений. (В этой связи следует обратить внимание на несовпадение положений географических и геомагнитных полюсов планеты. Подробнее см. в [46].)

По сути, задача Дирихле явилась дальнейшим на более высоком уровне развитием идеи Декарта (1644) «о вихревых движениях, как основных движениях Материи, как системы Мира» [45].

Первый этап развития проблемы Дирихле прошел под знаком «бури и натиска»: ни Дедекинд, ни Риман, так много сделавший в различных областях математики и механики, к этой теме после получения ими первых результатов так и не возвращались, и наступило долгое затишье.

Современный этап. Интерес к проблеме Дирихле был возрожден через сто лет работами по динамике звезд, выполненными С. Чандрасекхаром с сотрудниками в 60-х гг. прошлого века. За эти работы С. Чандрасекхар (совместно с У.А. Фаулером) в 1983 г. был удостоен Нобелевской премии. Важные результаты в областях астрономии, космогонии и геофизики, связанные с изучением строения и свойств звезд, звездных систем, галактик, газопылевых облаков и твердого внутреннего ядра Земли, движущегося в вязкой мантийной оболочке, в рамках проблемы Дирихле, были также получены Б.П. Кондратьевым с сотрудниками и другими коллективами исследователей [20]. Эти работы убедительно доказывают существование во вращающихся *реальных* (не идеальных!) системах

внутренних движений, имеющих *вихревую* природу. И важным результатом такого рассмотрения, имеющим принципиальное значение, является возможность получения новых данных о физических свойствах сред, таких как вязкость, сжимаемость, напряженность магнитного поля и др.

Полученные данные позволили модифицировать *классическую* задачу Дирихле для идеальной жидкости и, тем самым, применить ее к движению *реальных* сред [20]. Представляется, что вихревые решения модифицированной проблемы Дирихле будут в большей степени соответствовать движениям, наблюдаемым в реальных средах, включая и геофизическую среду, которая, как известно [14, 25, 33], содержит большое количество разномасштабных вихревых геологических структур и вихревых геофизических движений.

2. ВИХРЕВЫЕ СТРУКТУРЫ В ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКЕ

Первым описал вихревые геологические структуры в 20-х годах прошлого века Ли Сы-гуан [25]. Наиболее ярким и наглядным подтверждением именно такого движения блоков земной коры являются расположенные между тектоническими плитами Пасифик на западе и Наска на востоке микроплиты Пасха и Хуан-Фернандос (протяженностью 300–400 км), изолинии на геофизических картах которых представляют собой вихревые линии. Сами же составители этих карт отмечают, что микроплита Пасха вращается против часовой стрелки со «скоростью около 15^0/млн. лет и уже повернулась почти на 90^0 со времени своего образования» около 5 млн лет назад [15, с. 58–59].

Обширная библиография работ по вихревым и геологическим структурам и геофизическим движениям на настоящий момент приведена в [14, 31, 32, 45, 46, 56]. Важно: кроме физиков [56, 57] и математиков [36, 53] многие *геологи* и *геофизики – непосредственные исследователи* этих структур [14, 17, 18, 25, 26, 28, 31, 32, 40, 41, 45–47, 50, 56] отмечали и существование кольцевых, вихревых, спиральных и других структур на поверхности Земли и их ротационную динамику. Такая «живая» и в то же время «разноцветная» картина, по сути, может быть следствием вихревого решения задачи Дирихле.

На ряд несоответствий между существующими геомагнитными представлениями и имеющимися вихревыми, по сути, экспериментальными данными обращено внимание в [29]. Возможность объяснения этих «новых» геомагнитных данных в рамках вихревой геодинамической модели обсуждается в [46].

Для доказательства применимости решений задачи Дирихле к геодинамике, очевидно, достаточно показать возможность существования в реальном (т.е., по М.А. Садовскому [37] и А.В. Пейве [30], блоковом) твердом теле упругих полей, связанных с его вращением.

3. ЭНЕРГИЯ И МОМЕНТ СИЛЫ УПРУГОГО РОТАЦИОННОГО ПОЛЯ

Для блоковых геофизических сред [30, 37] в рамках классической теории упругости была сформулирована и аналитически решена задача о поле напряжений во вращающемся с угловой скоростью Ω твердом теле вокруг упруго связанного с ним небольшого поворачивающегося под действием внутренних источников макрообъема V [5, 7, 12, 57]. Основная идея решения такой задачи заключается в том, что когда V упруго сцеплен с окружающей его средой (матрицей), изменение направления момента импульса макрообъема приводит к появлению вокруг него упругих напряжений, которые, в силу законов сохранения, должны характеризоваться соответствующим компенсирующим моментом силы. Эта идея находится в полном соответствии с известным положением из теории вихрей [44]: «завихренность пропорциональна моменту количества движения частиц». Следует отметить, что наш подход к сейсмотектоническим задачам, при котором упругое поле «наследует» механический момент (или завихренность, циркуляцию), в принципе, отличается от подходов других авторов, например [25, 55, 59, 60].

Решение задачи проведем в три этапа [7, 57].

1. Рассмотрим две системы координат, которые повернуты друг относительно друга вокруг общей оси Y на угол β. Ось Z первой (исходной) системы координат параллельна оси вращения тела (Ω) и направлена от южного полюса к северному, ось $\tilde{Z}$ второй системы параллельна моменту импульса блока V после его поворота на угол β. Начала обоих систем координат находятся в центре масс области V (рис. 1).

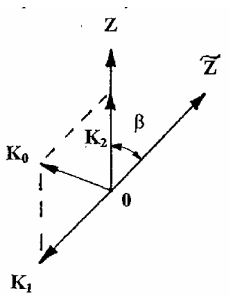


Рис. 1. Две системы координат, повернутые относительно общей оси на угол β. Ось Z параллельна оси вращения тела и направлена от его южного полюса к северному.

Для определения величины упругих напряжений, возникающих вокруг поворачивающегося блока V, применим следующий мысленный эксперимент.

Сначала останавливаем вращение объема V, прикладывая упругие напряжения σ_1 с моментом силы $\boldsymbol{K}_1$, направленным в отрицательном направлении оси $\widetilde{Z}$. При этом считаем, что кинетическая энергия вращения области V полностью переходит в потенциальную энергию упругих напряжений σ_1. Затем, прикладывая упругие напряжения σ_2 с моментом силы $\boldsymbol{K}_2$, направленным вдоль оси Z, блок V опять раскручиваем до скорости вращения тела (рис. 1).

Другими словами, когда тормозим область V, ее кинетическая энергия вращения

$$W = 1/2I\Omega^2 \qquad (1)$$

переходит в упругую энергию, определяемую тензором напряжений σ_1, а когда раскручиваем – мы создаем точно такую же кинетическую энергию, но за счет упругих напряжений σ_2.

Рассмотрим случай, когда объем V представляет собой однородный шар, момент инерции I которого, как известно, не зависит от выбора оси вращения. Тогда равенство кинетической и потенциальной энергий приводит к соотношению $|\boldsymbol{K}_1| = |\boldsymbol{K}_2|$. При этом разность этих векторов и является искомым моментом силы $\boldsymbol{K}_0$, возникающим в результате поворота блока V в неинерциальной системе: $\boldsymbol{K}_0=\boldsymbol{K}_2-\boldsymbol{K}_1$. Его модуль получаем из теоремы косинусов:

$$|\boldsymbol{K}_0| = 2|\boldsymbol{K}_1|\sin\beta/2. \qquad (2)$$

2. Искомое поле упругих деформаций $\boldsymbol{U}$, как известно [24], должно удовлетворять уравнению упругого равновесия:

$$graddiv\boldsymbol{U} - a \cdot rotrot\boldsymbol{U} = 0 \qquad (3)$$

с нулевыми граничными условиями на бесконечности:

$$\boldsymbol{U} \to 0 \text{ при } r = (x_1^2 + x_2^2 + x_3^2)^{1/2} \to \infty \qquad (4)$$

с действующей на объем V силой, равной нулю:

$$F = \oint \sigma_{ij} dS_i = 0 \qquad (5)$$

и моментом силы, не зависимым от размера блока V:

$$K_i = \oint x_k e_{ikl} \sigma_{lj} dS_j \neq f(R_0), \qquad (6)$$

где $a=(1-2\nu)/2(1-\nu)$, ν – коэффициент Пуассона, R_0 – радиус области V, e_{ikl} – индекс Леви–Чивита.

Решением задачи (3)–(6) в сферической системе координат (r, φ, υ) с началом $r=0$ в центре шарового объема V в области $r \geq R_0$, являются поля

смещений $\boldsymbol{U}$ и напряжений σ

$$U_r=U_\theta=0,\ U_\varphi=-3Ar^{-2}\sin\upsilon\,, \qquad (7)$$

$$\sigma_{r\varphi}=\sigma_\varphi=3/2AGr^{-3}\sin\upsilon, \qquad (8)$$

где G – модуль сдвига, A – константа, которая будет определена ниже. Остальные компоненты тензора напряжений равны нулю.

Подставляя (8) в (6) для момента силы упругого поля, получаем:

$$K_{1z}=\int_0^{\pi}\int_0^{2\pi}\sigma_{r\varphi}r^3\sin\vartheta d\vartheta d\varphi=3\pi^2AG. \qquad (9)$$

Остальные компоненты момента силы равны нулю $K_{1x}=K_{1y}=0$ (рис. 1).

3. Интегрируя плотность энергии упругих деформаций $W=\sum\{\lambda/2(\varepsilon_{ij}\delta_{ij})^2+G\varepsilon_{ij}^2\}$, где λ – модуль всестороннего сжатия, ε_{ij} – деформация и δ_{ij} – символ Кронекера, по всему объему тела и считая его несжимаемым, получим величину упругой энергии, созданной моментом силы $\boldsymbol{K_1}$:

$$W=9/2A^2G\int_{R_0}^{\infty}\int_0^{\pi}\int_0^{2\pi}r^{-4}\sin\vartheta dr d\vartheta d\varphi=4\pi A^2GR_0^{-3}. \qquad (10)$$

Приравнивая ее кинетической энергии (1) и учитывая, что момент инерции шара равен $I=8/15\pi\rho R_0^5$, где ρ – плотность вещества, получаем следующее выражение для A:

$$A=R_0^4\Omega\sqrt{\frac{\rho}{15G}}\ . \qquad (11)$$

С учетом (2) получаем для момента силы упругого поля вокруг блока, направленного перпендикулярно плоскости его поворота:

$$K=-6\pi^2\Omega R_0^4\sqrt{\frac{\rho G}{15}}\sin\beta/2\ , \qquad (12)$$

величины упругой энергии:

$$W=16/15\pi\rho\Omega^2R_0^5\sin^2\beta/2\,, \qquad (13)$$

поля смещений:

$$U_r=U_\theta=0,\ U_\varphi=-3\Omega R_0^4r^{-2}\sqrt{\frac{\rho}{15G}}\sin\vartheta\sin\beta/2\,,\ r\ge R_0 \qquad (14)$$

и напряжений:

$$\sigma_{r\varphi}=\sigma_{\varphi r}=3/2\Omega R_0^4r^{-3}\sqrt{\frac{\rho G}{15}}\sin\vartheta\sin\beta/2\,,\ r\ge R_0\,. \qquad (15)$$

Остальные компоненты напряжений равны нулю.

Оценки. При параметрах модели: $\rho=3$ *г/см*^{3}, $G=10^{11}$ *н/м*^{2}, $\Omega=7{,}3\cdot10^{-5}$ *рад/с*, $R_0\approx100$ *км,* соответствующих сейсмофокальным блокам земной коры, для сильнейших (с магнитудами $M\approx8$) землетрясений из соотношений (12)–(15) получаем: $U_0\approx10$ *м;* $\sigma_0\approx100$ *бар;* $W_0\approx10^{16\div18}$ *дж;* $K_0\approx10^{28\div30}$ *дин·см,* которые по порядку величины близки реально регистрируемым при таких землетрясениях смещениям, сброшенным напряжениям, упругой энергии и сейсмическому моменту соответственно. Эти значения достигаются при угле поворота блока (очага землетрясения) $\beta_0\approx U_0/R_0=10^{-4}$ *рад.* При продолжительности сейсмического цикла (при повторяемости сильнейших землетрясений в одном месте) около 100–1000 лет для скорости поворота блока получим *«механическую»* оценку $10^{-(4\div6)}$ *град/год,* которая близка скорости вращения микроплит Наска [15] и Исландия [28] и вообще *«геологическим»* скоростям вращения блоков и плит земной коры [19].

4. РОТАЦИОННЫЕ СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ

Рассмотрение совокупности блоков привело к следующей модели сейсмотектонического процесса [7, 45, 46, 57].

Для модели двух поворачивающихся блоков аналитически определена энергия их взаимодействия и показан дальнодействующий характер такого взаимодействия, что позволило перейти к рассмотрению цепочки блоков – протяженного сейсмического пояса. Уравнение движения цепочки блоков было получено в виде синус-Гордона (СГ) уравнения с характерной скоростью ротационного процесса [12]:

$$c_0^2=\frac{3\sqrt{15}}{8\pi^2}\Omega R_0\sqrt{\frac{G}{\rho}}\approx V_R V_S\,. \qquad (16)$$

Здесь V_S и V_R – скорость поперечных сейсмических волн и центробежная скорость, соответственно, откуда следует, что упругие поля, возникающие вокруг поворачивающихся сейсмофокальных блоков (очагов землетрясений), определяются величиной угловой скорости вращения планеты. Отсюда и название модели, данное ей авторами – ротационная модель. При принятых выше модельных параметрах характерное для ротационной модели значение скорости, по сути, является тектоническим:

$$c_0\approx1\ \text{см/сек}, \qquad (17)$$

что позволяет принять: в рамках ротационной волновой модели можно проводить описание единого по сути сейсмотектонического планетарного процесса.

Анализ имеющихся данных о скоростях миграции землетрясений показал, что существуют две зависимости, которые в рамках СГ уравнения можно интерпретировать как солитоны (soliton, *s*) –

уединенные тектонические волны и экситоны (exiton, *e*) – волны миграции форшоков и афтершоков в очагах землетрясений [6, 7, 45]:

$$E_s \approx V_s^5,\ V_s < c_0;\ E_e \approx V_e^2,\ V_e > c_0. \qquad (18)$$

«Предельным» экситоном при магнитудах мигрирующих фор-афтершоков ($M_{аф}$) стремящихся к магнитуде сильнейшего землетрясения ($M_{сз}$): $M_{аф} \to M_c \approx 8$, т.е. $V_e \to V_{max} \approx V_S \approx 4$ км/сек, является само сильнейшее землетрясение. Другими словами, ротационная волновая модель, фактически, «содержит» внутри себя и ротационную модель очага землетрясения [7]. Согласно представлениям ротационной волновой модели сильнейшее землетрясение по самой своей сути является результатом коллективного (самосогласованного) взаимодействия всех сейсмофокальных блоков, слагающих сейсмические пояса планеты.

5. ЭНЕРГИЯ ТЕКТОНИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

«Закрученные» структуры на геологических и тектонических картах разного масштаба часто проявляются в виде разновозрастных систем сдвиговых деформаций, которые наблюдаются и вдоль границ структур, и в пределах их внутренних областей в виде спиралевидных (кольцевых или дуговых) и вихревых (в том числе радиальных) структурно-кинематических и тектодинамических рисунков. Повсеместно наблюдающиеся на геологических и тектонических картах чередования разномасштабных структур растяжения или сжатия можно рассматривать как региональные, мегарегиональные и планетарные зоны сдвиговых деформаций. Объяснить наблюдаемую картину деформаций можно, например, с помощью гипотезы об общепланетарном правозакрученном полярном вихре [45].

Многочисленные данные о вращательном движении плит, платформ и блоков за последние 150–165 млн. лет приведены в работах [14, 45]. В этих же работах приведены известные на настоящий момент данные о скоростях V движения плит, протяженности границ которых известны ($N=61$). Анализ этих данных показал существование двух механизмов, определяющих величины энергий движения тектонических плит:

$$E_1 \approx V_1^{(2-3)},\ \tau_1 = 150 \text{ млн. лет};\ E_2 \approx V_2^{(4-5)},\ \Delta\tau_2 = 5-33 \text{ млн лет}. \qquad (19)$$

Первая зависимость характеризует такие движения плит, которые ответственны за перемещения в течение всего интервала наблюдений продолжительностью 150–165 млн. лет, вторая – «дифференциальные» движения, которые оказалось возможным выявить по номерам магнитных аномалий в пределах небольших интервалов времени продолжительностью 5–33 млн лет.

Сравнение зависимостей (18) и (19) позволяет сформулировать три вывода.

Во-первых, движение каждого из ансамблей, состоящих только из сейсмофокальных блоков (18) или только из тектонических плит (19), качественно описывается одинаковыми механизмами. При этом движение плит в течение длительных интервалов времени (первая зависимость в (19)) соответствует экситонному движению (второй зависимости в (18)); энергия плиты в этом случае определяется выражением, характерным для кинетической энергии движущегося тела, пропорциональной квадрату скорости движения. Движение плит в течение коротких интервалов времени (вторая зависимость в (19)), в том числе в периоды их «рождения», соответствует вихревому солитонному движению (первой зависимости в (18)), что и подтверждается приведенными выше данными для микроплит Наска и Хуан-Фернандос. Энергия «вихревого» решения, пропорциональная пятой степени скорости движения плиты и значительно превышающая энергию первого, «кинетического» решения, соответствует механизму ротационного самосогласованного взаимодействия всех тектонических плит планеты.

Во-вторых, в рамках ротационной волновой модели можно описать движение всего ансамбля, состоящего из блоков, тектонических плит, платформ и других геолого-геофизических образований и движений (течений).

И, в-третьих, сейсмотектонические движения и геологические течения (структуры), рассматриваемые в совокупности, относятся к такому же классу явлений, как и движения мирового океана (течения, ринги, волны Стокса, Кельвина, Россби и др.) и атмосферы (циклоны, антициклоны, смерчи, тайфуны).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

1. В работе, на основании строго аналитически решенной механической задачи об упругом поле напряжений, связанном с вращением твердого тела и его блоковым строением, построена волновая ротационная модель. В рамках такой модели оказалось возможным количественно описать самосогласованные движения всего ансамбля, состоящего из блоков, тектонических плит, «закрученных» разновозрастных систем сдвиговых деформаций, региональных, мегарегиональных и планетарных структур растяжения и сжатия. Другими словами, упругое поле в ротационной волновой модели, фактически, представляет собою самосогласованное тектоническое поле планетарного масштаба, которое, с одной стороны, отражает состояние поверхности всей Земли, с другой – определяется величиной угловой скорости ее вращения. В рамках ротационной волновой модели нашло свое объяснение и явление нутации полюса Земли – колебания Чандлера [58].

Ротационные сейсмотектонические (*cm*) волны (18), длина которых

близка протяженностям сейсмофокальных блоков (очагов сильнейших землетрясений, $\lambda_{cm} \approx R \approx 100$ *км*), «по определению», имеют поворотную поляризацию, а остающиеся на поверхности следы их воздействия на породы часто представляют собой спиралеобразные, вихревые, кольцевые и другие далеко не прямые линии. Как видим, имеет место более чем «прозрачная» аналогия между сейсмотектоническими волнами и океаническими захватными волнами (*зв*). Такие волны существуют в краевых областях океана (часто располагающихся над сейсмическими поясами), имеют длину порядка $\lambda_{зв} \approx 100$ *км* ($\approx \lambda_{cm}$), и их вихревая поляризация четко прослеживается фиксируемыми течениями и, в том числе, рисунками поверхности ледяного покрова [1]. В этой связи ротационные тектонические (*рт*) волны (19), характерные длины которых соизмеримы с размерами тектонических плит $\lambda_{рт} \approx 10^2$–$10^4$ км, также могут быть ассоциированы с атмосферными вихрями, размеры которых, согласно [1], составляют для циклонов (*ц*) – антициклонов $\lambda_{ц} \approx 10^2$–10^3 км и тропических (*т*) ураганов – $\lambda_{т} \approx 10^3$–10^4 км.

Таким образом, геофизические и геологические данные подтверждают и дополняют выводы метеорологов и океанологов о существовании взаимосвязанной системы Земля–океан–атмосфера.

Полученные результаты позволяют предположить, что все поля, включающие движение полюсов, геологические структуры, сейсмотектонические движения, океанические и метеорологические течения и волны, а также связанные колебания в системах океан–атмосфера и Земля–океан–атмосфера объединены тем единым по своей *ротационной* природе геофизическим полем, которое и определяет состояние поверхности Земли. Такое поле, по определению, и должно быть решением соответствующей модифицированной задачи Дирихле о фигуре гравитирующей массы с реальными физическими свойствами, такими как вязкость, сжимаемость и напряженность геофизических полей.

В рамках такой задачи о ротационном поле Земли, очевидно, находит свое ясное понимание как установленная взаимосвязь между планетарными атмосферными явлениями и землетрясениями [43], так и зафиксированные колебания систем океан–атмосфера и Земля–океан–атмосфера [38, 39]. И, наоборот: как и для сильнейших землетрясений, являющихся результатом коллективного взаимодействия всех сейсмофокальных блоков литосферы, для наиболее интенсивных уединенных атмосферных вихрей можно сформулировать следующую гипотезу. Тайфуны и тропические циклоны, как наиболее интенсивные движения в системе Земля–океан–атмосфера, также следует считать явлениями, в подготовке и реализации которых участвуют вся атмосфера Земли и значительная часть как ее мирового океана, так и, по-видимому, литосферы.

2. Для вихревых решений задачи Дирихле было доказано

существование трех интегралов, выражающих сохранение энергии, момента вращения и циркуляции [20, с. 37; 36]. Такое свойство вихревых решений позволяет сформулировать следующую принципиальной важности задачу, решение которой, по-видимому, следует искать в рамках модифицированной проблемы Дирихле: *какую же природу имеет вязкость (внутреннее трение)?*

Согласно [51, с. 99], вязкость – как сопротивление к перемещению одной части тела относительно другой, была определена Ньютоном для плоскопараллельного течения в рамках классической физики, для которой, как известно, выполняются законы сохранения энергии, импульса и *момента импульса*. В случае же геофизических процессов, в которых «прямолинейные» процессы отсутствуют в принципе и в которых, как показано выше, преобладают вихревые движения (течения), должны выполняться законы сохранения энергии, момента вращения и *циркуляции*. Механические различия между выделенными курсивом законами сохранения, по-видимому, и должны будут определить различия между понятиями «плоскопараллельной», по Ньютону, и «вихревой», «по Дирихле», вязкостями.

Следует отметить, имеется много указаний на то, что некоторые геологические и геофизические процессы часто протекают в средах, которые должны были иметь «нулевую» [2] или отрицательную [1] вязкости. Проблема наследования «социальной вязкости» обсуждается в работе [13].

3. Полученные в работе новые результаты и проведенный обзор позволяют предложить другой подход к решению задач, стоящих перед Физикой Земли (Геодинамикой) как единого раздела науки о Земле, все составляющие дисциплины которой между собой тесно взаимосвязаны. Возможность такого подхода к Физике Земли обсуждалась и ранее. В работе [48] с этой целью предложены «новая ротационная гипотеза структурообразования» и «новая модель геоизостазии», в работе [21] – «модель горячей Земли» и «принцип минимизации – основной закон эволюции планет». Некоторые новые подходы к проблемам Физики Земли обсуждались в работе [22]. «Вихревые» проблемы геомагнетизма обсуждались в [21, 22, 29]. Принципиальная возможность их состыковки с вихревыми геодинамическими движениями показана в [46].

Таким образом, полученные в настоящей работе результаты позволяют в качестве основополагающей концепции Физики Земли (Геодинамики) предложить теорию потенциала, развиваемую в рамках вихревой задачи Дирихле.

За основу при построении новой Физики Земли можно было бы взять *вихревую геодинамику литосферы*. Это направление, фактически, уже разрабатывается многими исследователями. Смотри обзоры в [7–9, 14, 56], работы [6, 10, 17, 26, 31–33, 35, 40, 45, 47, 50, 58] и статьи настоящего сборника. Из данных этих работ следует высокая значимость

происходящих во всех слоях Земли вращательных движений, включая и геомагнитные явления [16, 22, 29], для всех дисциплин Науки о Земле как, впрочем, и о других планетах и их спутниках в Солнечной системе, что и позволяет такие движения положить в основу *новой ротационной физики Земли – геодинамики* [7–9]. В рамках такого раздела науки естественной становится волновая природа геофизических, тектонических и геологических процессов, включая пульсации Земли, волновые явления в системах океан–атмосфера и Земля–океан–атмосфера и «геологические» и «геофизические» процессы, протекающие на других планетах солнечной системы в течение всей ее жизни.

Представляется, что построение ротационной физики Земли, охватывающей все ее основные ныне существующие разделы, а также и, возможно, новые, дело не такого уж и далекого будущего.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев В.В.,* Киселева С.В., Лаппо С.С. Лабораторные модели физических процессов в атмосфере и океане. М.: Наука, 2005. 312 с.
2. *Аносов Г.И.,* Колосков А.В., Флеров Г.Б. Особенности проявления ультрамафитов камчатского региона с позиций вихревой геодинамики // Вихри в геологических процессах. Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2004. С. 129–200.
3. *Борисов А.В.,* Мамаев И.С., Соколовский М.А. Фундаментальные и прикладные проблемы теории вихрей. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. 704 с.
4. *Буллен К.Е.* Плотность Земли. М.: Мир, 1978. 442 с.
5. *Викулин А.В.* Феноменологическая волновая модель сейсмического процесса // Доклады АН СССР. 1990. Т. 310. №4. С. 621–824.
6. *Викулин А.В.* Уединенные тектонические волны поворотной деформации как результата вращения планеты // Геофизический журнал. 2002. №4. Т. 24. С. 90–101.
7. *Викулин А.В.* Физика волнового сейсмического процесса. Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2003. 150 с. www.kscnet.ru/ivs/monograph/vikulin/index.html
8. *Викулин А.В.* Введение в физику Земли. Учебное пособие для геологических, геофизических и географических специальностей вузов. Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2004. 240 с. www.kscnet.ru/ivs/publication/tutorials/vikulin/index.html
9. *Викулин А.В.* Ротационные упругие поля в твердых телах и вихревые решения проблемы Дирихле: тождественные системы? // Вестник КРАУНЦ. Серия науки о Земле. 2005. № 6. С. 89–99. www.kscnet.ru/kraesc/2005/2005_6/2005_6/html
10. *Викулин А.В., Быков В.Г., Лунева М.Н.* Нелинейные волны деформации в ротационной модели сейсмического процесса //

Вычислительные технологии. 2000. Т. 5, №1. С. 31–39.
11. *Викулин А.В., Водинчар Г.М.* Волны миграции сейсмической энергии // Тектоника, глубинное строение и минерагения Востока Азии. V Косыгинские чтения. Материалы конференции, 24–27 января 2006 г. Хабаровск. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2006. С. 206–209.
12. *Викулин А.В., Иванчин А.Г.* Ротационная модель сейсмического процесса // Тихоокеанская геология. 1998. Т. 17. №6. С. 94–102.
13. *Викулин А.В., Мелекесцев И.В.* (см. настоящий сборник).
14. Вихри в геологических процессах. Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2004. 297 с.
15. Геолого-геофизический атлас Тихого океана. М-СПб: Межправительственная океанографическая комиссия, 2003. 120 с.
16. *Глацмайер Г., Олсон Р.* Изучение геодинамо // В мире науки. 2005. №7. С. 29–35.
17. *Дмитриевский А.Н., Володин И.А., Шипов Г.И.* Энергоструктура Земли и геодинамика. М.: Наука, 1993. 154 с.
18. *Жарков В.Н.* Внутреннее строение Земли и планет. М.: Наука, 1983. 416 с.
19. *Зоненшайн Л.П., Савостин Л.А.* Введение в геодинамику. М.: Наука, 1979.
20. *Кондратьев Б.П.* Теория потенциала и фигуры равновесия. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. 624 с. http://shop.rcd.ru
21. *Кузнецов В.В.* Физика горячей Земли. Новосибирск, 2000. 365 с.
22. *Кузнецов В.В., Семаков Н.И., Доровский В.Н., Котляр П.Е.* Физика Земли. Новый взгляд на некоторые проблемы. Новосибирск: Наука, 1989. 128 с.
23. *Ламб Г.* Гидродинамика. Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика, 2003. Т. 2. 482 с.
24. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теория упругости. М.: Наука, 2003. 246 с.
25. *Ли Сы-гуан*. Вихревые структуры Северо-Западного Китая М.-Л.: Госгеолтехиздат, 1958. 130 с.
26. *Лукьянов А.В.* Нелинейные эффекты в моделях тектогенеза // Проблемы геодинамики литосферы. М.: Наука, 1999. С. 253–287.
27. *Ляпунов А.М.* Общая задача об устойчивости движения. Череповец: Меркурий-ПРЕСС, 2000. 386 с.
28. *Мелекесцев И.В.* Вихревая вулканическая гипотеза и некоторые перспективы ее применения // Проблемы глубинного магматизма. М.: Наука, 1979. С. 125–155.
29. *Низовцев В.В., Бычков В.Л.* (см. настоящий сборник)
30. *Пейве А.В.* Тектоника и магматизм // Изв. АН СССР. Сер. геолог. 1961. № 3. С. 36–54.
31. *Полетаев А.И.* Ротационная тектоника земной коры // Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения

полезных ископаемых. Материалы XXXVIII Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2005. Т. 2. С. 97–100.
32. *Полетаев А.И.* Ротационная тектоника или тектоническое вращение? // Актуальные проблемы региональной геологии и геодинамики. Восьмые Горшковские чтения. М.: МГУ, 2006. С. 32–38.
33. *Поплавский А.А.*, Соловьев В.Н. Проблемы сейсмичности Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский: КОМСП ГС РАН, 2000. С.235–242.
34. *Пуанкаре А.* Фигуры равновесия жидкой массы. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000. 208 с.
35. *Пущаровский Ю.М.* Глобальная тектоника в перспективе // Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых. Материалы XXXVIII Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2005. Т. 2. С. 121–123.
36. *Риман Б.* О движении жидкого однородного эллипсоида. М.-Л.: Гостехиздат, 1948. 339 с.
37. *Садовский М.А.*, Писаренко В.Ф. Сейсмический процесс в блоковой среде. М.: Наука, 1991. 96 с.
38. *Сидоренков Н.С.* Атмосферные процессы и вращение Земли. СПб.: Гидрометеоиздат, 2002 а. 200 с.
39. *Сидоренков Н.С.* Физика нестабильностей вращения Земли. М.: Физматлит, 2002. 384 с.
40. Система планета Земля. (Нетрадиционные вопросы геологии). XI научный семинар. 3–5 февраля 2003 г. Материалы. М.: МГУ, 2003. 336 с.
41. *Слензак О.И.* Вихревые системы литосферы и структуры докембрия. Киев: Наукова Думка, 1972. 182 с.
42. Спорные вопросы тектоники плит и возможные альтернативы / Ред. В.Н. Шолпо. М.: ИФЗ РАН, 2002. 236 с.
43. *Сытинский А.Д.* О планетарных атмосферных возмущениях во время сильных землетрясений // Геомагнетизм и астрономия. 1997. Т. 37. №2. С. 132–137.
44. *Сэффмэн Ф.Дж.* Динамика вихрей. М.: Научный мир, 2000. 376 с.
45. *Тверитинова Т.Ю., Викулин А.В.* Геологические и геофизические признаки вихревых структур в геологической среде // Вестник КРАУНЦ. Серия наук о Земле. 2005. №5. С. 59–77. www.kscnet.ru/kraesc/2005/2005_5/2005_5.html
46. *Тверитинова Т.Ю., Викулин А.В.* (см. настоящий сборник).
47. Тектоника и геофизика литосферы. Материалы XXXV Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2002. Т. 1. 368 с. Т. 2. 378 с.
48. *Тяпкин К.Ф.* Физика Земли. Киев: Вища школа, 1998. 310 с.
49. *Чандрасекхар С.* Эллипсоидальные фигуры равновесия. М.: Мир, 1973. 328 с.
50. *Устинова В.Н.*, *Вылцан И.А.*, *Устинов В.Г.* О пространственном и

временном развитии циклически протекающих событий на Земле по геофизическим данным // Геофизика. 3. 2005. С. 65–71.
51. Физический энциклопедический словарь. М.: Сов. Энциклопедия, 1983. 928 с.
52. *Фридман А.М.* Из жизни спиральных галактик // В мире науки. 2005. №1. С. 71–79.
53. *Dirichlet G.L.* Untersuchungen uber ein Problem der Hydrodynamik // J. Reine Angew. Math. 1860. V. 58. P. 801.
54. *Forsyth D.*, Uyeda S. On the relative importance of the driving forces of plate motion // Geophys. J. R. Astr. Soc. 1975. V. 43. P. 163–200.
55. *Mandeville M.W.* An outline of the principles of vortex tectonics. 2000. http://www.aa.net/~mwm
56. *Teisseyre R.*, *Takeo M., Majewski E.*(Eds.) Earthquake Source Asymmetry Structural Media and Rotation Effects. Heidelberg, Deutschland: Springer, 2006. 582 p.
57. *Vikulin A.V.* Earth Rotation, Elasticity and Geodynamics: Earthquake Wave Rotary Model // Earthquake Source Asymmetry Structural Media and Rotation Effects. Heidelberg, Deutschland: Springer, 2006. P. 273–289.
58. *Vikulin A.V.*, Krolevets A.N. Seismotectonic processes and the Chandler oscillation // Acta Geophysica Polonica. 2002. V. 50. N. 3. P. 395–411.
59. *Wezel F.S.* The Pacific island arcs: produced by post-orogenic vertical tectonics? // The origin of arcs. Elsevier, Amsterdam, 1986. P. 529–566.
60. *Xie Xin-sheng*. Discussion on rotational tectonics stress field and genesis of circum-Ordos landmass fault system // Acta Seismol. Sinica. 2004. V. 17. №4. P. 464–472.

Викулин Александр Васильевич, главный научный сотрудник Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, доктор физ.-мат. наук, профессор КамГУ, автор и соавтор пяти монографий, одного учебного пособия, редактор трех тематических сборников научных работ. В последнее время разрабатывает концепцию ротационной волновой геодинамики.

Водинчар Глеб Михайлович, кандидат физ.-мат. наук, доцент кафедры прикладной математики Камчатского государственного университета, ведущий научный сотрудник института Космофизических исследования и распространения радиоволн ДВО РАН, автор ряда статей в области математического моделирования в геофизике. В последнее время активно занимается проблемой вихревой геодинамики.

УДК 550.380

ВИХРЕВАЯ ПРИРОДА ГЕОМАГНЕТИЗМА

В.В. Низовцев, В.Л. Бычков
Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова

Аннотация. Для небесных и космических тел магнитный момент, определяемый дипольной компонентой, пропорционален моменту угловому. На Земле источники дипольной компоненты расположены не глубоко и создают осесимметричное поле, несколько отклонённое от оси вращения, однако картина вековой эволюции поля имеет ярко выраженный зональный характер. С другой стороны, согласно классической теории электромагнетизма, магнитное поле есть проявление завихренности эфирных течений, не связанных обязательно с электрическим током. Сказанное позволяет связать геомагнетизм с вихревыми течениями, поддерживающими вращение планеты.

Геомагнитное поле формируется породами земной коры, намагниченными эфирным течением, завихренность которого в системе отсчёта, связанной с Землёй, пропорциональна угловой скорости вращения последней. Главная оставляющая магнитного поля планеты есть мера завихренности данного течения.

Введение

Дискуссионный характер модели геодинамо оправдывает дальнейшие поиски в области природы геомагнетизма. Состояние данной проблемы определяется положением, царящим в космогонии и теории электромагнетизма. К сожалению, эти разделы знания не получили в XX в. необходимого развития. Как и во времена П. Лапласа и А. Ампера, вращению небесных тел приписывают инерциальный характер, а эффекты магнетизма связывают исключительно с наличием электрического тока. Между тем, регулярные движения небесных тел следует считать вынужденными. Согласно эфиродинамической модели, обращения планет поддерживаются осесимметричными течениями гигантской вихревой нити, входящей в структуру Галактики [20], а ротация планет и обращение их спутников вызываются локальными вихревыми приводами, генезис которых связан с космохимическим процессом. Приуроченная к небесному телу вихревая структура является результатом коалесценции компенсационных вихревых течений, возникающих при элементогенезе [19].

Что касается теории электромагнетизма, то перед лицом неразрешимости проблем магнетизма Солнца и планет представляется целесообразным обратиться к идее В. Томсона (Кельвина), согласно которой магнитное поле не связано роковым образом с электрическим током, и первое может иметь место без второго. Томсон подчёркивал, что

вектор-потенциал магнитного поля суть «движение, вращение которого есть магнитная сила» [40]. Иными словами, напряжённость магнитного поля определяется завихренностью некоторого течения, в общем случае не связанного с током (о гидродинамическом смысле завихренности см. в Приложении).

Опираясь на изложенные соображения, мы предполагаем, что за феноменом геомагнетизма скрываются течения эфирного привода ротации, которые намагничивают остывающее вещество мантии при рифтовом процессе и разрастании земной коры. В системе отсчёта, связанной с Землёй, на уровнях выше границы Мохо вектор завихренности течений направлен на юг, что соответствует намагниченности пород в прямом (южном) направлении. Получает объяснение пропорциональность между угловым и магнитным моментами космических тел. Вихревые течения на большей глубине имеют завихренность северного направления и способны намагнитить породы земной коры в обратном направлении. Инверсии палеомагнитной полярности в корнях орогенических и рифтовых зон имеют локальный характер и обусловлены неустойчивостью положения изотермы точки Кюри относительно границы смены знака завихренности. В самом общем виде данная гипотеза о природе геомагнетизма впервые была высказана М.И. Клевцовым [13].

1. Параметры магнитного поля Земли

В первом приближении геомагнитное поле подобно полю диполя или однородно намагниченного шара с магнитным моментом $8{,}3\cdot10^{25}$ СГСМ, направленным под углом 11,5 градусов к оси вращения Земли. До 99% магнитного поля Земли составляют две структурных части. Первая из них T_0, составляющая 80%, – это поле диполя (осевого, наклонного или эксцентрического, в зависимости от модели). Вторая компонента $T_м$ – поле крупномасштабных особенностей магнитного поля размером в несколько тысяч километров. Ось расчётной дипольной составляющей, полученной путём разложения поля по сферическим гармоникам, не совпадает с осью Земли, а соответствующие *геомагнитные* полюса не совпадают с географическими полюсами Земли. Как станет ясно из дальнейшего, при изучении механизма генерации намагниченности интерес представляет положение *магнитных* полюсов, определяемых экспериментально как точки, в которых полная напряжённость магнитного поля T направлена вертикально вниз на Северном полюсе и вверх на Южном. Координаты магнитных полюсов для эпохи 1962 г. следующие: северный полюс f=75° с.ш., l=101° з.д.; южный полюс f=67,5° ю.ш., l=140° в.д.

Международная служба широты установила смещение полюса в 0,0035´´ в год в направлении 280° долготы. Это смещение соответствует 1°

за 1 Мг. Палеомагнитные исследования дают 5° за 100 Мг. [17]. Основной вклад в вековые вариации поля дают изменения $T_м$. Заметная часть этих изменений вызвана преимущественно западным дрейфом поля $T_м$ относительно T_0 со скоростью порядка 0,2° в год, обнаруженным ещё в конце XVII в. Широтные зависимости западного дрейфа различны у X (северной), Y (восточной) и Z (вертикальной вниз) составляющих напряжённости главного поля. Из картины дрейфа следует, что в широтном отношении структура, ответственная за главное поле, состоит из трёх кольцевых зон с разной временной динамикой. При этом для северной составляющей характерна повышенная скорость дрейфа на 40-х широтах [35].

Дипольный член разложения вековой вариации меньше недипольных [21]. За столетие дипольное поле уменьшилось примерно на 8%, а недипольное усилилось. Для Земли, как и для других классов космических объектов, магнитный момент, определяемый преимущественно дипольной компонентой, пропорционален моменту угловому [33]. Очевидно, ослабление дипольной компоненты каким-то образом связано с замедлением вращения Земли на 2 мс за столетие. При этом имеет место 10-летнее отставание производной геомагнитного момента от вариаций длительности суток [12].

2. Геомагнитное поле и проблема магнетизма

Как уже отмечено, значение магнитного момента космических тел пропорционально их угловому моменту. Однако экспериментальные исследования гиромагнитного эффекта П.Н. Лебедевым (1911) и С. Барнеттом (1922) не позволяют связывать магнетизм именно с вращением [21]. Коэффициент пропорциональности $2{,}88\cdot10^{-15}$(см/г)$^{1/2}$ традиционно выражают через константу гравитации, безуспешно пытаясь связать таким образом магнетизм с гравитацией [38] или электрическим зарядом вращающегося тела [7]. Все три гипотезы не совместимы со следующими фактами: магнитный и угловой моменты Земли и других планет не коллинеарны, магнитные полюса мигрируют иначе, чем географические. Сказанное однозначно указывает на отсутствие прямой связи магнетизма именно с вращением планеты, но не исключает наличия неизвестного физического агента, который поддерживает вращение тела и одновременно вызывает магнетизм.

Гипотеза о гидромагнитном динамо – новый шаг в развитии представлений о природе земного магнетизма. Модель основана на предположении о том, что земное ядро обладает электропроводностью, между тем, ни состав, ни электрические свойства последнего не известны. Согласно модели динамо, магнитное поле на Солнце, Земле и других планетах генерируется конвективными течениями, которые поддерживаются подъёмными силами во вращающихся сферических

оболочках в поле сил тяжести. Данной модели более шестидесяти лет, однако не потеряли остроты дискуссии о теоремах существования, не доказано, что в ядре имеются силы, способные поддерживать необходимые скорости движений. Как заметил Э. Буллард [5], «ныне она в моде – скорее из-за того, что у нас нет ничего лучшего, чем из-за её больших достоинств». Результаты численного моделирования предполагаемых токов в случае Земли приводят к необходимости, по крайней мере, трёх токовых контуров сложной конфигурации [26] или четырёх кольцевых контуров [36]. При сложном механизме генерации поля трудно ожидать общей зависимости магнитного поля от момента вращения у тел совершенно разной природы: от планет и планетных спутников до гигантских звёзд – в диапазоне 20 порядков величины [33, 38]. Перед лицом подобных фактов следует искать более универсальный в космологическом отношении механизм, чем в модели динамо.

Основные проблемы геомагнетизма – это расположение источника магнитного поля и его природа. Г. Ангенхейстер и Ю. Бартельс [3] отмечали, что магнитное поле Земли мог бы вызвать симметричный относительно магнитной оси ток, проходящий непосредственно под поверхностью Земли в направлении с востока на запад с дифференциальным распределением по широте. Различия временных и пространственных динамик дипольной и недипольной компонент поля свидетельствуют о том, что они имеют независимые физические источники [21]. В конце XIX в. М. Вильде построил физическую модель для объяснения недипольной составляющей магнитного поля при условии, что дипольная уже существует [42]. Модель состояла из двух глобусов, вложенных один в другой так, что ось внутреннего была наклонена на 23,5° относительно оси внешнего. На внутреннем глобусе имелась осесимметричная обмотка, имитирующая дипольное поле. Области внешнего глобуса, соответствующие океанам, были обложены тонкой железной фольгой для моделирования разницы между магнетизмом материковых и морских регионов. Модель позволила объяснить вековые вариации склонения и наклонения геомагнитного поля, зарегистрированные в четырёх точках земного шара в XVII–XIX вв., в предположении, что взаимное смещение сфер в один оборот происходит за 960 г. с некоторым ежегодным замедлением. Качественные результаты М. Вильде позволяют связывать отсутствие осевой симметрии в картине магнитного поля Земли с неравномерным распределением магнитных материалов с разными свойствами. Согласно его результатам, источник дипольной составляющей магнитного поля расположен не глубоко и создаёт осесимметричное поле, отклонённое от оси вращения Земли.

В настоящее время геомагнетизм относят на счёт магнитоактивных пород, намагниченных полем ядра в ходе их формирования и охлаждения до характеристических температур около 550ºС. Ранее мощность магнитоактивного слоя принималась равной 0,5 км. Количественная

обработка данных геомагнитных измерений со спутника MAGSAT приводит к выводу о близости глубины подошвы магнитоактивного слоя и поверхности Мохо (30–40 км) [9]. Региональные магнитные аномалии также указывают на расположение источника магнитного поля не ниже верхней мантии [23].

