

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.

ВОЛНОВАЯ РОТАЦИОННО-УПРУГАЯ ТЕКТОНИКА ПЛАНЕТТ.Ю. Тверитинова¹, А.В. Викулин²¹ Геологический факультет МГУ, Москва, Россия² 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 *одноточечковая* 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 Ааронова-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 гиромангнитного 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 сеймотектоническая 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 сеймотектонического 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 сеймотектонических 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 сеймотектонические 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. *Пуцаровский 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.

**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

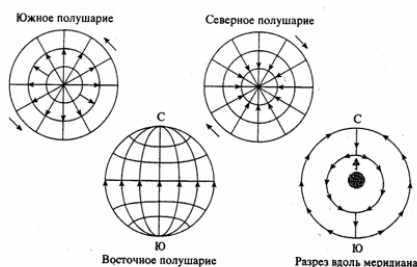
Аннотация. Выполненные к настоящему времени реконструкции дрейфа континентов в фанерозое дают основание считать северную компоненту этого дрейфа следствием осесимметричной одноячейковой конвекции в мантии. Построена простейшая математическая модель верхней горизонтальной ветви этой конвекции. Тектонические 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 конце большая 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 большая 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) полцикла 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:

$$v_{\varphi} = A \cos \varphi, \quad (1)$$

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 (ε_{φ}) и широтном (ε_{λ}) 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:

$$\varepsilon_{\varphi} = d v_{\varphi} / d l_{\varphi} = - (A / R) \sin \varphi; \quad (2)$$

$$\varepsilon_{\lambda} = d l_{\lambda} / l_{\lambda} dt = - (A / R) \sin \varphi. \quad (3)$$

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 разворачивается 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 вероятно 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., Пуцаровский Ю.М., Руженцев С.В.* Крупнейшая структурная асимметрия Земли // Геотектоника. 1998. № 5. С. 3–18.
16. *Тверитинова Т.Ю., Видулин 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).

**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 центростремительного 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 центростремительной силы, действующих на планету при ее орбитальном движении, в фиксированном центре тяжести планеты. Векторы сил равны лишь в перигеуме и афегеуме орбиты (рис. 1).

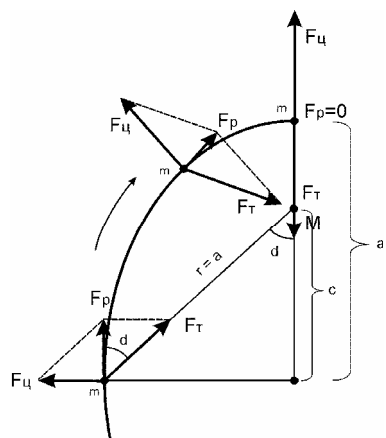


Рис. 1. Схематическое распределение сил, действующих на небесное тело, движущееся по эллиптической орбите, в различных ее точках. Тонкой стрелкой показано направление движения планеты

Сила тяготения ($F_{т}$) направлена к центру масс системы, центростремительная сила ($F_{ц}$) - по нормали к эллипсу, а результирующая сила ($F_{п}$) - по касательной. Она сообщает планете положительное ускорение при движении в перигеум и отрицательное ускорение - при движении в афегеум. 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.

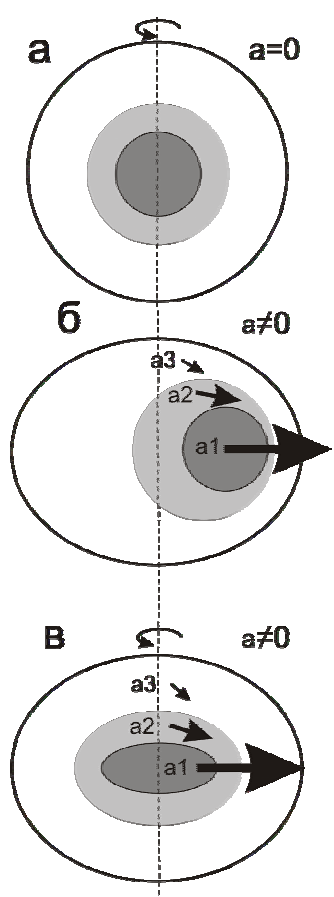


Рис. 2. Схематическое изображение эффекта пульсационного полярного сжатия:

а) внутренние области планеты в апо- и перигентре 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, нередко 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 ячеек, 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 палеоперехностей нефтегазоносных отложений чехла Западно-Сибирской плиты, разработана морфологическая классификация (рис. 4).