Всё изложенное заставляет искать физический процесс на границе мантии и коры, связанный с вращением тела и одновременно приводящий к намагничиванию геологических пород при выходе их из мантии. В свете результатов предыдущей работы [19], на такую роль могли бы претендовать вихревые течения ротационно-тектонического привода. К сожалению, современная физика не может ответить на вопросы о связи магнетизма ни с эфирными течениями, ни с протеканием тока. Со времён Дж.К. Максвелла не удаётся решить задачу о том, каким образом трансляционное движение некоторого объекта (заряда) приводит к вращательному эффекту (магнитному полю). Весьма характерно, что в уравнения Герца-Хевисайда, незаслуженно носящие имя Максвелла, заряды введены «руками», а не как случай, например, нулевого тока. По этой причине система уравнений переопределена: при заданных токах и зарядах для шести неизвестных записано восемь уравнений. Однако и в таком виде она не охватывает всех феноменов электромагнетизма. Крупный авторитет в этой области Р.Ф. Авраменко приводит следующий пример неполноты уравнений: «Уравнения Максвелла не могут описать работу даже такого важнейшего и схемно чрезвычайно простого элемента современной техники, как трансформатор». Прямые эксперименты Авраменко с сотрудниками по обнаружению индукционного электрического поля в пространстве вторичной обмотки дали нулевой результат [1]. При таком состоянии теории электромагнетизма вопрос о генетической связи между электрическим током и магнетизмом следует считать открытым, а мнение А. Шустера, писавшего, что «трудности, стоящие на пути обоснования земного магнетизма с помощью электрических токов, текущих внутри Земли, являются непреодолимыми», приобретает важное эвристическое значение [37].

Приведённые соображения вновь возвращают нас к идее Кельвина о том, что магнитное поле является мерой вихревой составляющей эфирного течения, интенсивность которого задаёт силу тока, а не наоборот, как принято считать. Действительно, при некоторых режимах «проводимости» течения, несущие завихренность (магнитное поле), могут возникать и в отсутствие тока, как, например, в случае «сверхпроводимости». Иными словами, в эффектах электромагнетизма первичная роль принадлежит эфирным течениям, а не движениям зарядов. Данное предположение открывает возможность построить рациональную теорию геомагнетизма, согласующуюся с выводами магнитологов о неглубоком залегании источника дипольной компоненты и нетоковой природе магнитного поля. Однако, чтобы сделать предлагаемую модель

более убедительной, остановимся на некоторых положениях теории магнетизма, свидетельствующих в пользу развиваемого подхода.

3. Вихревая природа магнитного поля

Магнетизм является более универсальным феноменом, чем электричество, тем не менее в современной физике магнитное поле трактуется как вторичный (релятивистский) эффект электричества. Согласно Берклиевскому курсу физики, «явления, которые принято называть «магнитными», являются результатом электрического взаимодействия между движущимся зарядом и другими движущимися зарядами». К примеру, при анализе взаимодействия двух проводников с током разгадка магнетизма видится в различном лоренцевом сокращении линейной плотности положительных (неподвижных) и отрицательных (движущихся) зарядов одного проводника в системе координат движущегося заряда в другом проводнике [22]. Однако получение правильного выражения для силы взаимодействия с использованием преобразования Лоренца следует расценивать как формальность, не вскрывающую нового физического содержания. Как отмечает В.Д. Савчук, таково свойство всякой группы Ли, к числу которых относится группа Лоренца [25].

В целом, состояние данной проблемы заставляет вернуться к классическому описанию магнетизма в терминах механики сплошной среды. Ещё М. Фарадей истолковывал криволинейность магнитных силовых линий как признак того, что сила есть результат процесса. Согласно Кельвину (1856), «объяснение всех явлений электромагнитного притяжения или отталкивания и электромагнитной индукции следует искать просто в инерции и давлении материи, движения которой образую тепло» [16], то есть, эфирной материи. Для Максвелла «в каждой точке среды существует нечто такое, что имеет природу угловой скорости относительно оси, направленной вдоль магнитной силы» [16]. Представления Кельвина и Максвелла были основаны на способности магнитного поля вращать плоскость поляризации света. В 1879 г. эти взгляды получили дополнительное подтверждение: эффект Холла однозначно свидетельствует о том, что магнетизм есть явление вращательной природы [29]. Рассмотрим, какие течения способны вызвать пондеромоторные эффекты, трактуемые как магнитные.

При решении задач электродинамики, наряду с квазистатическими уравнениями Максвелла первого порядка для напряжённостей электрического и магнитного полей, используются также уравнения второго порядка для скалярного φ и векторного $\boldsymbol{A}$ потенциалов, определяемых следующим образом:

$$\boldsymbol{E}=-\operatorname{grad}\varphi. \qquad \boldsymbol{B}=\operatorname{rot}\boldsymbol{A}.$$

Инструментально в электромагнетизме определяют $\boldsymbol{E}$ и $\boldsymbol{B}$. Это, однако, не означает, что φ и $\boldsymbol{A}$ являются вспомогательными расчётными величинами. Имеются основания полагать, что в физической (эфиромеханической) реальности φ является мерой плотности или удельной объёмной энергии, а потенциал $\boldsymbol{A}$ – мерой скорости течений эфирной среды. Приведём первое свидетельство в пользу высказанного предположения. Хорошо известно, что если потенциалы φ и $\boldsymbol{A}$ связаны соотношением

$$\mathrm{div}\boldsymbol{A}=-\frac{1}{c}\frac{\partial\varphi}{\partial t}, \quad (1)$$

то из уравнений Максвелла вытекают волновые уравнения для потенциалов φ и $\boldsymbol{A}$, идентичные волновым уравнениям для акустических полей в пространстве, заполненном средой. Как подметил в 1861 г. Б. Риман, условие (1), известное под названием калибровки Л. Лоренца, напоминает уравнение неразрывности для сжимаемой среды, где φ представляет плотность эфира, а произведение $c\boldsymbol{A}$ – скорость его течений. Таким образом, трактовка векторного потенциала как скорости некоторого течения не противоречит формализму электромагнетизма. Тогда с учётом определения $\boldsymbol{B}=\mathrm{rot}\boldsymbol{A}$ величину магнитной индукции можно интерпретировать как завихренность этого течения. Следует заметить, что векторный потенциал соответствует лишь тангенциальной составляющей закрученного течения (см. Приложение), которое всегда имеет и осевую составляющую (по этой причине течение обладает спиральностью [39]). В правоспиральном течении магнитная индукция совпадает по направлению с осевым течением.

Ещё одно доказательство физической реальности течения, описываемого векторным потенциалом $\boldsymbol{A}$, можно найти в сфере электродинамики. Как известно, э.д.с. индукции, развиваемая в некотором проводящем контуре, пропорциональна скорости изменения потока через поверхность, опирающуюся на данный контур:

$$\oint_L \vec{E}d\vec{l} = -\frac{\partial}{\partial t}\int_S \vec{B}\cdot\vec{n}ds, \quad (2)$$

где интеграл справа представляет собой поток магнитной индукции $\boldsymbol{B}$. Между тем, проводник контура или заряды в нём не располагают средствами интегрирования потока. Эффект электромагнитной индукции есть реакция носителей заряда на изменения режима невидимых течений именно в проводнике, а не в отверстии, охваченном контуром. Равенству (2) не следует придавать буквального смысла. Оно является следствием общих положений вихревой динамики, в частности, теоремы Стокса. Например,

$$\int_S \vec{B}\cdot\vec{n}ds = \int_S \mathrm{rot}\vec{A}\cdot\vec{n}ds = \oint_L \vec{A}d\vec{l}\ . \quad (3)$$

Сопоставление уравнений (2) и (3) позволяет приблизиться к пониманию феномена электромагнитной индукции. Именно э.д.с. индукции в контуре есть реакция носителей заряда на изменения циркуляции скорости $\boldsymbol{A}$ в контуре: правого интеграла в уравнении (3). К аналогичному выводу пришёл З.И. Докторович в ходе формального анализа уравнений Максвелла с помощью аппарата теории поля [10]. Он отметил, что электрическое поле имеет строго градиентный характер, поэтому «введённое Максвеллом в обращение вихревое электрическое поле породило неустранимые противоречия физических моделей… с экспериментальными результатами, математическим аппаратом теории поля, третьим законом Ньютона и принципом причинности». Иными словами, не имеется никаких оснований трактовать явление электромагнитной индукции как проявление электрических сил особой природы. Докторович подчёркивает, что уравнения Максвелла не содержат собственно электродинамической компоненты – в них имеется лишь «магнитодинамика», так что упомянутые выше результаты Авраменко глубоко закономерны. Таким образом, в «электродинамике» именно магнетизм является основным феноменом, поэтому векторный потенциал $\boldsymbol{A}$ должен получить статус первичной, независимой «электро»-магнитной характеристики. Как известно, при выполнении калибровки Л. Лоренца, волновому уравнению подчиняются не только напряжённости электрического и магнитного полей, но прежде всего – векторный потенциал .

Дополнительное доказательство реальности течений, соответствующих вектору $\boldsymbol{A}$, доставляет волновая механика. В 1945 г. был обнаружен, в 1949 г. теоретически исследован, а в 1959 г. переоткрыт своеобразный квантовомеханический эффект [31, 34, 41]. Сущность его заключается в том, что заряженная частица, движущаяся в области, где отсутствует магнитное поле, но векторный потенциал отличен от нуля, испытывает воздействие неясной природы, приводящее к изменению фазы частицы (эффект Ааронова–Бома).

Видимо, в поле течений векторного потенциала даже при нулевом магнитном поле (в отсутствие завихренности) на электрон, как на всякий конечный в размерах объект, обладающий некоторой «парусностью», действует сила «сноса» эфирного течения не магнитной (и, разумеется, не электрической) природы. Будучи эфемерными, течения эфира оказывают, тем не менее, ощутимое динамическое давление на структуры элементарных частиц и, следовательно, атомов вещества. При наличии свободных носителей заряда данное давление (напряжение) вызывает электрический ток, определяемый общеизвестным уравнением Пуассона, в котором закономерно фигурирует векторный потенциал:

$$\Delta A = \frac{4\pi}{c} j.$$

В случае частиц вещества, слагающих планету, это давление обнаруживается в сдвиговых напряжениях, приводящих к ротации Земли и тектоническим эффектам [19]. Однако для нашей темы важно первое: в соответствии с гипотезой Кельвина, магнетизм и электрический ток следует трактовать как два независимых аспекта эфирного течения – первый из них не требует обязательного наличия второго.

4. Намагничивание пород и природа магнитных аномалий

Изложенный материал позволяет приблизиться к пониманию природы магнетизма небесных тел. Вернёмся к нашему заключению о том, что векторный потенциал $\boldsymbol{A}$ является мерой (тангенциальной) скорости эфирных течений, а магнитная индукция $\boldsymbol{B}$ – мерой их завихренности. Как мы отмечали [19], сферическое тело Земли погружено в осесимметричное поле сдвиговых течений (вначале мы пренебрежём тем обстоятельством, что его ось не совпадает с осью вращения планеты). Распределение эфирных течений в земных оболочках, видимо, следующее (рис. 1). Компенсационная завихренность, формирующая вихревой привод путём коалесценции вихрей, возникает в настоящее время в мантии. Профиль течений вихревого привода (кривая 1) представляет собой конечный результат коалесценции и диффузии элементарных компенсационных вихрей, генетически связанных с синтезом химических элементов, образованием пород и метаморфическими процессами [19]. Таким образом, источником ротации, причиной тектонических процессов и, в конечном счёте, – магнетизма является структура, представленная на рис. 1 верхним фрагментом кривой 2. Именно компенсационная завихренность, порождённая в этом интервале глубин, превратилась путём коалесценции в течения вихревого привода, поддерживающие вращение тела. При этом процессы, изменяющие профиль этого фрагмента, влекут за собой изменения течений привода и, как следствие, изменение углового момента планеты.

Согласно законам вихревой гидродинамики (см. Приложение), и вихревое ядро, и зона распределённой завихренности несут положительную завихренность, вектор которой направлен вдоль оси z и которая могла бы намагничивать породы в обратном направлении (кривая 2 на рис. 1). Учитывая, что (нормальный) магнитный момент небесных тел пропорционален механическому, следует думать, что обратная (намагничивающая породы в нормальном направлении) завихренность возникает только в системе отсчёта, связанной с вращающейся Землёй, и что уровень этой завихренности пропорционален угловой скорости вращения планеты. В предыдущей работе [19] было высказано

предположение, что непосредственно у границы ядра тангенциальная скорость изменяется как r^{-1}, и только за пределами Земли профиль приобретает кеплеров вид: $v_\varphi \sim r^{-1/2}$. В неподвижной системе отсчёта течение r^{-1} является потенциальным: его завихренность равна нулю (рис. 1, кривая 3). Однако в системе, связанной с Землёй, течение приобретает отрицательную завихренность с абсолютным значением, равным удвоенной угловой скорости вращения (см. Приложение) Земли $7{,}2 \times 10^{-5}$ $с^{-1}$ (кривая 4).

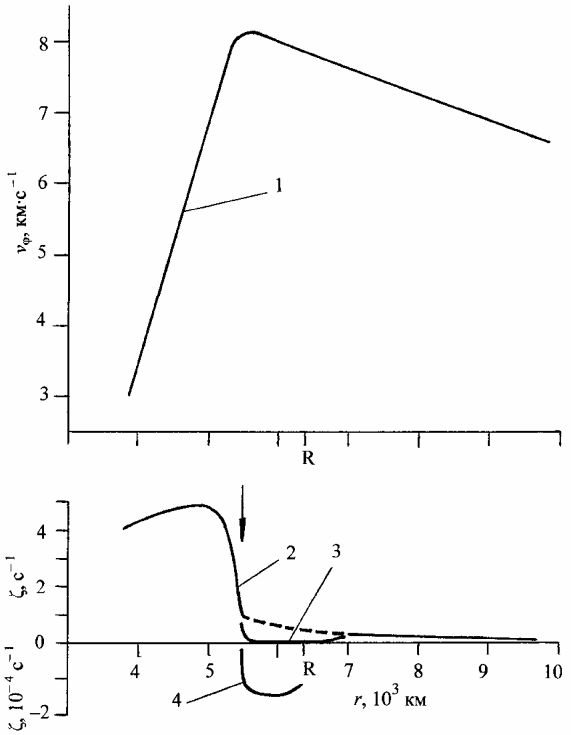


Рис. 1. Реконструкция профиля вихревых течений (v_φ) в экваториальной зоне: 1 – тангенциальные течения вихревого привода в пределах мантии, коры и тропосферы; 2 – профиль завихренности (ζ), соответствующий кривой 1; 3 – профиль нулевой завихренности, соответствующий участку кривой 1, где $v_\varphi \sim r^{-1}$; 4 – завихренность в системе отсчёта, связанной с Землёй, создающая намагниченность.

Итак, за намагничивание пород в прямом направлении ответственно генетически связанное с вращением распределение завихренности, представленное кривой 4 рис. 1. Важно подчеркнуть, что строгая

пропорциональность между магнитным и угловым моментами обеспечивается универсализмом профиля течений локального вихря у границы ядра (видимо, r^{-1}). В этом случае уровень завихренности, от которого зависит магнитный момент, определяется только угловой скоростью вращения тела.

Магнитные аномалии на океанском дне могут служить доказательством реальности предлагаемой схемы. Напомним историю вопроса. Магнитная съёмка на океанах в 60–70-х гг. XX в. обнаружила удивительную картину намагниченности подстилающих пород. Хребты в зонах спрединга, а также разломы морского дна оказались с обеих сторон обрамлены полосами коры разной полярности шириной в несколько десятков километров. Согласно общепринятой трактовке, новообразованная в таких зонах кора (базальты литосферы) по мере остывания приобретает намагниченность в направлении внешнего магнитного поля, которое эпизодически изменяет свою полярность [6]. Судя по аномалиям, последний раз магнитное поле Земли изменило ориентацию 740 тыс. лет назад. Остаётся, однако, не вскрыта причина смены полярности [28], которой должны соответствовать пока не установленные геологические процессы катастрофических масштабов. Для последних 100 Мг. отмечается корреляция между частотой инверсий и самыми обычными признаками геологической эволюции земных оболочек: наращивание океанической коры, изменения палеотемпературы и уровня моря [32].

Полосы аномалий датируют по палеомагнитным данным, а их относительное расположение используют при оценке скорости спрединга в модели тектоники плит. К сожалению, процессы формирования базальтов очень неравномерны во времени и пространстве, а в измеряемом магнитном поле всегда присутствуют «шумы», обусловленные неинверсионными вариациями. Согласно В.М. Гордину, по этим и другим причинам апелляции к совпадениям независимых определений возраста литосферы по данным магнитной съёмки и глубоководного бурения не представляются обоснованными [8]. В зависимости от способа датировки, шкалы геомагнитной полярности подразделяются на магнитохронологические, магнитостратиграфические и аномалийные. Первые два типа шкал соотносят данные о полярности палеополя с абсолютными или относительными датировками образцов. В аномалийных шкалах определение магнитного возраста литосферы осуществляют по номерам идентифицированных аномалий. При этом совпадения разных аномалийных шкал достигают ценой перенумеровки аномалий и коррекции датировок. Ниже станет ясным, что каждая аномалия имеет локальное хронологическое значение, поэтому без подгонок построение глобальной геомагнитной шкалы невозможно.

У. Кэри уже отмечал, что намагничивание «ломтей роста» литосферы, выходящих из мантии и формирующих земную кору в океане, происходит

вблизи границы Мохо [14], а не после выхода их на поверхность. Это соображение представляет значительный познавательный интерес, ибо по нашей модели, *в условиях неизменной полярности магнитного поля Земли* знак аномалии определяется положением слоя с температурой Кюри по отношению к границе инверсии завихренности эфирных течений (отмечена стрелкой на рис. 1). По оценочным данным термометристов, на континентах остывание породы до температуры ниже 600° С достигается на глубине порядка 60 км [15], в коре океанов эта глубина ожидается равной 30 км [21]. Обе оценки согласуются с новыми данными по мощности магнитоактивного слоя [9].

Дискретное повышение возраста базальтов по мере удаления от срединно-океанических рифтовых структур указывает на порционный характер процесса обновления океанической литосферы. Когда базальт, проникший в осевую рифтовую зону раздвигающегося океанического хребта, остывая, приобретает температуру ниже точки Кюри, он намагничивается в прямом или обратном направлении в зависимости от того, на какой глубине находится граница инверсии знака завихренности. Её положение непрерывно эволюционирует вследствие изменения взаимного положения осей вихря и Земли, поэтому породы, формирующие кору и охладившиеся до температуры Кюри, могут оказаться в зоне либо положительной, либо отрицательной завихренности и приобрести намагниченность либо обращённого, либо прямого направления. На рис. 2 условно показано, что знак намагниченности не зависит от полярности интегрального поля Земли, но определяется температурной динамикой в порции породы, покидающей мантию. В монографии Паркинсона можно найти симптоматичную оговорку: «…следствие гипотезы Вайна-Метьюза заключается в том, что центральная аномалия над любым океаническим хребтом должна иметь прямую полярность, так как она соответствует остыванию после последней инверсии в начале эпохи Брюнес. Хотя, как ни странно, породы обратной намагниченности были обнаружены даже в центральной долине Срединно-Атлантического хребта» [21]. Можно дополнить Паркинсона: весьма часто порода характеризуется смешанным состоянием намагниченности, а глубоководное бурение обнаруживает переслаивание прямо и обратно намагниченных толщ и вертикальную изменчивость намагниченности. Всё это естественно связать с неустойчивостью режима охлаждения, в частности, из-за возвратно-поступательных движений ломтей разрастания.

5. Об эволюции магнитного поля

Упомянутое в первом разделе усиление недипольной компоненты связано, очевидно, с разрастанием земной коры. Десятилетняя задержка отклика геомагнитного момента на изменения вихревых течений,

обнаруживаемые по вариациям скорости вращения Земли [12], обусловлена инерцией процесса формирования новой коры с изменённым уровнем намагниченности.

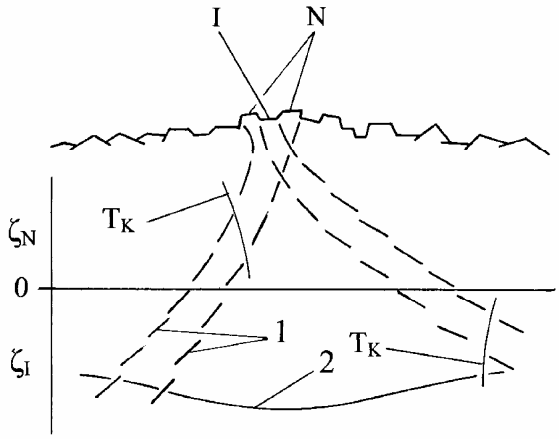


Рис. 2. Ломти разрастания океанического хребта нормальной (N) и аномальной (I) полярности [14, с изменениями]: 1 – кинематические линии; 2 – граница Мохо; ζ_N и ζ_I – завихренность эфирного течения, создающая намагниченность пород новой коры нормального и обратного направлений. Полярность определяется положением изотермы Кюри (T_K) относительно глубины ζ=0. Масштаб по горизонтали примерно в 10 раз меньше, чем по вертикали.

Очень важно, что оба направления намагниченности аномалийных полос ортогональны трансформным разломам, поскольку, согласно определению (см. Приложение), вектор завихренности всегда ортогонален тангенциальной составляющей течений вихря. Последняя же, как отмечено в работе [19], определяет направление простирания трансформных разломов.

Преимущественно западный дрейф крупномасштабных структур магнитного поля T(м) вызывается относительным смещением нижних горизонтов намагниченного материала под действием тормозящего давления эфирной среды (ядро вихря на кривой 1 рис. 1). Так как магнитные тела обратной полярности, ответственные за северную (X) составляющую магнитного поля, располагаются у подошвы магнитоактивного слоя, то их относительно быстрый западный дрейф закономерен.

Сложная картина пространственно-временной динамики дрейфа объясняется широтными вариациями сдвиговых напряжений в магнитосфере, обусловленными несовпадением симметрий

цилиндрического вихревого привода и сферической планеты. В тектоно-, гидро- и атмосфере Земли это несовпадение обнаруживается по повышенной активности процессов на средних широтах [19]. Картина эволюции составляющих магнитного поля (равно, как и тектогенеза) дополнительно усложняется эксцентрическим несовпадением осей привода и Земли.

Положение оси магнитного диполя может служить ориентиром положения вихревой оси, усреднённого за современный мегацикл в эволюции системы кора–мантия по Ю.Д. Пушкарёву [24]. Если привод служит кинематической первопричиной магнитного поля, то ось привода не сильно отклонена от оси дипольной аппроксимации последнего. Данное предположение подтверждается тем фактом, что антициклонический дрейф арктических льдов, кинематически связанный с вынужденным вращением Земли, имеет своим виртуальным центром северный магнитный полюс [4]. В.И. Уломов также отмечал «близость расположения большинства полюсов вращения литосферных плит… к геомагнитным, а не к географическим полюсам» [30].

Остановимся на вопросе о том, какой полюс – *магнитный* или *геомагнитный* – мог бы служить ориентиром при поиске положения полюса вихревого привода. Из-за непостоянства положения Земли внутри вихревого привода ось последнего, как правило, оказывается *эксцентрической*. По этой причине в качестве полюсов вихря мы выбираем *магнитные* полюса. Наилучшей эмпирической аппроксимацией морфологии главного геомагнитного поля служит поле наклонённого *эксцентрического* диполя. В соответствии с Международным эталонным геомагнитным полем (1980) этот диполь наклонён на 11° и смещён на расстояние 490 км от центра Земли в направлении точки с координатами 21° с.ш. и 147° в.д. в западной части Тихого океана [21].

Правда, положение магнитных полюсов чувствительно к наличию высокоширотных магнитных аномалий, поэтому ось условного магнитного диполя может служить лишь ориентиром при определении положения оси вихря, и необходимо дополнительное уточнение, основанное на учёте всего комплекса тектонических процессов, к которому мы обратимся в будущем.

Результаты, полученные А.В. Долицким [11] при исследовании миграции палеомагнитных полюсов, свидетельствуют об изменении положения оси привода в теле Земли в масштабах геологического времени. Если ось вихревого привода определяет пространственное положение дипольной компоненты магнитного поля, то смещение первой из них относительно оси вращения Земли с некоторым запаздыванием вызывает смещение и второй. Запаздывание объясняется тем, что наращивание магнитных тел лимитируется небольшой скоростью разрастания земной коры.

Учитывая тектоно-химический генезис вихревого привода ротации, легко понять, что необходимым условием магнетизма является тектоническая активность тела. На общую природу геомагнетизма и тектогенеза указывал ещё Н.Н. Трубятчинский [27]. Доказательством этого положения может служить отсутствие магнитного поля у Луны и его наличие у спутника Юпитера Ио. Однако, не во всех случаях «тектонизм» предполагает и магнетизм. При существенных перестройках вихревого привода, когда ротации на некоторый период геологической истории могут прекратиться, новая намагниченность не генерируется, и ранее созданное магнитное поле может рассеяться. Видимо, в таком состоянии сейчас находится Венера.

Заключение

Реконструкция сдвиговых течений в земной коре и мантии, основанная на анализе данных по процессам массопереноса в земных оболочках, позволяет указать не только движущую силу геотектоники, но и причину геомагнетизма. В обоих случаях ими оказались осесимметричные течения эфирного локального вихря космохимической природы, вызывающие сдвиговые напряжения и поддерживающие вращение планеты, которое порождает эфирные течения с «магнитной активностью».

Предложенная в двух работах данного сборника ротационная концепция геодинамики и геомагнетизма останется неполной без рассмотрения геотермального аспекта тектогенеза, поскольку именно внутреннее тепло Земли служит первопричиной рассмотренных нами процессов. Проблема геотермальной энергии имеет также огромное значение для физики планет в целом. В будущем, в развитие изложенной концепции ротации, тектогенеза и магнетизма Земли мы предложим новую модель происхождения внутреннего тепла космических тел.

Остались пока без рассмотрения и выявленные Ю.А. Морозовым [18] циклические закономерности тектонических и геомагнитных процессов в подвижных поясах. Предварительно можно отметить, что они обусловлены эволюцией пространственных отношений тела планеты и вихревого привода. Аналогичные процессы обнаруживаются на Солнце в виде циклов активности.

Приложение. Завихренность плоского течения

Важнейшим понятием в динамике жидкости является завихренность, которая представляет собой векторную величину, определяемую как $\zeta=\mathbf{rot}\boldsymbol{v}$. В случае плоского осесимметричного течения имеется лишь z-проекция завихренности

$$\zeta_z = 2\omega_z = \frac{1}{r}\frac{\partial(rv_\varphi)}{\partial r}.$$

При твёрдотельном вращении тела завихренность равна удвоенной угловой скорости, а в сдвиговых течениях жидкости – удвоенной локальной угловой скорости среды $\boldsymbol{\omega}$. Общие сведения о вихревых течениях, встречающихся в природе, можно найти в монографии [2]. Подавляющее большинство сдвиговых течений обладает завихренностью. Исключение составляет лишь (потенциальное) течение с профилем скорости $v_\varphi \sim 1/r$. В вихревых структурах солнечной системы такие течения не представлены.

На рис. 3 в качестве графической иллюстрации к понятию завихренности показаны распределения скорости и завихренности в глобальном вихре солнечной системы (см. [2], рис. 3). Идеализированный профиль тангенциальной скорости в вихре можно представить в виде двух фрагментов: в ядре $v_{\varphi c} \sim r$, в планетной зоне $v_{\varphi p} \sim r^{-1/2}$. Соответственно, завихренность распределена на этих участках следующим образом: ζ_{zc}=const и $\zeta_{zp} \sim r^{-3/2}$. В планетной зоне течения глобального вихря характеризуются незначительной завихренностью. Если бы вращения планет были обусловлены завихренностью течений глобального вихря, то период их вращения составлял бы не менее четырёх периодов обращения, а экваториальные плоскости совпадали бы с плоскостью эклиптики. Данный режим вращения тел в солнечной системе не наблюдается. Подавляющее число тел вращается активнее, причём вектор момента их вращения, как правило, отклонён от вектора $\boldsymbol{\zeta}$, ортогонального эклиптике. Это даёт основания искать локальные причины вращения небесных тел, как это предпринято в работе [19].

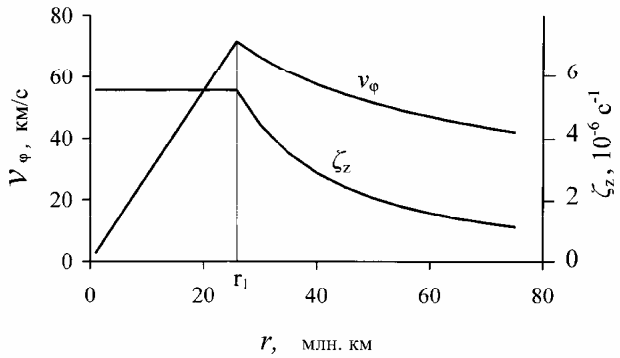


Рис. 3. Распределение завихренности ζ_z в тангенциальных течениях v_φ глобального вихря солнечной системы. В зоне ядра профиль скорости аппроксимирован линейной функцией; r_1 – граница вихревого ядра.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Авраменко Р.Ф., Грачёв Л.П., Николаева В.И.* Экспериментальная проверка дифференциальных законов электромагнитного поля // Будущее открывается квантовым ключом. Ред В.И.Николаева, А.С.Пащина. М.: Химия, 2000. С. 139–159.
2. *Алексеенко С.В., Куйбин П.А., Окулов В.Л.* Введение в теорию концентрированных вихрей. М.–Ижевск: Институт компьютерных иссл-й, 2005. 504 с.
3. *Ангенхейстер Г., Бартельс Ю.* Магнитное поле Земли. М.-Л.: ОНТИ-НКТП СССР, 1936. 120 с.
4. *Атлас океанов.* Северный ледовитый океан. ГУНО–МО СССР, 1980. 185 с.
5. *Буллард Э.* Геомагнитное динамо // Природа твёрдой Земли. М.: Мир, 1975. Ред. Ю. Робертсон. С. 167–179.
6. *Вакье В.* Геомагнетизм в морской геологии. Л.: Недра, 1976. 192 с.
7. *Васильев Б.В.* Откуда у Земли магнитное поле // Природа. 1996. № 6. С. 13–23.
8. *Гордин В.М.* Об интерпретации аномального магнитного поля океанов по Вайну-Мэттьюзу // Спорные аспекты тектоники плит и возможные альтернативы. Ред. В.Н. Шолпо. М.: ОИФЗ РАН, 2002. С. 27–29.
9. *Городницкий А.М., Назарова Е.А., Шишкина Н.А.* О предельной глубине магнитоактивного слоя океанской литосферы // Электромагнитная индукция в Мировом океане. Ч. I. (Ред. М.С. Жданов). М.: Наука, 1990. С. 3–8.
10. *Докторович З.И.* Проблемы применимости теории электромагнетизма и методы их разрешения // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2002. № 4. С. 87–96.
11. *Долицкий А.В.* Глобальные закономерности смещений палеомагнитных полюсов на протяжении 3000 млн. лет. М.: ОИФЗ РАН, 1998. 52 с.
12. *Киселёв В.М.* Неравномерность суточного вращения Земли. Новосибирск: Наука,1980. 160 с.
13. *Клевцов М.И.* Раскрытие тайн мироустройства. М.: ТОО «Петрол-М», 1995. 168 с.
14. *Кэри У.* В поисках закономерностей развития Земли и Вселенной. М.: Мир, 1991. 440 с.
15. *Любимова Е.А., Фирсов Ф.В., Люсова Л.Н.* Некоторые результаты определений теплового потока из земных недр и температура коры // Геотермические исследования и использование тепла Земли. Труды 2-го совещания по геотермич. иссл. в СССР / Ред. Ф.А. Макаренко. М.: Наука, 1966. С. 51–58.

16. *Максвелл Дж.К.* Трактат об электричестве и магнетизме. Т.II. М.: Наука, 1989. 435 с.
17. *Мориц Г., Мюллер А.* Вращение Земли: теория и наблюдения. Киев: Наукова думка, 1992. 512 с.
18. *Морозов Ю.А.* Цикличность кинематических инверсий в подвижных поясах в свете лунно-земных связей // Геотектоника. 2004. № 1. С. 21–50.
19. *Низовцев В.В., Кривицкий В.А*. Вихревые аспекты геодинамики // Настоящий сборник.
20. *Низовцев В.В., Панченко О.В.* Гидромеханическая модель солнечной системы // Геоинформатика. 2003. № 4. С. 54– 58.
21. *Паркинсон У.* Введение в геомагнетизм. М.: Мир, 1986. 528 с.
22. *Парселл Э.* Электричество и магнетизм. М.: Наука, 1975. 439 с.
23. *Почтарёв В.И.* О роли мантии в земном магнетизме // Геомагнитное поле и внутреннее строение Земли / Ред. В.И.Почтарёв. М.: ИЗМИРАН, 1980. С. 21–26.
24. *Пушкарёв Ю.*Д. Мегациклы в эволюции системы кора–мантия. Л.: Наука, 1990. 216 с.
25. *Савчук В.Д.* От теории относительности до классической механики. Дубна: «Феникс+», 2001. 176 с.
26. *Сипко В.Н.* Токовая модель источников главного геомагнитного поля // Геомагнитное поле и внутреннее строение Земли / Ред. В.И.Почтарёв. М.: ИЗМИРАН, 1980. С. 27–32.
27. *Трубятчинский Н.Н.* «Вековой ход» и карты изопор Fisk // Междунар. Балт. геодез. комиссия. Доклады VII конф. Вып. IV. М.–Л.: Горгеонефтеиздат, 1934. С. 10–27.
28. *Трухин В.И., Жиляева В.А., Багина О.Л.* и др. Глобальные закономерности естественного намагничивания горных пород // Взаимодействие в системе литосфера–гидросфера–атмосфера / Ред. Л.Н. Рыкунов, Е.П. Анисимова. М.: Недра, 1996. С. 49–59.
29. *Уиттекер Э.* История теории эфира и электричества. М.-Ижевск: НИЦ «Рег. и хаотич. Динамика», 2001. 510 с.
30. *Уломов В.И.* Вихревая сейсмогеодинамическая модель Земли // Узбекский геол. ж-л. 1983. № 4. С. 16–20.
31. *Чирков А.Г., Агеев А.Н.* О природе эффекта Ааронова-Бома // ЖТФ. 2001. Т. 71. В. 2. С. 16–22.
32. *Шрейдер А.А.* Инверсии магнитного поля Земли и изменения в природной среде // Изв. РАН. Физика Земли. 1994. № 9. С. 97–101.
33. *Blacket P.M.S.* The magnetic field of massive rotating bodies // Nature. 1947. Vol. 159. No. 4046. P. 658–666.
34. *Ehrenberg W., Siday R.E.* The refractive index in electron optics and the principle of dynamics // Proc. Phys. Soc. L. 1949. Vol. B62. P. 8–21.

35. *Jault D., Gire C., Le Mouel J.L.* Westward drift, core motion and exchanges of angular momentum between core and mantle // Lett. Nature. 1988. V. 333. No. 6171. P. 353–356.
36. *Peddie N.V.* Current loop models of the Earth's magnetic field // J. Geophys. Res. 1979. Vol. 84. No. B9. P. 4517–4523.
37. *Schuster A.* A critical examination of the possible causes of terrestrial magnetism // Proc. Phil. Soc. Lond. 1912. V. 24. P. 121–137.
38. *Sirag S.-P.* Gravitational magnetism // Nature. 1979. Vol. 278. P. 535–537.
39. *Steenbeck M., Krause F., Raedler K.-H.* Berechnung der mittleren Lorentz-Feldstaerke VxB fuer ein electrisch leitendes Medium in turbulenter, durch Coriolis-Kraefte beeinfluster Bewegung // Z. Naturforschg, 1966. B. 21 a. S. 369–376.
40. *Thomson W.* Ether, electricity, and ponderable matter // Mathematical and physical papers. Vol. VIII. L.: Cambridge University Press, 1890. P. 484–515.
41. *Tonomura A., Osakabe N., Matsuda Ts. et al.* Evidence for Aharonov-Bohm effect with magnetic field completely shielded from electron wave // Phys. Rev. Lett. 1986. Vol. 56. No. 8. P. 792–795.
42. *Wilde M.* Magnetarium destine a reproduire les phenomenes du magnetisme terrestre et les changements seculaires des composantes horisontales et verticales // C. R. Akad. Sci. Paris. 1897. T. 125. N1. P. 86–87.

Низовцев Владимир Васильевич. С.н.с. факультета почвоведения МГУ им. М.В.Ломоносова, к.ф.-м.н., доцент. Область научных интересов: физика планет, астрофизика солнечной системы.

Бычков Владимир Львович. В.н.с. физического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова, д.ф.-м.н., с.н.с. Область научных интересов: физика плазмы.

УДК 521.15

ПРИНЦИПЫ МЕХАНИКИ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ И ИЗУЧЕНИЕ ЕЕ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ

(исторический обзор проблемы)

М.И. Юркина
ЦНИИГАиК

Аннотация. Описаны два исторически сложившихся подхода к определению изменений ориентации Земли в пространстве. В первом случае силы притяжения Земли со стороны Луны и Солнца приложены к центру масс Земли. Во втором – эти силы, как векторные суммы притяжения всех элементов массы Земли, могут быть приложены к точке, расположенной на некотором расстоянии от ее центра масс. Неуклонно возрастающая точность геодезических (наземных и космических) и астрономических измерений обязывает исследователей на практике использовать второй подход.

Для изучения внутреннего строения Земли используют как изменения широт, так и данные о движении ее полюса. Обработка астрономических наблюдений осложняется необходимостью принимать во внимание изменения ориентировки Земли в пространстве, для чего вводить соответствующие поправки за прецессию и нутацию. Эйлер показал в 1765 г. [19], что в измерениях, проводимых с земной поверхности, нельзя разделить влияния смещений оси вращения в теле Земли и изменений ее ориентировки, так как в общем случае число неизвестных превышает число уравнений. Решение можно найти, если изменения ориентировки Земли определять из решения соответствующей механической задачи. Возможность такого подхода в упрощенном варианте Эйлер показал в 1766 г. [21].

В наше время существует большое несоответствие между точностью выполняемых измерений и упрощенным подходом к решению возникающей механической задачи. Принимают во внимание приливные деформации Земли, но в основе решения механической задачи лежит допущение, что результирующие силы притяжения Земли Луной и Солнцем всегда приложены к центру масс Земли, и возмущающий вращательный момент рассчитывают относительно этой точки. В основе такого расчета лежат сформулированные в труде Аристотеля «О небе» (384–322 до н.э.) представления о центре Земли как центре Мира, к которому стремятся тяжелые тела.

В древности же возникло представление и об атомном строении вещества, которое приводит к другому принципу определения вращения твердых тел. Французский философ, математик и астроном Пьер Гассенди́ (1592–1655) связал понятие об атомах с Эпикуром (341–270 до н.э.),

который рассматривал притяжение – гравитацию как свойство атомов. С этой точки зрения Гассенди в своих «Философских сочинениях» [23] описал движение маятников и морские приливы, отметив, что направление силы притяжения может быть смещено с центра Земли (t. 1, p. 399) . Труды Эпикура дошли до нас через Лукреция (I в. до н.э.) [5].

С течением времени попеременно появляются связанные с вращением Земли работы, основанные или на принципе Аристотеля (центр Мира в центре Земли, к которому притягиваются все тела Вселенной), или на принципе, базирующемся на представлениях атомизма. Открывший прецессию Гиппарх (около 180 (190)–125 до н.э.), конечно, имел в виду центр Земли как центр Мира по Аристотелю.

В 1674 г. опубликована лекция Роберта Гука (Robert Hooke) «Попытка доказать движение Земли наблюдениями» [25]. Сообщение на эту тему им было сделано в цикле лекций по механике, спонсированном сэром Джоном Катлером (Sir John Cutler). В этой работе Гук, по сути, «высказал идею закона всемирного тяготения, предвосхитив этим во многих чертах небесную механику И. Ньютона» [1, с.151]. Система Гука была основана на следующих трех допущениях [25, 2].

1. Все небесные тела притягивают к своим собственным Центрам (…have an attraction or gravitating power towards their own Centers…) не только свои части, не давая им улететь (…keep them from flying…), что мы и наблюдаем, но и другие небесные тела внутри сферы их активности…

2. Все тела, если на них перестают действовать силы, продолжают двигаться по прямой (принцип относительности Галилея), пока не попадут под действие какой-либо силы…

3. Притягивающие силы тем больше, чем ближе тела к их Центрам (…these attractive powers are so much the more powerful in operating, by how much the nearer the body wrought upon is to their own Centers).

В годы, предшествовавшие публикации книги Ньютона «Математические начала натуральной философии» (1687), действия притягивающих сил активно обсуждали Ньютон, Врен, Гук и Галлей, что нашло отражение в упомянутой книге, а именно в «Поучении» у «Предложения IV и Теоремы IV» [11, с. 80]. Из приведенных выдержек из текста Гука следует, что действия сил притяжения он связывал с центром масс.

Обсуждая разные аспекты действия сил притяжения, в частности притяжения объемных тел, Ньютон во всех прижизненных изданиях «Начал», начиная с первого издания в 1687 г., рассматривает притяжения частиц. В разделах XII «О притягательных силах сферических тел» и XIII «О притяжении тел не сферических» Книги I Ньютон говорит о центрах масс после определения векторных сумм притяжения частиц.

Предложение 88, Теорема 45 Раздела XIII Книги I «Начал» [11, с. 268–269] посвящены рассмотрению силы притяжения, возрастающей пропорцинанльно расстоянию до притягивающей частицы. Такие силы

рассматривал еще ал-Хазини в XII в. (подробнее см. [4]). Ньютон доказал, что в этом случае равнодействующая сил притяжения тела и частиц приложена к центру масс притягивающего тела и равна силе притяжения шара, масса которого равна массе тела и центр тяжести которого совпадает с центром тяжести тела. Вариант этого утверждения содержат также Предложение 89 и Теорема 46.

Подобного рассмотрения сил, действующих в соответствии с законом всемирного тяготения, в «Началах» нет, как нет и соответствующего утверждения. Ньютон представлял, что в случае сил, обратно пропорциональных квадратам расстояния, могут быть смещения сил с центров масс небесных тел, сферически не симметричных, таких как Земля.

Обсуждая фигуру Земли в Книге III, Предложении XIX, Задаче III [11, с. 531–537], Ньютон для внешней эквипотенциальной поверхности модели однородной Земли приравнивает экваториальный и полярный «веса» и в результате для сжатия Земли получает: (a–b):a=1:230, где a и b – экваториальный и полярный радиусы соответственно.

Христиан Гюйгенс (Huygens) в работе «О причине тяжести», вышедшей в свет в 1690 г. [26], описал свой расчет земного сжатия α=1:578. При этом он полагал силу притяжения на земной поверхности везде постоянной и всегда направленной к центру Земли (подробнее [13, 30]).

Открывший нутацию земной оси (1737–1748) королевский астроном Джеймс Брадлей (1693–1762) по описанию Риго, приведенному в предисловии к трудам Брадлея [29], получил в 1726 г. в подарок от Ньютона одну из двенадцати изданных на особой бумаге и красиво переплетенных книг «Начал». Но едва ли Брадлей задумывался о трудностях количественного определения вращения Земли как механической задаче, по всей вероятности, он считал, что Земля неизменно вращается строго относительно центра масс.

Правоту Ньютона о силе притяжения небесного тела как результирующей сил притяжения слагающих его частиц – элементов массы и правильность механики Ньютона подтвердили результаты организованной академией наук Франции геодезической экспедиции в Лапландию [27] совместно с измерениями на территории Франции. Экспедиция в Анды, также организованная упомянутой академией, в область, в то время принадлежавшую Испании, а теперь Эквадору, подтвердила этот вывод.

М.В. Ломоносов был последователем Гюйгенса, что нашло свое отражение в его заметках 1743–1744 гг., впервые опубликованных в Полном собрании его сочинений, начавших выходить в свет в 1950 г. В заметке 1748 г., впервые опубликованной в 1951 г., говорится: «Земля притягивает тела одной и той же тяжести с одной и той же силой, если они находятся на одном и том же расстоянии от центра Земли». К 50–60

гг. XVIII в. взгляды Ломоносова несколько изменились. Согласно Росписи, опубликованной в 1955 г., Ломоносов хотел использовать маятники для определения подвижности или неизменности расположения центра, притягивающего тяжелые тела [7, с. 237–251; 8, с. 195–203; 9, с. 812].

Леонард Эйлер был последователем Ньютона. Возможное влияние фигуры небесного тела на его орбитальное движение отмечено Эйлером в статье 1749 г. [17], посвященной взаимным возмущениям в движении планет Юпитера и Сатурна. В 8-м разделе этой работы Эйлер, как об известном факте, заметил, что сфероидальные тела притягиваются с силами, которые, во-первых, могут быть приложены не к их центрам масс и, во-вторых, неточно обратно пропорциональны квадратам расстояний. Сжатие Юпитера наибольшее, и поэтому, прежде всего, отмеченное замечание касается этой планеты. Смещения результирующей внешних сил с центра масс Юпитера должно влиять как на его вращение, так и на нутацию оси.

Другая статья Эйлера 1749 г. [18] посвящена этой же теме. В ней Эйлер пишет о невозможности выразить действующие силы точно в соответствии с законом Ньютона из-за «реального» строения небесных тел, форма которых не имеет сферической симметрии. Результирующие силы в этом случае могут быть не приложены к центрам масс небесных тел. Орбиты не могут быть точными эллипсами, законы Кеплера не могут быть удовлетворены вполне точно, и, следовательно, вращения планет могут быть подвержены возмущениям. В этой связи возникает трудность определения нутации оси вращения Земли из-за полной неопределенности принципов механики, которые должны быть положены в основу. Нужны новые открытия и методы анализа.

Возможность несовпадения центра притяжения (attrahentis centrum) небесного тела, т.е. точки приложения внешней силы, с его центром масс (центром инерции) из-за «несферического» строения тела отмечена Эйлером в работе 1862 г. [22].

В книге 1765 г. [20], в главе 16, посвященной вращению небесных тел, Эйлер снова обратил внимание на возможность несовпадения точки приложения действующих сил с центром масс сферически несимметричного тела, на необходимость совершенствования теории вращения, выразил сомнения в достаточной точности методов, в которых эти обстоятельства не приняты во внимание.

Обсуждая механические идеи Генриха Герца, А. Пуанкаре в 1897 г. поставил вопросы [12, с. 310–333]: «Имеем ли мы право принять гипотезу центральных сил? Строго ли точна эта гипотеза?». И при этом заметил, что закон движения центра тяжести справедлив только в применении ко всей Вселенной, нам известны лишь относительные движения. Пуанкаре не одобрил теорию Герца, поскольку она оставляет слишком большое место чисто гипотетическим представлениям.

Приведенные опасения Эйлера и вопросы Пуанкаре не нашли отклика как у их современников, так и в последующем развитии астрономии и теории вращения небесных тел. Астрономы следуют Аристотелю и Гуку, т.е. считают, что действующие силы всегда направлены к центру масс Земли. И именно при таком предположении рассчитывают поправки за изменение ориентировки Земли в пространстве из-за притяжения Луны и Солнца в современной Международной службе вращения Земли (IERS).

В трудах механиков принцип Ньютона нашел продолжение. Первую, насколько нам известно, численную оценку смещения результирующей силы, связанной с взаимным притяжением Земли и Луны, относительно центра Земли, получил Г. Ламб в 1929 г.: 145 м [6]. Этот результат очень кратко представлен Г. Ламбом в виде ответа на задачу. М.Д. Бондарева подробно описала этот случай и получила оценку для двух моделей Земли в случае влияния Солнца: 32 см [3].

Точку приложения результирующей силы притяжения Миндинг (Minding) в 1838 [28, с. 78] и Гамильтон (Hamilton) в 1866 г. (см. Т.2 книга 3 гл.3 раздел 8 в [24]) предложили определять минимумом возмущающего вращательного момента в направлении результирующей силы притяжения. По оценке М.Д. Бондаревой (1990), эта точка от центра масс Земли из-за влияния Луны и Солнца может быть смещена на величину до 350 м и 90 см, соответственно. Обзор суждений, противоречащих традиционным приемам обработки, выполнен автором в 2004 г. [15].

Принято считать, что все отличия, возникающие при традиционных методах обработки, вызваны случайными ошибками. В получаемых из расчетов как астрономических широт и долгот, так и движений полюса возникают искажения и появляются эффекты, которых на самом деле нет в природе. Так, в исследованиях геофизиков можно встретить выводы о движениях ядра Земли. Представление о таких движениях может вызвать колебание точек приложения равнодействующих сил притяжения в системах Луна–Земля и Солнце–Земля около центра земной массы. Из-за описываемого эффекта также нельзя считать движение Меркурия доказательством теории относительности Эйнштейна. Отклонение точки приложения результирующей силы притяжения в системе Солнце–Меркурий от центра масс Солнца на 1,2 км могло бы объяснить наблюдаемое движение перигелия этой планеты [14].

При учете отклонения точки приложения действующих сил с центра масс Земли должны измениться и оценки приливных явлений на нашей планете. Отклонения точек приложения результирующих сил относительно центра масс вызывают колебания геометрического места минимальных ускорений. Вопрос Эйлера в статье 1765 г. [19] «…qu´est» ce que l'axe de la Terre?» – что такое ось Земли? – пока не имеет ответа. В разложении потенциала притяжения Земли и Луны, Земли и Солнца по сферическим функциям возникают гармоники первой степени. Учет смещений точек приложения действующих сил ведет к уточнению углов

Эйлера, ориентирующих систему координат Земли относительно небесной системы и, следовательно, к уточнению движения ее полюса.

Необходима разработка новых теорий вращения Земли и приливов, что было отмечено М.С. Молоденским [10, с. 3]: «Существенное повышение точности измерений, обеспечиваемое современной техникой, может давать эффект только при использовании столь же точной теории вращения и колебаний Земли. Развитие такой теории является одной из актуальных задач современной науки».

К современным данным о движении полюса, пока не будет уточнен расчет за изменение ориентировки Земли, нужно относиться с осторожностью, как и к выводам о движении ядра Земли. Некоторые дополнительные подробности содержит статья автора 2005 г. [16].

Таким образом, проведенный обзор позволяет сформировать два следующих логических ряда из ученых, занимавшихся изучением проблемы вращения Земли:

1. Аристотель – Гиппарх – Гук – Гюйгенс – Брадлей – Ломоносов – астрономы (Международная служба вращения Земли).

2. Эпикур – Лукреций – Гассендú – Ньютон – Эйлер – Миндинг – Гамильтон – Пуанкаре – Ламб – механики.

Возрастающая точность геодезических методов, на взгляд автора, вынуждает всех исследователей, занимающихся вращением Земли, «примкнуть» ко второму ряду.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Боголюбов А.Н.* Биографический справочник. Математики. Механики. Киев: Наукова думка, 1983 640с.
2. *Боголюбов А.Н.* Роберт Гук. 1635–1703. М.: Наука, 1984. 240 с.
3. *Бондарева М.Д.* Оценка смещения равнодействующих притяжения Солнце–Земля, Луна–Земля с центра масс Земли // Геодезия и картография 1990. № 6. С. 4–8.
4. *Бурша М., Юркина М.И.* Небесномеханические задачи о несферических телах // Геодезия и картография. 1998. № 11. С. 3–7.
5. *Быховский Б.Э.* Гассенди. М.: Мысль, 1974. 203 с.
6. *Ламб Г.* Теоретическая механика. Т. 3. Более сложные вопросы // М.-Л.: Объединенное научно-техническое изд-во НКТП СССР, 1936. 292 с.
7. *Ломоносов М.В.* Заметки о тяжести тел // Полное собрание сочинений. Т. 1. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1950. С. 237–251.
8. *Ломоносов М.В.* О тяжести тел и об извечности первичного движения // Полное собрание сочинений. Т. 2. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1951. С. 195–203.
9. *Ломоносов М.В.* Роспись сочинениям и другим трудам советника Ломоносова, составлена в 1764 г. // Полное собрание сочинений. Т. 4. М.- Л.: Изд-во АН СССР, 1955. С. 812.

10. Молоденский М.С. Общая теория упругих колебаний Земли. М.: Недра, 1989. 80 с. Избранные труды. М.: Наука, 2001. С. 506–566.
11. *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии / Пер. с лат. А.Н. Крылова. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1936. 696 с.
12. *Пуанкаре А.* Идеи Герца в механике // «Принципы механики, изложенные в новой связи». М.: Изд-во АН СССР, 1959. С. 310–333.
13. *Юркина М.И.* К истории теории потенциала в связи с теорией фигуры Земли. Вклад Леонарда Эйлера // Историко-астрономические исследования. М.: Наука, 1987. С.103–122.
14. *Юркина М.И.* Эффект Эйлера и небесномеханические выводы // Проблемы пространства, времени, движения. Труды 4-ой Международной конференции. 23–29.09.1996 СПб. ОАО «СПб-Технология». СПб: РАН, 1997. С. 146–153.
15. *Юркина М.И.* Обзор суждений, противоречащих принятому допущению о независимости орбитального и вращательного движений сферически несимметричных небесных тел // Физическая геодезия. Научно-технический сборник по геодезии, аэрокосмическим съемкам и картографии. М.: ЦНИИГАиК, 2004. С. 52–80.
16. *Юркина М.И.* Пуанкаре и геодезия // Пуанкаре и проблемы нелинейной механики. Материалы докладов Международной конференции «Четвертые Окуневские чтения». Т. 3. 22–25.06.2004. СПб, Россия. СПб: Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д.Ф.Устинова, 2005. С. 145–150.
17. *Euler L.* Recherches sur le mouvement des corps célestes en general // Opera omnia. Ser. 2. V. 25. Turici, 1960. P. 1–44.
18. *Euler L.* Recherches sur la question des inégalités du mouvement de Saturne et de Jupiter // Opera omnia. Ser. 2. V. 25. Turici, 1960. P. 45–157.
19. *Euler L.* Remarques générales sur le mouvement diurne des planets // Opera omnia. Ser. 2. V. 29. Turici, 1961. P. 199–219.
20. *Euler L.* Theoria motus corporum solidorum seu rigidorum // Opera omnia. Ser. 2. V. 3. 1948, XXII+327 pp., V.4, 1950, 359 p. Orell Füssli Turici.
21. *Euler L.* Recherches sur le mouvement de rotation des coups célestes // Opera omnia. Ser. 2. V. 29. Turici. 1961. P. 220–256.
22. Euler E. Astronomia mechanica // Opera postuma, mathematica et physica anno 1844 detecta. Tomus alter. Petropoli: 1862. P. 175–316.
23. *Gassendi P.* Syntagmatis philosophic. Opera omnia. Lugduni: L. Anisson et J.B. Devenet, 1658. T.1, 752 p.; T.2, 860 p.
24. *Hamilton W.R.* Elements of quaternions / Third edition. V. 2. Chelsea: Publishing Company. 1969. 502+LIV p.
25. *Hooke R.* An attempt to prove the motion of the Earth from observation. London: 1674. Early science in Oxford. V. 8. The Cutler lections of Robert Hooke. Oxford: 1931. P. 1–28.
26. *Huygens Chr*. Discours de la cause de la pesanteur. Œeuvres complete t.21 La Haye. V. Nijhoff. 1944. P. 443–488.

27. *Maupertuis P.L.M.* La figure de la Terre déterminée par les observations au cercle polaire. Amsterdam: J. Catuffée.1738. 216 p.
28. *Minding F.* Handbuch der theoretischen Mechanik. Berlin: F. Dümmler. 1838. 348 S.
29. *Rigaud S.P.* Preface. In: Bradley´s Miscellaneous works and correspondence. Oxford: At the University press. 1832. CVIII 528 p.
30. *Yurkina M.I.* Sur I´histoire de la notion du potential // Bulletin géodésique. 1985. V. 59. №2. P. 150–166.

Юркина Мария Ивановна – д. т. н., с. н. с., консультант ЦНИИ геодезии аэросъемки и картографии. *Область научных интересов*: теории фигуры и вращения Земли.

THE CORKSCREW THEORY – A NEW MECHANISM OF THE SOLID EARTH GEODYNAMICS

R. Gurov, B. Ranguelov
New Bulgarian University, Sofia, Bulgaria

The Earth is moving nonstop!

Summary: Over the last years several new concepts about the earth's geodynamics have been suggested. To make even a short review is a difficult task. The last recent summary of the rotational concepts is presented shortly in the monograph VORTEX-RELATED EVENTS OF THE GEOLOGICAL PROCESSES (Ed. A.Vikulin, 2004). In our recent presentation the aim is to suggest the general ideas about a new concept concerning the solid earth's geodynamics dominated by turbulence movements called «corkscrew theory». We believe that every theory can generate many different hypotheses targeted to many different aspects of the theory's applications. The creation of the corkscrew theory was provoked by many new, modern and recently published data on the global observations including NASA's GPS data, satellite gravimetry mapping, last models of the Earth's plates, etc.

ТЕОРИЯ ШТОПОРА – НОВЫЙ МЕХАНИЗМ ГЕОДИНАМИКИ ТВЕРДОЙ ЗЕМЛИ

Р. Гюров, Б. Рангелов
Новый болгарский Университет, София, Болгария

Земля двигается без остановок!

Аннотация. В последние годы появилось несколько новых концепций геодинамики Земли. Представляется трудной задачей сделать даже их краткий обзор. Последнее недавнее обобщение связанных со вращением концепций коротко представлено в монографии «Вихри в геологических процессах» (Ред. А.В. Викулин, 2004). В настоящей работе предлагается новая концепция геодинамики твердой Земли, получившей название «теории тирбушона» («теории штопора»), в основе которой заложены представления о турбулентных движениях. Мы полагаем, что каждая теория может генерировать множество гипотез, отражающих ее различные аспекты. Появление теории штопора было стимулировано многими новыми современными данными глобальных наблюдений, включая данные GPS НАСА, спутникового гравиметрического картирования, последних моделей плит Земли и т.д.

The main fundamental concept

The main fundamental concept is based on the assumption that rotational turbulence movements are the main elements of the global geodynamic

structures developed on the solid Earth surface and in the Earth's interior during Earth's history. They are called «corkings» and have different sizes, forms and velocities of the movements, consist of different branches with different vertical and horizontal displacements. Some of them are more active, some are calmer, but both have their expressions in the different geodynamic structures observed on the Earth's surface. This is a fully mobilistic concept.

The direct analogy with the atmospheric turbulences and ocean flows is obvious and accepted by us – cyclones and anticyclones create spiraling forms observed on the meteorological satellite images. They look very similar to the forms, sizes, branches, space positions, etc., of the corkings. The atmospheric turbulences are developed in the atmosphere, the ocean flows in the hydrosphere, while according our concept the corkings are developed in the lithosphere and in the deep Earth's interior.

The main differences are the medium where the turbulences originate and developed, (appearing and disappearing) and the velocities of the movements. The corkings and/or of the different branches of the corkings themselves and the atmospheric turbulences, (respectively the ocean flows) are similar in their shape and forms.

The substances where these structures are created and developed are different. For the meteorological events this is the atmosphere, for the ocean flows – the hydrosphere, for the corkings – the solid Earth and the deep earth's interior. The corkings have the same properties as the atmospheric (ocean) turbulences – strongly expressed nonlinearity in their behavior.

They appear and disappear spontaneously in time. After being formed they have relatively stable development in the time domain to the moment they are destroyed or disappear. Corkings could penetrate deeper in the Earth's interior, or have shallower influence. Thus, in general the similarities between atmospheric (ocean) turbulences and the corkings are the shape, branching structure, different forms and sizes.

The main differences are the substances they exist in, the velocity of the movements of the masses and the possibilities of axial position (usually the atmospheric turbulences have vertical or sub-vertical space position, but the ocean flows are more complicated having as well as relatively great horizontal components.). Corkings due to the very high viscosity of the substance where they exist in may have not only the vertical, but even horizontal and/or sub-horizontal position.

The probable main energy source (driving mechanism) of the movements and the generation of the corkings is the Earth's core, its perturbations and/or movements, balancing the stability and the space position of the Earth and acting as source of the different turbulences in the «solid» Earth. Many of the structures observed now on the Erath's surface could be the recent corkings, their branches and/or relicts of the existing earlier corkings.

If this concept is accepted many existing and newly observed facts can get easy and reasonable explanations.

Some important evidences

There are a lot of observational facts, phenomena and data, which can easily be explained by the suggested hypothesis. We are referring only to few most impressive:

1. Seismic evidences

A) Intraplate earthquakes

A great number of high magnitude events are located in the mid plate areas. For example the earthquakes in New Madrid – Missouri of 1811–1812 created great macroseismic fields which covered almost the entire North American continent. It has been mentioned many times (IHEES, 2002) that there is nor very clear explanation given by the plate tectonics about the occurrence of such strong events in the interior of the big continental plates. The acceptance of the main postulates of the corkscrew theory can easily explain such facts. If the entire North American corking rotates contra clockwise the generated stresses can produce such events, due to the differences of velocities of the different branches of the corking. Many similar events have been observed as well as in Mongolia, the NE of the North America, etc.

B) Local intermediate foci of intraplate earthquakes

There are some other non-specific earthquake sources like Vrancea (Carpathians), Hindukush, etc., which produce intermediate earthquakes located in the stable continental plates, but far from subduction zones, which usually generate such events. These specific areas frequently produce very strong seismic events at depths ranging between 100 to 300 kilometers. All attempts, up to now, to explain these events by the classical plate tectonic mechanisms have failed. Our interpretation is related with the influence of the local intensively acting corkings, which penetrate deep in the upper mantle. (Vikulin, 2003).

C) The earthquake rotating mechanisms.

Due to the classic plate tectonics, the transform faults have dominant strike-slip mechanisms of earthquakes, the subduction zones – normal and thrust faulting mechanisms, etc. (Guo, 1988). There is no single case of the typical transform faults where the only strike-slip earthquakes occur (Takeo and Ito, 1997). Different types of earthquakes mechanisms and stress axes rotations have been observed to the transform faults as well as attributed to the subduction zones (Stein and Klosko, 2002). They are very often of mixed character (Vannucci et al., 2004). The existence of the «dashed» (interrupted) extensional zones near the convergent «plate» boundaries, are another examples, which creates difficulties to explain such a behavior (Nur et al, 1986). The models explaining the relations between transform faults, ridges, subduction zones always need rotational component, even in the classic plate tectonics – Fig.1 .

This topic is investigated and discussed deeper separately later on as a special case of the Aegean arc system.

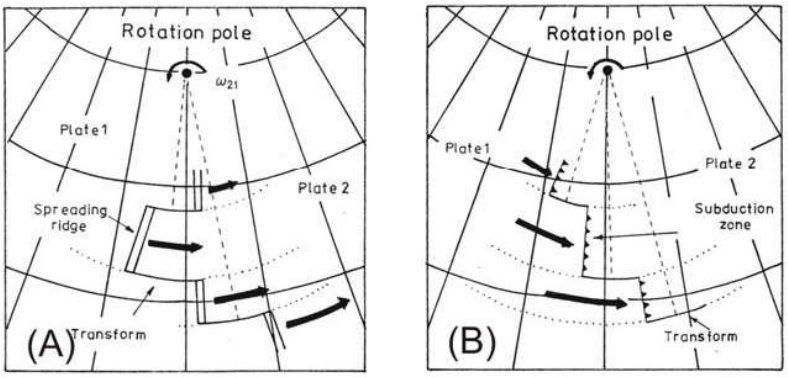


Fig. 1. Rotational components necessary to explain the main elements and their relations introduced in the plate tectonics – a) and b) (according IHEES, 2002)

D) Occurrence of the small earthquakes (M<5.0) almost everywhere in clusters or by diffusive origin not only near the continental margins, but almost on the whole Earth. There are a great number of cases where the clusters or more diffusive located earthquakes occurred far from the plate boundaries and/or transform faults and rift zones. The acceptance of the corkscrew postulates can easily to explain the existence of such seismicity due to the activation of the different branches of the corkings.

2. Some general geology evidences

A) Thick sediments.

The existence of very thick alternating sediments (sometimes horizontal, sometimes vertical even overhelmed) cannot be explained by the plate tectonics without special, sometimes rather artificial assumptions. These sediments are the main collectors of oil and gas, but sometimes contain these carbon masses, sometimes – not. The corkscrew theory can explain the existence of the thick alternating layers (with or without petrol), produced by the uplift and downward moving masses due to the horizontal (or sub-horizontal) corkings acting actively in the past geological ages.

B) Hot spots

The hot spots (their positions and development) have always been considered as the most difficult phenomena to explain by the plate tectonics theory (Uyeda, 1980). Many reconstructions need rotational movements to explain the time-space development of the hot spots. We assume that the hot spots are locally developed small corkings and resemble small corkings (called

solid Earth's tornadoes). There are several examples of the depth distribution of the magma chambers studied rather well. The most impressive one is presented on fig.3 (IHEES., 2002-Hawaii). It shows that the magma chamber is located not exactly under the caldera, but has a more or less spiral distribution in depth. Usually the spirally floating areas over the hot spots with the highest speed movements among other geodynamic processes show the specific behavior of the space-time development of the volcanoes related to the hot spots – Hawaii, Canaries, Capo Verde, Mauritius and Reunion islands, etc. Probably all other hot spots have the similar behavior and development. All successful reconstructions of the hot spot movements and the plate movements need spiral rotational models (fig. 2.)

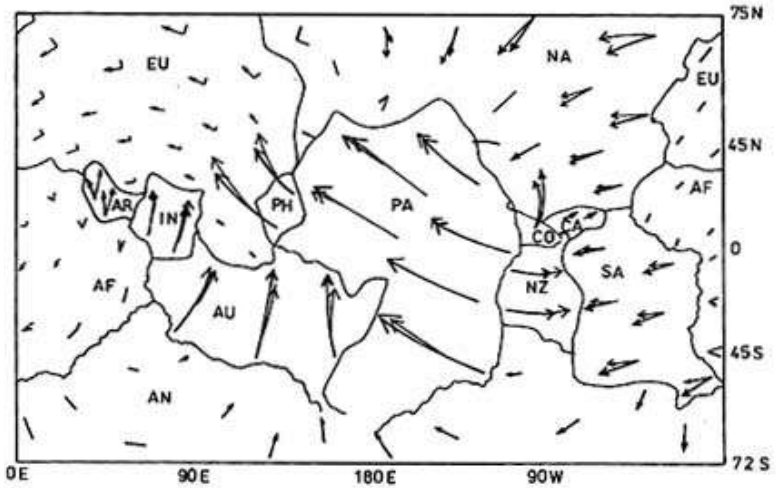


Fig. 2. Reconstruction of the plate movements according the hot spots space-time development according IHEES, 2002.

C) Locations of the ultra basic rocks

The existence of the most expressive geology evidences from the deepest part of the earth crust (and upper mantle) is due to the kimberlites and ultra basic rocks. Many examples of the diamonds findings not related directly to the kimberlites (India, Canada, South America) could be easily explained, if the vertical (even subhorizontal) movements of the corkings might be accepted. Some researchers suggested much earlier such explanation about the ultramafic rocks in Kamchatka for example. (Anosov et al, 2004.).

D) The polar relief changes

The North Pole relief is deep, probably due to the inward corking. The South Pole has mountainous relief, probably due to the uplift masses. These facts have been recognized by the Russian specialists (Алискеров А., 2004) some years ago.

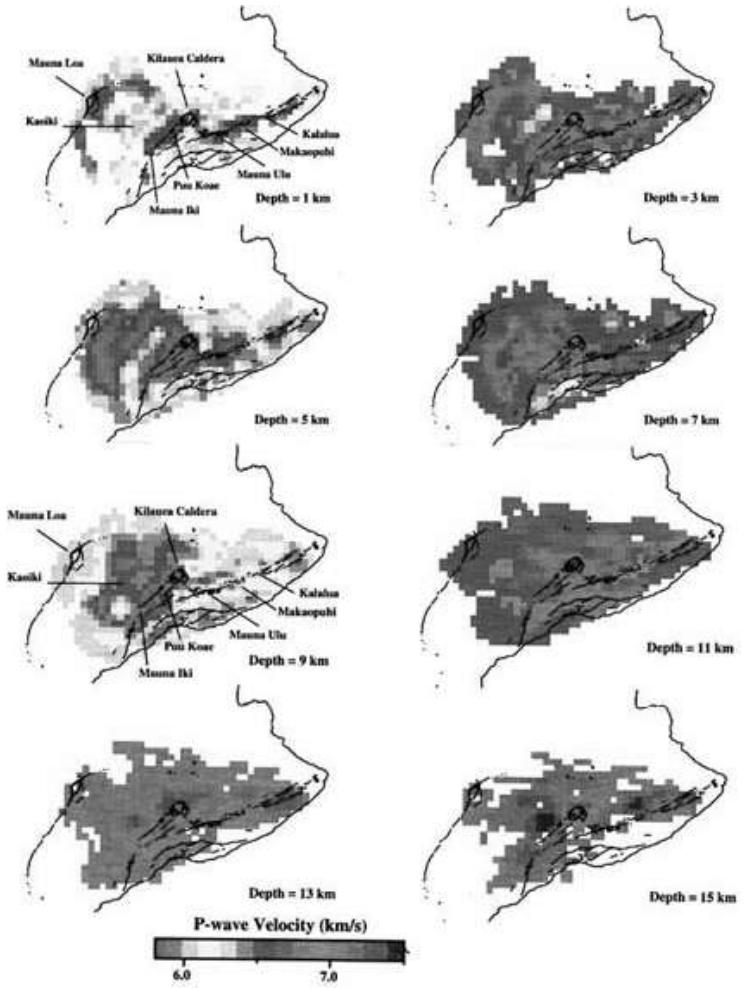


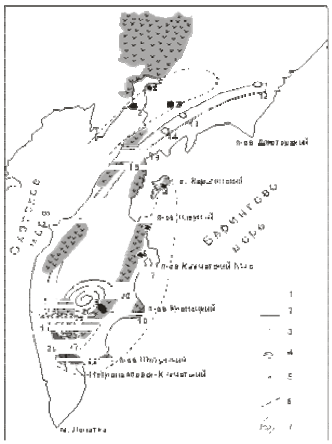
Fig. 3. The P waves velocity changes under the volcanoes in Hawaii. (according IHEES, 2002)

3. Deep interior evidences:

A) Plume tectonics

During the last years the concept of the so called «plume tectonics» has attempted to explain the driving mechanisms of the plate movements. The plume tectonics is based on the assumption that the cold material (considered in

general as colder continental crust located mainly in Eurasia) and going down (as colder substance) and hot material – rising up from the Earth's interior – mainly in the area of Atlantic rift zone (which is considered penetrating down to the outer core.) (fig.5.).



The modeling shows very slow convection, thus making it difficult to explain the faster radial movements and the separation of the cold and hot Erath substance. The corkscrew allows easier explanation about the radial movements, which are easier and much faster due to the spiral movements. It is much probable to accept the main influence of the core to the energy transfer processes than to limit it only into the astenosphere.

B) Recent gravity data

The published gravity field of the globe based of the most recent satellite measurements shows very complicated and picturesque view. The distribution of the positive and negative gravity anomalies almost never coincide with the plates and plate boundaries. Our interpretation is that the gravity anomalies are responsible about the depth corkings development and penetration.

C) Deep Earth's anisotropy

The deep anisotropy established by the methods of the splitting of the different types of S waves shows the high and irregular anisotropy of the shallow and deeper Earth's interior. Sometimes this anisotropy strongly supports the plate tectonics evidences – subduction zones, earth crust development, etc. But frequently – many observed anisotropy anomalies are not easy explainable. Sometimes many artificial assumptions have been made to explain them. The corkscrew theory can easily explain these anomalies by retaining them to the corkings development.

D) The horizontal inhomogenities

The horizontal inhomogenities also show (in our interpretation) the behavior of the deep penetrating turbulences, as well as their spatial development in the Earth's interior. The data obtained by seismic tomography show large variations of the physical properties of the deep planetary interior. The acceptance of the existence of the corkings easy can explain their spatial position. (Fig.6.)

4. GPS measurements – horizontal, vertical displacements:

This is the most powerful evidence supporting the suggested corkscrew theory. The last high density satellite GPS 3D measurements support strongly the existence of the so called corkings. The rotational and other types of turbulences are clearly visible on the published NASA maps – Fig.7.

The world observational GPS points show different velocities and directions of the horizontal and vertical displacements. For example the clear corking is visible around the Mexico bay. More detailed measurements of the Crustal Movement Observation Network in China (Wanayo, 2005) show very clearly the continental masses movements and splitting near the Tibet plateau. The Australia different velocities and directions come also in support of this assumption. In more detailed observed areas the clearer views are visible. The Japanese land geodesy measurements in late 60-ies early 70-ies show perfect picture of local rotational movements. The Aegean Zone expressed also very

clear regional corking with big rotational branches and different velocities (Jakson, 2002). The San Andeas fault and its vicinities show different velocities and several branches can be outlined (IHEES, 2002). The most complicated structure in the world consisting of several acting and interacting corkings is located between Asia and Australia. Another impressive fact shows relatively high, but different GPS vertical velocities in the North American continent, which could be easy explained by the corkscrew theory. All these examples are pretty much supporting the theory as a new and more sophisticated approach to the plate tectonics.

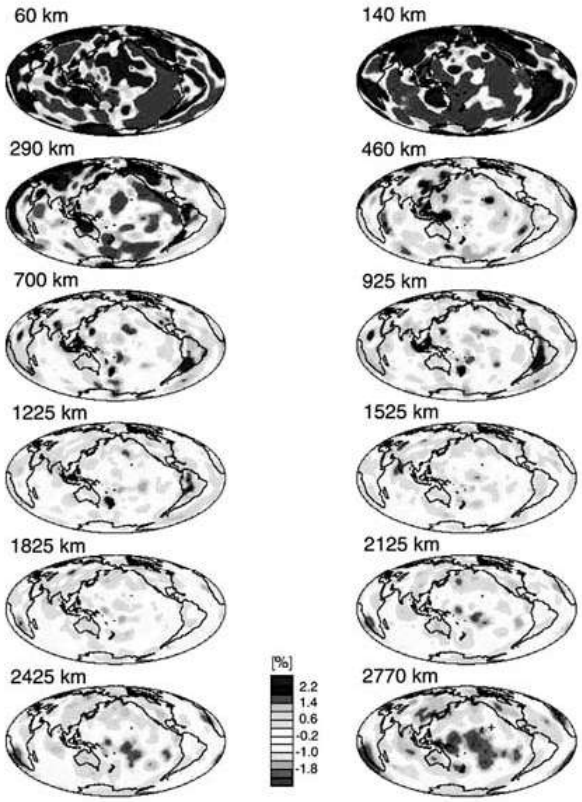


Fig. 6. Lateral inhomogenities in the deep Earth' interior inferred from seismic data (according IHEES, 2003)

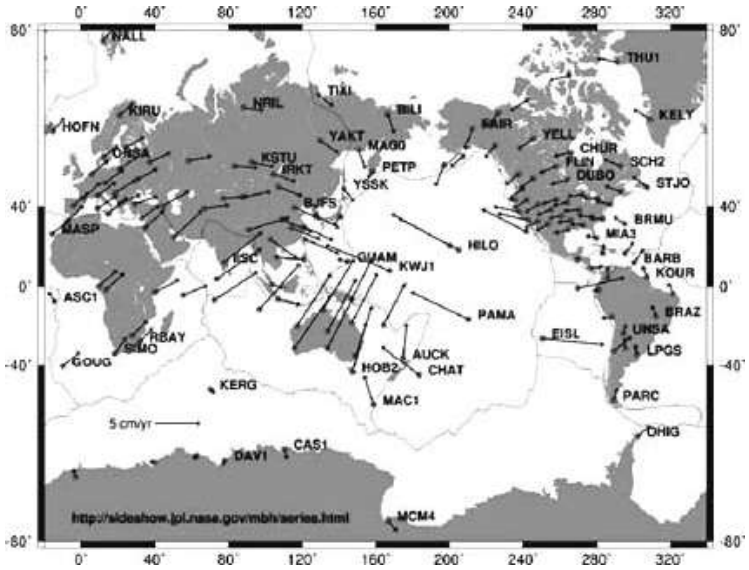


Fig. 7. The average velocities measured by GPS satellites (NASA's web-site: http://sideshow.jpl.nasa.gov/mbh/series.html).

One deeper investigated example:

Aegean corking

The specific behaviour of the Aegean area has been investigated. The specificity of this area is dominated by several factors:

-the sharp curve outline the «subduction» zone to the South;

-a practically aseismic zone exist to the inner (northern) part of the subduction zone;

-not very active volcanic activity on one side and very high seismic activity on the other, reaching depths to 200 km.;

-existence of zones of extensional geodynamic regime to the North of the «subducted» zone;

-existence of the clearly expressed transform fault (North Anatolian) with high velocity of displacements measured by GPS – up to 25 mm/y;

-clear normal faults generated by the earthquakes in the extensional regions and clear strike-slip faults connected with the North-Anatolian fault earthquakes;

-Clear expressed branching of the North Anatolian zone with clear expressed rotational movements on them.

All these peculiarities focused our attention and investigating the observed phenomena we suggested a common model trying to explain all observed facts on this very interesting geodynamic zone of the Aegean Sea.

North Aegean Sea Geodynamic Model (NASGM)

The North Aegean Sea geodynamic model considers the geodynamic peculiarities to the North of the East branches of the North Anatolian Fault system. It is characterized by the dominant influence of the North Anatolian recent rotational movements established in a very reliable way by GPS measurements. The direction of these movements is to the Southwest and the amplitude of about 20–25 mm/y. Due to these relatively fast movements the surface block elements of the earth crust are moving to the same direction. As a result, the openings (clearly expressed grabens fulfilled in by the rivers following southward – such as Srtimon, Mestos, Vardar and Maritza), show clear extension to the North-South direction. The grabens started their recent development during the Neogene, so their position and shape have a relatively long lasted formation during the geological times. The recent GPS measurements northward of the main branches of the North Anatolian fault zone show relatively small amplitudes – up to 2 mm/y. The «dragging» effect of the North Anatolian Fault turbulence movements is presented by the surface relief expressions of the asymmetrical opening of the grabens. The direction is to the west. The «three fingers» location of the smaller peninsulas of the Halkidiki peninsula is due to the same effect. All other riverbeds located between Vardar and Maritza riverbeds show similar behavior. The seismic regime (as a resent expression of the stress distribution and the redistribution) is very active there. Several large destructive earthquakes occurred during the last century (Papazachos, 1973):

1902 – an earthquake NE of Tessaloniki (M~6.6).

1904 – two very strong earthquakes (M=7.2 and 7.8) near Kresna village.

1931 – Valandovo earthquake – M= 6.7.

1963 – Skopje earthquake M=6.1.

1978 – Tessaloniki earthquake M=6.4.

Most of the strong earthquakes show normal faulting (Ritsema, 1974, Vannucci, 2004) expressed as well on the surface coseismic cracking with vertical movements from tens of centimeters (Tessaloniki earthquake, 1978) up to meters (Kresna-Kroupnik earthquakes, 1904). We interpreted this (Dimitrova and Ranguelov, 2002) as an important influence of the north branches of the faster turbulence of the main regional corking developed all over the Balkan Peninsula. The geodynamic regime presented is dominant for this area and thus being the main reason for the formation of the recent, so called Balkan-Aegean Graben System (BAGS).

South Aegean Arc Zone Model (SAAZM)

The «subduction» zone dominates this model to the south, and signals the collision of the Northeast part of the African plate to the Southeast part of the European plate. The total length of the zone is about 1 500 km. The zone has a big sharp curve trajectory expressed most clearly near the region of Crete Island. Many authors indicate the Benioff zone here (Caputo, 1970; McKenzie, 1972; Papazachos, 1966; etc.), dipping to the north in average with 35 degrees due to the presence of the intermediate earthquakes going down to the depths of 100–160–200 km. Some previous investigations (Ranguelov, 1987) accepted different segments of the subducted crust. They show the depth penetration of these segments of the zone as well as the most significant areas of the bigger seismic energy emission (Ranguelov and Gospodinov, 1982). By using simple geometric calculations the dip angels of the four different subducted plaques of the Earth crust are calculated and presented in the Table 1 below.

Table1:

Dimensions	No of plaques			
	I	II	III	IV
Length [km]	135	200	160	320
Depth [km]	160	130	100	160
Deep angle [°]	52	33	32	26

It's interesting to note that the recent volcanism is located to the north of the subducted part and outlines the area of the volcanic islands – Cyclades and Sporades (Artemjev, 1987). A zone of lower seismicity exists near to the north, which often is connected by different authors with a «mantle dome» of a low velocity astenosphere. The bottom relief shows clear evidences of typical presented subduction zones. Using the previous knowledge (Ranguelov, 1987; Ranguelov and Gospodinov, 1982; Artemjev, 1987) and the recent image of the subducted zone, a model of the locations of the Earth's crust elements and the forces acting on them is constructed. The whole Aegean zone is a seismically active region due to the stress distribution and redistribution. The zones of extension follow the classical presence of a subduction zone with compression regime to the north. The volcanism is expressed to the frontal part of the zone, thus making this area a typical case. The location to the north of the North Anatolian transform fault makes the situation more complicated, which is indicated by some questionable zones of unclear geodynamic regime. They are indicated by «?». Our interpretation according to the corkscrew theory needs to suggest that the Erath's crust there is going down by a funnel form (shape) – which is typical of the suggested corkings with their turbulent deep rotational and relatively fast movements. This is the only (in our view) possible explanation for the sharp curve of the subducted crust. The low seismicity to

the north of the volcanic arc also supports the deep turbulence. In our view here the axis of the corking is located.

General integrated scheme of the Aegean

Combining both – North Aegean Sea model (NASGM) and South Aegean arc model (SAAZM), an integrated geodynamic scheme has been constructed – Fig. 8. This is the typical regional corking in our view. It explains the existence of the complicated extensional-compression zones located on mosaic and irregular way. The sharp curve of the subducted part and the low seismicity zone also supports this view. The main «actors» of this geodynamic «drama» are the rotating branches of the North Anatolian Transform fault and the Aegean «subducted» zone.

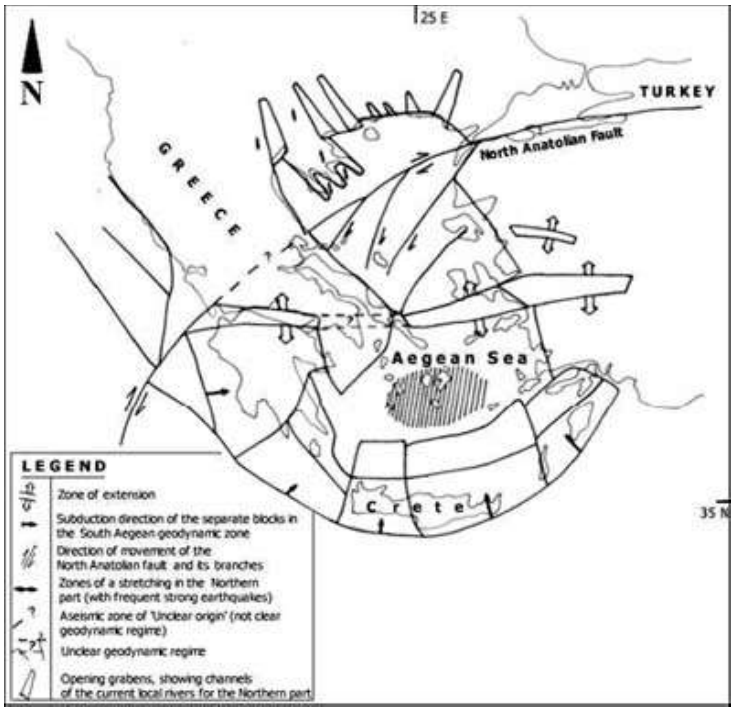


Fig. 8. General Integrated scheme of the Aegean corking.

The simultaneous action of the turbulent rotating branches of the big tectonic units leads to a clear geodynamic picture of the region. Areas of extension follow areas of clear compression. Transform (strake-slip), normal

and complicated faulting are often observed. The main expression of the recent activity of these structural units are: many strong and smaller earthquakes (with a lot of variety of the earthquake mechanisms), sometimes generating tsunamis, submarine and surface landslides and rockfalls, recent volcanism and the fast relief vertical and horizontal changes due to the rotational Earth forces.

The comparison between our suggested geodynamic model and this one created by the P.Bird (Bird, 2003) methodology, shows absolute similarity in the movements and the main units under investigations and their development in space-time domain – Fig.9.

The differences could be only attributed to the mechanism explaining the observed features. The plate tectonics introduced microplates and «so called orogens (dashed)». The corkscrew theory introduces only the turbulence branches with different velocities. These clearly visible different velocities of the different branches of the corking are very well expressed on the right side of the figure (i.e. Africa (AF), Arabia (AR), Eurasia (EU) and Anatolia (AT) «different» plates), as well as on the NASA's GPS published data (web: http://sideshow.jpl.nasa.gov/mbh/series.html)

Results for the Aegean corking

The suggested geodynamic model of one regional well outlined «corking» with differential rotational branches, clear outlined axis and volcanic activity, reflects almost all observed phenomena in the Aegean region. The complicated structure of the inner parts of the Aegean «subduction» zone is reflected by different zones with different orientation and different (extensional, compression and transform) geodynamic regimes. The location of the fault structures, observed seismicity (with its spatial and temporal specific behaviour) and the surface and deep earth crust movements (all of them detected by the GPS measurements) gives an image about the complicated geodynamics of this very specific boundary zone between European and African plates. The observed volcanism is also an expression of the recent geodynamic activity and located in the «focus» of the corking.

The analogy between the theories

According to the late plate tectonic model, (Bird, 2003) «14 large plates whose motion was described by the NUVEL-1A poles (Africa, Antarctica, Arabia, Australia, Caribbean, Cocos, Eurasia, India, Juan de Fuca, Nazca, North America, Pacific, Philippine Sea, South America), model **PB2002** includes 38 small plates (Okhotsk, Amur, Yangtze, Okinawa, Sunda, Burma, Molucca Sea, Banda Sea, Timor, Birds Head, Maoke, Caroline, Mariana, North Bismarck, Manus, South Bismarck, Solomon Sea, Woodlark, New Hebrides, Conway Reef, Balmoral Reef, Futuna, Niuafo'ou, Tonga, Kermadec, Rivera,

Galapagos, Easter, Juan Fernandez, Panama, North Andes, Altiplano, Shetland, Scotia, Sandwich, Aegean Sea, Anatolia, Somalia), for **a total of 52 plates**. **No**

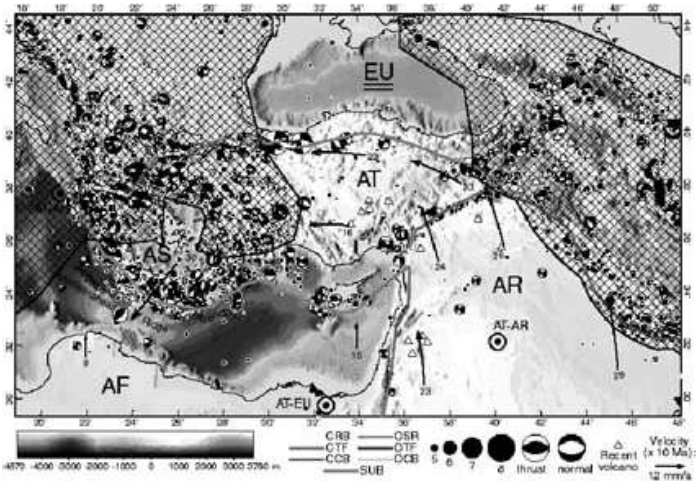


Fig. 9. Boundaries (heavy colored lines) of the Aegean Sea (AS) and Anatolia (AT) plates, which are surrounded by the Africa (AF), Arabia (AR), and Eurasia (EU) plates. The two cross-hatched regions are the Alps and Persia-Tibet-Burma orogens in the west and east, respectively. (according Bird, 2003).

attempt is made to divide the Alps-Persia-Tibet mountain belt, the Philippine Islands, the Peruvian Andes, the Sierras Pampeanas, or the California-Nevada zone of dextral transtension into plates; instead, they are designated as «orogens» in which this plate model is not expected to be accurate. The cumulative-number/area distribution for this model follows a power law for plates with areas between 0.002 and 1 steradian – Fig. 10. **Departure from this scaling at the small-plate end suggests that future work is very likely to define more very small plates within the orogens**. The model is presented in four digital files: a set of plate boundary segments; a set of plate outlines; a set of outlines of the orogens; and a table of characteristics of each digitization step along plate boundaries, including estimated relative velocity vector and classification into one of 7 types (continental convergence zone, continental transform fault, continental rift, oceanic spreading ridge, oceanic transform fault, oceanic convergent boundary, subduction zone). Total length, mean velocity, and total rate of area production/destruction are computed for each class; the global rate of area production and destruction is 0.108 m^2/s, which is higher than in previous models because of the incorporation of back-arc spreading.» On the other hand it is visible that the larger plates are located in the oceans. May be this is due to the insufficient

information about the tectonics of the ocean bottoms, where the information is much more limited then on the land and the assumptions about the local microplates are not yet necessary. But the great number of plates, the «orogens», where «this plate model is not expected to be accurate» and many others and new observational facts show that probably a new approach is necessary. The corkscrew theory easily avoids all mention controversial facts and gives much more reasonable explanations to the observations.

Many similar to picture 9 figures are presented in more details in the same paper (Bird, 2003), by the same explanations and using the same methodology and models. All of them have peculiarities, which could be explained easy by the corkscrew theory. According to the corcskrew theory, there are no needs to accept the existence of so many plates, sub-plates and microplates. If the suggested model of the corkscrew theory is accepted, all observed difficulties to explain the space position of the observed tectonic units, could be avoided without accepting all smaller plates, but just accepting the hypothesis that these units are relicts of former or recent corkings.