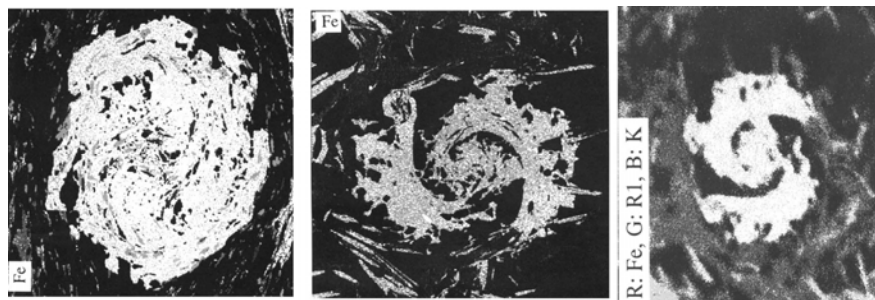


Рис. 3. Микроскопические фотографии среза зерна граната в спектральных линиях Fe [11]

Основные черты морфологического проявления, показанные среди классифицированных форм, характерны и выявляются в сочетании различных вещественных комплексов Земли. Для центрально-зональных типов структур близкие представления о форме организации приповерхностных объектов выявлены В.В. Соловьёвым [8], Я.Г. Кацем, В.В. Козловым, А.И. Полетаевым [2]. Наличие на поверхности Земли гигантских вихревых систем отмечалось Ли Сы-гуаном [4], О.И. Слензаком [7]. Универсальность предлагаемой авторами классификации определяется тем, что морфоструктуры, представленные на рис. 4, характерные для сочетания структурных форм и собственно морфологических проявлений отдельных структур, выявляются в макроорганизации космического вещества, туманностях, звёздных скоплениях, галактиках и др.

Кольцевая, вихревая, радиальная латеральная зональность в распределении вещественных комплексов геолого-тектонических структур говорит о едином механизме в формировании различных геологических объектов. Каждый геологический объект индивидуален, обладает свойственными только ему чертами и, в тоже время, имеет черты и особенности, характерные для всех объектов. Изменчивость морфоструктур (как крупных, так и достаточно мелких) по вертикали (при формировании осадочного чехла платформ), в основном, идёт в направлении усложнения форм. Общая закономерность согласуется с последовательностью типов, показанных на рис. 4. Так как морфоструктуры имеют центрально-зональный облик, усложнение их геометрического образа, степени элементаризации, обнаруживается от

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 Π_a юго-восточной части Западно-Сибирской низменности (стратозогипсы 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 – Мьльджинский 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).

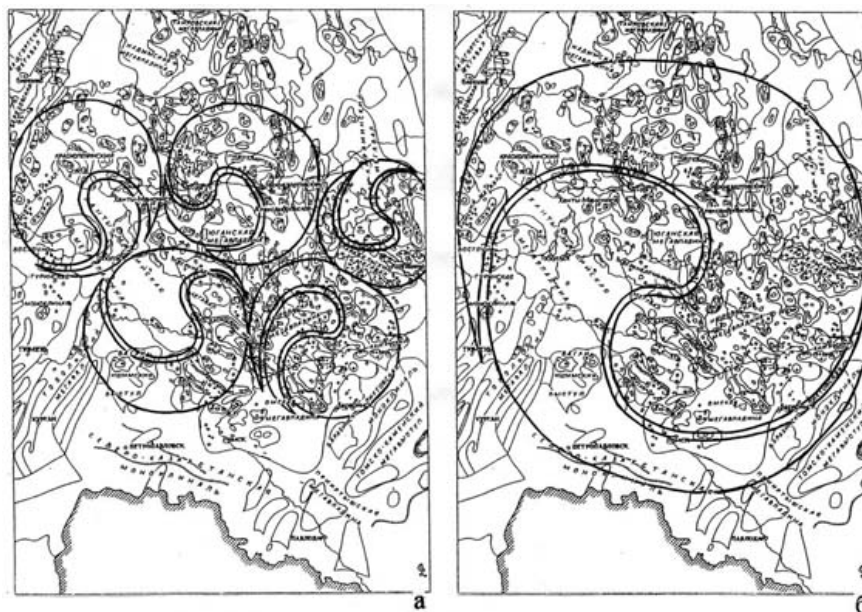


Рис. 5. Латеральное дополнение положительных и отрицательных форм для Обского нуклеара (б) и структур центрального типа меньшего порядка (а)