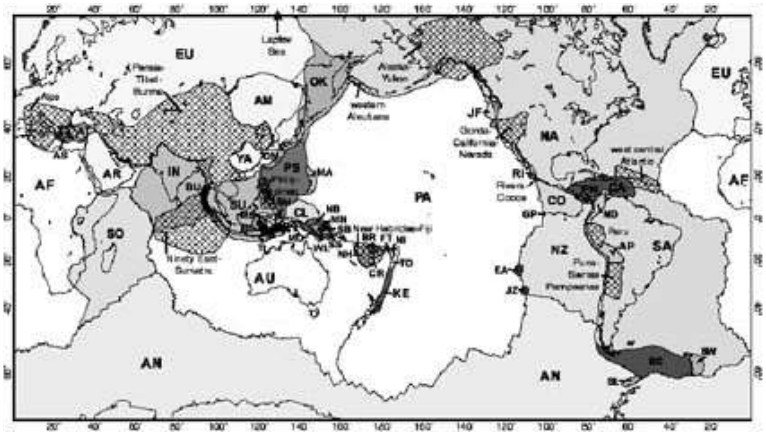


Fig. 10. The 52 plates of model PB2002 are shown with contrasting colours. Two-letter plate identifiers are shown. The 13 cross-hatched areas are «orogens» in which an Eulerian plate model is not expected to be accurate. Labels of small plates and orogens are offset (with leader lines) for clarity. Mercator projection. (according Bird, 2003)

Some examples of the main corkings recognized up to now

They are as follows – Fig. 11.:

Global: South and North Pacific, South and North Atlantic, Indian Ocean, Australia, East and West Asia, Arctic and Antarctic areas.

Regional: Aegean Area, Mexico gulf, Red Sea and Aden gulf, Iceland, , Caribbean, Weddell Sea

Local: Mesina straight, South Spain, Vrancea, Hindukush, Bolivia intermediate seismic zones

Hot spots: Hawaii, West Africa Coast Isl., Canary Isl., Capo Verde Isl, Mauritius and Reunion.

It is important to mention that these are just preliminary pattern recognitions of some most expressive examples. Our main goal is not to develop in details the all possible ways of views, ideas or definite examples. We just try to summarize the existing up to now observations, interpretations and newly developed concepts. We just try to underline bolter that up to now nobody is considering the turbulence theory to the global geodynamics using it as a more common confirmation of the recent geodynamics. A lot of data, information and observations confirmed the corkscrew theory. If we are right or not – the time will assess this. This is just an attempt to focus the attention of the world geodynamic community to look more careful to our concept.

Fig. 11. World Map presenting recognized local, regional (rectangles) and global corkings (yellow dots boundaries). Hot spots are located by ellipses and violet color.

The comparison of the recent paper of P.Bird (2003) and possible corkings show great similarity to the observations. The only difference is the mechanism trying to explain why these observations exist. In our view the corkscrew theory is a simpler and easier way to explain the observations – especially the GPS measurements, gravity field anomalies, etc.

A comparative table

A comparative table between both theories has been created: (Easy and not so easy explainable phenomena by both)

Phenomenon/Theory	Plate tectonics	Corkscrew theory
Type of the main movements	Horizontal and radial (?)(2D)	Horizontal and radial (3D)
Dominant driving forces	Mantle turbulence cells	Rotational turbulences generated by the core
Main structures	Plates	Corkings
Forms (shapes of the main structures)	Not regular (polygonal rectangular?)	Not regular (rotational turbulences and parts of them)
Sizes	Plates (microplates)	Global, regional, local
Existence of orogenes	Not easy to explain	Easy to explain
Poles perturbations and magnetic anomalies	Not easy to explain	Easy to explain
Deep anisotropy	Not easy to explain	Easy to explain
Horizontal inhomogenities	Not easy to explain	Easy to explain
Subduction zones	Easy to explain	Easy to explain
Lack of subduction in the Atlantic	Not easy to explain	Easy to explain
Sharp curves of some subduction zones (and triple junctions)	Not easy to explain	Easy to explain
Rotational block movements	Not easy to explain	Easy to explain
Transform faults	Easy to explain	Easy to explain
Rifts	Easy to explain	Easy to explain
Extension zones near subduction and listric faulting	Not easy to explain	Easy to explain
Hot spots	Not easy to explain	Easy to explain
Horizontal movements	Easy to explain	Easy to explain
Vertical movements	Not easy to explain	Easy to explain
Thick sediments	Not easy to	Easy to explain

	explain	
Magmatic tubes (bodies) (incl. kimberlite tubes and volcanoes)	Not easy to explain	Easy to explain
GPS displacements with different velocities	Not easy to explain	Easy to explain
Earthquake mechanisms changes in the same zones	Not easy to explain	Easy to explain
Intraplate earthquakes	Not easy to explain	Easy to explain
Wide spread seismicity	Not easy to explain	Easy to explain
Gravity anomalies	Not easy to explain	Easy to explain
Polar relief anomalies	Not easy to explain	Easy to explain
Local intermediate earthquakes	Not easy to explain	Easy to explain
Circular structures	Not easy to explain	Easy to explain
Exhumations	Not easy to explain	Easy to explain
Sea level transgressions/ regressions	Not easy to explain	Easy to explain

Conclusions

There are a lot of different geological, geophysical and geotectonic evidences supporting the corkscrew theory and related hypothesis. The plate tectonics theory is a simple (it consists of 4–5 main elements and assumptions – plates, horizontal movements, subduction, rifts and transform faults, ridges, etc.) and explains many cases about the earth's geodynamics. The corkscrew theory is even simpler and needs only recognition of the corkings themselves and acceptance of the rotational movements. In this way much of the observed and recently collected data and information (GPS global data, gravity field, hot spots, triple junctions, etc.) became easier explainable. If this new view is accepted then the recognition of the corkings, the study of their dynamics and time development may help to solve many important practical issues related to all branches of the recent geodynamics.

REFERENCES:

1. *Artemjev M.,* et al. Identification of Mantle and Lithospheric components by isostatic anomalies. Marine Geoph. Res. 1987. 7.

2. *Алискеров А.А.* Следы вихреых явлений в глобальных структурах земной коры. // VORTEX-RELATED EVENTS OF THE GEOLOGICAL PROCESSES. (Ed. A.Vikulin). Petropavlovsk-Kamchatsky, 2004. 297 p. (in Russian).
3. *Аносов, Г.И., А.В. Колосков, Г.Б. Флеров*. Особености проявления ульграмафитов Камчатского региона с позицией вихревой геодинамики // VORTEX-RELATED EVENTS OF THE GEOLOGICAL PROCESSES (Ed. A. Vikulin). Petropavlovsk-Kamchatsky, 2004. 297 p.
4. *Bird, P*. An updated digital model of plate boundaries. Geochemistry, Geophysics, Geosystems. 2003. 4 (3). P. 1027–1102.
5. http://element.ess.ucla.edu/publications/2003_PB2002/2003_PB2002.htm
6. *Caputo M.,* et al. Deep structure of the Mediterranean Basin. JGR. 1970. 74.
7. *Dimitrova S., B.Ranguelov*. A Geodynamic model and seismic danger for SW Bulgaria and surraundings., Proc. «VSU2002», 29–31 May, Sofia, 2002. P. 1–6. (in Bulgarian).
8. *Guo Z.* Significance of a ground and block rotation in earthquake prediction Northwest. Seismol. J. 1988. 10. N 1. P.82–85.
9. *Hashimoto M., Tada T.* Horizontal Crustal movements in Hokkaido and its tectonic implications. Jour. Seismol. Soc. Jap. 1988. 41. N 1. P. 29–38.
10. INTERNATIONAL HANDBOOK OF EARTHQUAKE AND ENGINEERING SEISMOLOGY (IHEES). Eds. W. Lee, H. Kanamori, P. Jennings and C. Kisslinger), Academic Press. 2002.
11. Jakson J. Using Earthquakes for Continental Tectonic Geology., pp. 491–503., in INTERNATIONAL HANDBOOK OF EARTHQUAKE AND ENGINEERING SEISMOLOGY. (Eds. W.Lee, H.Kanamori, P.Jennings and C.Kisslinger), Academic Press. 2002.
12. *McKenzie D*. Active tectonics of the Mediterranean Region. Geoph. J. R. Astr. Soc. 1972. 30.
13. *Nichols I.* Petrology of Santorini volcano Cyclades. J.Petr., 12. Nur A., Ron H., Scotti O., 1986. Fault mechanics and the kinematics of block rotation, Geology. 14. 1971. P. 746–749.
14. *Papazachos B.,* et al. Preliminary results of an investigation of crustal structure in SE Europe. BSSA. 1966. 56.
15. *Papazachos B.* Distribution of seismic foci in the Mediterranean area and its tectonic implication. Geoph. J. R. Astr. Soc. 1973. 33.
16. *Ranguelov B*. Depth structure characteristics of the Aegean Arc. Bulg. Geoph. J. 1987. V. XIII. No 3. P. 57–62,
17. *Ranguelov B., D. Gospodinov.* On some peculiarities of the seismicity and its spatial distribution for the Balkan Peninsula region. Bulg. Geoph. J. 1982. V. VIII. No 2. P. 63–71.
18. *Ritsema A.* The earthquake mechanisms of the Balkan region. UNDP Proj. (REM(70). 1974. 172. UNESCO.

19. *Savage J.C., Prescott W.H.* Asthenosphere readjustment and the earthquake cycle. J. Geophys. Res. 1978. B 83. N 7. P. 3369–3376.
20. *Stein S. and E.Klosko*. Earthquake Mechanisms and Plate Tectonics. // INTERNATIONAL HANDBOOK OF EARTHQUAKE AND ENGINEERING SEISMOLOGY. (Eds. W.Lee, H.Kanamori, P.Jennings and C.Kisslinger), Academic Press, 2002. P. 69–78
21. *Takeo M.T., Ito H.M.* What can be learned from rotational motion excited by earthquakes? Geophys. J. Int. 1997. 129. P. 319–329.
22. *Uyeda S*. THE NEW VIEW OF THE EARTH. Freeman and Co., SF, 1980. 312 p.
23. *Uyeda S.* Continental drift, Sea Floor Spreading and Plate / Plume Tectonics // INTERNATIONAL HANDBOOK OF EARTHQUAKE AND ENGINEERING SEISMOLOGY. (Eds. W.Lee, H.Kanamori, P.Jennings and C.Kisslinger). Academic Press, 2002. P. 51–67.
24. *Vikulin A.* PHYSICS OF WAVE SEISMIC PROCESS. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2003.
25. *Vannucci G.* et al. An Atlas of Mediterranean seismicity, Annals of Geophysics. 2004. V. 47. No 1. 333 p.
26. *Wenyao Z.* Research work related to present time crustal deformation measurements in China. http://www.gfy.ku.dk/~iag/prchina03/.htm

Gurov Rangel Simeonov. Sofia, BULGARIA. Doctor of Sciences-Geology and Mineralogy. Professor at New Bulgarian University-Sofia. Head of the Earth and Environmental Studies Department. **Areas of scientific interest**: Geodynamics, Soil mechanics, Natural Disasters, Gemology

Гюров Рангел Симеонович София, Болгария. Доктор геолого-минералогических наук. Профессор Нового Болгарского университета, София. Заведующий кафедрой изучения Земли и окуржающей среды. **Область научных интересов**: геодинамика, механика почв, природные катастрофы, геммология

Ranguelov Boyko Kirilov. Geophysical Institute, Bulgarian Academy of Sciences. Sofia, BULGARIA. Senior Researcher in Geophysical Institute, Bulgarian Academy of Sciences. Doctor of Sciences – Seismology, Professor in New Bulgarian University and Mining and Geology University – Sofia. Areas of scientific interests: Geodynamics, Seismology, Tsunamis, Nonlinearities, Geophysics, Natural Disasters, Environment.

Рангелов Бойко Кирилович. Геофизический институт, Болгарская академия наук. София, Болгария. Старший научный сотрудник Геофизического института, Академия наук Болгарии. Доктор сейсмологических наук – профессор Нового Болгарского университета и Университета Горного дела и геологии – София. **Область научных инетерсов**: геодинамика, сейсмология, цунами, нелинейность, геофизика, природные катастрофы, окружающая среда.

УДК 550.34

ВАРИАЦИИ РОТАЦИОННОГО ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ ЗЕМЛИ ПО ДАННЫМ О ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ В ЯПОНИИ И КАЛИФОРНИИ

А.В. Долицкий[1], Н.А. Сергеева[2]

[1] *ИФЗ РАН, Москва, Россия*
[2] *ГЦ РАН, Москва, Россия*

Аннотация. Установлены закономерности вариаций глобального ротационного поля напряжений Земли по данным о месте и времени землетрясений в Японии и Калифорнии. Авторы сочли, что большинство землетрясений связано с разрушениями типа сдвигов под действием максимальных касательных напряжений, вдоль которых нередко наблюдаются смещения эпицентров землетрясений. Найдя координаты эпицентров таких пар землетрясений, можно установить по их положению простирания отвечающих им сейсмоактивных сдвигов. Для этого достаточно иметь данные о координатах эпицентров таких пар землетрясений и о времени событий.

Эти данные, зафиксированные с высокой точностью сейсмологическими службами Японии (с 1950 г.) и Калифорнии (с 1967 г.), были использованы авторами [1] для нахождения азимутов сейсмоактивных сдвигов. Разработана компьютерная программа, определяющая эти азимуты, как отвечающие относительному расположению эпицентров двух землетрясений, интервал между которыми по времени и расстоянию можно приписать смещению по сдвигу. Экспериментально было установлено, что эти интервалы отвечают предполагаемому смещению, протекающему в интервале скоростей от 1 до 30 км/час. Использование этой компьютерной программы позволило установить азимуты сдвигов, отвечающих землетрясениям в Японии (1950–1995) и в Калифорнии (1967–1985). Оказалось, что в Японии они произошли на глубинах 0–100 и 100 и более км, а в Калифорнии – только на глубинах 0–100 км. Как в Японии, так и в Калифорнии эпицентры землетрясений располагаются вдоль четко выделяющихся и нередко повторяющихся азимутов (рис. 1–3), которые отвечают известным там разломам.

Компьютерная программа позволила устанавливать и фиксировать азимуты сжимающих напряжений во время землетрясений. По этим данным были построены графики изменения во времени (ось X [t]) азимута сжимающих напряжений (ось Y), изображенного точкой, зафиксированной на момент землетрясения. Такое представление эпицентров землетрясений точками, заданными азимутом сжимающих напряжений и текущим временем в месяцах, дало возможность построить

развёрнутый во времени график вариаций глобального поля напряжений во времени. Для этого, точки (эпицентры землетрясений) были объединены направлениями главных нормальных и максимальных касательных напряжений. Оказалось, что направления максимальных касательных напряжений образуют системы волнообразных кривых противоположной направленности – максимумам одних направлений отвечают минимумы других. Оказалось также, что возраст таких «минимаксов», найденных по землетрясениям в Японии и в Калифорнии, одинаковый. Форма волн, образуемых направлениями максимальных касательных напряжений, изменяется вместе с изменением расстояний между минимаксами. И для одновозрастных минимаксов Японии и Калифорнии эти волны однотипны или трудно заметить их различия. Различия отмечаются в форме искажений направлений главных нормальных напряжений и они явно отражают динамику развития конкретных структур Японии и Калифорнии. (рис. 4, 5). Наиболее наглядно проявляют себя местные структуры U-образной формы в Японии (рис. 4). Более детальное исследование динамики их развития может дать информацию, представляющую интерес для прогноза землетрясений.

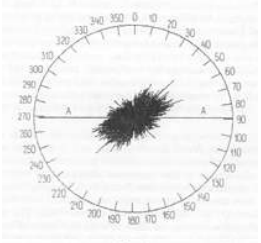


Рис. 1. «Сейсмический портрет» Японии на глубине 0–100 км – изображение современных сдвигов, установленных по 24461 азимуту, отвечающему землетрясениям глубиной 0–100 км за 1950–1996 г.г. Обозначения: А – азимуты преобладающих сдвигов почти широтного простирания.

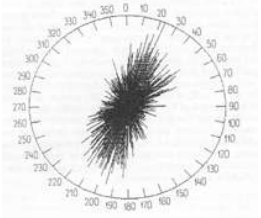


Рис. 2 «Сейсмический портрет» Японии на глубине 100 и более км – изображение современных сдвигов, установленных по 4637 азимутам, отвечающим землетрясениям глубиной 100 и более км за 1950–1996 г.г.

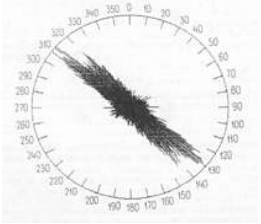


Рис. 3 «Сейсмический портрет» Калифорнии на глубине 0–100 км – изображение современных сдвигов, установленных по 43916 азимутам, отвечающим землетрясениям глубиной 0–100 км за 1967–1985 г.г.

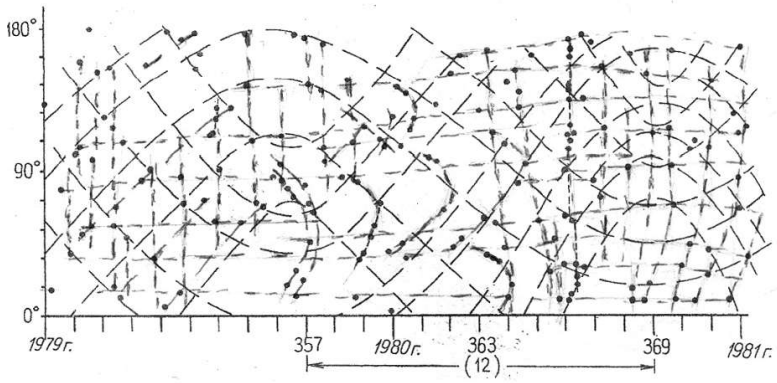


Рис. 4 . Глобальное поле напряжений на территории Японии в 1979–1980 г.

Точки – величины сжимающих напряжений глобального поля напряжений (ось Y) в момент землетрясения (ось X). По оси Y они показаны градусами, а по оси X (она же ось времени t) показаны порядковым номером месяца (начиная с 01.50) на момент землетрясения.

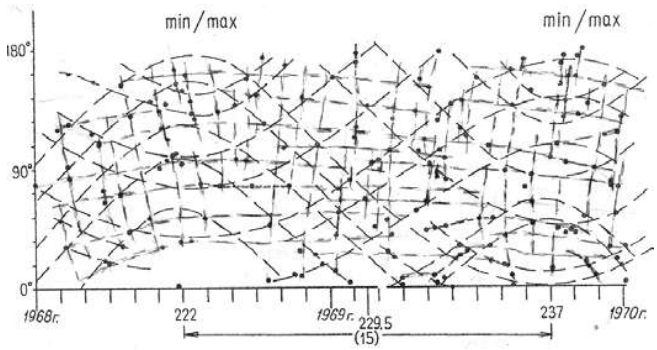
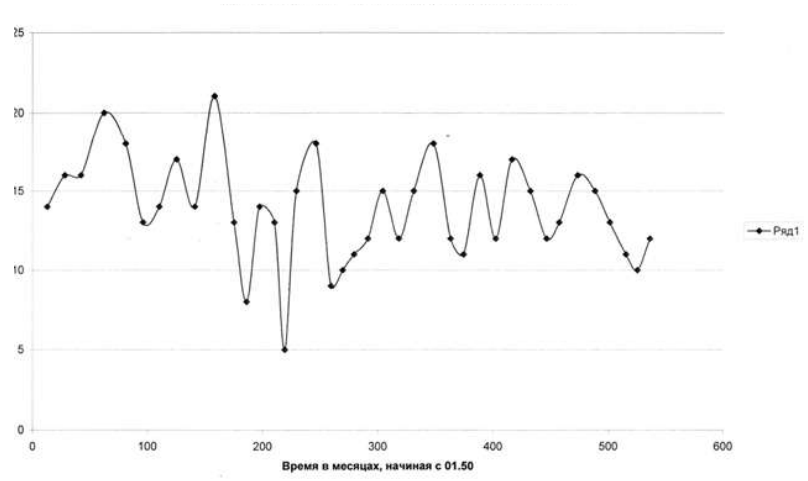


Рис. 5. Глобальное поле напряжений на территории Калифорнии в 1968–1969г. (Пояснения см. к рис. 4.).

Точки объединены: направлениями максимальных касательных и главных нормальных (растягивающих и сжимающих) напряжений. Будучи описаны направлениями максимальных касательных напряжений (наклонные линии), они определяют положение и форму минимаксов. Будучи описаны направлениями главных нормальных напряжений (линиями, близкими к горизонтальным и вертикальным), они позволяют выявить искажения этих направлений и динамику развития местных и региональных структур. Среди структур этого ранга обнаруживаются и видны на этом рисунке структуры пластического течения с характерной для них U-образной формой, позволяющей по их ориентации определить направление пластического течения этих структур.

Были установлены интервалы времени между соседними минимаксами за 44 года и построен график изменения величин этих интервалов во времени – график периодов вариаций глобального поля напряжений (рис. 6).



неё. Они считают, что причиной могут служить смещения масс в ядре Земли, а на её поверхности – смещения водных масс океанов, воздушных масс, или вне Земли – воздействие Луны. С этими выводами нельзя не согласиться. В этом аспекте находит своё объяснение близость минимаксов к дням солнцестояния и равноденствия – природным рубежам глобальных изменений в освещённости Солнцем северного и южного полушарий. В отечественной научной литературе известны серьёзные работы Ю.Н. Авсюка и Н.Б. Глико [3], а также другие работы Ю.Н. Авсюка, объясняющие подобные явления взаимодействием между Землёй и Луной.

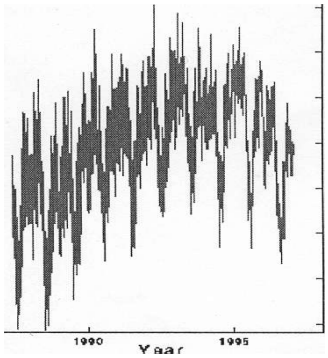


Рис. 7. Годовые циклы изменения длительности суток, вызванные сезонными изменениями в атмосфере, и их аномальная система в 1990–1995 г.г. (Earth Rotation Studies: Earth Sciences in Space 4; http://geoligy.about.com/library/weekly/aa090797.htm)

ЛИТЕРАТУРА

1. *Долицкий А.В., Сергеева Н.А.* Глобальное поле напряжений Земли, его вариации и прогноз землетрясений. М.: ОИФЗ РАН, 1998. 20с.
2. Earth Rotation Studies. Earth Science in Space 4: What a difference a day's length makes. http://geology.about.com/library/weekly/aa090797/htm
3. *Авсюк Ю.Н., Глико Н.Б.* Эволюция орбитального движения Земли (в системе Земля–Луна – Солнце) и геодинамические реконструкции // Геодинамика и эволюция Земли. Новосибирск: Издательство СО РАН, 1996. С. 7–10.

Долицкий Александр Владимирович. Д.г.-м. наук. С.н.с. ИФЗ РАН. Область научных интересов – глобальная геотектоника и геофизика.

Сергеева Наталья Александровна. К.ф.-м. наук. Зав. лаб. Геофизических данных Геофизический центр РАН. Область научных интересов: базы данных, геоинформатика, внутреннее строение Земли.

УДК: 525. 35+550.341.2

ОПРЕДЕЛЯЮЩАЯ РОЛЬ ОСНОВНЫХ РОТАЦИОННЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ В ЕСТЕСТВЕННОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ ЗЕМЛИ

Мельников О.А.
Институт Морской Геологии и Геофизики ДВО РАН

Аннотация. Современная естественная сейсмичность Земли – глобальная, региональная или локальная – обусловлена ее геодинамикой и, прежде всего определяющей ролью вращения Земли вокруг своей оси и Солнца. Разработанная на основе этого новая геодинамическая модель Земли, состоящая из пяти основных, наложенных друг на друга ротационных механизмов: ротогенеза, дрифтогенеза, пассивного и активного рифтогенеза и сепаратогенеза (геосферогенеза), объясняет основные особенности естественной сейсмичности Земли, в частности, резко повышенную сейсмичность приэкваториальной области по сравнению с приполярными областями наложенным характером ротогенеза и дрифтогенеза, а сейсмичность в зонах срединно-океанических хребтов и трансформных разломов в основном следствием пассивного рифтогенеза.

Современная естественная сейсмичность Земли, выражающаяся в непрерывно отмечаемых людьми землетрясениях самой разной силы и интенсивности (магнитуды и бальности) – от очень слабых, фиксируемых лишь чувствительными приборами, до катастрофически разрушительных, вызывающих зачастую многочисленные человеческие жертвы – практически общепринято и совершенно справедливо считается прямым следствием столь активно проявляющей себя геодинамики (тектоники) нашей планеты, т.е. действующих в ней и на ней геодинамических процессов или механизмов, суммируемых, в конечном счете, в предлагаемых геодинамических (тектонических) моделях. Несмотря на некоторое разнообразие непосредственных причин, вызывающих отдельные землетрясения (вновь возникающий или просыпающийся после долгой «спячки» вулкан, крупный обвал или оползень и т.д.), подавляющее большинство землетрясений, в особенности все катастрофические землетрясения, вне всякого сомнения вызываются чисто тектоническими (геодинамическими) причинами и как считает подавляющее большинство геологов и сейсмологов – результатом быстрой подвижки или смещения по активному разлому в верхней хрупкой части земной коры или литосферы, а само смещение – разрядкой постоянно накапливаемых в земной коре напряжений. Однако что же порождает и вызывает накопление этих напряжений и их последующую периодическую разрядку в виде землетрясений во вполне определенных,

подверженных частым землетрясениям, районах на земной поверхности? К сожалению, ни одна из предлагавшихся в прошлом геодинамических (тектонических) моделей (нептунизм, плутонизм, контракция, теория геосинклиналей, плейттектоника), призывавшихся ответить на этот вопрос, не смогла удовлетворительно это сделать. Кстати, на неоднородный, резко дискретный характер проявления естественной сейсмичности на земной поверхности уже давно обратили внимание люди. Еще М.В.Ломоносов отмечал, что землетрясениям подвержены в основном лишь горные районы на Земле.

Не смогла достаточно успешно ответить на этот вопрос и наиболее популярная в настоящее время плейттектоника, согласно геодинамической модели которой землетрясения происходят на дивергентно-конвергентных границах континентально-океанических плит, на которые разделяется земная кора, за счет нескольких, крупных, активно действующих гипотетических конвективных ячеек в мантии с подъемом материала в восходящих ветвях ячеек под срединно-океаническими хребтами, течением этого материала в обе стороны от хребтов под океанической корой и погружением их под окружающие океаны континенты по нисходящим ветвям конвективных ячеек. Весьма прихотливое распространение гипоцентров землетрясений в Земле привело ко все более возрастающему числу выделяемых активно взаимодействующих плит в земной коре, а тем самым соответственно и числа гипотетических конвективных ячеек под этими плитами, что усложнило общую картину геодинамики земной коры до почти полной утраты ею даже гипотетической достоверности.

Однако, самым большим недостатком геодинамической модели плейттектоники и всех других, предлагавшихся в прошлом, геодинамических (тектонических) моделей является практически полное игнорирование какого бы то ни было влияния (эффекта или воздействия) на геодинамику (тектонику) вращения или ротации Земли вокруг своей оси и Солнца, – несомненно мощного (космически масштабного) и очевидного (по крайней мере со времен Коперника) фактора, постоянно действовавшего с момента зарождения Земли и продолжающего действовать до сих пор. Правда, о необходимости учета этого фактора в той или иной мере и форме в геотектонике высказывались многие исследователи, в частности, Б.Л. Личков, М.В. Стовас, А.В. Пейве, К.Ф. Тяпкин, Н.А. Шило, Ю.М. Пущаровский, П.С. Воронов, В.Е. Хаин, В.А. Красилов и др. Существуют высказывания, причем самые противоречивые, о влиянии вращения Земли и на сейсмичность (или наоборот). Самыми последними из них являются высказывания, Б.В. Левина и Е.Б. Чиркова [1998], А.В. Викулина и А.Г. Иванчина [1998], А.В. Викулина и др. [1998]. Ряд первоисточников по этому вопросу можно найти в работе С.Ю. Хомутова [1999]. Кстати, не получившая

подтверждения в этой работе корреляция ускорения осевого вращения Земли с ее глобальной сейсмичностью объясняется скорее всего недостатками примененной методики. Предпринятая нами еще в начале 70-х гг. попытка учесть этот фактор при разрешении региональных тектонических проблем привела, в конечном счете, к разработке новой глобальной ротационной геодинамической модели [Мельников, 1978; 1980; 1987; 1996a, 6; Melnikov, 1997; 1998a, b], состоящей из пяти наложенных друг на друга относительно самостоятельных механизмов (рис.1):

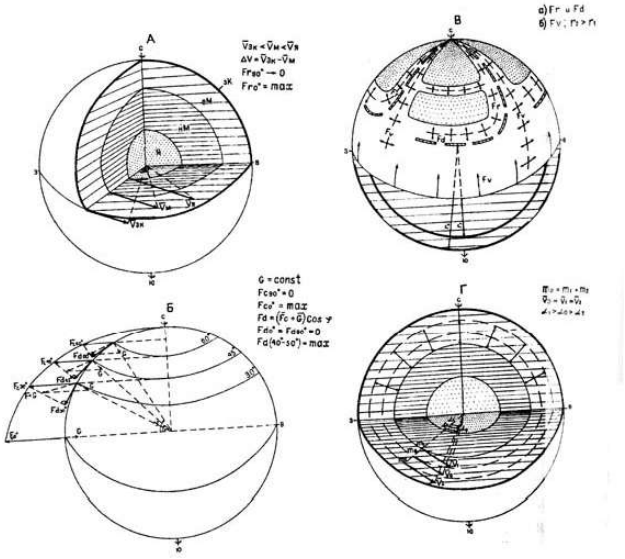


Рис. 1. Принципиальная схема основных механизмов новой ротационной геодинамической модели. A – ротогенез; B – дрифтогенез; C – рифтогенез: активный – Fr и Fd и пассивный – Fv; D – сепаратогенез или геосферогенез.

ротогенеза, дрифтогенеза, пассивного и активного рифтогенеза и геосферогенеза (сепаратогенеза), которые, тем не менее, имеют общую для себя ротационную природу и в совокупности гораздо успешнее, чем какая-либо другая геодинамическая модель, включая и плейттектонику, объясняет основные особенности состава и строения, эволюции и современной геодинамики земной коры и Земли в целом, в том числе особенности ее естественной сейсмичности, как региональной, так и глобальной.

Общеизвестна резкая дискретность естественной сейсмичности Земли как глобальной, так и региональной. Глобальная дискретность естественной сейсмичности выражается в отмеченной еще М.В.

Ломоносовым повышенной сейсмичности горных областей по сравнению с равнинными – с одной стороны и в более высокой сейсмичности приэкваториальной области по сравнению с приполярными – с другой. Региональная дискретность естественной сейсмичности выражается в существенно неоднородном (кластерном или группированном) распространении очагов (эпицентров и гипоцентров) землетрясений в пределах того или иного района. Проведенный нами анализ регионального дискретного характера распространения естественной сейсмичности на примере Сахалина, Хоккайдо-Сахалинской складчатой области и всей территории бывшего СССР [Мельников, 1976; 1987; 1995; 1997; Мельников и др., 1980] выявил практически без исключений прямую зависимость максимальной бальности происходивших в том или ином районе землетрясений от максимальной высоты окружающего рельефа [Мельников, 1995; 1997] (рис.2).

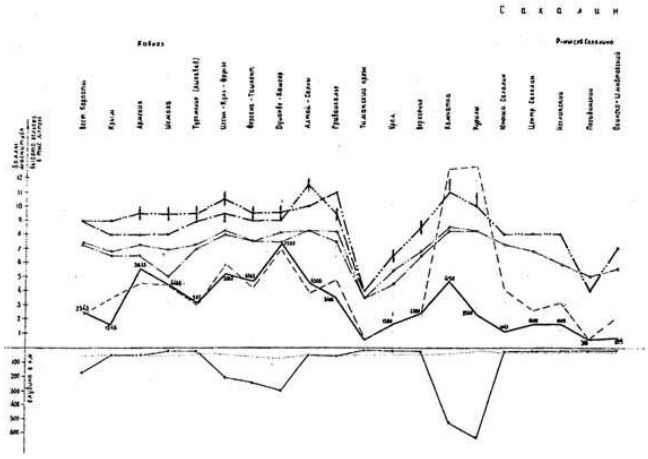


Рис. 2. Сопоставимость графиков максимальной бальности, максимальных магнитуд, максимальных высотных отметок, контрастности рельефа, максимальных значений глубины очагов землетрясений и мощностей земной коры основных сейсмоопасных районов бывшего СССР. 1-3 – графики максимальной бальности землетрясении: 1 – по «Атлас..., 1962», 2 – по «Новый каталог...,» 1977, 3 – по разным источникам; 4-6 – графики максимальных магнитуд землетрясений: 4 – по «Атлас...,» 1962, 5 – по «Новый каталог...,» 1977, 6 – по разным источникам, 7 – график максимальных высотных отметок рельефа (от уровня моря); 8 – график контрастности рельефа (разница между максимальными и минимальными значениями рельефа), 9 – значения максимальных высотных отметок рельефа, 10 – график максимальных значений глубины очагов землетрясений, 11– график мощности земной коры; 12 – направления и пределы наиболее частых колебаний в оценке значений максимальной бальности землетрясений.

Все это и особенно до самого последнего времени не находившая удовлетворительного объяснения глобальная дискретность повышенной сейсмичности приэкваториальной области по сравнению с приполярными областями хорошо объяснялось [Мельников, 1997], как нам кажется, предлагаемой нами новой ротационной геодинамической моделью, конкретно, взаимным наложением друг на друга двух (из пяти) основных геодинамических механизмов – ротогенеза и дрифтогенеза (рис.1 АБ). Сущность ротогенеза состоит в более быстром вращении с запада на восток внутренних оболочек (геосфер) относительно смежных с ними внешних оболочек (ядра относительно мантии, мантии относительно литосферы или земной коры), в динамическом воздействии первых на вторые на разделяющих их границах, отвечающих более пластичным (жидким?) геосферам: жидкому внешнему ядру между ядром и мантией, астеносфере между мантией и литосферой. Жидкие, или более пластичные геосферы, таким образом, являются местом проскальзывания нижних твердых геосфер относительно смежных с ними верхних твердых геосфер и концентрацией возникающих при этом напряжений. Не исключено, что жидкие или более пластичные геосферы, в частности астеносфера, не представляют единые однородные слои, а состоят из чередования нескольких более тонких пластичных и жестких твердых слоев – так называемая полиастеносферная модель смены верхней мантии литосферой [Тараканов, Левый, 1967]. Достаточно надежно установленная неровность нижних границ твердых оболочек обусловливает резко дифференцированный характер поля напряжений на неровностях: сжатие на восточных сторонах погруженных в пластичную или жидкую геосферу неровностей сменяющей ее твердой верхней геосферы, и растяжения на западных сторонах этих неровностей. Особенно отчетливо выражены такие неровности по данным сейсмических исследований на нижней границе земной коры – границе Мохоровичича (М). С бесспорной однозначностью установлено, что эта граница является зеркальным отражением поверхности рельефа: чем выше рельеф, тем глубже залегает граница М. Глубже всего эта граница залегает под горными сооружениями, образуя так называемые «корни гор». В качестве соответствующих неровностей эти корни гор являются средоточием напряжений, возникающих при проскальзывании быстрее вращающейся с запада на восток мантии относительно медленнее вращающейся в этом же направлении литосферы или земной коры. Восточная сторона корней гор испытывает сжатие, а западная сторона – растяжение. Вектора этих напряжений направлены с запада на восток. Абсолютная величина их меняется от 0 на полюсах до максимума на экваторе. Наличие этих напряжений в Земле генерируется и поддерживается практически с момента зарождения ее как вращающейся вокруг своей оси и Солнца планеты, что привело ее к расслоению на ряд

различных по составу оболочек или геосфер (за счет еще одного ротационного геодинамического механизма –сепаратогенеза или геосферогенеза (рис. 1Б), а начавшееся и продолжающееся расслоение или дифференциация материала в самих оболочках – к раскручиванию внутренних оболочек и замедлению вращения внешних оболочек.

Сущность второго ротационного геодинамического механизма – дрифтогенеза (рис. 1Б) состоит в том, что любая точка или объект на вращающейся сфере испытывает движения и соответствующие им напряжения, направленные от полюсов к экватору. Своего максимума эти напряжения, как это видно из рисунка, достигают на 40-х «ревущих широтах» вращающейся сферы, постепенно снижаясь до 0 на полюсах и экваторе. Наличие под земной корой и литосферой высоко пластичных слоев (астеносферы) обеспечивает скольжение (перемещение) по этим слоям от полюсов к экватору (за счет механизма дрифтогенеза) всей лежащей на них литосферы, земной коры или составляющих их отдельных фрагментов (континентов, блоков). За счет этого же механизма, очевидно, происходит перемещение в направлении от полюсов к экватору и материала в высокопластичных слоях, причем явно опережающего движение лежащей на них литосферы, земной коры или их фрагментов. Наличие неоднородностей на их нижних границах, в частности «корней гор» на границе М, вызовет на них резко неоднородное поле напряжений, аналогичное таковому при ротогенезе, но направленное не с запада на восток, а от полюсов к. экватору. Таким образом, литосфера или земная кора с момента своего возникновения постоянно находится в условиях двух векторов напряжений: вектора ротогенеза, направленного с запада на восток, и вектора дрифтогенеза, направленного от полюсов к экватору. Сложение этих двух векторов дает результирующий вектор. Указанные выше значения слагающих векторов: максимум вектора ротогенеза – на экваторе, дрифтогенеза – на 40-х широтах, а нулевой минимум у обоих векторов на полюсах дают в сумме общий максимум в приэкваториальной области и общий минимум в приполярных областях. Итак, если считать естественную сейсмичность Земли результатом разрядки накапливаемых в ней напряжений, то наблюдаемая повышенная сейсмичность приэкваториальной области по сравнению с приполярными лучше всего объясняется накоплением и последующей разрядкой напряжений в результате двух наложенных друг на друга механизмов – ротогенеза и дрифтогенеза (с поправкой на распространение на поверхности Земли горных сооружений с их «корнями гор»), входящих в предлагаемую нами новую ротационную геодинамическую модель.

На реальность и активно продолжающуюся действенность этих двух механизмов указывает успешное применение их к объяснению природы островных дуг, этих весьма своеобразных по форме и строению геологических образований на земной поверхности, в частности, их

современное положение лишь вдоль восточных окраин континентов. Своеобразная гирляндоподобная форма островных дуг и их положение лишь вдоль восточной окраины Азиатского континента (рис. 3) объясняется нами на основе предлагаемой новой ротационной геодинамической модели отрывом горных (орогенных) поясов, возникших на восточной окраине Азиатского континента, в результате воздействия на «корни» этих горных поясов двух наложенных друг на друга ротационных геодинамических механизмов – ротогенеза и дрифтогенеза [Мельников, 1978; 1987; 1996 а, б; Melnikov, 1997,1998 a,b].

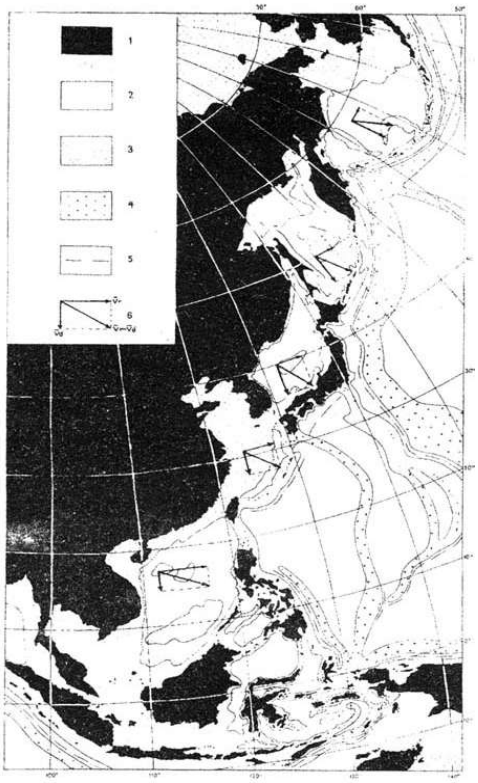


Рис. 3. Схема основных геоморфологических элементов зоны перехода от Азиатского континента к Тихому океану с векторными диаграммами напряжений. 1 – суша; 2 – глубоководные части Тихого океана и окраинных морей; 3 – шельф и погруженные подводные возвышенности в окраинных морях; 4 – краевые подводные валы; 5 – оси глубоководных желобов; 6 – векторные диаграммы напряжений: Vr – вектор ротогенеза; Vd – вектор дрифтогенеза; Vr+Vd – результирующий вектор ротогенеза и дрифтогенеза.

Другая примечательная особенность естественной сейсмичности Земли состоит в четко выраженной приуроченности очагов землетрясений – эпицентров и гипоцентров – к глобальной системе срединно-океанических хребтов и оперяющих их трансформных разломов. Для всех землетрясений этого типа характерны относительно небольшая глубина расположения гипоцентров – в основном не выходя за пределы мощности сравнительно тонкой океанической коры, сравнительно небольшая величина (магнитуда) землетрясений и более или менее равномерное распределение вдоль осей срединно-океанических хребтов. В отличие от плейттектоники,

объясняющей эти землетрясения активным воздействием поднимающихся к поверхности морского дна ветвей конвективных ячеек (основной движущий механизм плейттектонической модели) на раздвигаемую ими океаническую кору, предлагаемая нами новая ротационная геодинамическая модель объясняет это другим (третьим по счету) механизмом, называемым пассивным рифтогенезом. Суть этого механизма состоит (рис. 1Б) в сравнительно небольшом общем увеличении объема Земли (увеличении ее радиуса) в результате замедления скорости вращения ее вокруг своей оси и вызванного этим разуплотнения всех оболочек Земли, в особенности мантии и залегающей выше астеносферы. При этом ставшая тесной для увеличившейся в объеме Земли хрупкая литосфера или земная кора разрывается вдоль наиболее ослабленных зон – под океанами с тонкой океанической корой, образуя глобальную систему рифтовых трещин растяжения, заполняемых поднимающимися снизу магматическими декомпрессионными расплавами, которые, заполняя рифтовую трещину, наращивают океаническую кору.

Хотя процесс этот в целом, по-видимому, достаточно пассивен (пассивный рифтогенез) в отличие от активного рифтогенеза, вызываемого ротогенезом и дрифтогенезом на восточных и обращенных к экватору окраинах континентов, где за счет этого и образуются островные дуги и окраинные моря, тем не менее, магматические расплавы в рифтовых трещинах на дне океанов как-то воздействуют на стенки трещин. По всей видимости, они прежде всего приподнимают расходящиеся края или крылья трещин за счет увеличившегося объема образовавшегося декомпрессионного магматического расплава, а при переполнении трещинного пространства изливаются на эти края и застывают, образуя срединно-океанические хребты.

При новом этапе периодически повторяющегося увеличения объема разуплотняющейся мантии и астеносферы вдоль срединно-океанических хребтов, представляющих плохо залеченные швы, вновь образуется рифтогенная трещина и процесс повторяется, что приводит и к наращиванию океанической коры, и к образованию характерных для нее полосовых магнитных аномалий. Разрядка напряжений, вызываемая этим процессом или механизмом – пассивным рифтогенезом – и приводит к землетрясениям вдоль срединно-океанических хребтов и оперяющих их трансформных разломов. В последнем случае землетрясения обусловлены в основном лишь рифтогенным трещинообразованием, не сопровождаемым подъемом по ним магматических расплавов, концентрируемых в осевых частях срединно-океанических хребтов.

Таким образом, предлагаемая ротационная геодинамическая модель лучше, чем какая-либо другая из предлагавшихся ранее геодинамических (тектонических) моделей, включая и самую популярную в настоящее

время плейттектонику, объясняет основные особенности естественной сейсмичности Земли, ее резко дискретный характер на глобальном, региональном и локальном уровнях. Из пяти основных геодинамических механизмов, составляющих новую ротационную геодинамическую модель: ротогенеза, дрифтогенеза, пассивного и активного рифтогенеза и сепаратогенеза или геосферогенеза, два первых – ротогенез и дрифтогенез – играют в совокупности (суммарным наложением друг на друга) определяющую роль в объяснении глобально резко дискретного характера естественной сейсмичности Земли – повышенной сейсмичности приэкваториальной области по сравнению с приполярными, а третий геодинамический механизм – пассивный рифтогенез – определяющую роль в объяснении характера естественной сейсмичности в срединно-океанических хребтах и оперяющих их трансформных разломах. Этими же пятью основными геодинамическими механизмами успешно объясняются основные особенности характера естественной сейсмичности на региональном и локальном уровнях, в частности, на примере образования и сейсмичности островных дуг, Хоккайдо-Сахалинской складчатой области и о. Сахалин [Мельников, 1976; 1982; 1987; 1995; 1997].

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас землетрясений в СССР. Изд-во АН СССР, 1962. 337с.
2. Викулин А.В., Иванчин А.Г.. Современная сейсмология: достижения и проблемы. Тезисы докладов. М., 1998. С. 10–11.
3. Викулин А.В., Быков В.Г., Лунева М.Н. Современная сейсмология: достижения и проблемы. Тезисы докладов. М., 1998. С. 14.
4. Левин Б.В., Чирков Е.Б. Современная сейсмология: достижения и проблемы. Тезисы докладов. М., 1998 С. 9–10.
5. Мельников О.А. 1976. Сейсмическое районирование Сахалина. Владивосток, С. 46–51.
6. Мельников О.А. Динамическая модель земной коры и ее вероятный механизм // Восточно-Азиатские островные системы (тектоника и вулканизм). Южно-Сахалинск, 1978. С. 27–32.
7. Мельников О.А. Вероятный механизм динамической модели земной коры // Современные тектонические концепции и региональная тектоника Востока СССР: тезисы докладов на XIII сессии Научного Совета по тектонике Сибири и Дальнего Востока, Якутск. 1980. С. 16.
8. Мельников О.А. О динамике островных дуг на примере особенностей строения Сахалино-Японской островной дуги // Тихоокеанская геология, 1982, №6. С.106–108.
9. Мельников О.А. Структура и геодинамика Хоккайдо-Сахалинской складчатой области. М.: Наука, 1987. 95с.

10. Мельников О.А. Федеральная система сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений. Информ.-аналитический бюлл. Спец. вып. Нефтегорское землетрясение 27(28).05.1995 г. М.: С. 208–214.
11. Мельников О.А. 1996а. Ротационная геодинамическая модель и ее механизмы как более полно объясняющие прошлое и настоящее земной коры // XXIX тектонич. совещание «Неотектоника и современная геодинамика континентов и океанов». М.: ГЕОС, 1996. С. 92–96.
12. Мельников О.А. 1996б. Геодинамика земных геосфер (основные механизмы возникновения и взаимодействия геосфер, определяющие прошлое и настоящее состава и строения земной коры) // Закономерности строения и эволюции геосфер. Материалы третьего международ. междисциплинарного симпозиума. Ч. 1. Хабаровск-Владивосток, 1996. С. 129–131.
13. Мельников О.А. 1997. К вопросу об оценке максимальной бальности ожидаемых землетрясений и о региональном сейсмическом районировании // Геология и геодинамика Сихотэ-алинской и Хоккайдо-Сахалинской складчатых областей. Южно-Сахалинск, 1997. С. 150–159.
14. Мельников О.А., Оскорбин Л.С., Павлов Ю.А., Соловьев Л.С. 1978. Сахалин // Сейсмическое районирование территории СССР: Методические основы и региональное описание карты М.: Наука, 1980. гл. 29.1. С. 256–263
15. Melnikov O.A. Basic mechanisms of the Earth rotational geodynamic model // Annales Geophysical Society Symposia, Solid Earth. Geophysics&Natural Hazards Supplem. Kaltenburg-Lindau, 1997. Part 1. Vol. 15. P. 76.
16. Melnikov O.A. 1998a. New Global rotational Model of the Earth-the Most Perspective Alternative of the Modern Plate Tectonics Model // Proceedings of International Symposium on New Concepts in Global Tectonics «98 Tsukuba», November 20–23. Tsukuba, Japan, 1998. P. 69–75.
17. Melnikov O.A. 1998b. A rotational Geospheric Dynamic Model of the Earth. Parts 1, 2, 3 // Newsletter New Concepts in Global Tectonics. Part I, № 3. P.24–27; Part II, № 4. P. 19–23; Part III, № 5. P. 20–25.
18. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР. 1977. М.: Наука. 535 с.
19. Тараканов Р.З., Левый Н.В. 1967. Докл. АН СССР. Т. 176, № 3, с.571–574.
20. Хомутов С.Ю. 1999. Геология и геофизика. Т.40, № 4. С. 623–636.

Мельников Олег Александрович. Закончил Ленинградский Горный институт, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Института Морской Геологии и Геофизики ДВО РАН. Сфера научных интересов: стратиграфия, литология, тектоника, геодинамика, формационный анализ, вулканология, сейсмология.

УДК 622.775

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В СЕПАРАТОРАХ С ИМПУЛЬСНОЙ МАГНИТНОЙ СИСТЕМОЙ И ВИХРЕВЫМ ГИДРОЦИКЛОНОМ

В. И. Дядин[1], А. С. Латкин[2]

[1)] *Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский*

[2)] *Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН*

Аннотация. Показана возможность получения в электродинамических сепараторах силового режима разделения, достаточного для выделения из россыпей мелких фракций металла. Экспериментально, на примере изготовленного электродинамического сепаратора с импульсной магнитной системой и вихревым гидроциклоном, доказана возможность извлечения из россыпи мелких фракций титаномагнетита.

Интенсивная разработка наиболее богатых и доступных месторождений, при почти полном отсутствии геологоразведочных работ, ведет к быстрому сокращению разведанных и прогнозных запасов золотосодержащего сырья. Самые богатые россыпные месторождения золота могут быть отработаны уже в ближайшие 8–10 лет, и нам останутся труднообогатимые россыпи с преобладающей крупностью золота от + 0,1 до –0,25 мм и менее. Использование традиционных промывочных приборов, при добыче из таких месторождений, приводит к неприемлемым потерям – до 50% металла [1]. Появление новых эффективных технологий и техники для извлечения мелкого золота из исходного сырья и продуктов его переработки, является буквально, условием выживания для многих золотодобывающих предприятий страны.

Одним из эффективных способов извлечения мелкого золота может стать электродинамическое обогащение, основанное на использовании свойств вихревых токов, индуцируемых в частицах металла переменными магнитными полями. Россыпные месторождения являются естественными смесями минералов, в которых частицы свободного металла отличаются от вмещающих пород высокой электропроводностью. При воздействии на такую смесь переменного магнитного поля, в частицах минералов индуцируются вихревые токи. Чем сильнее токи, тем сильнее они взаимодействуют с индуцирующим их полем. В металлических частицах, благодаря высокой проводимости, вихревые токи значительно сильнее токов во вмещающих породах, чаще всего, являющихся достаточно хорошими изоляторами. Подобрав форму, амплитуду, скорость изменения, частоту и топологию магнитного поля, можно получить пространственное разделение частиц металла и вмещающих пород [2].

Существующие аппараты электродинамического обогащения обычно используются для сортировки крупной стружки и лома цветных металлов [3]. Для надежного извлечения мелкого золота этим аппаратам необходим более мощный силовой режим разделения. Оценка сил, действующих на частицы металла в рабочем пространстве, в литературе, посвященной магнитным сепараторам, делается по формуле:

$$F \sim \rho \cdot r^3 \cdot H \cdot \mathrm{grad}\, H, \qquad (1)$$

где ρ – плотность, r – линейный размер частицы металла, H – напряженность магнитного поля. Формула (1) получена для постоянных полей [3,4]. При воздействии постоянного поля в зернах минералов вихревых токов не возникает. Оценивать взаимодействие поля с вихревым током в частице по этой формуле нельзя. Силу, действующую на минеральную частицу в рабочем пространстве электродинамического аппарата, лучше оценивать по формуле, предложенной в [2]

$$F = r^4 \cdot \sigma \cdot H(t) \cdot \frac{dH(t)}{dt}, \qquad (2)$$

где r – радиус металлической частицы; σ – проводимость частицы; H – напряженность магнитного поля. Поле в рабочем пространстве аппарата изменяется не только во времени, но и в пространстве, т.е. напряженность магнитного поля является функцией как времени, так и пространственных координат. Полная производная от вектора напряженности магнитного поля $\frac{dH(t)}{dt} = \frac{\partial H}{\partial t} + (\frac{dr}{dt} \cdot \nabla)H$. Следовательно, формула (1) в развернутом виде будет иметь вид:

$$F \sim r^4 \cdot \sigma \cdot H(t,x,y,z) \cdot \left[\frac{\partial H}{\partial t} + \left(\frac{dr}{dt} \cdot \nabla \right) H \right], \qquad (3)$$

Из (3) следует, что сила, действующая на минеральную частицу в рабочем пространстве сепаратора, определяется как скоростью изменения во времени модуля вектора напряженности, так и пространственной структурой магнитного поля. Причем, пространственная структура поля тоже меняется во времени. Если вектор напряженности магнитного поля быстро меняется во времени, но слабо меняется от одной точки пространства к другой, то для малой частицы, с индуцированным в ней вихревым током, поле будет практически однородным. В таком поле частица будет лишь вращаться вокруг одной из своих осей. Чтобы частица стала перемещаться, необходимо, чтобы изменение модуля вектора напряженности магнитного поля в этом направлении было заметным уже на расстояниях прядка размеров частиц. Чем меньше частица, тем сильнее должно быть изменение модуля поля в пространстве. Иными словами, для хорошего разделения частиц в рабочем пространстве сепаратора необходимо иметь *быстроменяющееся во времени,*

высокоградиентное поле (просим простить за напоминание прописных истин!). Уверенное извлечение из россыпи мелкого металла в рабочем объеме электродинамических сепараторов поля будет в полях, в которых частицы металла будут ускоряться примерно до ~100**g** и более (как в центробежных сепараторах). Из всех магнитных сепараторов мелкие металлические частицы удовлетворительно извлекаются только высокоградиентными (полиградиентными) сепараторами, в которых напряженность и градиент поля в рабочем объеме, заполненном шарами или стальной ватой, достигают соответственно величин: H ~ 320 кА/м, и $\partial H/\partial x \sim 800$ МА/м. А магнитная сила при индукции насыщения железа (~2 Тл) достигает величины $F = H \cdot \frac{\partial H}{\partial x}$ ~20 000·8 000 000~1,6·10^{11} Э^2/см (т.е. ~ 2·10^{11} Э^2/см) [3]. Такие большие значения напряженности, градиента магнитного поля и магнитной силы получаются в рабочем объеме, благодаря малости размеров ферромагнитных элементов матриц (шаров из магнитно-мягкого железа или волокон стальной ваты) [3].

Надежно извлекать магнитным сепаратором более мелкие частицы можно, либо уменьшая размеры элементов матрицы, либо применяя поле с еще более высокими силовыми характеристиками. Однако более высоких силовых характеристик в сепараторах с постоянными магнитами и ферромагнитными элементами матриц достичь в ближайшее время вряд ли удастся. Для этого нужны постоянные магниты с более высокими значениями остаточной индукции, чем у Co-Sm или у Fe-Ba-Nd сплавов, а также магнитно-мягкие материалы с более высокими значениями индукции насыщения [3]. Силовые характеристики магнитного поля, превосходящие характеристики полиградиентных сепараторов, можно получать в рабочем пространстве электродинамических сепараторов на импульсных магнитных полях. С помощью импульсных магнитных полей вполне возможно получать H~1000 кА/м и $\frac{\partial H}{\partial x}$ ~1000 МА/м. Это значит, что магнитная сила в рабочей зоне будет равна $F = H \cdot \frac{dH}{dx}$ ~10^5·10^9=10^{14} (Э^2/см), т.е. примерно на три порядка больше, чем в полиградиентных сепараторах.

В постоянных электромагнитах получить такие значения напряженности поля можно, но получить поле с высоким значением градиента не позволяют обмотки, которые приходится изготавливать из толстого проводника, и громоздкие системы охлаждения. В сверхпроводящих магнитных системах обмотки изготавливаются из тонкого сверхпроводящего кабеля, но система охлаждения оказывается еще более сложной и громоздкой. Кроме того, в криогенных системах

напряженность магнитного поля ограничивается величиной критического для сверхпроводника поля. Градиенты поля в них удается получить лишь в пять раз больше, чем в водоохлаждаемых индукторах [5,6].

Обойти многие трудности, непреодолимые для постоянных и сверхпроводящих электромагнитов, позволяет техника импульсных магнитных полей. Импульсные магнитные системы потребляют электроэнергии значительно меньше, поэтому их проще охлаждать. Обмотки индукторов можно изготавливать из тонкого проводника и получать поля с параметрами, недостижимыми для постоянных магнитов и электромагнитов.

Эти соображения привели авторов к разработке и изготовлению экспериментального электродинамического сепаратора с импульсной магнитной системой и гидроциклоном, схематичное устройство которого представлено на рис.1.

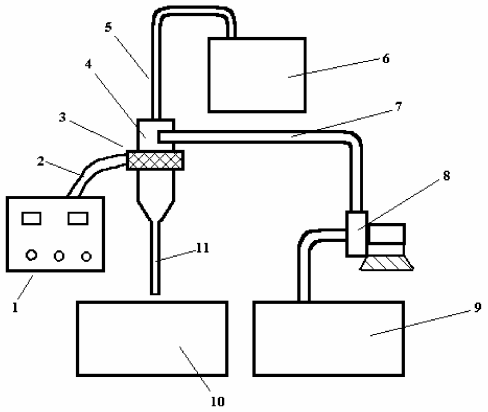


Рис. 1. Схема лабораторной технологической установки экспериментального электродинамического сепаратора с импульсной магнитной системой. 1 – источник питания, 2 – линия питания, 3 – индуктор, 4 – гидроциклон, 5 – патрубок сливного отверстия, 6 – бункер лёгкой фракции, 7 – рабочий трубопровод, бункер легкой Фракии, 8 – песковый насос, 9 – бункер исходного питания, 10 – песковой бункер, или бункер для отвалов и 11 – патрубок пескового отверстия.

Работа сепаратора осуществляется следующим образом. Песковой насос (8) из бункера исходного питания (9) подаёт дисперсную пульпу по трубопроводу (7) в гидроциклон (4), где под действием центробежной силы происходит разделение пульпы на тяжёлую и лёгкую фракции. Лёгкая фракция через патрубок сливного отверстия (5) подаётся в бункер (6), а тяжёлая фракция через патрубок пескового отверстия (11) поступает в бункер для отвалов (10). На центробежное разделение зерен минералов в

гидроциклоне оказывает влияние импульсное магнитное поле, формируемое индуктором (3). Индуктор установлен таким образом, что импульсное магнитное поле, воздействуя главным образом на проводящие металлические частицы, выталкивает их к входу сливного патрубка [7]. При этом гидродинамические характеристики гидроциклона не изменяются. Качеством разделения компонентов песчаной смеси можно управлять путем изменения параметров импульсного магнитного поля (меняются частота следования и амплитуда импульсов). Таким образом, конструкция сепаратора представляет собой довольно удачное сочетание технологических возможностей гидроциклона и мощного импульсного высокоградиентного электромагнита. Эксперименты проводились с искусственными смесями из кварцевого песка крупностью меньше 2 мм, в который вносилась латунная стружка разных размеров. Латунь в качестве свободного металла была выбрана потому, что она хорошо видна в песке, и сразу можно определить, как хорошо она извлекается. При оптимальном режиме работы гидроциклона и индуктора практически все частицы металла, включая и мелкие (менее 0,1 мм), попадают в сливное отверстие. Проведены также испытания аппарата по разделению песка, содержащего мелкий титаномагнетит Халактырского месторождения, который плохо извлекается обычными магнитными сепараторами. Так же как и при экспериментах с искусственной смесью, практически весь титаномагнетит, в том числе и фракции менее 0,1 мм, выбрасывался в сливной патрубок. В сливной патрубок, кроме титаномагнетита, уходили также мелкие амфиболы и пироксены. В песковый патрубок уходили немагнитные фракции пустой породы.

Обогащение титаномагнетитовых песков Халактырского месторождения (расположенного вблизи г. Петропавловска-Камчатского) электродинамическим сепаратором с гидроциклоном проводилось по следующей схеме:

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мязин В.П.* Повышение эффективности переработки глинистых золотосодержащих песков. Учебное пособие. Часть 1. Чита 1995.
2. *Дядин В.И., Латкин А.С.* Обогащение немагнитных дисперсных смесей электромагнитными методами // ФТПРПИ. 2004. № 2.
3. *Кармазин В.В., Кармазин В.И.* Магнитные электрические и специальные методы обогащения полезных ископаемых М.: Издательство МГГУ. 2005.
4. *Берлинский А.И.* Разделение минералов М.: Недра, 1988.
5. *Заварицкий Н.В.* Сверхпроводимость М.: Издательство МФТИ, 1985.
6. *Карасик В.Р.* Физика и техника сильных магнитных полей. М.: Наука, 1964. 289с.
7. *Кривощеков В.И.* Тонкослойная перечистка шламов в прямоточном гидросепараторе // Збогачення корисных копалин: Наук. Техн. Зб. 1998. Вып. 1(42).
8. *Дядин В.И., Латкин А.С.* Разделение дисперсного минерального сырья с помощью вихревых токов // Вихри в геологических системах. Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2004. С. 260–263

Дядин Валерий Иванович – ведущий инженер, руководитель группы Камчатского филиала Геофизической службы РАН. Занимается проблемой обогащения полезных ископаемых электродинамическим методом.

Латкин Александр Сергеевич – заместитель директора Научно-исследовательского геотехнологического центра ДВО РАН по научной работе, доктор технических наук, профессор. Автор большого количества публикаций

ЧАСТЬ 5. РОТАЦИОННЫЕ ФАКТОРЫ И РОТАЦИОННАЯ ФЕНОМЕНОЛОГИЯ

В природе все закономерно
И, если виден разворот
Земных структур, то, несомненно –
Земли космический полет
Тот разворот структурный вызвал,
В ней напряженья изменив.
Транспресс-транстенсия тот признак,
Структур космический извив,
Когда все блоки литосферы
Собой тот ощущая стресс,
На угол сдвинутся мгновенно...
В нас вызывая интерес,
Стремление понять устройство
Земли и всех других Миров.
Но факт – во всем – Вращенья свойство
Оно – в основе из основ!

УДК 550.2

АСТРОМЕТРИЧЕСКИЕ, ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ НАБЛЮДЕНИЙ, ДОПОЛНЯЮЩИЕ ФОНД ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Авсюк Ю.Н., Суворова И.И.
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН

Аннотация. В геодинамике желательно иметь перечень известных на настоящее время глобальных процессов, регистрируемых астрометристами и геофизиками, с энергетической оценкой их проявления. Эти факты могут оставаться не привлеченными к тем или иным вариантам модельной реконструкции природных процессов, но они будут сохраняться в фонде геодинамики, и не исключено, что окажутся важным дополнением, способным объяснить то или иное затруднение в ранее предложенной геодинамической модели.

В настоящей статье обращено внимание на факты, которые реально наблюдаются, которые являются важным обоснованием уточнения модели приливной эволюции системы Земля–Луна–Солнце. Это факты, а не гипотезы или предположения, и о них мало написано в обобщающих работах по геодинамике.

Начнем с рассмотрения особенностей орбитального движения Земли и периодичностей, которые характеризуют ее движение.

Орбитальное движение Земли относительно Солнца представляет собой сумму двух движений: годичного движения центра масс системы Земля–Луна (барицентра) вокруг Солнца и месячного движения Земли относительно барицентра. Эклиптика – плоскость орбитального движения барицентра. Притяжение Солнца динамически уравновешено в барицентре, а не в центре Земли.

Лунное неравенство, равное 6″.4356, – это параллакс орбиты Земли относительно барицентра, он входит в число астрономических постоянных [*Абалакин и др.*, 1976]. Скорость движения Земли вокруг барицентра измерена в 1962 г. при помощи космического зонда с точностью до 3 см/сек [Фундаментальные постоянные…, 1967]. Таким образом, орбитальная скорость, размер орбиты Земли вокруг барицентра (~$0.74R_\oplus$, где $R_\oplus$ – радиус Земли) известны по материалам независимых наблюдений. Эти факты должны быть включены в фонд геодинамики.

Движение Земли вокруг центра масс Земля–Луна (барицентра) в поле притяжения Солнца – возмущенное. Земля, также как и Луна, то движется ускоренно, то ее движение замедляется. Плоскость эллиптической орбиты Земли (с эксцентриситетом ε~0.055) наклонена к плоскости эклиптики на угол i~5°.

Привычные термины новолуние, полнолуние можно применять и к положению Земли относительно линии Солнце–барицентр.

Пусть в начале года полнолуние приходится на момент прохождения Землей перигея, т.е. большой полуоси орбиты (рис. 1).

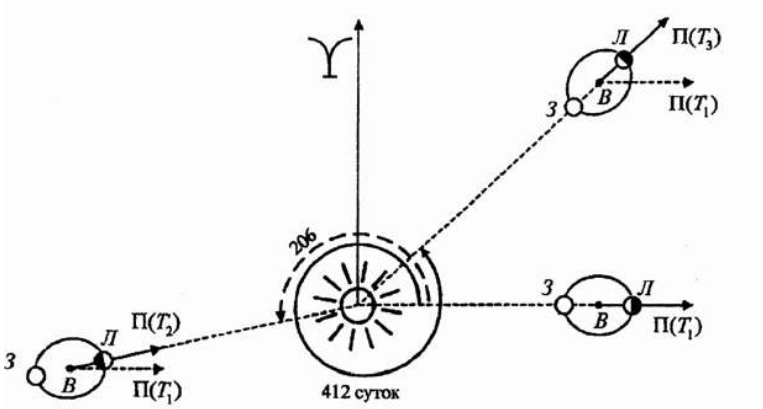


Рис. 1. Иллюстрация повторяемости моментов полнолуний, совпадающих с прохождением перигея орбиты $П(T_i)$. Так как большая полуось орбиты Земли (Луны) не остается фиксированной в пространстве (период обращения перигея равен 8.85 года), то совпадение полнолуния с прохождением перигея повторяется в момент $T_3 = T_1 + 412$ суток. Момент T_2 фиксирует новолуние, совпадающее с прохождением перигея. Аномалистический месяц – это среднее движение Луны по отношению к подвижному перигею.

В последующие месяцы моменты прохождения линии Солнце–барицентр (т.е. полнолуния, новолуния) и прохождения перигея Землей не будут совпадать, соответственно будет меняться от месяца к месяцу модуль возмущения орбитального движения Луны (Земли). Заметим, что продолжительность аномалистического лунного месяца меняется из-за возмущений в очень большом диапазоне 25–29 суток (табл.), а эксцентриситет орбиты в диапазоне 0.045–0.065. Эти числа говорят о значительной величине модуля возмущений Солнцем месячного орбитального движения Луны, Земли. У Луны модуль возмущения равен $1.5 \cdot 10^{-3}$ см/с^2, у Земли в 81 раз меньше и равен $19 \cdot 10^{-6}$ см/с^2. Отношение масс Луны и Земли равно 1/81.3. По отношению масс Земля–Луна уникальна в Солнечной системе.

Изменение продолжительности аномалистического месяца в течение года и от года к году

Год	Календарный месяц											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1957	28.40	28.53	28.45	28.12	27.10	**25.04** 27.15	28.06	28.35	28.44	28.36	27.92	25.74
1958	**25.77**	27.96	28.41	28.50	28.39 28.06	27.06	**25.08**	27.15	28.09	28.41	28.50	28.39
1959	27.86	**25.36** 26.17	28.00	28.37	28.44	28.34	28.04	27.08	**25.02**	27.19	28.16 28.47	28.53
1960	28.36	27.71	**25.18**	26.48	27.97	28.32	28.40	28.34	28.07 27.04	**24.88**	27.36	28.26
1961	28.52	28.52	28.29	27.55	**25.19**	26.60 27.94	28.30	28.42	28.39	28.12	26.94	**24.79**
1962	27.56	28.33	28.51	28.46	28.20 27.47	**25.27**	26.60	27.93	28.33	28.46	28.43	28.12
1963	26.66 **24.96**	27.70	28.32	28.45	28.39	28.15	27.45	**25.25**	26.63	27.98	28.39 28.53	28.46
1964	28.05	26.27	**25.31**	27.75	28.28	28.41	28.37	28.16	27.47 **25.09**	26.72	28.08	28.47
1965	28.56	28.42	27.93	26.07	**25.59**	27.72 28.23	28.39	28.38	28.20	27.48	**24.86**	26.93
1966	28.18	28.49	28.52	28.34	27.82 25.99	**25.76**	27.70	28.23	28.41	28.43	28.24	27.38

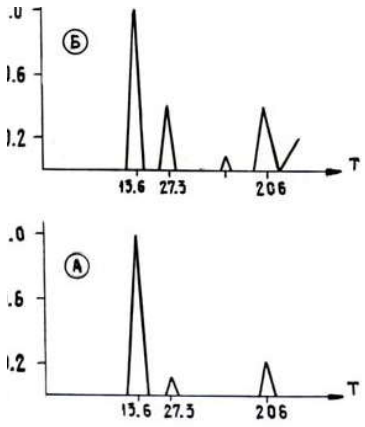
Повторение исходной конфигурации, т.е. полнолуние в перигее произойдет через 412 суток. Если учесть, что орбита наклонена, то продолжительность квазиповторяемости положения Земли на наклонной эллиптической орбите относительно линии Солнце–барицентр определяется в диапазоне 206 суток и 412–437 суток и, соответственно, с этой периодичностью будет меняться модуль возмущенного орбитального ускоренного движения Земли вокруг барицентра, достигающий значения порядка $19 \cdot 10^{-6}$ см/с^2.

Возмущения Солнцем орбитального месячного движения Луны (Земли) не только визуально наблюдаются у Луны, но и проявляются в вариациях их напряженного состояния.

Подтверждением реальности воздействия возмущения орбитального движения на напряженное состояние исследуемого тела являются материалы регистрации сейсмической активности Луны. У Луны модуль возмущения равен $1.5 \cdot 10^{-3}$см/с^2. В материалах регистрации станциями Apollo лунотрясений в период 1972–1974 г. выделяется периодичность в 206 суток как один из значимых периодов сейсмоактивности Луны (рис. 2).

Таким образом, констатируем факт реального проявления возмущений орбитального движения в вариациях глобальных процессов, регистрируемых на исследуемом спутнике Земли, на Луне.

Задаем следующий вопрос: проявляются ли возмущения Солнцем месячного движения Земли вокруг центра масс Земля–Луна в процессах наблюдаемых на Земле?


Б
.0
1.6
1.2
T
13.6
27.3
206
А
.0
.6
1.2
T
13.6
27.3
206

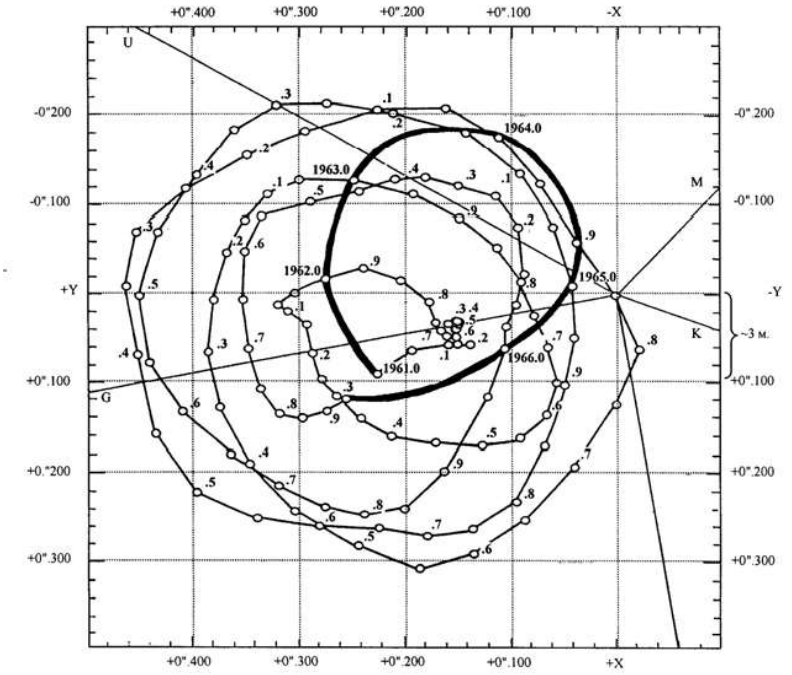


Рис. 3. Траектория перемещения географического полюса
(процесс изменения широт)

Ось вращения может изменять положение в теле Земли не только при свободной нутации, перемещения могут происходить и при перераспределении масс, из-за которых меняется положение центра масс в теле Земли (рис. 3). На этот вариант возможного объяснения процесса перемещения оси вращения в теле Земли обращал внимание в 20-х годах XX века Дж.Г. Дарвин [*Дарвин*, 1965].

Главный аргумент в пользу вынужденных перемещений центра масс – это равенство цикличностей его перемещения периодичностям силового воздействия. Как нами было уже сказано, притяжение Солнца динамически уравновешено в барицентре, на центр Земли действует возмущенная часть приливного воздействия $1.9 \cdot 10^{-6}$см/с^2, равная градиенту гравитационного поля Солнца на расстояние центра Земли от барицентра. Необходимо знать структурное строение Земли. Оно не было известно в период открытия С. Чандлера и высказанной С. Ньюкомбом искусственной гипотезы.

Факт изменения широт практически не упоминался в публикациях по геодинамике. Астрометристы обсуждали только материалы службы широт и предлагали варианты экстраполяции траектории полюса на несколько месяцев вперед. Геофизики в своих учебниках писали, что нет прогресса в обосновании свободной нутации.

На наш взгляд, затруднение в объяснении, из-за чего меняет положение центр масс и эти перемещения отслеживает ось вращения, было преодолено открытием сейсмологов. В 1936 году И. Леманн из обработки записей землетрясений и изучения «зоны тени» установила наличие твердого тела в окружающем его жидком материале ядра. Г. Джеффрис подтвердил правильность интерпретации И. Леманн [*Джеффрис*, 1960].

Жесткость связи и частота свободных колебаний внутреннего ядра Земли была оценена несколькими авторами. Через значение коэффициента жесткости связи k величина воздействующей на внутреннее ядро силы может быть пересчитана в его смещения. В значении коэффициента связи k имеется некоторая неопределенность, зависящая от разности величин плотности ядра σ_1 и плотности окружающего его жидкого материала σ_2. Поэтому в расчет бралось несколько вариантов (σ_2–σ_1) [*Авсюк*, 1996].

Оценки показывают, что вынужденные перемещения внутреннего ядра порядка 0.4–11.6 м с цикличностью в половину сидерического месяца ($6\cdot10^{-7}$ с) «перемешивают» окружающую ядро жидкость с мощностью $3.5–10.5\cdot10^{18}$ эрг/с. Следовательно, мощность процесса перемещения ядра возмущением Солнца перекрывает верхний предел мощности «генератора», способного регенерировать земное магнитное поле.

Чтобы была система токов, поддерживающая современное дипольное поле в 0.6 гс, необходим генератор мощностью 10^{14}–10^{15} эрг/с. Для торроидального поля в 100 гс «генератор» должен быть более мощным, порядка 10^{17}–10^{18} эрг/с.

Вышеприведенные факты дают основание подойти к уточнению геодинамической модели приливной эволюции системы Земля–Луна–Солнце, которая была предложена Кельвином на начальных этапах геофизических исследований, когда не было известно о наличие внутреннего ядра, и когда к рассмотрению не привлекались возмущения Солнцем орбитального движения Земли.

Схема приливной эволюции системы Земля–Луна–Солнце базируется на факте, что из-за сил трения постепенно изменяются динамические характеристики системы. Такое эволюционное перерождение системы наблюдается в технике на относительно коротких промежутках времени. Оно ощущается и в природных процессах, но в менее явном виде, из-за незначительной скорости эволюции и высокого «шума» других природных явлений.

Рис. 4. Схема модели Кельвина, объясняющая механизм перераспределения момента в Солнечной системе.

Механизм, управляющий приливной эволюцией системы Земля–Луна, в классических работах иллюстрируется схемой (рис. 4) и следующими рассуждениями [*Дарвин*, 1965; *Джеффрис*, 1960]. Рассматривается однородная твердая Земля сферической формы, покрытая гидросферой. Вокруг Земли по орбите обращается Луна. Первое приближение эволюционной схемы ограничивается рассмотрением только лунного влияния, солнечное влияние считается малым и в рассмотрение не вводится. На рис. 4 представлено экваториальное сечение Земли, покрытое пленкой гидросферы. Положение центра Луны изображено точкой M_1, стрелками показаны направления обращения Луны по орбите и вращение Земли.

На рисунке форма сечения гидросферы, деформированная приливными силами, изображается в виде эллипса с наивысшим уровнем прилива в точках *С* и *Д*. То, что точки *С* и *Д* не лежат на прямой, соединяющей центры M_0 и M_1, объясняется приливным трением.

При вращении более быстром, чем обращение ($\omega < n$), угловое перемещение приливной деформации опережает движение Луны по орбите. Поэтому гравитационное взаимодействие между Луной и приливной деформацией гидросферы ускоряет движение Луны и тормозит вращение Земли. До тех пор пока угол ε положительный, орбитальная скорость Луны растет, угловая скорость вращения Земли уменьшается. Предсказанная тенденция изменения этих характеристик системы Земля–Луна подтверждается прямыми наблюдениями. Момент сил *N*, тормозящий вращение Земли и ускоряющий орбитальное движение Луны, рассчитывается теоретически в соответствии со схемой взаимодействия приливной деформации с приливообразующим телом.

Факторов, которые могли бы изменить знак ε, так чтобы изменился знак момента, и, соответственно, ускорение орбитального движения $\dot{n}$ Луны стало бы замедляться, а осевое вращение Земли $\dot{\omega}$ ускоряться, в этом модельном варианте нет. Ход эволюции в первоначальном варианте модели – однонаправленный, монотонный.

Монотонный ход эволюции системы Луна–Земля рассмотрен в работах Дарвина, Джеффриса, Макдональда, Рускол, Герстенкорна,

Голдрайха, Каулы [*Голдрайх*, 1975; *Дарвин*, 1965; *Джеффрис*, 1960; *Каула*, 1971; *Манк, Макдональд*, 1964; *Рускол*, 1975].

Результаты Макдональда, Гольдрайха, Каулы различаются в деталях на ранних и поздних этапах эволюции, т.е. в зависимости от интервала экстраполяции. Современный этап эволюции сопоставляется с измеряемыми в настоящее время характеристиками системы. Момент сил N определяется по измеренной величине изменения среднего движения Луны $\dot{n}$.

Экстраполяция развития природных процессов в прошлое время в рамках монотонного варианта объяснения приливной эволюции оказалась противоречащей материалам исторической геологии и палеонтологии, которые создали стратиграфическую шкалу цикличности глобальных процессов. Главный фактор утраты интереса геологов и геофизиков к приливным процессам в геодинамике – это отсутствие предсказания цикличности. Это затруднение отпадает, когда вводится в рассмотрение полное описание приливной силы, содержащее возмущения Солнцем орбитального движения Земли вокруг барицентра и детальное описание внутреннего строения Земли (мантия, жидкое ядро, твердое внутреннее ядро). Модель сохраняется, уточняется реальность орбитального движения и структурное строение Земли.

Дж.Е. Уильямс в статье «*Tidal Rhythmites: Key to the History of the Earth's Rotation and the Lunar Orbit*» отмечает: «Признание, которое получило в последнее время существование циклических приливных ритмов, открывает возможности нового похода к определению динамической истории системы Земля–Луна… Продолжение исследований приливных ритмов обещает дальнее прояснение эволюции системы Земля–Луна» [*Williams*, 1990].

Начнем с уже упоминавшихся фактов. В конфигурации Земля–Луна–Солнце движение Земли и Луны вокруг их центра масс (барицентра) возмущенное. Поэтому в характеристике приливной силы присутствуют еще члены, отвечающие возмущениям. Возмущение орбитального движения Земли (равное градиенту поля Солнца, умноженному на расстояние между центром Земли и барицентром) по модулю составляет $19 \cdot 10^{-6}$ см/с^2, в то время как лапласовы члены приливного воздействия Луны и Солнца оцениваются как $58 \cdot 10^{-6}$см/с^2 и $25 \cdot 10^{-6}$см/с^2 соответственно.

На график изменения δg нанесены значения a и суммы $\delta g + a$ для различных расстояний Земля–Луна (рис. 5). Тенденция хода суммарного значения перестает быть монотонно убывающей, появляется перегиб, где уменьшение модуля сменяется его постепенным ростом, что можно рассматривать как качественную предпосылку реализации колебательного режима. Для большей конкретизации механизма перестройки рассмотрим момент сил, изменяющих вращение Земли и орбитальное движение Луны.

Наибольшие перемещения масс из-за приливного воздействия происходят в мировом океане. Результирующая сил их гравитационного взаимодействия с Луной создает момент сил N, определяющий направление и ход эволюции. Деформация твердой оболочки и атмосферы играет второстепенную роль [*Манк, Макдональд*, 1964; *Джеффрис*, 1960]. В случае однородного структурного строения исследуемого тела, объем результирующей деформации определяется модулем прямого приливного воздействия, и ее ориентировки относительно линии, соединяющей центры Земли и Луны (угол ε_1), связаны с добротностью материала Q: tg $\varepsilon_1=1/Q$.

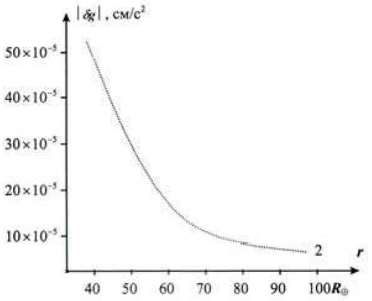


Рис. 5а. Изменение приливного воздействия δg Луны на Землю при изменении расстояния Земля–Луна–r (в радиусах Земли $R_\oplus$).

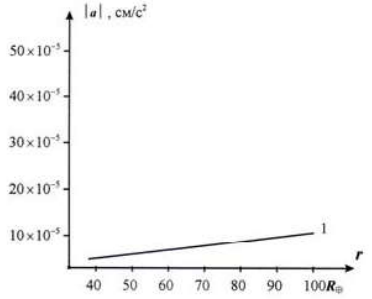


Рис. 5б. Изменение модуля возмущения Солнцем орбитального движения Земли $\overline{a}$ вокруг центра масс Земля–Луна при изменении расстояния Земля–Луна–r.

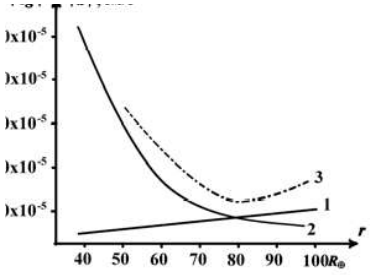


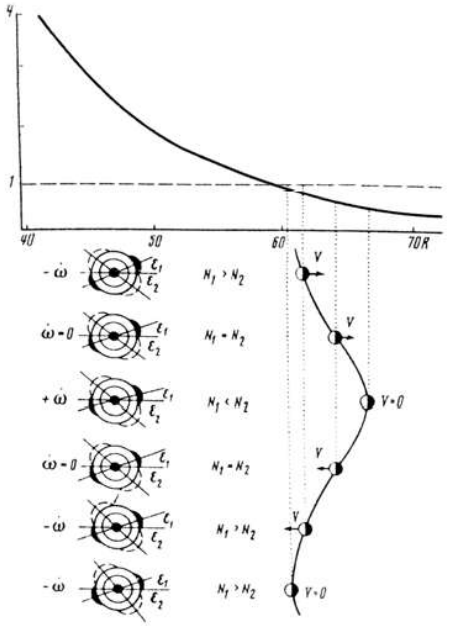
Схема с результирующей деформацией является упрощенной, но наглядным представлением зависимости момента сил N от угла ε.

В случае неоднородного строения, как это имеет место на Земле, деформация гидросферы зависит также и от изменения сил притяжения, связанных с перемещением структур. Как было сказано ранее под действием приливного воздействия, главным образом его возмущенной части δma, внутреннее ядро Земли испытывает вынужденные перемещения. Величина этих перемещений поддается статической оценке [*Джекобс*, 1979]. Так, для расстояний Земля–Луна r, равных 50–70R (R – радиус Земли), смещения внутреннего ядра оцениваются в 8–12 м, чему соответствуют изменения силы тяжести на поверхности порядка 6.5–$9.0\cdot10^{-5}$ см/с^2. Деформацию, обусловленную перемещением внутреннего ядра, и ее расположение (угол ε_2) относительно линии, соединяющей центры масс Земли и Луны, следует ввести в описание результирующей деформации. В соответствии с модельными исследованиями и полукачественными рассуждениями фазовое запаздывание перемещения ядра в вязкой вращающейся жидкости может быть в пределах 10°–15° по отношению к линии Земля–Луна (угол ε_2) [*Авсюк*, 1996; *Лаплас*, 1982; *Джозеф*, 1981]. Тогда результирующий момент N следует представить в виде суммы момента N_1, соответствующего прямому приливному воздействию, и момента N_2, соответствующего изменению силы тяжести из-за смещения внутреннего ядра.

Последовательные этапы изменения расположения Земли и Луны и соответствующего изменения соотношения N_1 и N_2 в результирующем N представлены на рис. 6. В этой схеме есть некоторые характеристики, которым сейчас затруднительно дать точные численные значения из-за отсутствия планомерных инструментальных наблюдений. Это, например, значение расстояния Земля–Луна, при котором $N_1=N_2$. Пока можно полагать, что данное условие выполняется при $r\sim62R$ и, как следует из современных астрономических наблюдений, в настоящее время $N_1>N_2$. На участке $N_1=N_2$ ускорение орбитальной скорости Луны сменяется торможением, Луна продолжает удаляться по радиусу с постепенной потерей скорости из-за действия N_2. На некотором расстоянии от Земли (порядка 68R) скорость Луны по радиусу меняет знак и начинается возвратное движение, т.е. приближение с возрастающей скоростью до момента $N_1=N_2$ после которого приближение продолжается, но с убывающей скоростью, и т.д. (картина, подобная колебанию маятника).

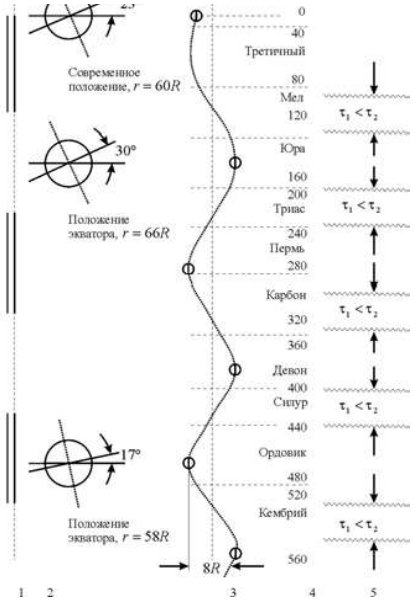
Смена времен года служит наглядным подтверждением зависимости климата от наклона экватора к эклиптике. Хотя причина материковых оледенений остается неизвестной, бесспорен факт, что изменение наклона экватора может благоприятствовать их возникновению [Приливы и резонансы в солнечной системе, 1975; *Шварцбах*, 1955]. Интервал четвертичного оледенения взят нами в качестве интервала наибольшего

сближения Земли и Луны и минимального наклона экватора в схеме эволюции. Так как выделяются по крайней три эпохи материковых оледенений (переход от альгонка к кембрию, от карбона к перми и четвертичный период), то время 200–250 млн лет, разделяющее эти эпохи, принято за продолжительность цикла эволюции системы Земля–Луна.



суток (23.8–24.2 ч) и сидерического месяца (26–30 сут.). Эти оценки подобны оценкам Макдональда, выполненным на ЭВМ для таких же значений расстояний Земля–Луна [Приливы и резонансы в солнечной системе, 1975]. В настоящее время значение N уточняется, поэтому можно ожидать некоторого пересмотра приведенных выше величин.

Предположения, что оледенения приурочены к времени наибольшего сближения Земли и Луны, закрепляют схему эволюции на абсолютной шкале геологического времени [*Стейси*, 1972]. События геологии фанерозоя могут быть сопоставлены с оценками одновременных с ними изменений наклона экватора и скорости вращения Земли (рис. 7).



циклически, могут быть использованы в построениях, привлекаемых к объяснению глобальных перемещений океанических масс воды, перестроек в коре и мантии, сопровождающихся «растрескиванием» и «скучиванием» пород [*Магницкий*, 1965]. Принципиальную возможность объяснения инверсии магнитного поля можно усмотреть в том, что за время цикла эволюции Земля находилась то в режиме замедления вращения, то ускорения, следовательно, течения по границам жидкое ядро–твердое внутреннее ядро, ядро–мантия меняли свой знак относительно вмороженного поля.

Таким образом, следует отметить, что выделенные геологией периоды приурочены к характерным фазам эволюционной кривой и это мало похоже на случайное совпадение. Это эволюция системы планета–массивный спутник.

Название статьи и приведенный фактический материал наблюдений говорит о том, что не надо оставлять без внимания реальное орбитальное движение Земли, не надо умалчивать факт перемещения оси вращения по направлению орбитального движения и игнорировать реальность воздействия возмущения на природные процессы.

По всей видимости, режиму эволюции планеты, лишенной спутника (например, Венера), не свойственны варианты, реализуемые в системе планета–спутник.

Как уже было сказано затруднение привлечения модели приливной эволюции к объяснению материалов исторической геологии и палеонтологии было связано только с тем, что в первом приближении не было обоснования цикличности эволюции. Приливная эволюция могла объяснить практически весь спектр природных процессов. Поэтому учет противоположной тенденции изменения с расстоянием r составляющих приливной силы устраняет это затруднение, и можно стратиграфическую шкалу и шкалу палеомагнетизма сопоставлять с ходом приливной эволюции системы Земля–Луна–Солнце.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 04–05–64862.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абалакин В.К., Аксенов В.П., Гребенников Е.А. и др.* Справочное руководство по небесной механике и астродинамике. М.: Наука, 1976. 862 с.
2. *Авсюк Ю.Н.* Приливные силы и природные процессы. М.: ОИФЗ РАН, 1996. 188 с.
3. *Голдрайх П.* История лунной орбиты // Приливы и резонансы в Солнечной системе. М.: Мир, 1975. С. 97–248.

4. *Дарвин Дж.Г.* Приливы и родственные им явления в Солнечной системе. М.: Наука, 1965. 328 с.
5. *Джекобс Дж.* Земное ядро. М.: Мир, 1979. 305 с.
6. *Джеффрис Г.* Земля, ее происхождение, история и строение / Пер. с англ. М.: Иностр. лит., 1960. 485 с.
7. *Джозеф Д.* Устойчивость движения жидкости. М.: Мир, 1981. 638 с.
8. *Ержанов Ж.С., Колыбаев А.А.* Общая теория вращения Земли. М.: Наука, 1984. 253 с.
9. *Каула У.* Введение в физику планет Земной группы. М.: Мир, 1971. 536 с.
10. *Лаплас П.С.* Изложение системы мира. Л.: Наука, 1982. 374 с.
11. *Магницкий В.А.* Внутреннее строение и физика Земли. М.: Недра, 1965. 378 с.
12. *Манк У., Макдональд Г.* Вращение Земли. М.: Мир, 1964. 384 с.
13. *Монин А.С.* История Земли. Л.: Наука, 1977. 277 с.
14. Приливы и резонансы в солнечной системе. Сб. ст. М.: Мир, 1975. 286 с.
15. *Рускол Е.Л.* Происхождение Луны. М.: Наука, 1975. 118 с.
16. *Стейси Ф.* Физика Земли. М.: Мир, 1972. 342 с.
17. Фундаментальные постоянные астрономии. М.: Мир, 1967. 382 с.
18. *Шварцбах М.* Климаты прошлого. М.: ИЛ, 1955. 247 с.
19. *Chandler C.* On the variation of the latitude// Astron. J. 1892. Vol.11, No.12. C.97–107.
20. *Runcorn S.K., Wilkins G.A.* The Excitation of the Chandler Wobble surveys in Geophys // 1988. Vol.9. P.419–449.
21. *Williams G.E.* Tidal Rhythmites: Key to the History of the Earth's Rotation and the Lunar Orbit // J. Phys. Earth, 1990, 38. P. 475–491.

Авсюк Юрий Николаевич. Член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук. Работает заведующим лабораторией Гравиметрии Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. Область научных интересов: гравиметрия, внутренне ядро, процесс изменения широт. *avsyuk@uipe-ras.scgis.ru*

Суворова Ирина Ивановна. Старший научный сотрудник лаборатории Гравиметрии Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. Работает в институте с 1993 года. Область научных интересов: гравиметрия, внутренне ядро, процесс изменения широт.

УДК 521.93, 551.24.242.1

К ФЕНОМЕНОЛОГИИ СТРУКТУР И ПРОЦЕССОВ РОТАЦИОННОГО ГЕНЕЗИСА.

Ю.А. Морозов
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, morozov@ifz.ru
Геологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова

Аннотация. Статья посвящена описанию многочисленных примеров в разновозрастных линейных подвижных поясах земного шара, которые на основании структурно-кинематических данных можно интерпретировать с точки зрения ротационного генезиса. Приведены свидетельства периодически повторяющихся кинематических инверсий (смена знака сдвиговой компоненты тектонических движений) в пространственно сопряженных подвижных поясах разного возраста, указывающие на возможное изменение осевого сжатия Земли в связи с изменением скорости вращения. Описаны ситуации, в которых устанавливается устойчивый для самых разных поясов северного и южного полушария разворот против часовой вектора силового воздействия на подвижный пояс.

Выяснение роли ротационных процессов в развитии Земли не только как планеты и космического тела, но и как эволюционирующей геологической системы имеет долгую, непростую и весьма интересную историю, требующую специального и обстоятельного рассмотрения (см. статью Л.И. Иогансон в этом же сборнике). Здесь же отметим, что к ротации, как креативной, созидательной силе, формирующей фигуру Земли, или как к геодинамически значимому фактору, действующему самостоятельно или в сочетании с эндогенными и внеземными силами, обращались многие выдающиеся ученые и мыслители и прежних времен (И. Ньютон, М.В. Ломоносов, И. Кант и др. [13, 24]) и нашего недалекого или нынешнего времени (С.Н. Бубнов, Г.Н. Каттерфельд, Б.Л. Личков, Д.В. Наливкин, Н.М. Страхов, П.Н. Кропоткин, В.Е.Хаин, Ю.Н. Авсюк, Б.В. Левин и др. [1–3,8,10,12,14–16,27,36,41–43]). Несмотря на активное и разностороннее обсуждение этого круга вопросов и в печати [18,27,88] и на конференциях [5,41], а также создание целого научного направления в науках о Земле – Ленинградской школы астрогеологов во главе с Б.Л. Личковым – это не привело к широкому восприятию существенной роли в тектогенезе различных факторов не эндогенной природы (в том числе и ротационного). Помимо многих причин объективного и субъективного характера это произошло и потому, что до сих пор нет вразумительных критериев и признаков для распознавания структур и процессов заведомо или предположительно ротационного генезиса. По-прежнему актуален вопрос их идентификации, феноменологического описания и накопления представительной базы данных,

свидетельствующих об их возможной планетарно значимой роли в геодинамической эволюции Земли.

Изучение особенностей кинематики тектонических движений в линейных подвижных поясах разного возраста и длительности эволюции, различной геоструктурной принадлежности и планетарного расположения позволило автору этой статьи выявить целый ряд принципиально новых явлений и закономерностей [21,22], которые не вполне вписываются в рамки господствующей плитно-тектонической парадигмы и требуют иного объяснения или интерпретации. Здесь приводятся описания двух групп достаточно закономерных, с нашей точки зрения, явлений планетарного порядка и делается попытка объяснения их природы с позиций, допускающих возможную значимость в тектогенезе ротационного фактора, действующего не самостоятельно, а в сочетании с процессами лунно-земного приливного взаимодействия и процессами земной эндогенной природы.

Некоторые закономерности в соотношении пространственных ориентировок и кинематических инверсий в подвижных поясах Земли

Давно замечено, что в пространственных ориентировках линейных подвижных поясов самого разного возраста и местоположения на всех континентах планеты, составляющих весьма обширную в количественном отношении совокупность, имеется достаточно ограниченное число характерных доминирующих направлений. Более того, эти направления (субширотное, субмеридиональное и два сопряженных с ними диагональных) устойчиво и закономерно ориентированы относительно всей системы современных географических координат, включая полюса, экватор, сеть меридианов и параллелей (рис. 1). Это естественным образом приводило многих исследователей к заключению о генетической связи такой закономерности с ротационным фактором.

В частности, С.Н. Бубнов в своих знаменитых публичных лекциях в октябре–ноябре 1956 г. в Московском Университете особо отмечал: «…мы имеем дело…с закономерным расположением структурных элементов и зон деформации относительно оси вращения Земли [8, стр. 227]. М.В. Стовас в свою очередь связывал размещение подвижных поясов с периодическими вариациями ротационного режима при неизменном положении оси вращения и, как следствие этого с «…изменением полярного сжатия земного эллипсоида» [34, стр. 269]. Так называемая регматическая сеть разломов и планетарной трещиноватости, образующих линеаментную делимость земной коры, характеризуется, как известно, статистической устойчивостью своих структурных планов и доминирующих направлений для разных временных этапов эволюции Земли, также закономерно сопряженных с элементами современных географических координат, что опять-таки принято связывать с

ротационным режимом [4,9,26 и др.]. При всей, казалось бы, логически очевидной связи отмеченных закономерностей с ротационным фактором в качестве креативного, по-видимому, все же следует признать, что это скорее реализация необходимого условия, чем достаточного, и уж во всяком случае, не однозначное свидетельство их ротационной природы. Именно поэтому так важны описания иных примеров и фактов подобного круга явлений, дополняющих феноменологию процессов и структур, которые можно было бы более или менее определенно интерпретировать с рассматриваемых позиций.

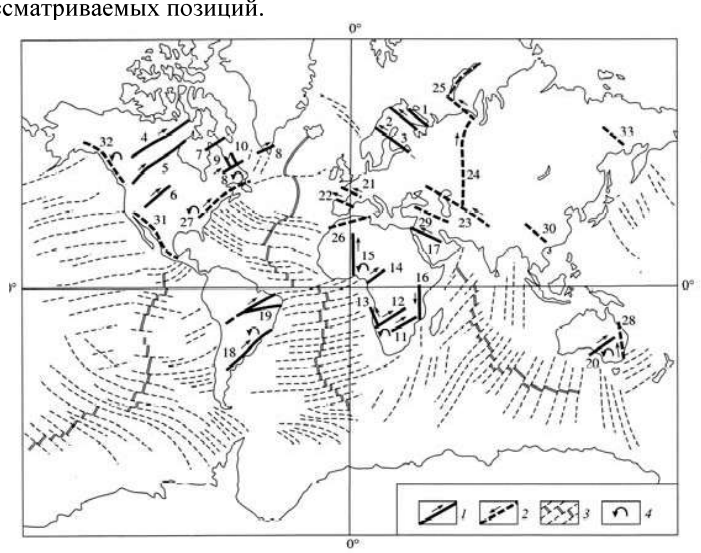


Рис. 1. Схема расположения разновозрастных линейных подвижных поясов на континентах (показаны только те пояса, для которых автором проанализированы структурно-кинематические данные) в сопоставлении с системой трансформных разломов мирового океана. *1* – докембрийские пояса; *2* – фанерозойские пояса; *3* – система трансформных разломов и рифтов океанов; *4* – места, где установлено вращение вектора силового воздействия на подвижный пояс. Цифры на схеме: 1 – зона Колмозеро-Воронье, 2 – Беломорско–Лапландский пояс, 3 – Саво-Ладожская зона, 4 – сдвиговая зона Грэйт Слэйв Лэйк, 5 – тектоническая зона Сноубёрд, 6 – зона Грэйт Фол, 7 – складчатый пояс Кейп Смит, 8 – пояс Макковик–Кителиды, 9 – пояс Новый Квебек, 10 – пояс Торнгат, 11 – пояс Лимпопо, 12 – пояс Дамара, 13 – пояс Каоко, 14 – пояс Камерун, 15 – пояс Адрар де Ифорас, 16 – Мозамбикский пояс, 17 – сдвиговые зоны Нубийского щита, 18 – пояс Рибейра–Арасуаи, 19 – система сдвиговых зон Барборема, 20 – сдвиговая зона Калиньяла, 21 – сдвиговые зоны Армориканского массива, 22 – Пиренеи, 23 – Южный Тянь-Шань, 24 – Урал, 25 – Пай-Хой, 26 – Атлас, 27 – Аппалачи, 28 – пояс Яролл–Новая Англия, 29 – Северо-Анатолийская сдвиговая зона, 30 – сдвиговые зоны южного Китая, 31 – пояс Американских Кордильер, 32 – пояс Канадских Кордильер, 33 – Яно-Колымская зона.

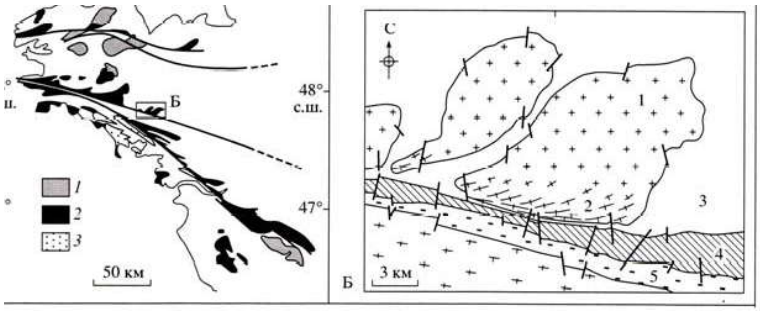
Обратимся к особенностям кинематики структурообразующих движений в ортогонально и диагонально сопряженных системах одновозрастных (по времени тектогенеза) линейных подвижных поясов различного геоструктурного положения (внутриплитные, перикратонные, межплитные) и разной геодинамической природы на разных континентах земного шара. Имеющиеся данные также позволяют оценить характер устойчивости и регулярности проявления этих особенностей во времени, на разных временных интервалах длительной эволюции Земли от докембрия до новейшего времени.

Изучение кинематики основано на возможностях структурно-парагенетического анализа и включает оценку типов геомеханической обстановки, способов нагружения среды, направлений перемещения и перераспределения материала, объемных эффектов, пространственной ориентировки приложенных сил и трендов важнейших структурных элементов. Для обстановок простых типов нагружения геоматериала (сжатия, растяжения, простого сдвига) и их комбинированного проявления (транспрессия, транстенсия) эмпирически и экспериментально установлены наиболее характерные и устойчивые сочетания структурных элементов, которые возникают в определенном положении относительно главных осей деформации и объединяются в соответствующие структурные парагенезы [17,20,30,65,87].

Изучение кинематики тектонических движений в подвижных поясах показывает, что практически все они, независимо от возраста, развиваются как зоны транспрессии, с соответствующим внутренним строением по типу дивергентной «структуры пальмового дерева» и обязательным проявлением сдвиговой компоненты на фоне поперечного сокращения [19,20]. Более того, в пределах единой эпохи тектогенеза обязательно выявляются две или несколько стадий с разными знаками сдвиговой компоненты, проявленные последовательно одна после другой. Если складчатый пояс в последующем был вовлечен в события более молодого времени, то и для них устанавливается неоднократные смены знака, которые автор назвал *кинематическими инверсиями* [21]. С этой точки зрения были проанализированы разновозрастные подвижные пояса и складчатые зоны практически всех континентов (см. рис.1). Оказалось, что в каждом из них на протяжении их эволюции происходили неоднократные кинематические инверсии, имеющие соответствующее структурное выражение и отмеченные теми или иными, синхронными с деформациями, термально-метаморфическими и магматическими событиями.

Рассмотрим в качестве примера несколько достаточно типичных природных ситуаций из разновозрастных и разноориентированных линейных подвижных поясов нескольких континентов.

Арморикaнский массив (см. на рис.1, № 21). В пределах Арморикaнского массива юга Франции известны две протяженные шовно-сдвиговые зоны, имеющие СЗ–ВЮВ простирания (Северо- и Южно-Арморикaнская), которые были активны во время варисского тектогенеза (рис.2). При этом многие исследователи выделяют как минимум две последовательные фазы, различающиеся кинематикой движений [53,64]. С ранней из них, охватывающей практически весь девон, связывают дивергентное покровно-складчатое перемещение метаморфитов неопротерозоя и нижнего палеозоя, обусловившее формирование пакетов тектонических пластин в сопряженных по этим разломам блоках. Надвиговые движения осуществлялись в комбинации с левосдвиговыми смещениями по шовным зонам, что зафиксировано: в кулисно-эшелонированном расположении многочисленных тел анатектических гранитов, оперяющих сдвиговые зоны (см. рис.2 А, Б), с возрастами 380–375±8 млн лет [53,70], в соответствующих ориентировках структурных элементов нижнепалеозойских ортогнейсов Lanvaux в бортах южной шовной зоны [58], в формировании синтектонических пулл-апартовых впадин (например, бассейн Ancenis) около разломных нарушений, заполненных терригенными отложениями девона–самых низов карбона [64]. На эту же сдвиговую кинематику указывает ориентировка складчатости в породах раннего–среднего палеозоя (кембрий–девон) в пространстве между Северо- и Южно-Арморикaнскими шовными зонами, оси которой развернуты относительно простирания этих зон по часовой стрелке [57, fig.46].



Вторая кинематическая стадия варисской фазы приходится на карбон и характеризуется тектоно-магматическими событиями, датированными в диапазоне 340–300 млн лет [64]. При этом все структурно-кинематические признаки указывают на правосдвиговые движения вдоль разломов. Милонитовая полосчатость предшествующей стадии сминается в «Z»-образные складки и на нее дискретно накладываются явно более низкотемпературные катаклазиты [70]. Многие гранитные массивы подверглись интенсивному рассланцеванию, особенно в приразломных зонах, и сланцеватость эта оказывается развернутой против часовой стрелки, что соответствует правосдвиговой кинематике (рис.2, Б). Такое же положение занимает и складчатость второго этапа в межразломных пространствах, создавая там отчетливые интерференционные структуры при наложении на вышеупомянутые складки предшествующей стадии [57, fig.46]. Верхний возрастной предел этих событий, вероятно, приходится на рубеж около 300 млн лет, так как обломки тектонизированных гранитов найдены в терригенных отложениях стефанского яруса (300–290 млн.л.), заполняющих небольшие приразломые впадины на рассматриваемой территории. После этого произошли сдвиговые движения новой кинематической стадии (неизвестного знака), так как осадки Стефания сами подверглись деформациям в узких локализованных зонах тектонизации [70].

Еще один наглядный пример относится к тектоническим событиям неопротерозойской бразилианской фазы тектогенеза Южной Америки, которые проявились в системе линейных подвижных поясов и зон северо-восточного простирания.

Пояс Рибейра-Арасуаи. В этом поясе ранние деформационные события, начиная с рубежа ~650 млн лет, связаны с надвигообразованием в пластичных, высокотемпературных условиях, когда в северо-западном направлении от осевой зоны пояса перемещались пластины гнейсового основания и супракрустальных пород неопротерозоя [62]. При этом синкинематические интрузии гранитоидов, с возрастами в диапазоне 655–575 млн лет [62, 81], образуют явную левосдвиговую кулису (см. рис.3, Г), свидетельствуя о транспрессивных условиях деформаций. После этого кинематические условия сменились на правосдвиговые и возник комплекс структур, наложенных на элементы предшествующего этапа. Покровные пластины были деформированы прямыми складками с субмеридиональным и северо–северо-восточным простиранием осей, гранитоиды подверглись рассланцеванию по тому же направлению, внедрились граниты новой генерации с возрастами 550–500 млн лет [81,90], образующие правосдвиговые кулисы (см. рис.3, Г). Проявились правосдвиговые зоны с более низкотемпературными тектонитами [62].

Система сдвиговых зон Борборема. Эта сложно ветвистая система сдвиговых зон (Patos, Pernambuco, Quixada, Sobral и др.) находится на северо-востоке Бразилии и составлена нарушениями северо-восточного и

субширотного простирания (см. рис.3, Б, В), имеющими все признаки полидеформационного развития. Ранняя стадия тектонической эволюции здесь проявилась в пологом надвигообразовании, охватившем и архейское основание, и неопротерозойские супракрустальные толщи, с субширотно-западным направлением движения покровных пластин (см. рис.3, Б) [55]. Последнее обстоятельство указывает на проявление левосдвиговой составляющей и на транспрессивный режим тектонического развития в целом.

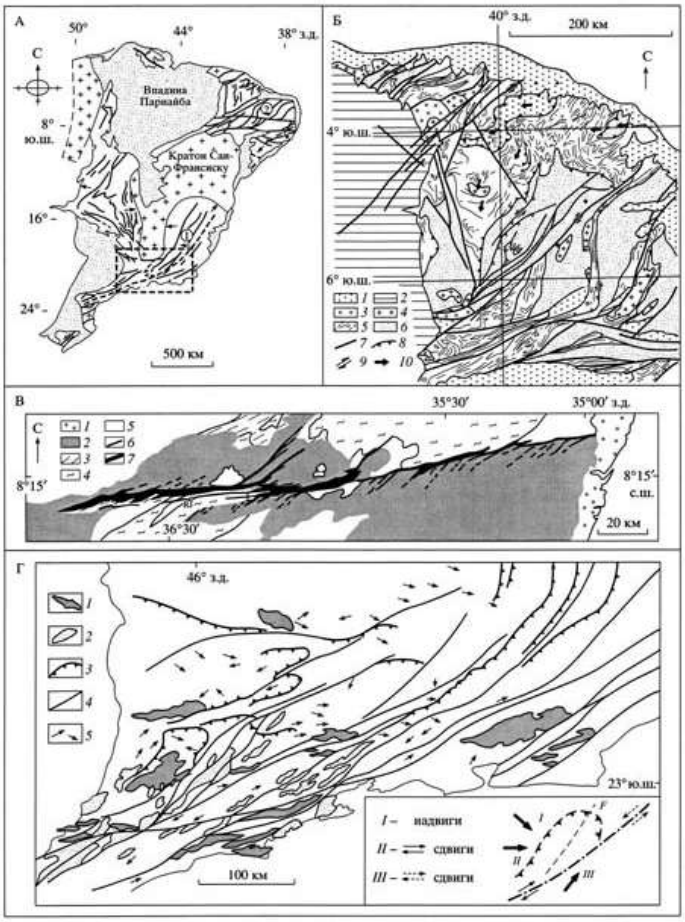


Рис. 3. Подвижные пояса бразилианской орогении (Южная Америка).

Условные обозначения к рис. 3. На А, по [62], – упрощенная тектоническая схема Восточной Бразилии. Цифры в кружках: 1 – пояс Рибейра-Арасуаи, 2 – система сдвиговых зон Борборема. Прямоугольником показано положение рис. 3, Г. На Б, по [55], – геологическая схема провинции Борборема (цифра 2 на А): *1* – мезозойские и третичные отложения, *2* – палеозойские отложения впадины Парнайба, *3* – позднебразилианская моласса, *4* – массивы гранитов, 5 – неопротерозойские породы, *6* – архейский фундамент, *7* – крупные сдвиговые зоны, *8* – крупные надвиги, *9* – знаки сдвиговых смещений, *10* –направления движения покровов. Продолжение на след. стр. На В, по [80], – генерализованная геологическая карта восточной части сдвиговой зоны Пернамбуко: *1* – фанерозойский чехол, *2* – гранитоиды, *3* – очковые гнейсы; *4* – слюдистые сланцы, *5* – мигматиты и ортогнейсы, *6* – низкотемпературное рассланцевание в гранитах, *7* – высоко температурные милониты. На Г, по [62], – схема строения части пояса Рибейра-Арасуаи, с изменениями (соответствует местоположению прямоугольника на рис.3, А): *1* – массивы синкинематических гранитов с возрастом 550–500 млн лет, образующие правосдвиговую кулису, *2* – массивы гранитов с возрастом 655–575 млн лет, образующие левосдвиговую кулису, *3* – пологие надвиги, *4* – сдвиговые зоны, *5* – линейные элементы двух пространственно-возрастных систем. На врезке – кинематическая схема деформационных стадий

Также на левосдвиговую кинематику указывает кулисно-эшелонированное расположение синтектонических интрузий гранитоидов с возрастами в интервале 650–585 млн лет [80], как бы оперяющих шовные сдвиговые зоны, а также ромбовидные, пулл-апартовые формы отдельных тел (см. рис.3, Б, В). По-видимому, с этой стадией связано формирование высоко температурных тектонитов [61], милонитовая полосчатость которых на последующей, уже правосдвиговой, стадии сминалась в асимметричные «Z»-образные складки. Кроме того, сами милониты дискретно перерабатываются низкотемпературными тектонитами со всеми структурными признаками правосдвиговой кинематики, фиксирующими региональное снижение температуры в возрастном интервале 585–545 млн лет [80].

На этой же стадии в субстрате гранитов сформировалась деформационная плоскостная текстура, ориентированная в интрузиях в соответствии с положением эллипсоида деформации при правом сдвиге, а сами тела гранитов и текстуры тектонитов предшествующей стадии испытали соответствующие подвороты около сдвиговых зон (см. рис.3, В). Наконец, накопление позднеорогенной молассы было локализовано во впадинах, чья ориентировка как раз соответствует положению структур растяжения при правом сдвиге (см. рис.3, Б). Амплитуда правосторонних смещений по сдвиговым зонам суммарно могла составлять десятки километров, если принять во внимание то, что только в восточной половине зоны Перманбуко (Pernambuco) такое смещение оценивается в 25 км [61]. Сводная картина кинематической эволюции рассмотренных

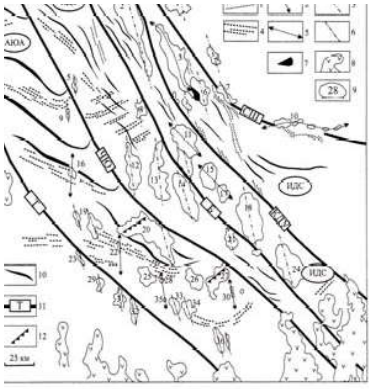
поясов и зон Южной Америки, вместе с данными по кинематике пояса Дом Фелисиано, являющегося юго-западным продолжением пояса Рибейра-Арасуаи, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Кинематическая характеристика подвижных поясов бразилианского тектогенеза в Южной Америке.

Условные обозначения, общие для всех таблиц: ///// – правый сдвиг; \\\\\\ – левый сдвиг; ТП – транспрессия; утолщенный пунктир – транстенсия; γ – граниты; δ – диориты; γ-δ – гранодиориты; F_1 – генерации складок; S_1 – сланцеватость; D_1 – этапы деформации; M_1 – этапы метаморфизма)

Другие примеры показывают, что нет какой-либо принципиальной разницы в особенностях кинематического развития и более молодых подвижных поясов и зон мезозоя и кайнозоя. Так, В.Г. Шахтыровым [45] описана ситуация знакопеременного режима горизонтально-сдвиговых движений в пределах линейной Яно-Колымской складчатой зоны (№ 33 на рис. 1) для юрско-мелового отрезка эволюции этого региона (Верхне-Колымский регион и Северное Приохотье). На основе изучения взаимоотношения отдельных магматических тел разного возраста и формационной принадлежности, как между собой, так и с вмещающими породами, а также с учетом их формы, ориентировки подводящих каналов, их соотношения с явно тектоническими границами структурно-формационных зон, ориентировок осей складчатых структур и роев дайково-жильных серий разных генераций были установлены как минимум два последовательных этапа тектонических движений с разной кинематикой (рис.4).

Для позднеюрского этапа установлены правосдвиговые движения вдоль серии глубинных разломов северо-западного простирания, что отражено в кулисно-эшелонированном расположении роев даек нера-бахапчинского и удлиненных гранитных батолитов колымского комплекса с возрастом более 145 млн лет, развернутых относительно разломов по часовой стрелке. В правосдвиговый парагенез с этими


АЮА
ИДС
ИДС
28
23 км

Кайнозойский этап тектонической эволюции также не является исключением в рассматриваемом плане. Так в восточной части Северо-Анатолийской разломной зоны (рис.5 и № 29 на рис.1), имеющей северо-западное простирание, для позднего миоцена–раннего плиоцена (15–5 млн лет) определяется устойчивое левосдвиговое смещение, зафиксированное в системе оперяющих (с разворотом против часовой стрелки) синтектонических кулисно расположенных грабенов, заполненных осадками этого возраста. В позднем плиоцене и в четвертичное время проявились правосдвиговые движения, приведшие к формированию вдоль зоны разлома цепочки пулл-апартовых впадин соответствующей морфологии [56].

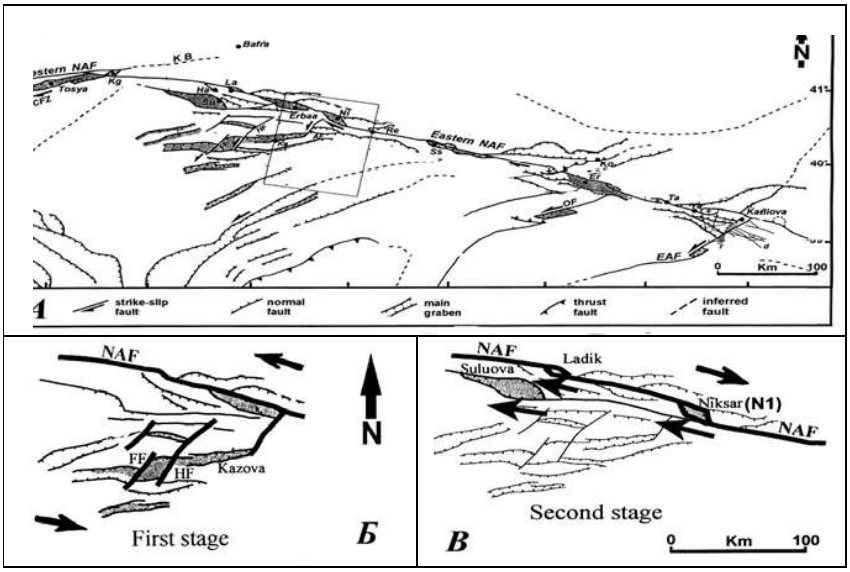


Рис. 5. Схема строения Северо-Анатолийской зоны разломов (А) и структурно-кинематические схемы ее эволюции для позднего миоцена–раннего плиоцена (Б) и позднего плиоцена–квартера (В) [56].

Рассмотренные примеры, помимо методического подхода, иллюстрируют не только сам факт проявления кинематических инверсий в отдельных подвижных поясах и зонах, но и достаточную типичность их реализации в разных геоструктурных элементах и на разных этапах эволюции земной коры. Этот феномен становится еще более интересным, если в систематический анализ и сопоставление включить подвижные пояса разных ориентировок и возраста. Оказывается, что в одновозрастных подвижных поясах, имеющих одинаковую

пространственную ориентировку (например, северо-западную) для одного и того же отрезка времени устанавливается *одинаковый* знак сдвиговой компоненты, который в последующем *синхронно* (!) меняется на противоположный (см. табл.1; табл. 2 – центральная и правая колонки). Наоборот, в диагонально сопряженных поясах (северо-западного и северо-восточного простирания) одного и того же возраста сдвиговые смещения происходят одновременно как бы в кинематической противофазе. При этом они также синхронно испытывают кинематические инверсии: левый сдвиг в поясах северо-западной ориентировки сочетается с правым сдвигом в поясах северо-восточного направления с одновременной сменой знаков в каждом из них на противоположные (сравните левую колонку с центральной и правой в табл. 2). Такая же закономерность выявляется и при рассмотрении одновозрастных субмеридиональных и субширотных подвижных поясов мира (табл. 3).

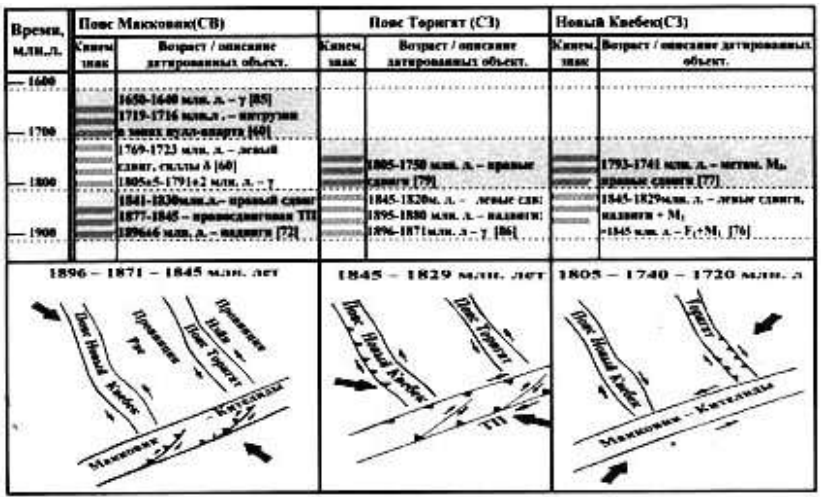


Таблица 2. Кинематические характеристики и возрастные датировки этапов и стадий тектонической эволюции линейных подвижных поясов юго-восточной части Канадского щита (провинция Нейн).

К не менее интересной закономерности, выявленной нами при анализе кинематики подвижных поясов и зон разного возраста, можно отнести установление отчетливой регулярной повторяемости кинематических инверсий в ходе тектонической эволюции. При этом поразительна выдержанность на значительных отрезках времени длительности кинематических стадий и синхронность переиндексаций, характерные

одновременно для всех материков и позволяющие говорить о *квазицикличности кинематических инверсий*, общей для разных континентов. Например, в архее, в раннем, среднем и в начале позднего протерозоя (т.е. в период от 3.0 до 1–0.7 млрд. лет) такие смены знака сдвиговой компоненты в подвижных поясах имели место с интервалом в 100 млн лет (см. табл. 2, 4). Во второй половине неопротерозоя, вплоть до рубежа с фанерозоем, продолжительность циклов была близка к 75 млн лет (см. табл. 1). В палеозое и отчасти в мезозое (триас–юра) кинематические инверсии происходили через интервал около 50 млн лет (см. табл. 3), во второй половине мезозоя и в кайнозое продолжительность циклов сокращается до 25–30 млн лет, а для третичного периода есть некоторые основания сократить этот интервал до 15–20 млн лет. Последняя по времени, из фиксируемых повсеместно, кинематическая инверсия приходится на рубеж около 5 миллионов лет и наступивший этап характеризуется правосдвиговыми смещениями вдоль подвижных поясов и зон северо-западного направления и, наоборот, левосдвиговыми движениями в диагонально сопряженных поясах северо-восточного простирания. Эта же закономерность прослеживается и в данных по решениям механизмов очагов современных землетрясений.

Время, млн. л.	Южный Тянь-Шань (ЗСЗ)		Урал (субмеридион.)		Восточная Австралия (С-Ю)	
	Кинем знак	Возраст/описание датированных объектов	Кинем знак	Возраст/описание датированных объектов	Кинем знак	Возраст/описание датированных объектов
200				Правосдвиговая кулиса ранне киммерийской скл-ти [28]		
250			?			
300		P_{1-2} – разворот векторов палеомагн. склонения [6], левая кулиса позднеорог. γ		P_{1-2} – правосдвиговая ТП, интрузии γ-сиенит-γ ряда [37]		
350		«Z»-скл. в каиндинской свите и в молассе C_1m-C_2 [23]		C_{1-2} – левосдвиговая ТП, шарьяжи, γ- тоналит-плагиогранитного компл. [37]		Левая кулиса гранитоидов позднего карбона [82]
400		Кулисно-эшелонир. складч-ть, троги каиндинской св.(D_3-C_1), «S»-скл. предш.тект. рассл.-ти		D_3gv-D_3f – правосдвигов. ТП, дивергентная покр.-складч. структура [37]		Правые кулисы межгорных впадин позднего девона [82]
450		«Z»-скл., правые сдвиги в зонах расслаиц., диверг. покр.-складч. стр-ра и метам-тих [23]				Доминирующая сланцеватость предерезнелевонского возраста [82]

Таблица3. Кинематические характеристики варисских поясов Южного Тянь-Шаня, Урала и Восточной Австралии.

Время, млн. лет	Кинем. знак	Возраст (млн. лет) и описание датированных объектов	Цикл мет-ма	Временные интервалы циклов метам.	Этапы и стадии деф-ции	Кинематич. схемы этапов
–1800						
–1900		Правосдвиговая транстенсия с образованием грабенов Palapye, Soutpansberg и др. 1,9-1,85 – лавы и дайки комплекса Soutpansberg [54]	M_7 Зеленосл. фация	1900-1850 млн. лет	D_5	Z K
–2000		1983±14;2007±5;2010±17 – синтект. минерализация зон пластичных левых сдвигов [68]	$M_{6?}$ Амфибол. фация	2010-1930 млн. лет	D_4	
–2100		2040-синкин. γ Triangle Shear Zone зоны пластич. сдв. в γ Булаи 2100 - "Z"-складки СВ простиран.	M_5 Гранулит фация [68]	2100-2020 млн. лет [68]	D_3^3 D_3^2	
–2200		2117±17 – чарнокиты		> 2100 млн. лет	D_3^1	
–2300	?	Накопление формаций раннего палеопротерозоя		?		
–2400						
–2500						
–2600		2520 (2580)Великая Дайка Родезии 2570-2600 – γ-эндерб.масс.Булаи 2590 - γ Selebi Pikwe	M_2 Гранулит фация	2620-2520 млн. лет [68]	D_2 2600-2570	
–2700		2650 – γ комплекса Razi Granites 2660±40 (Rb-Sr) – скл.F_2 (ССВ) 2671-2664 – γ Matok Pluton [48] 2690 – шарьяжи, синкинем. γ [74]	M_1 Гранулит фация	2710-2640 млн. лет [73]	D_1^3 >2640 D_1^2 2671-2664 D_1^1 ~2690	Z K

Таблица 4. Кинематические характеристики и возрастные датировки этапов и стадий тектонической эволюции докембрийского пояса Лимпопо Южной Африки (Z и K – кратоны Зимбабве и Каапвааль)

Феномен вращения вектора силового воздействия в подвижном поясе

В некоторых подвижных поясах разных континентов северного и южного полушария, для которых накоплен весьма подробный материал по их полистадийной кинематической эволюции и имеются многочисленные абсолютные датировки деформационных, магматических и метаморфических процессов, картины кинематических инверсий дополняется еще одной весьма интересной устойчивой закономерностью. В поясах как докембрийского, так и фанерозойского заложения и эволюции неоднократно устанавливался факт смены во времени (в пределах единой эпохи тектогенеза) характера кинематики структурообразующих тектонических движений. Например, датированные смещения чисто сдвигового характера того или иного знака, во времени сменяются деформациями сначала с доминирующей надвиговой компонентой при подчиненности сдвига, затем чисто надвиговыми перемещениями, а под конец опять сдвигом, но со знаком, противоположным первоначальному. Это свидетельствует о явном развороте (обычно на угол более 90°) во времени вектора силового воздействия на подвижный пояс, причем направленность такого разворота, фиксируемого в системе современных географических координат, во всех случаях устанавливается ***против часовой стрелки***. Приведем несколько примеров этого явления в ряде подвижных поясов, местоположение которых отмечено специальным знаком округлой стрелки на рис.1.

Подвижные пояса провинции Нейн (Nain). Этот регион в восточной части Канадского щита интересен торцовым сочленением (см. рис.1, № 8–10, табл. 2) разно ориентированных палеопротерозойских подвижных зон, развивавшихся синхронно и согласованно одна с другой: пояс Макковик-Кетилиды (Makkovik-Ketilidian belt) северо-восточного простирания и орогены Торнгат (Torngat) и Новый Квебек (New Quebec) северо-западного направления. Подробное описание строения и развития этих поясов здесь опущены, а кинематические характеристики сведены в таблице 2. Ниже приводится только обобщенная схема сопряженной тектонической эволюции поясов, которая включает ориентировки вектора силового воздействия на каждый из них, полученные на основе структурно-кинематических данных для нескольких последовательных временных этапов [60,72,86]. В поясе Макковик, так же, как и в орогенах Торнгат и Новый Квебек, в интервале 1896–1871 млн лет ориентировка сил сжатия реконструируется по направлению северо-запад–юго-восток, что привело в первом из них к развитию надвиговых структур с небольшой правосдвиговой компонентой, а в последних – к левосторонним транскурентным сдвигам. В последующем (1845–1829 млн лет) в поясе Макковик нарастала роль сдвиговой составляющей, приближая деформационный режим к типично транспрессивному. В

сопряженных орогенах (сначала в Новом Квебеке, а затем в орогене Торнгат) на фоне левосдвиговых смещений стали проявляться надвиги, что может свидетельствовать о постепенном развороте внешних сил воздействия до направления запад-северо-запад–восток-юго-восток. Это вращение, по-видимому, продолжалось и далее, через субширотное направление, когда, начиная с рубежа 1805 млн лет, в поясе Торнгат доминировали субсеквентные надвиги, до направления северо-восток–юго-запад, когда в интервале 1793–1741 млн лет в обоих орогенах северо-западной вытянутости в дискретных зонах имели место правосдвиговые смещения. Почти одновременно с этим (интервал ~ 1815–1720 млн лет) в поясе Макковик преобладающее развитие получили левые сдвиги. Таким образом, получается, что при тектонической эволюции региона в палеопротерозое происходили неоднократные кинематические инверсии (см. табл. 2). Входящие в его структуру диагонально сопряженные подвижные пояса и орогены развивались в кинематической противофазе, а векторы внешнего силового воздействия на них разворачивались во времени против часовой стрелки (см. рис. в табл.2).

Пояс Лимпопо в Южной Африке (см. рис.1, № 11 и табл.4). Этот широкий (до 200 км) и весьма протяженный (900–1000 км) в северо-восточном направлении пояс расположен между двумя архейскими гранит-зеленокаменными областями Южной Африки – кратонами Зимбабве и Каапвааль. Для пояса характерно общее дивергентно-веерное строение и длительное полиэтапное развитие, отмеченное тремя разобщенными периодами нарушения изотопно-геохимических систем около 3,2; 2,6 и 2,0 млрд. лет [68]. В кинематическом плане достаточно полно охарактеризованы только позднеархейский и палеопротерозойский мегаэтапы, разделенные периодом тектонического покоя (табл. 4). Помимо уже упомянутой в предыдущем разделе регулярной повторяемости кинематических инверсий здесь также выявляется разворот во времени вектора силового воздействия, в соответствии с которым видоизменяется и кинематика движений на отдельных деформационных стадиях и структурное выражение этих деформаций (см. правую колонку в табл.4). Так, на неоархейском этапе тектогенеза основные деформационные и синхронные двухэтапные термально-метаморфические события в целом связывают с коллизией кратонов Зимбабве и Каапвааль [83,89]. Их конвергенция по направлению СЗ–ЮВ привела к «выдавливанию» нижнекоровых комплексов краевых зон и их дивергентному шарьированию по пологим сместителям на смежные кратоны (стадия D^1_1). В последующем (стадия D^2_1), субпоперечные к простиранию пояса движения сменились транспрессивными деформациями с правосдвиговой компонентой, которая выявляется некоторыми исследователями в тектонитах зоны, а также читается в форме и развороте по часовой стрелке удлиненного тела плутона Мэток (Matok Pluton), чарнокит-эндербитовая фаза которого датируется в

2671±4 млн лет, а гранодиоритовая – в 2664 млн лет [48]. В Северной краевой зоне синтектонические интрузии этого этапа представлены телами гранитоидов комплекса Раци (Razi Granites) с возрастом около 2.65 млрд лет [49], конфигурация которых, кулисный характер группирования и расположение относительно внешних границ зоны также в целом соответствую позиции структур растяжения при правом сдвиге. На третьей стадии этого этапа (D^3_1) имели место собственно правосдвиговые смещения, устанавливаемые в многочисленных сдвиговых зонах, сопряженных со складками F_2, выделенных П. Кумером с соавторами [59] как в пределах пояса Лимпопо, так и в сопряженных с ним частях кратона Зимбабве. Им эти исследователи приписывают, вслед за М. Хикманом и Дж. Уэйкфилдом [66], возраст 2660±40 млн лет.

Деформационные события, имевшие место на фоне второго этапа термально-метаморфических преобразований (2.62–2.52 млрд. лет), характеризуются проявлением левосдвиговой компоненты движений вдоль основных структурно-формационных зон пояса и их границ (этап D_2). Например, в пределах Центральной зоны известен крупный массив гранитов Булаи (Bulai Pluton), одновременный с процессами мигматизации и имеющий в целом характерные кулисно-эшелонированные очертания и разворот против часовой стрелки относительно ее внешних границ. Его возраст оценивается в интервале 2.60 (эндербитовая фаза) – 2.57 (гранитная фаза – 2572±4) млрд. лет. Схожие цифры (2.59 млрд. лет) получены и для другого синтектонического массива гранитов Selebi Pikwe, расположенного на северо-западе пояса и вписывающегося в левосдвиговую кинематику. Кроме того, этой же кинематической обстановке соответствует положение роя Великой дайки Родезии и ее многочисленных сателлитов (U-Pb SHRIMP возраст – 2579±3 млн лет [47]), пересекающих не только северный борт пояса Лимпопо, но частично и его Северную краевую зону. Прямые свидетельства левосдвиговой кинематики установлены в мощной сдвиговой зоне Палала (Palala Shear Zone), отделяющей Южную краевую зону от Центральной [78], для которой, кстати, некоторые исследователи [52] определяют две последовательные фазы милонитообразования с признаками разнознаковых сдвиговых смещений – сначала правосторонних, а затем левосторонних.

Следующий крупный этап развития пояса Лимпопо приходится уже на палеопротерозойский этап, с которым связывают его повторную тектоно-термальную ремобилизацию в режиме интракратонной сутуры во временном интервале 2.1–1.8 млрд. лет. Метаморфические преобразования включают несколько последовательных циклов, достигая уровня гранулитовой фации (M_3) с последующим развитием ретроградных процессов уровня амфиболитовой (M_4) и зеленосланцевой ($M_{5?}$) фаций. Начальные тектонические события этого интервала времени (D_3^1) определялись деформацией с левосдвиговой компонентой

смещений, с которой было сопряжено внедрение чарнокитов с возрастом 2117±17 млн лет (сдвиговая зона Палала), вытянутые линзовидные тела которых группируются в некоторых шовных зонах в соответствующие кулисные эшелоны. Эти особенности структуры предполагают на данной стадии субмеридиональную или ССВ ориентировку вектора внешних сил относительно пояса в целом. Последующие деформации (D_3^2), будучи отчетливо наложенными на все структуры и магматические образования предыдущего цикла, определялись уже другими ориентировками внешних сил. В частности, в гранитах Булаи Центральной зоны отмечаются многочисленные зоны пластичного сдвига, которые возникали после рубежа 2100 млн лет как структурный результат ССЗ–ЮЮВ укорочения (т.е. практически поперечного сокращения пояса с некоторой правосдвиговой компонентой), а позже (D_3^3) эволюционировали в собственно правосдвиговые структуры [68]. Приблизительно в то же время происходили правосдвиговые смещения в мощной шовно-сдвиговой зоне (Triangle Shear Zone), разделяющей Центральную и Северную краевую зоны, в которой синкинематические гранаты дают возраста около 2040 млн лет [71]. В южнее расположенной и субпараллельной ей сдвиговой зоне Палала в это же время внедрялись одноименные граниты (Palala Granites) с возрастами цирконов около 2040 млн лет [84], отдельные линзовидные тела которых образуют отчетливую правосдвиговую кулису. Более того, в них самих фиксируются дискретные правосдвиговые зоны, совпадающие с доминирующим СВ простиранием всех структур пояса [51]. Пластический характер деформаций этого этапа с правосдвиговой кинематикой зафиксирован также в системах картируемых в гнейсах Центральной зоны, «Z»-образных по морфологии, асимметричных складок F_4 в классификации П. Кумера с соавторами [59] с СВ ориентировкой осевых поверхностей, которые эти исследователи коррелируют с периодом изотопной регомогенизации пород около 2100 млн лет.

Синхронные этапу метаморфизма амфиболитовой фации деформационные процессы (D_4) характеризуются новой кинематической обстановкой, теперь уже с левосдвиговой компонентой движений. Так, например, Л. Хольцер с коллегами [68 приводит датировки отдельных синтектонических минералов из сдвиговой зоны в гнейсах центральной части пояса (гранат – 2010±17 млн.л.; титанит – 2007±5 млн. л.; 1983±14 млн лет), которые отражают регрессивную ветвь преобразований. Они параллелизуются с деформациями, обусловленными ВСВ–ЗЮЗ сжатием, приведшим к перемятию прежних складчатых структур прямыми изоклинальными складками с СЗ ориентировкой осевых поверхностей и к формированию пересекающейся складчатости. Естественно, что такая ориентировка приложения сил и формирующихся

при этом складок относительно ВСВ ориентировки самого пояса предполагает проявление и левосдвиговой компоненты деформаций.

Последние, из устанавливаемых на палеопротерозойском этапе (интервал 1.92–1.83 млрд лет), деформационные события отражают уже совсем приповерхностные эпизоды тектонической эволюции комплекса, которые происходили в принципиально иной кинематической обстановке, чем предшествующие, а именно в условиях регионально проявленной транстенсии и с ССВ–ЮЮЗ ориентировкой растягивающих усилий. Следствием этого стало формирование систем грабенов и впадин, в которых накапливались терригенные и вулканогенно-осадочные серии (Palapae, Waterberg, Sautpansberg formations) с датировками наиболее молодых базальтов около 1.85 млрд лет. Расположение впадин часто контролируется крупнейшими шовными зонами пояса (например, зоной Палала), а общий характер их морфологии и кулисно-эшелонированного группирования свидетельствует о правосдвиговой компоненте, действовавшей на фоне растяжения.

Таким образом, как видим (см. табл. 4, правая колонка), в периоды проявления двух крупных эпох тектогенеза в поясе Лимпопо – неоархейской и палеопротерозойской, устанавливается принципиально схожая кинематическая картина – разворот во времени векторов силового воздействия на комплексы пород устойчиво против часовой стрелки.

Подвижная зона Адрар-Ифора (Adrar des Iforas). Эта субмеридиональная по своему простиранию зона является составной частью Транс-Сахарского подвижного пояса, ограничивающего с востока Западно-Африканский кратон (см. рис. 1, № 15, табл. 5). Здесь во временном интервале 700–450 млн лет устанавливается [50], как минимум, четырехкратная перестройка кинематических планов, связанная с изменением ориентировки сил внешнего воздействия на пояс (их разворот от этапа к этапу опять-таки *против часовой стрелки*) и имеющая следствием неоднократную смену знака сдвигового смещения в поясе (см. табл.5). При субмеридиональной ориентировке сил на первом этапе (D_1 – 696–613 млн лет), действующих практически вдоль пояса, реализуется только простой сдвиг с правосторонним смещением. Последующий их разворот (в интервале 610–570 млн лет) сначала до северо–северо-западного (стадия D_2^1), а затем до субширотного направления (ВЮВ–ЗСЗ – стадия D_2^2) последовательно вводит в действие режим левосторонней транспрессии и обстановку преимущественного субпоперечного сокращения. С первой стадией связывается формирование косо ориентированных (ВСВ–ЗЮЗ) к простиранию пояса прямых складок, а со второй – широкое проявление опрокинутой складчатости уже ССВ–ЮЮЗ направления и надвигов с некоторой левосдвиговой компонентой. Для третьего этапа (D_3 – 566–535 млн лет) устанавливается северо-восток – юго-западное направление сокращения, обусловившее формирование внутри пояса правосдвиговых зон пластичных деформаций с диапазоном

пространственных ориентировок 0–20°. Наконец, финальная стадия панафриканских деформаций (D_4), наложенных на все предшествующие структуры, характеризуется широтным направлением сжатия и формированием сопряженных хрупких разрывов.

Время, млн. лет	Кинемат. знак	Этап деф. и возрастной интервал	Направл. сжатия
450	?	D_4	В-З
500			
		D_3 566-535	СВ-ЮЗ
550			
		D_2 610-570	ВЮВ-ЗСЗ
600			ССЗ-ЮЮВ
		D_1 696-613	С-Ю
650			
700			

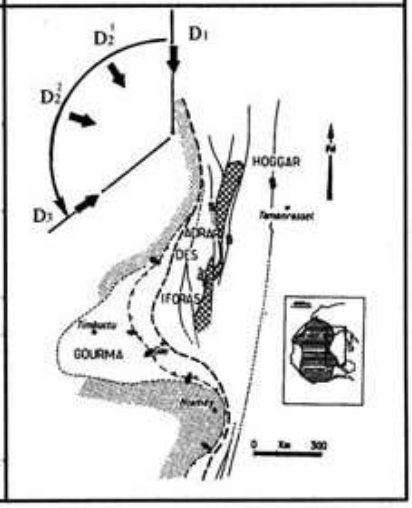


Таблица 5. Кинематика и периодичность движений в подвижном поясе Адрар-Ифора (Трансахарский пояс, Западная Африка), по [50].

Пояса Рибейра-Арасуаи и Дом Фелисиано Южной Америки (см. рис.1, №18 и рис. 3г, табл.1). В приведенном в предыдущем разделе описании кинематической эволюции этих поясов, помимо фактов неоднократных кинематических инверсий, также есть все признаки постадийно-последовательного разворота силового вектор (см. кинематическую схему на угловой врезке рис.3г). Изначально северо-западная, поперечная к простиранию поясов ориентировка сжатия (I стадия 650–580 млн лет), приведшая к выдавливанию на борта пакета шарьяжно-складчатых пакетов пластин, сменилась субширотным сжатием, которое привело не только к правосдвиговым смещениям по магистральным зонам разломов северо-восточного простирания, но и к наложенному «перемятию» пластин прямыми складками ССВ ориентировки (II стадия 580–500 млн лет). Последние деформации (III стадия 480–460 млн лет) уже были левосдвиговыми, что предполагает ССВ–ЮЮЗ силовое воздействие при северо-восточной ориентировке самих поясов.

Канадская Кордильера. В складчатом поясе Канадской Кордильеры (см. рис.1, № 32), имеющем северо-западную ориентировку (рис.6), формирование разрывно-складчатой структуры в мезозое, обычно связываемой с конвергенцией литосферных плит, происходило на фоне неоднократной смены знака сдвиговой компоненты [63].

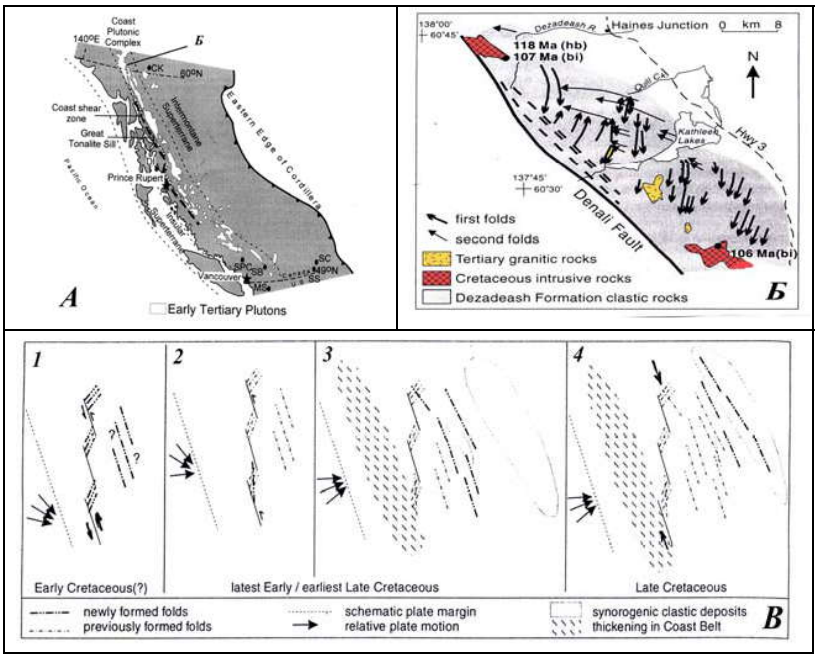


Рис. 6. Полистадийность структурно-кинематической эволюции мезо-кайнозойского подвижного пояса Канадских Кордильер. А – общая схема пояса [46], Б – структурная схема одного из участков, показывающая разноориентированные системы складок и интрузивных тел двух последовательных кинематических стадий [63], В – последовательное вращение вектора силового внешнего воздействия на пояс в ходе его эволюции [63].

Для юрского периода (~200–150 млн лет) устанавливается косое сближение плит, вызывающих левосдвиговые смещения, но в раннем мелу эти движения в региональном масштабе не проявлялись и знак движений остается неопределенным. В позднем мелу (110–80 млн лет) совершенно отчетливо проявились опять левосдвиговые движения, зафиксированные в кулисном расположении интрузивных массивов с абсолютными датировками 106–107 млн лет и в косоориентированной по отношению к продольным разломам (с разворотом по часовой стрелке)

складчатости субмеридионального простирания (рис.6Б). В более позднее время была сформирована вторая система складок субширотного простирания (разворот против часовой стрелки), явно соответствующая уже правосдвиговой обстановке. Результатом проявления двух разноориентированных систем складок явилось формирование сложной интерференционной структуры, включающей изометричные куполовидные и мульдообразные формы [63]. Судя по правокулисному расположению гранитных массивов раннетретичного возраста, можно предположить, что действие правого сдвига могло начаться с рубежа 75–60 млн лет. И действительно, по данным некоторых исследователей правосдвиговая обстановка имела место на протяжении кампана–палеоцена [46] и сохранялась до рубежа 45–40 млн лет, о чем свидетельствуют палеомагнитных материалы, фиксирующие вращение блоков этой части пояса по часовой стрелке в палеоцене–эоцене [69]. Так как на рубеже между этими двумя кинематическими стадиями (~75–65 млн лет) доминировало поперечное сокращение пояса, приведшее к формированию надвигов и складок, ориентированных вдоль пояса [46], можно заключить, что векторы внешнего силового воздействия на пояс испытывали во времени (по крайней мере, от среднего мела до середины эоцена) направленный разворот против часовой стрелки (рис. 6В) [63].

Прочие подвижные пояса. В геологической литературе встречается достаточно много работ исследователей разных поколений, которые при заметно различных методических подходах и на совершенно разных примерах и материалах независимо друг от друга приходят к одинаковому заключению, подобному нашему – *вектор силового воздействия в подвижных поясах со временем разворачивается против часовой стрелки*. С.Н. Бубнов, говоря о наиболее общих закономерностях тектогенеза на планете особо отмечал «Вращение плана напряжений, т.е. эллипсоида напряжений, в течение каждого тектонического цикла, происходящее всегда против часовой стрелки» [8, стр. 226]. Этот вывод сделан на основе подмеченного им явления постепенного «поворачивания главных осей морей и трансгрессий» на европейском континенте против часовой стрелки, а также на основании разворота простираний подвижных поясов разных эпох тектогенеза: генеральные простирания складчатости и покровно-надвиговых структур в каледонидах (Скандинавии) оказываются северо-восточными, в герцинидах (центральная Европа) – северо-западными, а в альпидах – субширотными (Средиземноморье).

В.И. Славин в своей обобщающей монографии по тектонике Афганистана [32] также отмечал последовательный разворот простираний структур против часовой стрелки по мере омоложения складчатости: герциниды (Шеберганский выступ Туранской плиты) простираются по азимуту 282°, киммериды – 270°, ранние альпиды (Фарахрудский прогиб, Аргандабское поднятие) – 250–236°, поздние альпиды (Катавазский

прогиб) – 210°. Эти сведения цитируются по обстоятельной работе Ю.И. Тверитинова [33], посвященной перестройке структурных планов в складчатых областях, в которой также приводятся многочисленные факты и сведения подобного же рода для Горного Алтая, Саяно-Байкальской горной области, Памиро-Южно-Тяньшаньского региона. Фиксируя азимуты простирания складчатости в разновозрастных образованиях этих складчатых систем, последовательно вовлекаемых в тектогенез Ю.И. Тверитиновым делается вывод о закономерном, последовательном развороте во времени структурных планов складчатых систем против часовой стрелки. При этом им впервые даны приблизительные оценки скоростей разворота на разных временных отрезках нескольких эпох тектогенеза, показана определенная изменчивость этих скоростей 0.34–0.27–0.16–0.20–0.45–0.58–0.15–1.15 град/млн лет (Горный Алтай), при средней скорости в фанерозое 0,34 град/млн лет. Понимая всю условность таких оценок, тем не менее, любопытно отметить то ускорение, то замедление темпов такого вращения от одной тектонической фазы к другой. «Интересна тенденция изменения скорости поворота структур: близкая к средней в палеозое, она после пфальцской эпохи резко замедляется, затем постепенно нарастает, достигая максимума к концу мезозоя, падает до минимума в палеогене и увеличивается до предельных значений в неогене. С этим коррелируются различные тектонические режимы. Как правило, этапам замедления скорости поворота структур сопутствуют погружения, либо умеренные поднятия и вулканизм. Этапам возрастания скорости отвечают контрастные движения большой амплитуды и плутонический магматизм» [33, стр.103–104]. Нам представляется, что подобное обобщение Ю.И. Тверитинова заслуживает внимания и требует дальнейшего специального изучения.

Обсуждение и интерпретация изложенного материала

Весь приведенный выше, в двух разделах, фактический материал, в совокупности с другими аналогичными свидетельствами из обширного массива проанализированных данных по кинематике тектонических движений подвижных поясов мира [21,22], позволяет сформулировать несколько обобщающих позиций:

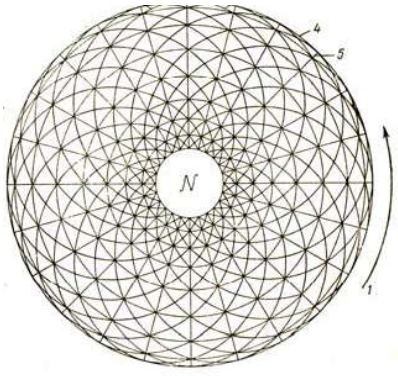
1) обращает на себя внимание системная выдержанность в современных географических координатах пространственных ориентировок линейных подвижных поясов, независимая от времени их формирования, по диагонально-сопряженным (северо-восточному и северо-западному) и ортогональным (субмеридиональному и субширотному) направлениям, а также симметричность их расположения относительно экватора, подобная системе трансформных разломов в океанах (см. рис.1).

2) устанавливается согласованность кинематики движений по сопряженным системам одновозрастных подвижных поясов, единая для всех континентов и устойчиво проявляемая на всех этапах тектонической эволюции Земли – синхронное развитие в кинематических противофазах диагонально и ортогонально сопряженных линейных поясов и зон и синхронные кинематические инверсии в них, и наоборот, одинаковые по кинематике движения на одних и тех же временных интервалах в подвижных поясах близкой пространственной ориентировки.

3) выявляется регулярная, как бы циклическая повторяемость кинематических инверсий, которая происходит на фоне явного сокращения во времени (от докембрия до наших дней) продолжительности циклов.

4) установлен феномен устойчивого во времени разворота против часовой стрелки вектора внешнего силового воздействия на подвижные пояса самого разного возраста и геоструктурного положения на разных континентах северного и южного полушарий.

Сформулированные выводы, на наш взгляд, вполне можно отнести к разряду общепланетарных закономерностей, так как охватывают примеры из самых разных материков и основаны не на единичных ситуациях, а на множественных сходных данных, устойчиво повторяющихся как во времени, так и в пространстве. Объективность их выявления доказывается тем, что одинаковые или близкие по своей природе факты описывались исследователями разных поколений независимо друг от друга, на основании совершенно различных подходов и с использованием разных методов исследования. Кроме того, весьма существенно то, что собранные воедино эти факты, по сути дела, характеризует с разных сторон одно и тоже явление и являются взаимосвязанными и взаимодополняющими. Естественно возникает вопрос, каковы могут быть источники проявления описанных процессов и механизмы их реализации, объясняющие как отдельные факты и стороны, так и всю их совокупность и взаимодействие. Нужно найти такие силы, которые действовали бы постоянно на протяжении всей длительной истории развития Земли и которые были бы ***одновременно*** ответственны за устойчивое во времени и закономерно симметричное расположение линейных структур относительно естественной системы координат на нашей планете, за строго периодическую повторяемость (цикличность) проявления процессов, типа кинематических инверсий, саму природу этих инверсий и факты разворота векторов силового воздействия на линейные структуры. Нам представляется вполне допустимым если не объяснять, то хотя бы обсуждать возможную роль в проявлении отмеченных закономерностей ротационного фактора, который в отличие от многих процессов, только предполагаемых геологами и геофизиками, действительно реально существует. Не менее значимую роль может играть не только само осевое вращение Земли, но и его периодическое возмущение, связанное с


4
5
N
1

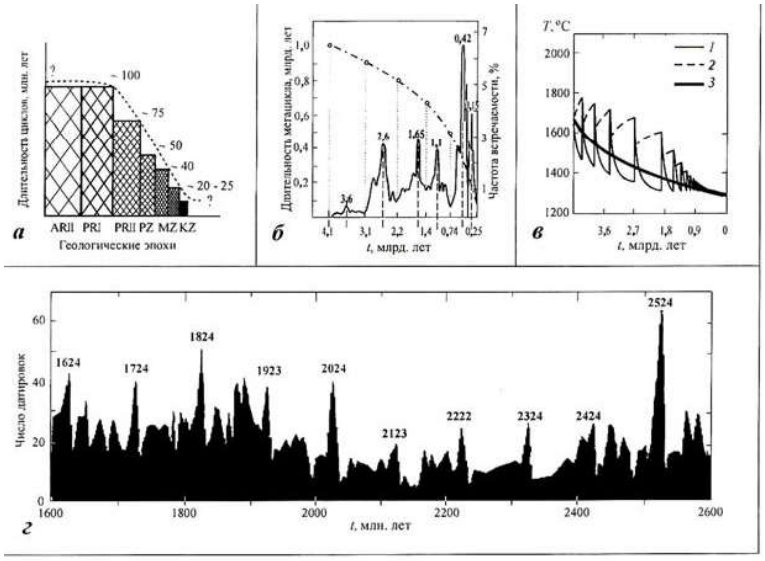
твердого ядра и изменение наклона оси вращения Земли относительно плоскости эклиптики, фиксируемого процессом миграции широт. При максимальном приближении Луны к Земле этот угол минимален, при удалении он возрастает. Это имеет следствием периодическую перестройку фигуры геоида, порождающую соответствующие внутренние напряжения в теле планеты и появление областей растяжения и сжатия, когда участки из высоких широт оказываются на более низких широтах, и наоборот. Кроме того, цикл «ухода–прихода» Луны разбивается на четыре фазы с попеременным ускорением и замедлением этого движения, что влияет не только на скорость вращения земного шара и, соответственно, на определенное изменение размера ее осей, но и на движение внутреннего ядра, а также на разную реакцию на приливные силы более «подвижных» оболочек (жидкое ядро, астеносфера, гидросфера) и более твердых геосфер. Все это, несомненно, влияет на эндогенную активность литосферы и мантии и на характер эволюции процессов в них. При медленных перемещениях оси вращения и малых приращениях скорости вращения, что имеет место при прохождении положений наибольшего сближения и удаления Луны и Земли, время релаксации напряжений в породах намного меньше характерного времени изменения напряженного состояния, поэтому перестройка пород происходит без существенных их разрушений. Наоборот, при быстром изменении режима вращения Земли (стадия прохождения Луной среднего положения) характерное время короче периода релаксации и породы испытывают значительные деформации и разрушения (тектогенез).

Выявленное нами «учащение» во времени кинематических инверсий (рис. 8, *а*) свидетельствует о том, что на фоне некоего циклически развивающегося процесса действует направленно нисходящий тренд, свойственный обычно диссипативно развивающимся колебательным системам. Это обстоятельство вполне согласуется с эмпирически установленными фактами подобного же бимодального развития эндогенной активности Земли, выраженного, в частности, через периодическое усиление интенсивности тектоно-термальных событий, зафиксированное в нарушении изотопных систем (рис.8, *б, в*) [7,29].

С одной стороны, эта периодичность отличается заметной регулярностью на длительных отрезках времени, позволившей ввести понятие так называемых геонов – этапов с повторяемостью (по крайней мере, для докембрия) максимальной эндогенной активности с шагом в 100 млн лет [67]. С другой стороны, для нее устанавливается экспоненциальное сокращение во времени длительности циклов (рис.8, *б*) [29].

И в том, и в другом случае это совпадает с выявленными нами тенденциями в характере проявления кинематических инверсий на протяжении эволюции Земли от архея до новейшего времени. Более того, обращает на себя внимание факт удивительного совпадения положения

временных рубежей между геонами и границ кинематических стадий, приходящихся на узко локализованный интервал 20–25 млн лет в каждом 100-милионном отрезке времени докембрийской эволюции (см. рис.8, *г* и табл. 2, 4). Все это наводит на мысль о вероятной согласованности, а может быть и о генетической взаимосвязанности ротационно-приливных процессов с эндогенной активностью недр Земли.



центробежной силы, обусловленных изменением величины и направления вектора осевого вращения Земли [31]. Недавно Б.В. Левин [14] дал свой вариант толкования сил, названных им гироскопическими, порождаемых возмущениями вращательного движения Земли, вызванных вынужденными перемещениями внутреннего твердого ядра под воздействием приливных сил. Латеральная составляющая этой силы, действующей на каждый элемент литосферы в направлении, перпендикулярном плоскости вращения данного элемента (т.е. параллельно оси вращения), испытывает разворот вместе с изменением положения оси вращения Земли. Получается, что оба упомянутых толкования так или иначе объясняют устойчивость разворота сил именно против часовой стрелки. Вопрос состоит лишь в том, достаточно ли силового воздействия ротационных процессов и лунно-земного приливного взаимодействия, чтобы порождать те деформации, которые возникают в коре и литосфере, или же оно не играет креативной роли, выступая только в качестве регулирующего фактора в системе, получающей основные (и достаточные) импульсы из эндогенного источника тектогенеза (конвекция, плюмы)? Традиционно распространено мнение, что напряжения, порождаемые ротационным фактором в земной коре настолько ничтожны, что его влиянием на эволюцию геологических систем можно пренебречь [25]. Однако в последнее время стали появляться работы, показывающие, что неравномерности вращения Земли, перемещения твердого ядра и соответствующие смещения оси вращения (Чандлеровы качания полюса) и приливные эффекты существенно могут влиять на напряженное состояние литосферы, а по своей энергетике эти процессы могут быть весьма значимыми и даже могут существенно влиять на эндогенную жизнь Земли (ее разогрев) [14,15].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 04–05–64862.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Авсюк Ю.Н.* Приливные силы и природные процессы. М.: ОИФЗ РАН, 1996. 188 с.
2. *Авсюк Ю.Н.* Внеземные факторы, воздействующие на тектогенез // Фундаментальные проблемы общей тектоники. М.: Научный мир, 2001. С. 425–443.
3. *Авсюк Ю.Н., Суворова И.И.* Процесс изменения широт и его связь с вынужденными перемещениями внутреннего твердого ядра // Физика Земли. 2006. №7. С. 66–75.
4. *Анохин В.М., Одесский И.А.* Характеристики глобальной сети планетарной трещиноватости // Геотектоника, 2001. №5. С.3–9.
5. III Астрогеологическая конференция по проблемам теории Земли. Тезисы докладов. Л.: АН СССР, 1960.

6. *Баженов М.Л., Буртман В.С.* Палеозойские деформации Тянь-Шаня // Геотектоника. 1997. №3. С. 56–65.
7. *Балашов Ю.А.* Концепция времени в геологической истории Земли // Геология и полезные ископаемые Кольского полуострова. Т.3. Апатиты: ГИ КНЦ РАН, 2002. С. 51–75.
8. *Бубнов С.Н.* Основные проблемы геологии. М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1960. 235 с.
9. *Долицкий А.В., Кийко И.А.* О причинах деформации земной коры // Проблемы планетарной геологии (Ред. Д.В. Наливкин, Н.В. Тупицын). М.: Госгеолтехиздат, 1963. С. 291–311.
10. *Каттерфельд Г.Н.* Лик земли и ее происхождение. М.: Географиздат, 1962. 152 с.
11. *Клименко А.В.* Глобальные свойства сейсмической активности Земли и их связь с ее вращением. Автореф. канд. дисс. М.: ИФЗ РАН. 2005. 27 с.
12. *Кропоткин П.Н., Трапезников Ю.А.* Вариации угловой скорости вращения Земли, колебаний полюса и скорости дрейфа геомагнитного поля и их возможная связь с геотектоническими процессами // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1963. № 11. С. 32–50.
13. *Кант И.* «Исследование вопроса о том, могли ли произойти изменения во вращении Земли вокруг своей оси, вызывающем смену дня и ночи, с первых дней ее возникновения и как об этом можно узнать». 1754 г.
14. *Левин Б.В.* Роль движений внутреннего ядра Земли в тектонических процессах // Фундаментальные проблемы общей тектоники. М.: Научный мир, 2001. С. 444–460.
15. *Левин Б.В., Павлов В.П.* Влияние астрономических факторов на вариации плотности энергии в твердой оболочке Земли // Физика Земли. 2003. №7. С. 71–76.
16. *Личков Б.Л.* Природные воды Земли и литосфера. М.–Л.: АН СССР, 1960, 163 с.
17. *Лукьянов А.В., Щерба И.Г.* Парагенетический анализ структур как основа тектонического районирования // Тектоника Сибири. М.: Наука, 1972. Т. 5. С. 15–24.
18. *Манк У., Макдональд Г.* Вращение Земли. М.: Мир. 1964. 384 с.
19. *Морозов Ю.А.* О роли транспрессии в формировании структуры свекокарелид Балтийского щита // Геотектоника. 1999. № 4. С. 37–50.
20. *Морозов Ю.А.* Структурообразующая роль транспрессии и транстенсии // Геотектоника. 2002. № 6. С. 3–24.
21. *Морозов Ю.А.* Цикличность кинематических инверсий в подвижных поясах в свете лунно-земных связей // Геотектоника, 2004 *а*. № 1. С. 21–50.
22. *Морозов Ю.А.* Пространственно-временные закономерности структурообразования в земной коре (с позиций структурно-

парагенетического анализа). Автореф. докт. дисс. М.: ИФЗ РАН, 2004 *б*. 42 с.
23. *Морозов Ю.А.., Талицкий В.Г.* Структурно-кинематические аспекты эволюции Киргизатинской синформной структуры Южного Тянь-Шаня // Геотектоника. 2006. № 1. С. 44–62.
24. *Ньютон И.* «Математические начала натуральной философии». Собрание трудов. М–Л: 1936.
25. *Парийский Н.Н.* Геофизика. Избранные труды. М.: ОИФЗ РАН, 2000. 236 с.
26. *Полетаев А.И.* Линеаментная делимость земной коры // Общая и региональная геология, геология морей и океанов, геологическое картирование: Обзор. М.: «Геоинформмарк», 1994. Вып. 4. 44 с.
27. Проблемы планетарной геологии (Д.В. Наливкин, Н.В. Тупицын – ред.). М.: Госгеолтехиздат, 1963. 342 с.
28. *Пучков В.Н.* Образование Урало-Новоземельского складчатого пояса – результат неравномерной косоориентированной коллизии континентов. // Геотектоника. 1996. № 5. С. 66–75.
29. *Пушкарев Ю.Д.* Мегациклы в эволюции системы кора–мантия. Л.: Наука, 1990. 217 с.
30. *Расцветаев Л.М.* Парагенетический метод структурного анализа дизъюнктивных тектонических нарушений // Проблемы структурной геологии и физики тектонических процессов. М.: Изд-во ГИН АН СССР, 1987. Ч. II. С. 173–235.
31. *Садовский М.А., Авсюк Ю.Н.* Физический эквивалент понятия «тектоническая сила» // Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Т. 3. М.: Янус-К, 2002. С. 84–93.
32. *Славин В.И.* Тектоника Афганистана. М.: Недра, 1976. 204 с.
33. Структурные перестройки и размещение металлогенических зон в складчатых областях. М.: Недра, 1981. 222 с.
34. *Стовас М.В.* Некоторые вопросы тектогенеза // Проблемы планетарной геологии (Ред. Д.В. Наливкин, Н.В. Тупицын). М.: Госгеолтехиздат, 1963. С. 222–274.
35. *Стовас М.В.* Избранные труды. М.: Недра, 1975. 155 с.
36. *Страхов Н.М.* Типы климатической зональности в после протерозойской истории Земли и их значение для геологии // Изв. АН СССР. Серия геол.1960. № 3. С. 23–85.
37. *Тевелев Ал.В.* Особенности развития магматизма и формирования складчато-покровной структуры южной части Восточно-Уральского мегаблока // Общие вопросы тектоники. Тектоника России. Материалы XXXIII тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2000. С. 510–514.

38. *Тяпкин К.Ф.* Вращение Земли – фактор, определяющий направленность геологических процессов и геофизические поля // Геофизика, 1994. №4. С. 8–14.
39. *Тяпкин К.Ф., Довбич М.М.* О напряжениях, возникающих в тектоносфере в результате изменения ротационного режима упруговязкой Земли // Геофизический журнал, 2002. №2. Т. 24. С. 52–59.
40. *Фридман А.М. и др.* О связи глобальной сейсмической активности Земли с особенностями ее вращения // Сейсмология и вулканология. 2005. №1.
41. *Хаин В.Е.* Роль астрогеологических факторов в развитии земной коры и в формировании ее мегаструктуры // Тез. докл. III Астрогеологической конференции по проблемам теории Земли. Л.: АН СССР, 1960. С. 34–35.
42. *Хаин В.Е.* Общая геотектоника. М.: Недра, 1973. 511 с.
43. *Хаин В.Е.* Крупномасштабная цикличность, ее возможные причины и общая направленность тектонической истории Земли // Фундаментальные проблемы общей тектоники. М.: Научный мир, 2001. С. 403–424.
44. *Хаин В.Е.* Глобальная геодинамика на пороге нового века // Геотектоника, 2002. №4. С. 3–13.
45. *Шахтыров В.Г.* Расчленение и корреляция магматических комплексов на основе знакопеременного режима горизонтальных тектонических движений (Верхне-Колымский регион) // Эволюция петрогенеза и дифференциации вещества Земли. Матер. междунар. петрограф. совещ. «Петрография XXI века». г. Апатиты, 20–22 июня 2005 г. Апатиты. ГИ КНЦ РАН. 2005. С. 281–284.
46. *Andronicos C.L., Holister L.S., Davidson C., Chardon D.* Kinematics and tectonic significance of transpressive structures within the Coast Plutonic Complex, British Columbia // Journ. Struct. Geol., 1999. V. 21. P. 229–243.
47. *Armstrong R.A., Wilson A.H.* A SHRIMP U-Pb study of zircons from the layered sequence of the Great Dyke, Zimbabwe and granitoid anatectic dyke // Earth. Planet Sci. Letter. 2000. V. 180. P. 1–12.
48. *Barton J.M., Doig R., Smith C.B. et al.* Isotopic and REE characteristics of the intrusive charnoenderbite and enderbite geographically associated with the Matok Pluton, Limpopo Belt, southern Africa // Precambrian Research. 1992. Vol. 55. P. 451–467.
49. *Blenkinsop T.G., Frei R.* Dating the intrusion of the Razi Granites Zimbabwe: Tectonic implications for the Northern Marginal Zone of the Limpopo Belt and the Zimbabwe Craton. In: Dirks P., Jelsma H. (eds.) Abstracts Intraplate Magmatism and Tectonics of southern Africa, Harare, 1997. V.4.

50. *Boullier A.M.* Sense of shear and displacement estimates in the Abeibara-Rarhous late Pan-African shear zone, Adrar des Iforas, Mali // Journ. Struct. Geol. 1986. Vol. 8. P. 47–58.
51. *Brandl G., Reimold W.U.* The structural setting and deformation associated with pseudotachylite occurrences in the Palala Shear Belt and Sand River gneiss, Nothern Transvaal // Tectonophysics, 1990. V. 171. P. 201–220.
52. *Broekhuizen A., McCourt S.* Structural evolution of the Koedoesrand hills and surrounding area North-West Transvaal South Africa. Centennial Geocongress of the Geological Society of South Africa, Johannesburg, South Africa, 1995, P. 280.
53. *Brun J.-P., Burg J.-P.* Combined thrusting and wrenching in the Ibero-Armorican arc // Earth Planet. Sci. Letters. 1982. Vol. 61. P. 319–332.
54. *Bumby A.J., Eriksson P.G., Van Der Merwe R., Brummer J.J.* Shear-zone controlled basins in the Blouberg area, Northern Province, South Africa // Journ. African Earth Sci. 2001. Vol. 33. P. 445–461.
55. *Caby R., Arthaud M.* Major precambrean nappes of the Brazilian belt, Ceara, northeast Brazil // Geology. 1986. Vol. 14. P. 871–874.
56. *Choukroune P.* Tectonic evolution of the Pyrenees // Ann. Rev. Earth Planet. Sci. 1992. Vol. 20. P.143–158.
57. *Cogne J.* Le Massif Armoricain // Geologie de la France. 1974. Vol. 1. P. 105–161.
58. *Cogne J.P., Choukroune P., Cogne J.* Cisaillements varisques superposes dans le massif de Lanvaux (Bretagne Centrale) // Comptes Rendus Academie des Sciences. Paris, 1983. Vol. 296. P. 773–776.
59. *Coomer P.G., Coward M.P., Lintern B.S.* Stratigraphy, structure and geochronology of ore leads in the Matsitama schist belt of Northern Bptswana // Precambrean Research, 1977. V. 5. P. 23–71.
60. *Culshaw N., Ketchum J., Barr S.* Structural evolution of the Makkovik Province, Labrador, Canada: Tectonic processes during 200 Ma at a paleoproterozoic active margin // Tectonics. 2000. Vol. 19. P. 961–977.
61. *Davison I., Mccarthy M., Powell D. et al.* Laminar flow in shear zones: the Pernambuco shear zone, NE Brazil // Journ. Struct. Geol. 1995. Vol. 17. P. 149–161.
62. *Ebert H.D., Chemale F., Babinski M. et al.* Tectonic setting and U/Pb zircon dating of the plutonic Socorro Complex in the transpressive Rio Paraiba do Sul Shear Belt, SE Brazil // Tectonics. 1996. Vol.15. № 2. P. 688–699.
63. *Evenchick C.A.* Northeast-trending folds in the western Skeena Fold Belt, northern Canadian Cordillera: a record of Early Cretaceous sinistral plate convergence // Journ. Struct. Geol. 2001. Vol. 23. P. 1123–1140.
64. *Guineberteau B., Bouchez J.-L., Vigneresse J.-L.* The Montagne granite pluton (France) emplaced by pull-apart along a shear zone // Geol. Soc. Am. Bull. 1987. Vol. 99. P. 763–770.
65. *Hanmer, S., Passchier, C.W.* Shear sense indicators: a review. Geological Survey of Canada, 1991. Vol. 90. 71 p.

66. *Hickman M.H., Wakefield J.* Tectonic implications of new geochronologic data from the Limpopo belt at Pikwe, Botswana, southern Africa // Geol. Soc. Am. Bull., 1975. V. 86. P.1468–1472.
67. *Hofmann H.J.* Precambrian time units and nomenclature – The geon concept // Geology. 1990. Vol. 18. P.340–341.
68. *Holzer L., Frei R., Barton J.M., Kramers J.D.* Unraveling the record of successive high grade events in the Central Zone of the Limpopo Belt // Prec. Res. 1998. Vol. 87. P. 87–115.
69. *Irving E., Wynne P.J., Thorkelson D.J., Schiarizza P.* Large northward movements of tectonic domains in the northern Cordillera, 83–45 Ma // Journ. Geoph. Res. 1996. V. 101. P. 901–916.
70. *Jegouzo P.* The South Armorican Shear Zone // Journ. Struct. Geol. 1980. V. 2. P. 39–47.
71. *Kamber B.S., Biino G.G., Wijbrans J.R. et al.* Archaean granulites of the Limpopo Belt, Zimbabwe: one slow exgumation or two rapid events? // Tectonics, 1995. V. 15. P. 1414–1430.
72. *Ketchum J.W.F., Culshaw N.G., Dunning G.R.* U-Pb geochronologic constraints on Paleoproterozoic orogenesis in the northwestern Makkovik Province, Labrador, Canada // Can. Journal of Earth Sci. 1997. Vol. 34. P. 1072–1088.
73. *Kramers J.D., Kreissig K., Jones M.* Crustal heat production and style of metamorphism: a comparision between two Archean high grade provinces in the Limpopo Belt, southern Africa // Prec. Res. 2001. Vol. 112. P. 149–163.
74. *Kreissig K., Holzer L., Frei R. et al.* Geochronology of the Hout River Shear Zone and the metamorphism in the Southern Marginal Zone of the Limpopo Belt, Southern Africa // Prec. Res. 2001. Vol. 109. P. 145–173.
75. *Lamouroux C., Soula J.C., Deramond J., Debat P.* Shear zones in the granodiorite massifs of the Central Pyrenees and the behaviour of these massifs during the Alpine orogenesis // Journ. Struct. Geol. 1980. Vol. 2. P. 49–53.
76. *Machado N., Clark T., David J., Goulet N.* U-Pb ages for magmatism and deformation in the New Ouebec Orogen // Can. Journal Earth Sci. 1997. Vol. 34. P. 716–723.
77. *Machado N., Goulet N., Gariepy C.* U-Pb geochronology of reactivated Archean basement and of Hudsonian metamorphism in the northern Labrador Trough // Can. Journal Earth Sci. 1989. Vol. 26. P. 1–15.
78. *McCourt S., Vearncombe J.R.* Structure of the Limpopo belt and adjacent granitoid-greenstone terranes: implications for Late Archaean Crustal evolution in Southern Africa // Precambrian Res., 1992. V. 55. P. 553–570.
79. *Mengel F., Rivers T., Reynolds P.* Lithotectonic elements and tectonic evolution of Torngat orogen, Saglek Fiord, northern Labrador // Can. Journal Earth Sci. 1991. Vol. 28. P. 1407–1423.
80. *Neves S.P., Mariano G.* Assessing the tectonic significance of a large-scale transcurrent shear zone system: the Pernambuco lineament, NE Brazil // Journ. Struct. Geol. 1999. Vol. 21. P. 1369–1383.

81. *Noce C.M., Macambira M.J., Soares A.C.* Chronology of neoproterozoic-cambrian granitic magmatism in the Araçuai Belt, eastern Brazil // Revista Brasileira de Geociencias. 2000. Vol. 30. P. 25–29.
82. *Powell C., Cole J.P., Cudahy T.J.* Megakinking in the Lachlan Fold belt, Australia // Journ. Struct. Geol. 1985. Vol. 7. P. 281–300.
83. *Roering C., van Reenen D.D., Smit C.A. et al.* Tectonic model for the evolution of the Limpopo Belt // Precambrian Research, 1992. V. 55. P. 539–552.
84. *Schaller M., Steiner O., Studer I. et al.* Exhumation of Limpopo Central Zone granulites and dextral continent-scale transcurrent movement at 2.0 Ga along the Palala Shear Zone, Nothern Province, South Africa // Precambrian Research, 1999. V. 96. P. 263–288.
85. *Scharer U., Krogh T.E., Wardle R.J., Ryan B., Ganhdi S.S.* U-Pb ages of early and middle Proterozoic volcanism and metamorphism in the Makkovik Orogen, Labrador // Can. Journal of Earth Sci. 1988. Vol. 25. P. 1098–1107.
86. *Scott D.J., Machado N.* U-Pb geochronology of the northern Torngat orogen, Labrador, Canada: a record of Paleoproterozoic magmatism and deformation // Precambrian Research. 1995. Vol. 70. P. 169–190.
87. *Sylvester A.G.* Strike-slip faults // Geol. Soc. Am. Bull. 1988. Vol. 100. P. 1666–1703.
88. *Teisseyre R., Takeo M., Majewski E. (Eds.)* Earthquake Source Assymmetry, Structural Media and Rotation Effects. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006. 582 p.
89. *Van Reenen D.D., Barton J.M., Roering C. et al.* Deep crustal response to continental collusion: the Limpopo belt of southern Africa // Geology, 1987. V. 15. P. 11–14.
90. *Wernick E., Artur A.C., Hormann P.K. et al.* O magmatismo alcalino potassico Piracaia, (SE Brazil): aspectos composicionais e evolutivos // Revista Brasileira de Geociencias. 1997. Vol. 27. P. 53–56.

Морозов Юрий Алексеевич. Закончил кафедру исторической и региональной геологии геологического ф-та МГУ и аспирантуру ИФЗ РАН. Доктор геолого-минералогических наук, академик РАЕН. Зам. директора ИФЗ РАН, профессор кафедры динамической геологии геологического Ф-та МГУ. Специалист в области структурной геологии метаморфических комплексов, тектонофизического моделирования. Занимается изучением планетарных геодинамических процессов на основе структурно-кинематических данных и материалов геофизических исследований.

УДК 521.93

РОТАЦИОННЫЕ ФАКТОРЫ ТЕКТОГЕНЕЗА – ИСТОРИЯ ВОПРОСА И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

Л.И. Иогансон
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН

Ведь каждый день пред нами солнце ходит,
Но все же прав упрямый Галилей.
А.С. Пушкин

Аннотация. Проведен анализ литературных данных и эволюции представлений, касающихся ротационных процессов как геодинамически значимых факторов.

В истории великих геологических споров, включающих дискуссии между плутонистами и нептунистами, катастрофистами и эволюционистами, наконец, фиксистами и мобилистами, как-то не нашлось места для давнего противостояния между сторонниками «Земли – тепловой машины» и Земли – космического тела со всеми вытекающими следствиями о приоритете энергетических источников в процессах тектогенеза. Основные постулаты наиболее известных и долгоживущих геотектонических концепций, (для примера назовем только некоторые из них – контракции, геосинклинально-платформенная, тектоники плит) были полностью сосредоточены на внутриземных процессах, рассматриваемых как производные от теплового режима, и индифферентны к космическому статусу Земли.

Вращение Земли или ротационный фактор в ее жизни, тем не менее, не ускользал от внимания многих естествоиспытателей, высказывавших свои соображения об устройстве Земли, начиная с довольно раннего времени. Однако «ротационные мотивы» долгое время звучали не в унисон с прочной эмпирической, чисто земной основой ведущих геотектонических концепций. В отрыве от последних, некими аутсайдерами, они существовали в виде все увеличивающегося набора дедуктивных заключений, остроумных догадок, некоторых наблюдений. Так, начиная с XVII-XVIII веков, сложилась система взглядов на причины тектогенеза, основанная исключительно на ротационных источниках тектонической энергии. В этом качестве рассматривались приливные и полюсобежные силы, а также воздействие изменения скорости вращения Земли. Подобные идеи имеют, таким образом, достаточно солидный возраст и достаточно сходное содержание: 1. Приливные силы обуславливают западный дрейф континентов; 2. Полюсобежные силы вызывают формирование горных поднятий в низких широтах; 3. С изменениями скорости вращения Земли связаны определенные дислокации земной коры.

Ситуация изменилась в первой трети XX века, когда на смену контракционной гипотезе пришли многочисленные геотектонические концепции с разработкой иных механизмов тектогенеза. Авторы новых гипотез увлеченно манипулировали с возникшими практически одновременно представлениями о подкоровых мантийных течениях и, еще не полагаясь на их возможности так, как это стало позже, во времена триумфа плитной тектоники, стали привлекать ротационные силы в качестве движущих сил процессов тектогенеза. Ретроспективный анализ важнейших геотектонических гипотез этого времени показывает, что самих механизмов тектогенеза оказалось гораздо меньше, чем гипотез. Во многих из них, в той или иной комбинации, рассматривается достаточно узкий набор возможных энергетических источников тектогенеза, которые можно разделить на «тепловые» и ротационные [10]. С этих пор интерес к ротационным силам то усиливался, то затухал в зависимости от господствующей системы (систем) взглядов, формирующей некие приоритеты геологического мировоззрения. В последнее время наблюдается явное возрождение и расширение ротационных представлений, формирующих качественно новый корпус «заготовок» для построения новой теории Земли.

* * *

Возможно, одно из первых упоминаний о влиянии вращения Земли основывается на представлении об ее различных оболочках. Имеются в виду соображения астронома Галлея (1656–1742), о том, что внешняя затвердевшая скорлупа Земли и внутреннее ядро вращаются с различными скоростями, чем объясняется уже известный к тому времени западный дрейф магнитного поля [16].

Ж.Л. Бюффон (1707–1788) в трактате «Теория Земли» (1749) полагал, что под влиянием вращения Земли в постоянной плоскости воды первичного моря, кроме приливов и отливов, испытывали и слабое движение с востока на запад. Бюффон предположил также, что в экваториальных широтах, где центробежная сила максимальна, аккумулировались размываемые материалы и возникли первые цепи поднятий. А.И. Суворов в своей интереснейшей работе «История мобилизма в геотектонике» [26] отмечает, что именно Бюффон «положил начало ротационным представлениям в тектонике, которые потом получат широкое распространение» [26, с. 12]. В конце XVIII века Б. Герман в развитие взглядов Бюффона рассматривал вращение Земли как причину для концентрического распределения вещества в ее недрах.

И. Кант (1724–1804) не только сформулировал космогоническую концепцию, легшую позднее в основу наиболее внушительной геотектонической контракционной гипотезы, но внес определенный вклад и в интересующие нас проблемы. Так, в качестве прелюдии к своей космогонической гипотезе в 1754 г. Кант опубликовал статью с длинным

названием «Претерпела ли Земля в своем вращении вокруг оси, благодаря которому происходит смена дня и ночи, некоторые изменения со времени своего возникновения», в которой обосновывал замедление осевого вращения Земли приливным трением вод Мирового океана. Поразительно созвучны устоявшимся представлениям мысли философа: под воздействием лунного притяжения морские приливы перемещаются с востока на запад и тормозят земное вращение. «Правда, отмечает Кант, если сопоставить медленность этого движения с быстротой вращения Земли, незначительность количества воды с громадными размерами земного шара, то может показаться, что действие такого движения следует считать равным нулю. Но если, с другой стороны, принять во внимание, что этот процесс совершается неустанно и вечно, что вращение Земли представляет собою свободное движение, малейшая потеря которого остается невозмещенной, то было бы совершенно неподобающим для философа предрассудком, объявить этот малый эффект не имеющим значения» [9, с. 22]. Кант полагал также, что возникновение гор вызывало изменение положения земной оси, что в свою очередь вызывало перемещение полюсов с последующими климатическими изменениями.

В середине XIX века возникли представления об изменениях скорости вращения Земли как причине горообразования. Так, английский геолог Бушпорн (1849) полагал, что при замедлении скорости вращения на экваторе должны возникать складки, а при увеличении – трещины и сбросы. Ш. Шредер (1856), исходя из физических различий между жидким ядром и твердой земной корой, постулировал различные скорости их вращения, вследствие чего в земной коре возникали движения, вплоть до расколов материков. В работе 1862 г. физик В. Томсон (будущий лорд Кельвин) допускал изменения положения географических полюсов, обусловленные перемещением центра тяжести планеты при ее вращении. А. Блитт и Дж. Дарвин высказывали близкие взгляды, придавая большое значение изменениям скорости вращения Земли под влиянием солнечных приливов, что могло повлечь за собой изменение формы Земли (уменьшение ее эллипсоидальности в пользу шарообразности), с последующим накоплением напряжений в коре, дроблением коры на глыбы и смещении последних [24,28,331].

В России XIX века наиболее ярким «ротационистом» был долго слывший анонимом (так подписал он свое без преувеличения выдающееся произведение, должным образом оцененное только в середине XX века, когда и было установлено имя его автора) Е.В. Быханов (1838–1915). В своей работе «Астрономические предрассудки и материалы для составления новой теории образования планетной системы» (1877) автор решающее значение придавал изменениям скорости вращения Земли и другим «неправильностям» в устройстве Солнечной системы. Изменение скорости вращения Земли, по его мнению, вызывает изменение

центробежной силы, при уменьшении которой могут возникать процессы горообразования. Увеличение скорости движения Земли способно вызвать латеральные передвижения континентов, из-за чего «…древний материк (Атлантида) вовсе не опускался вниз, как думают, и не покрывался водою, а только отодвинулся далее на запад и в настоящее время существует под именем Америки» [цит. по 28, с.40].

Значительной вехой в развитии и обобщении ротационных представлений следует считать работу швейцарского естествоиспытателя Г. Веттштейна «Потоки твердых, жидких и газообразных веществ и их значение для геологии, астрономии, климатологии и метеорологии» (1880). В ней автор постулирует увеличение центробежной силы от полюсов к экватору под воздействием солнечного притяжения. Приливное воздействие Солнца вызывает также западный дрейф материков, перемещающихся в вязком веществе ядра, чем может объясняться образование Атлантического океана. Таким образом, практически одновременно в России и Швейцарии были высказаны заодно и мобилистические идеи [26].

В начале XX века наблюдался новый всплеск интереса к ротационным силам. Возможность существования двух видов сил – перемещающих континентальные массивы с востока на запад и от полярных областей к экватору активно обсуждалась в научной литературе. Характерно, что активно ищущий обоснование для механизма горизонтального перемещения материков А.Л. Вегенер с большим доверием относился к ротационным силам и предпочел их концепции подкоровых потоков, которая также начала разрабатываться в этот период. Казалось, что наиболее обоснованными были полюсобежные силы. Первооткрывателем силы, перемещающей континенты от полюса к экватору – Polflctkraft, считался Д. Крайхгауэр. В своей работе «Вопросы экватора и геология», издававшейся в 1900 и 1902 г., он дал определение полюсобежной силы, возникающей из-за разности величин центробежных сил в меридиональном направлении, обусловленной различным уровнем положения центров тяжести на вращающейся планете. В десятые-двадцатые годы XX века в пользу полюсобежных сил высказывались Этвеш, В. Кеппен, П.С. Эпштейн, В.Д. Ламберт, В. Швейдар, Р. Вафре, Р. Бернер, М. Меллер [4].

П.С. Эпштейну принадлежат, видимо, первые количественные расчеты полюсобежной силы, из которых он делает вывод, что «… центробежные силы вращения Земли могут и должны вызывать движение материковых глыб, направленных от полюсов» [4, с.163], однако он полагал, что подобных сил недостаточно для создания гор в низких широтах. Попытки рассчитать величину полюсобежных сил также предпринимали В.Д. Ламберт (1921), М. Меллер (1922), Р. Вафре и Р. Бернер (1925). В.Д. Ламберт нашел максимальное значение этой силы, равное одной трехмиллионной силы тяжести для широты 45° и заключил: «Силы,

вызывающие перемещение континентов от полюса существуют, но на вопрос о том, оказывали ли они в течение геологических периодов существенное влияние на положение и форму материков, должны ответить геологи» [4, с. 164]. По подсчетам В. Швейдара (1921) величина полюсобежной силы составляла одну двухмиллионную веса глыбы. В 1925 году были опубликованы расчеты Р. Вафре и Р. Бернера, согласно которым максимальное значение полюсобежной силы на 45° параллели составляло 1/800000 веса блока. По этому поводу А. Вегенер писал: «Итак, если мы предположим вместе с Вафре и Бернером, что сила, перемещающая материки от полюса к экватору, составляет 1/800000 веса материкового блока, то все же нужно будет учесть, что это в 15 раз больше, чем горизонтальные силы прилива. В то время как последние все время меняют свое направление, сила, перемещающая материки тысячелетие за тысячелетием, действует в неизменных направлении и размерах. Это делает ее способной преодолеть стальную жесткость земной массы в ходе геологических эпох» [4, с.165].

При обосновании западного дрейфа континентов А. Вегенер ссылался на уже упоминавшуюся работу Г. Веттштейна, а также рассуждения Э.Г. Шварца, В.Д. Ламберта, В. Швейдара. Основным источником сил для западного дрейфа рассматривались приливно-отливные силы трения, вызываемые солнечным и лунным притяжением в земной коре. Очевидная незначительность подобных сил, приложимых к упругой Земле (наблюдаемые эффекты) может обернуться совершенно другими масштабами, если принять во внимание остающиеся незамеченными пластические деформации и их способность к накоплению в ходе геологического времени. «Воздействие в форме приливного трения накапливается в течение геологических эпох, а это может, в конце концов, способствовать значительным перемещениям земной коры» [4, с.168]. В. Швейдар постулировал и явления прецессии оси вращения отдельных материков наряду с прецессией земной оси: «Я вычислил, что прецессия вращения оси материка, расположенного между -30 и +40 и меридианами 0 и 40° западной долготы, будет в 220 раз больше, чем прецессия оси вращения всей Земли. Таким образом, материк стремится вращаться вокруг оси, которая отличается от оси вращения Земли. Отсюда возникают силы, которые действуют не только в меридиональном направлении, но и в западном и стремятся переместить материк… Эти силы значительно больше, чем сила, вызывающая перемещение материка от полюса к экватору. Они наиболее резко проявляются на экваторе и равны нулю на 36° с.ш. и 36° ю.ш.» [4, с.168].

Дж. Джоли (1924), автор одной из наиболее известных геотектонических гипотез, возникших в период поиска альтернативы контракционной концепции, привлек представления о приливных течениях в расплавленном базальтовом слое под влиянием солнечно-лунного притяжения. Эти течения перемещают в материки в западном

направлении, в результате чего материки и океаны меняются местами [3, 22, 26, 28, 29].

Взаимодействия мощных магматических потоков и ротационных сил Земли составляют основу геотектонической концепции Р. Штауба (1927). Штауб отдавал предпочтение полюсобежным силам, которые обуславливали движение континентов из высоких широт в низкие. Сближение континентов в экваториальных широтах должно вызывать под ними возникновение мощных магматических потоков, направленных к полюсам. Эти потоки раздвигают континенты и приводят к образованию податливых зон растяжения, которые при следующем сближении континентов превращаются в горные складчатые области. Тектонический процесс по Штаубу заключается в непрерывной смене сближения материков в экваториальных широтах под влиянием сил вращения Земли и их распада в результате образования подкоровых мощных течений, которые снова переносят их в высокие широты [3, 24, 28, 31].

Другое направление в разработке представлений о ротационных силах было связано с ролью изменения скорости вращения Земли в тектонических процессах. В конце XIX - начале XX века были высказаны предположения о так называемых критических параллелях, с тяготеющими к ним горно-складчатыми областями, как местах наибольшего накопления тангенциальных напряжений за счет изменения скорости вращения Земли. Вероятно, впервые о критических параллелях и меридианах высказался знаменитый А. Гумбольдт в середине XIX века. Он выделил 35-40-е и 50-60-е параллели, к первым из которых приурочен Средиземно-Гималайский горный пояс. Второй критический широтный пояс на шестидесятых широтах в Азии, а именно в нашей Сибири, очень привлекал Гумбольдта, и он даже планировал его посещение [17]. В пользу существования критических параллелей в конце XIX века высказывались А.А. Тилло, А.А. Карпинский, А.И. Воейков. В работе 1910 года немецкий ученый Бем фон Бемерсгейм высказал убеждение, что энергетическим источником тектогенеза являются изменения скорости вращения Земли. Вызываемые ими тангенциальные напряжения реализуются преимущественно на широтах 35-40°. Сходные взгляды высказывал Л. Поккельс в работе 1911 г. и К. Шнейдер в работе 1912 г. Последний основное внимание уделял распространению вулканизма и увязывал его с низкими широтами. Математическое обоснование критических параллелей было проведено Л.С. Лейбензоном (1910, работа опубликована в 1955 г.), французскими математиками А. Веронне (1912, 1918, 1927) и П. Аппелем (1927). Сторонником критических параллелей был также Г. Квиринг (1921). Позднее, в 1939 г. известный китайский геолог Ли Сы-гуан писал, что «широтные складчатые зоны, привлекшие к себе особое внимание, заставляют предполагать, что они обязаны своим происхождением либо силе прилива и отлива, либо изменению скорости вращения Земли» [цит. по 28, с.49]. В нашей стране сочувственное

отношение к идее критических параллелей разделялось Д.И. Мушкетовым [21], а Б.Л. Личков непосредственно развивал сходные идеи в своих работах, начиная с 1930-х гг. В начале сороковых годов в их пользу высказались В.А. Магницкий и Ф.Н. Красовский. Ряд исследователей (О.П. Слензак, Д.В. Наливкин, А. Кэр, Ли Сы-Гуан и др.) вращение планеты и приливные силы полагают ответственными за образование вихреобразных структур [28, 33].

В защиту ротационных факторов в тектонической жизни Земли в отечественной геологии до известной поры звучали только отдельные голоса, но следует отметить, что это были голоса весьма авторитетных ученых. Так, Д.И. Мушкетов в работе 1935 г. писал: «Несостоятельность большинства тектонических гипотез, зафиксированная даже рядом европейских (геологических) съездов, вызывает все большее стремление искать объяснений закономерностям развития Земли в космических факторах» [21, с.5]. Мушкетов придавал большое значение изменениям формы Земли и увязывал причины некоторых геологических явлений с процессом приспособления геоида к форме сфероида. Он также полагал, что малые, но длительные напряжения, вызываемые ротационными силами, способны породить так называемую «усталость» веществ, приводящую к образованию необратимых деформаций. Ленинградский геолог А.В. Хабаков в начале 40-х годов настаивал на непременном учете в геотектонических теориях того факта, что Земля – вращающаяся планета, и ее развитие должно рассматриваться с точки зрения ее взаимодействия с другими небесными телами [3].

Во второй половине XX века накопившиеся эмпирические данные уже заявляли о необходимости ввести в рассмотрение некую дополнительную к существующим источникам энергетики тектогенеза силу, проявления которой лучше всего соответствовали ротационным силам. Так, Н.С. Шатский при анализе разломной тектоники Восточно-Европейской платформы выразительную пространственную ориентировку нарушений и в особенности долгоживущих тектонических швов связывал с ротационными факторами: «Планетарное распределение таких швов определяется вращением Земли и возможными его изменениями» [32, с.23]. Достаточно активно выступал в поддержку необходимости изучать космические факторы в развитии тектогенеза В.Е. Хаин, по крайней мере, в работах 50-х годов. Так, в принципиальной статье 1958 г. «Современные геотектонические гипотезы» он подчеркивал, что движение по планетарным разломам «могут происходить под влиянием астрономических факторов. Игнорировать роль последних, в частности вращение Земли при тектонических движениях, недопустимо» [30, с.138].

Однако, большинство тектонистов именно игнорировали космические факторы в своих построениях, находя мощное оправдание (если таковое требовалось) в расчетах, проведенных Н.П. Парийским и показавшим, что

напряжения, возникающие в твердой Земле от приливных волн и неравномерности вращения Земли, слишком малы, чтобы обеспечить энергетически любые процессы тектогенеза [33].

Повышение интереса к ротационным силам особенно стимулировало развитие исследований сдвиговой тектоники во второй половине XX века. В шестидесятые годы возникло специфическое направление «сдвиговой тектоники», рассматриваемое как особая форма тектонического развития, в формулировке В.Е. Хаина и А.Е. Михайлова. Сдвиги различного масштаба, в том числе глобального, обнаружились в различных регионах мира, их своеобразные проявления и сама география их распространения наводили на мысль о связи этих зон нарушений с особенностями ротационного режима планеты. Сторонникам сдвиговой тектоники геотектонические построения без учета сдвиговой тектоники и причин, ее вызывающих, казались «ущербными», о чем писал в 1961 г. А.В. Пейве, положивший начало легитимизации сдвигов и активному их изучению на территории нашей страны: «Вероятно, изучение историко-геологических закономерностей (мощности, фации, формации, фазы, циклы и т.д.) при полном или частичном забвении морфологических и общих структурных закономерностей планетарного характера сделали нашу тектонику в известной мере ущербной. …Кажется странным, что хотя теперь уже ясно, что ни форма Земли, ни ее движение в пространстве не остаются постоянными, а изменяются и эволюционируют – геологи этого не учитывают» [цит. по 25, с.561].

Анализ развития сдвиговых зон в пределах Евразии дал основание А.Л. Яншину высказать предположение о том, что они «… возникают… как механическая реакция на вращение Земли, изменение скорости этого вращения и положение оси вращения» [34, с.33].

В такой атмосфере в 50-60-е годы XX века в отечественной геотектонике возникло особое астрогеологическое направление, ярко заявившее о себе публикацией серии работ и проведением ряда специальных конференций. Возглавил астрогеологическое направление талантливый и оригинальный ученый Б.Л. Личков, наиболее яркими представителями были М.В. Стовас, Г.Н. Каттерфельд, П.С. Воронов, Д.Г. Панов, Э. Краус. Ряд других известных геологов, в том числе весьма авторитетных, например, Д.В. Наливкин и А.В. Пейве, Н.Б. Вассоевич, если не примыкали, то явно сочувствовали этому направлению. Сам термин «астрогеология» был заимствован из работы 1949 г. академика В.Г. Фесенкова, который полагал, что наблюдательный астрономический материал должен использоваться в естественных науках, в том числе геологии. Астрогеологическая группа заявила о своих намерениях создать новую теорию Земли, где были бы учтены не только геологические, но и астрономические, географические, климатологические и метеорологические наблюдения. В сфере рассмотрения этих

исследователей оказались вопросы, явно выпадающие из русла ведущего геотектонического направления того времени – закономерности общего устройства лика Земли с акцентом на просвечивающую упорядоченность ее структуры, взаимодействие различных оболочек планеты, в том числе атмосферы и гидросферы, закономерности в распространении регматической сети разломов, феномен «сдвиговой тектоники», периодичность геологических явлений и др. Нужно ли подчеркивать, что решение связанных с означенными явлениями вопросов, астрогеологии связывали с ротационными особенностями нашей планеты.

Б.Л. Личков [17], наиболее последовательный сторонник ротационных сил в развитии Земли, полагал, что тектоническая структура планеты обусловлена сложным полем напряжений, возникающих вследствие неравномерных движений земного шара по солнечной орбите и вокруг своей оси. Дополнительные напряжения возникают из-за периодических приливных волн, что вместе создает необходимость приспособления структуры Земли к условиям вращения, вследствие чего горообразование является результатом приливного воздействия на литосферу, гидросферу и атмосферу. Поэтому причины тектонических движений следует связывать в основном не с термальными, а с динамическими и именно приливными явлениями. Таким образом, по Личкову «земная тектоника, изменяющая положение материков и создающая затем на материках новые горные структуры, возникла в теле планеты вследствие борьбы в условиях вращения планеты ее гравитационных сил и сил сцепления горных пород» [17, с.70]. Отсюда – решительное отрицание Личковым роли внутренних энергетических источников тектогенеза: «Выводы нашей тектонической теории о создании гор вследствие взаимодействия оболочек Земли можно понять так, что поднятие гор есть резонанс приливного воздействия на литосферу гидросферы и атмосферы… Причины тектонических явлений в основном динамические, а не термальные. Термальный фактор может играть и играет только дополнительную роль. Динамические причины… рождаются в ходе взаимодействия основных оболочек Земли – гидросферы, атмосферы, литосферы и части мантии. Воздействие это носит гравитационный характер, поскольку в основе его лежит гравитационное движение масс этих оболочек» [17. с. 78].

Работами наших астрогеологов как бы вновь открыты критические параллели и меридианы. В этом отношении особенно выделяется серия работ М.В. Стоваса [27], в которых математически моделируется распределение напряжений в земной коре вдоль меридионального направления при изменениях скорости осевого вращения Земли. Главный постулат этого исследователя сводится к следующему: «Весьма вероятно, что в исторической жизни нашей планеты происходило достаточно большое изменение угловой скорости вращения на общем фоне ее незначительного приливного затухания, которое, в конечном счете, и

порождало, через изменение потенциала деформирующих сил, перенапряженное состояние в коровом слое, разрядка которого могла приводить к образованию планетарных глубинных разломов главным образом широтного и меридионального направлений, и… к поверхностной и глубинной складчатости в геосинклинальных областях преимущественно той же ориентировки» [27, с.41]

Согласно построениям Стоваса, вековое замедление скорости вращения Земли проявляется в изменении ее фигуры, уменьшении сплюснутости земного шара. Наряду с этим происходят периодические изменения скорости осевого вращения, также влияющие на фигуру Земли и происходящие в ней процессы. Причиной неравномерности вращения Земли, по М.В. Стовасу, является приливное торможение, осложненное наложением неравномерной солнечной активности и внутриземных процессов, например, гигантских магматических излияний, приводящих к перестройке фигуры Земли. Смысл критических параллелей заключается в том, что они являются границами зон земной коры, испытывающих разнохарактерные деформации при изменении формы Земли. Так, «при историческом процессе затухания угловой скорости вращения… происходит прогрессивное уменьшение полярного сжатия, которое в свою очередь вызывает изменение объемного расширения Δ, в результате чего в высоких широтах должно происходить неравноценное поднятие литосферы и гидросферы и соответствующее опускание их в низких широтах с пограничной зоной на 35-й параллели» [27, с.42].

При ускорении скорости вращения Земли происходит сжатие части земного шара от 35 параллелей до полюсов с максимумом сжатия на последних и одновременное широтное растяжение между 35 параллелями с максимумом растяжений на экваторе. При ускорении скорости вращения наблюдается обратная картина. Эти явления сопровождаются перетеканием подкорового вещества из областей растяжения в области сжатия. В любом случае на 35 параллелях наблюдаются минимальные изменения площади наряду с концентрацией максимальных напряжений, что и вызывает избирательное тяготение к этим параллелям горноскладчатых сооружений. 62 параллели представляют границы менее резких изменений формы Земли и подчеркиваются развитием зон крупных региональных нарушений [27]. «Поэтому совершенно закономерно, пишет М.В. Стовас, что зона 35-й параллели в обоих полушариях является границей докембрийских ядер платформ, т.е. в северном полушарии она является южной границей для Канадской, Русской и Сибирской (учитывая Китайскую) платформ и одновременно северной широтной границей для Бразильской, Африкано-Аравийской и Декано-Австралийской платформ. В южном полушарии зона 35-й параллели служит зоной южной широтной границей Бразильской, Африкано-Аравийской и Австралийской платформ и одновременно северной границей Патагонской платформы. Одновременно зона 35-й

параллели совпадает с каледонской, герцинской и альпийской складчатостью по всем фазам орогенеза» [27, с.40].

Хотелось бы отметить и интереснейшие, хотя и не вызвавшие особого резонанса (возможно, из-за некоторой преждевременности появления) работы Г.Н. Каттерфельда, посвященные объяснению закономерностей общей структуры поверхности Земли [12]. В своих работах основное внимание Каттерфельд уделяет таким в общем известным, но не находящим должного объяснения фактам глобального устройства поверхностной структуры Земли, как антиподальность северного и южного, западного и восточного полушарий, антиподальность материков и океанов, клиновидность южных материков, приуроченность горноскладчатых сооружений и островных дуг к определенным большим и малым кругам земного эллипсоида. Автор предлагает свое объяснение названным феноменам, связывая их с асимметрией и трехосностью фигуры Земли и их изменениями в процессе неравномерного пульсационного осевого вращения, ответственного за возникновение специфических сил, создающих асимметрию вращающихся тел. «Действующие внутри планеты малые силы, причиной которых является гравитационное сжатие, осевое вращение и его непостоянство, помножаясь на миллионы веков своего геологического появления, создают весьма внушительный импульс преобразования внутреннего строения, формы и внешнего вида планеты» [12, с.127]

В рамках астрегеологического направления прозвучали первые работы по закономерностям пространственного расположения разломов Арктики и Антарктики П.С. Воронова, которое находило вполне достаточное объяснение с точки зрения ротационного фактора [5,6,25]. П.С. Воронов последовательно развивал свои взгляды о связи разломных зон Земли, в частности глобальных сдвиговых зон, с особенностями ее ротационного режима. Позднее он предложил концепцию геофлюктаций, согласно которой полюсобежные силы обуславливают миграцию, «оплывание» блоков континентальной коры Евразии и Северной Америки к югу в сторону экватора по двум системам глобальных сдвигов северо-западного и северо-восточного простираний (правых и левых) и по системе периконтинентальных сдвиговых зон вдоль тихоокеанских побережий Азии и Северной Америки, а также вдоль южной и юго-западной окраин Восточно-Европейской платформы. В этой связи хотелось бы отметить интереснейшую трактовку Воронова особенностей структуры зоны, расположенной между 100 и 105-м меридианами в.д., выделяющееся на всем протяжении (по крайней мере в северном полушарии) спецификой строения и повышенной тектонической, в том числе сейсмической активностью. По Воронову, это как раз осевая зона «оплывания» к югу Восточно-Сибирской платформы, что и предопределяет ее явный статус оси симметрии деформаций, происходящих в земной коре к западу и востоку от этой линии: «…(в среднем вдоль зоны 100º в.д.) происходит

разделение региональных сдвигов на северо-западные (правые) и северо-восточные (левые), определяющие собой нагнетание вещества местной литосферы с севера на юг в сторону островной дуги Банда в Индонезийском архипелаге. Здесь образуется своеобразная сейсмичная «каменная река» [25.с.14]. (Кстати, Г.Н. Каттерфельд выделяет линию меридианов 75° з.д. - 105° в.д., соответствующего малой оси экватора, в качестве наиболее «континентального» меридиана, проходящего через наиболее широкие части всех материков (за исключением Африки)).

П.С. Воронову принадлежит замечательное по убедительности и эмоциональности рассуждение об отношении к ротационному фактору в геологических науках в целом: «… одно из самых заблуждений человечества в истории развития науки: живя на в р а щ а ю щ е м с я ш а р е , созданном в основном ротационными силами в комбинации с силами гравитации, геологи практически всегда игнорировали и игнорируют в своих геотектонических построениях именно то, что Земля к р у г л а и что она в е р т и т с я . Повторяя эти истины со школьной скамьи, мы почему-то все еще очень мало задумываемся над их физическим геологическим смыслом». [5, с.148].

Хотелось бы верить, что на современном этапе как раз начали об этом задумываться, поскольку ротационные силы входят неотъемлемой и практически основной компонентой в большинство рабочих геодинамических концепций [1, 2, 13-15, 18-23, 29, 35-39 и др.]. Складывается впечатление, что настала пора, о которой писал академик С.В. Калесник, утверждая, что пора уяснить себе окончательно, что Земля – космическое тело и не может развиваться только как внутризамкнутая система, изолированная от действия космических влияний» [11, с. 4].

При этом ротационный механизм заметно усложняется за счет стремления к учету новейших достижений, главным образом, в глубинной геофизике. В последние десятилетия воздействие ротационных сил рассматривается в рамках представления об оболочечном строении Земли, что вносит свою специфику в рассматриваемую проблему.

Одним из наиболее последовательных приверженцев приоритета ротационных сил в оформлении морфоструктуры Земли является К.Ф. Тяпкин, основывая свои построения на особенностях сдвиговой тектоники [29]. Тесная связь структур вращения и сдвига, их взаимодействие и взаимовлияние рассматривается также в сдвигово-ротационной концепции структурной эволюции Земли А.И. Полетаева [23]. Основными структурообразующими линеаментами, по Полетаеву, являются Средиземноморско-Индонезийский и Африкано-Чукотский планетарные линии, отражающие наиболее глубинные неоднородности Земли (на границе ядро-мантия) и в условиях субмеридионального сжатия Земли, обуславливающие правосдвиговые смещения вдоль первого и левосдвиговые вдоль второго.

Следует отметить, что в ряде современных ротационных гипотез, в том числе выдвинутых отечественными исследователями, предлагаются новые источники энергии для тектонических процессов. В связи с вовлечением в рассмотрение оболочечного строения Земли, многими исследователями принимается допущение, что в процессе осевого вращения Земли отдельные ее оболочки движутся с разной скоростью, и возникающее трение на их границах может быть источником дополнительной тепловой энергии, трансформирующейся в конце-концов в тектоногенную [2, 23, 31 и др.]. При этом происходит более быстрое вращение с запада на восток внутренних оболочек земли по отношению к внешним. Именно ротационными приливными силами, замедляющими вращение вышележащих геосфер относительно нижележащих, объясняется теперь уже установленный по отношению к Антарктиде западный дрейф континентов. После долгого затишья на эту тему, поднятую Вегенером, к ней начали активно возвращаться в последнюю треть XX века. Особенно активно пропагандируют эти идеи американский геофизик Р.К. Бостром и итальянский геолог К. Дольони, выдвинувший понятие «тектонического экватора» как линии максимальных скоростей этого дрейфа [35-38]. М.А. Гончаров, [8], предложил оригинальное объяснение западного и *северного* дрейфа континентов на основании заимствованного из физики «правила буравчика» – именно так должны двигаться континенты при допущении под Антарктидой мощного восходящего мантийного потока.

На подобных предпосылках основаны достаточно стройные гипотезы Ю.В. Баркина и О.А. Мельникова. Так, Ю.В. Баркин [2] рассматривает циклическое гравитационное воздействие Луны и Солнца на несферичные неоднородные оболочки Земли как источник значительных дополнительных сил между соседними оболочками, что и приводит к циклическим вариациям напряженного состояния сфер и их деформациям. Относительные смещения оболочек и их центров тяжести ответственны за инверсии тектонических процессов и смену активизаций полусфер Земли. Тем самым объясняется суперконтинентальную цикличность, инверсионные обращения системы Гондвана-Лавразия, закономерности в расположении геологических структур Земли, циклическая эндогенная активность Земли.

О.А. Мельников предложил ротационную гипотезу, состоящую из пяти взаимосвязанных геодинамических механизмов: ротогенеза, дрифтогенеза, пассивного и активного рифтогенеза и сепаратогенеза (геосфегенеза), имеющих общую ротационную природу – вращение Земли вокруг своей оси [18]. В этой гипотезе достаточно органично сочетаются уже знакомые мотивы западного и экваториального дрейфа, а также элементы многих других геотектонических гипотез – от почтенных по возрасту концепций дифференциации вещества до суперсовременных - образования и распада суперконтинентов. Начало процесса заключается в

сепаратогенезе – центробежном разделении слагающего вращающуюся Землю материала под влиянием преимущественно внешнего энергетического источника, в результате которого произошло разделение на различные по вещественному составу и физическим свойствам общеземные сферические оболочки с закономерно возрастающей плотностью от внешних к внутренним. Разделение на оболочки приводит к увеличению скорости вращения внутренних более плотных оболочек и замедлению внешних. Общее замедление скорости вращения Земли с возрастом обуславливает общее разуплотнение материала Земли и разное по величине увеличение объема внутренних оболочек. Более жесткая литосфера по сравнению с увеличивающимися в объеме подстилающими оболочками становится тесной для них, растрескивается и раздвигается. Это называется пассивным рифтогенезом, в результате которого образуются срединно-океанические хребты. В континентальной коре пассивный рифтогенез проявляется в виде радиально ориентированных, расходящихся к экватору зон разломов, расколов и растяжения, вдоль которых закладывались геосинклинальные прогибы, завершавшиеся каледонским, герцинским и альпийским орогенезом. Дрифтогенез - проявление центробежных сил, направленных от полюсов к экватору, с ним связано разрастание праматериков Лавразии и Гондваны за счет наращивания субширотными складчатыми сооружениями, а затем распад этих становящихся тесными для расширяющейся Земли праматериков. Механизм ротогенеза обеспечивает более быстрое вращение с запада на восток внутренних оболочек относительно внешних. Из-за неровностей на нижних поверхностях внешних оболочек возникает резко неоднородное поле напряжений с формированием зон сжатия и растяжения, которые ответственны за происхождение глубоководных желобов, островных дуг и задуговых глубоководных котловин окраинных морей.

Р.Г. Гарецкий и А.И. Добролюбов выступили с приливно-волновой гипотезой горизонтальных движений земной коры, суть которой заключается в том, что приливные силы генерируют дискретно-волновые движения, т.н. приливные бегущие волны деформации, которые могут переносить массу и накапливать энергию практически любой величины [7]. Дискретно-волновые однонаправленные движения, возникающие под влиянием приливных сил, рассматриваются авторами в качестве постоянного фактора в жизни Земли, который «необходимо учитывать в глобальной тектонике и он даже может оказаться основным, а все остальные многочисленные факторы могут стать только осложняющими» [7, с.122].

Норвежский геофизик К. Сторетведт [37] предложил гипотезу «глобальной тектоники скручивания». По мнению автора, на границах ядра и мантии, а также верхней и нижней мантии генерируются энергетическо-вещественные плавучие объемы, всплывающие к верхним горизонтам Земли и приводящие к образованию океанов. Эти процессы

имеют ряд важнейших следствий и обусловливают прерывистое развитие планеты: возникновение латеральных физико-химических неоднородностей в мантии, изменение момента инерции планеты и соответственно изменение положение полюсов. Развитие литосферы поэтому должно подчиняться скачкообразным широтно ориентированным скручиваниям, генерирующим складчатые пояса вокруг соответствующего во времени экватора. С ними сопряжены вторичные, ортогональные к ним тектоно-магматические рифты. Из-за общего ротационного замедления такие рифты имели большее распространение в докембрии. Современная картина расположения континентов имеет сходство с архейской, фанерозойская конфигурация сильно отличалась из-за блуждания поясов.

Особое направление в ряду ротационных гипотез развивают Ю.Н. Авсюк и Р.К. Бостром [1,35,36]. Их работы можно назвать следующим шагом как в расширении пространства, охватываемого геотектоническими гипотезами, так и в расширении круга объясняемых явлений. Если в упомянутых выше ротационных гипотезах Земля расценивается как космическое тело, испытывающее воздействие других космических тел, в первую очередь, Солнца и Луны, но все же автономное в рамках Солнечной системы, то в построениях названных авторов Земля и Луна составляют единую систему. А.Н. Авсюк рассматривает Землю вместе с Луной в качестве единой динамической системы Земля–Луна, обладающей общим гравитационным центром. Такое позиционирование Земли как планеты, составляющей с массивным спутником единую систему, имеет самые важные и непосредственные следствия для тектонической жизни Земли. Ю.Н. Авсюк обосновывает цикличность развития этой системы, обусловленной смещениями внутреннего ядра под приливным воздействием Луны и выражающейся в периодическом приближении и удалении Луны от Земли в диапазоне от 55 до 65 земных радиусов. При уменьшении расстояния между Землей и ее спутником наклон экватора к эклиптики уменьшается, при увеличении – увеличивается. В свою очередь это вызывает изменение положения оси вращения Земли и силы тяжести на поверхности Земли. Рассчитана продолжительность этой периодичности, составляющая около 200 млн лет, которой соответствует цикличность многих геологических процессов – проявления орогении, глобальные изменения климата, в частности, великие оледенения, периодичность трансгрессивно-регрессивных циклов в высоких и низких широтах, инверсии геомагнитного поля, характер напряженного состояния Земли.

Р.К. Бостром расценивает Землю с ее массивным спутником как двойную планету (double planet), полагая так же, как и Ю.Н. Авсюк, что они имеют общий барицентр, который находится вне Земли. Приливное воздействие Луны на Землю достаточно значительно для того, чтобы воздействовать на внутренние оболочки Земли и обусловливать

восточный дрейф мантийной оболочки, выражающийся в литосфере западным дрейфом континентов.

Хотелось бы отметить и монографию «Роль сдвиговой тектоники в структуре литосфер Земли и планет земной группы», подготовленную под руководством П.С. Воронова и изданную Санкт-Петербургским отделением издательства «Наука» в 1997 г. [23] В предисловии к книге Воронов подчеркивал, что «закономерная ориентировка глобальных сдвиговых зон, фронтальных поясов сжатия и направлений смещений континентов относительно оси вращения и экватора (направления вращения) указывает на важную роль ротационного режима Земли» [25, с. 20]. Это была последняя работа этого замечательного ученого, которой он хотел привлечь внимание к всестороннему исследованию влияния ротационных сил на сдвиговую тектонику и сопутствующие ей многие геологические процессы. Книга вышла тиражом 500 экземпляров, так что на особый резонанс именно этой книги рассчитывать не приходится, однако как свидетельствует приведенный материал, похоже, что ротационные факторы уже невозможно игнорировать при создании адекватной геотектонической концепции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авсюк Ю.Н. Приливная эволюция системы Земля – Луна // Геотектоника, 1993, №1, с. 13–22.
2. Баркин Ю.В. Небесная механика ядра и мантии Земли: геодинамические и геофизические следствия // Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых: Материалы XXXVIII тектон. совещ. М.: ГЕОС, 2005. С.30–33.
3. Варсанофьева В.А. Происхождение и развитие Земли. Госгеолиздат. 1949. 412 с.
4. Вегенер А. Происхождение континентов и океанов. Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1984. 286 с.
5. Воронов П.С. Очерки о закономерностях морфометрии глобального рельефа Земли. Л., Наука, 1968.
6. Воронов П.С. Роль ротационных сил Земли в истории становления ее литосферы // Эволюция геологических процессов в истории Земли. М., Наука, 1993. С.104–114.
7. Гарецкий Р.Г., Добролюбов А.И. Дискретно-волновое движение системы Земля–Луна и глобальная тектоника. Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых. Материалы XXXVIII тектонического совещания. М.: ГЕОС. 2005. С. 120–124.
8. Гончаров М.А. Западная и северная компоненты дрейфа континентов как результат вынужденной конвекции мантии по правилу буравчика.

В кн. Тектоника и геофизика литосферы. Мат. XXXV Тектонического совещания. Т. 1, ГЕОС. 2002. С.128–131.
9. Гулыга А.В. Кант. М.: Молодая гвардия. 1977. 304 с.
10. Иогансон Л.И. Движущие силы тектогенеза в геотектонических гипотезах // Бюлл. МОИП. отд. геол. №5. С.1–22
11. Калесник С.В. Предисловие к книге «Очерки о закономерностях морфометрии глобального рельефа Земли». Л.: Наука, 1968. С. 3–4
12. Каттерфельд Г.Н. К проблеме образования морфологического лика планет типа Земли. Географический сборник. Вып. XV. Астрогеология. М.-Л.: Изд. АН СССР, 1962. С. 104–131.
13. Кац Я.Г., Козлов В.В., Полетаев А.И. Ротогенез Земли: структурный анализ и проблемы. М.: Знание, 1991, 40 с.
14. Красный Л.И. Эволюция тектонических идей от середины XIX столетия до современности. С-Пб: ВНИИОкеанология, 2005. 28 с.
15. Кропоткин П.Н. Возможная роль космических факторов в геотектонике. Геотектоника, 1970. С. 30–46.
16. Кэри У. В поисках закономерностей развития Земли и Вселенной. М.: Мир, 1991, 445 с.
17. Личков Б.Л. К основам современной теории Земли. Л., 1965
18. Мельников О.А. Ротационный режим Земли – отправной пункт и основа численного и физического моделирования любых геологических процессов. В кн. Тектоника и геодинамика континентальной литосферы. Мат. XXXVI Тектонического совещания, Т. 2, М.: ГЕОС, 2003. С.40–44.
19. Морозов Ю.А. Цикличность кинематических инверсий в подвижных поясах в свете лунно-земных связей // Геотектоника. 2004. № 1. С.21–50
20. Морозов Ю.А. Пространственно-временные закономерности структурообразования в земной коре. Автореферат докт дисс. М.: ИФЗ РАН, 2004. 42 с.
21. Мушкетов Д.И. Региональная геотектоника. Л.-М.: ОНТИ, 1935. 527 с.
22. Павленкова Н.И. Структура земной коры и верхней мантии и глобальная геотектоника // Спорные аспекты тектоники плит и возможные альтернативы. М.: ОИФЗ РАН, 2002, с. 64–83
23. Полетаев А.И. Сдвигово-ротационная мотивация структурной эволюции Земли. Тектоника и геофизика литосферы. Материалы XXXV тектонического совещания. М.: ГЕОС. Т. II. 2002. С. 104–107.
24. Резанов И.А. История геотектонических идей. М.: Наука. 1987. 250 с.
25. Роль сдвиговой тектоники в структуре литосферы Земли и планет земной группы. С-Пб: Наука. 1997. 586 с.
26. Слензак Л.И. Вихревые системы литосферы и структуры докембрия. Киев: Наукова думка, 1972. 181 с.
27. Стовас М.В. О роли неравномерности вращения Земли в образовании планетарных глубинных разломов земной коры. Географический

сборник. Вып. XV. Астрогеология. М.-Л., Изд. АН СССР, 1962. С. 29–44
28. Суворов А.И. История мобилизма в геотектонике. М., Наука, 1994. 222 с.
29. Тяпкин К.Ф. О природе горизонтальных сдвигов в земной коре с позиций новой ротационной гипотезы структурообразования // Докл. АН УССР. Сер. Б. 1981. №3. С. 30–32.
30. Хаин В.Е. Современные геотектонические гипотезы // Бюлл. МОИП, 1958, отд. геол., т.30, вып.5. С. 138. .
31. Хаин В.Е. Основные проблемы современной геологии. М.: Научный мир, 2003. 346 с.
32. Шатский Н.С. О происхождении Пачелмского прогиба // Бюлл. МОИП. отд. геол., т. 30, вып. 5. С. 23
33. Шолпо В.Н. Структура Земли: упорядоченность или беспорядок? М., Наука, 1986, 158 с.
34. Яншин А.Л. Тектоническое строение Евразии // Геотектоника. 1965. № 5. С. 67–71
35. Bostrom R.C. Tectonic consequences of the Earth's rotation. Oxford Univers. Press. 2000. 266 p.
36. Bostrom R.C. The Earth/Moon double planet. I – Lithosphere mobility // AGU, WPGM Meeting. 2000. Vol. 29, № 06
37. Doglioni C. The global tectonic pattern // J. Geodyn. 1990. Vol. 12. P. 21–38
38. Doglioni C., Cuffaro M., Green D., Mongelli F. Hotspots and the westward drift of the lithosphere. // Abstr. 32th IGC. Florence, Italy, 2004.
39. Storetvedt K.M. Our evolving Planet. Earth History in new Perspective. Bergen. Norway. 1997. 456 p.

Иогансон Лидия Ивановна. Ведущий научный сотрудник ИФЗ РАН, кандидат геолого-минералогических наук. Занимается вопросами современной геодинамики, анализом планетарных закономерностей в развитии геодинамических процессов и структур.

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Ребята, давайте жить дружно!
Кот Леопольд (из мультфильма)

Как хорошо видно по содержанию сборника, представленные в нем работы написаны учеными разных специальностей: геологами и географами широкого профиля, физиками и геофизиками, геодезистами и другими, с разных позиций исследующих ротационные, вихревые и волновые движения, происходившие и происходящие на Земле, планетах Солнечной системы, других космических телах в разных масштабах времени и в различных по физическому и геологическому состоянию средах. Приведенные данные показывают, что такого рода движения являются основными движениями в пределах окружающей нас части Вселенной и потому должны быть положены в основу новой геодинамической парадигмы.

Уже тот факт, что для обсуждения одной проблемы удалось собрать специалистов такого широкого профиля, свидетельствует о важности и перспективности ротационной геодинамики. Дальнейший успех в этой области будет зависеть от того, насколько тесно и «мирно» будут сотрудничать между собой сами такие специалисты, независимо от их идеологии, принадлежности к разным школам и верности конкретным гипотезам.