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 Бернулли, 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, компактизации 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.

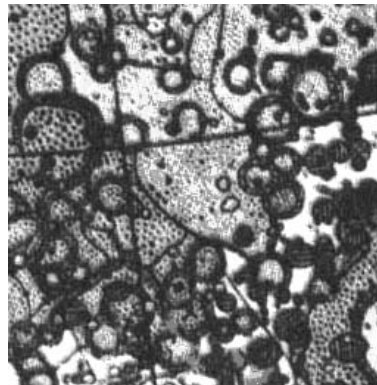


Рис. 6. Выкопировка из геологической карты Меркурия Г.Н. Каттерфельда

Интерференционная картина в области распространения волн имеет «многолепестковую» фигуру (рис. 7).

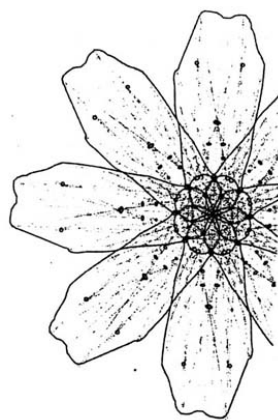


Рис. 7. Области конструктивной интерференции для точечных источников в условиях пространства с кривизной (по данным А.А. Локтюшина [6])

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 ВИНТИ 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., Бронгулеев 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.

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 отдельных геолого-геофизического пространства, было показано: 1) размеры отдельных элементов 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 $e=2,718\dots$), 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, морфопроецесс. 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_а]. 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. Достаивая 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; Таши 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.

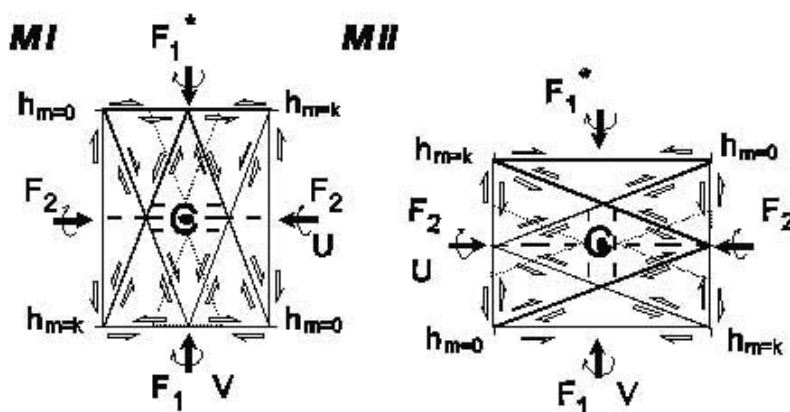


Рис. 1. Модели силовых полей как проекция конусов на плоскость: М I и М II, соответственно геодинамическое поле I и II рода.

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, 1975₆], 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; p – отражает взаимодействие структуры с геодинамическим полем; m^* – коэффициент подобия (m , n , m^* – целые числа и могут принимать как положительные, так и отрицательные значения); $p = 2,154\dots$ [Тишкин, 1994]; $\text{const} = 162,23$.

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 K структур:

$$L = (S/10^n)^{-2/3} (n = \pm 0, 1, 2, 3\dots), \quad (5)$$

$$L/K = LS/h = S^{1/3} p^{2n} / hp^{m^*} = (b/a) p^{m^*} = \text{const} \cdot p^{m^*}. \quad (6)$$

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 $10^n S$ ($3,162^n R$). Определяя периоды деформирования как $t_n = (10^n S)^{0.5} / U = 3,162^n t_0$, 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].

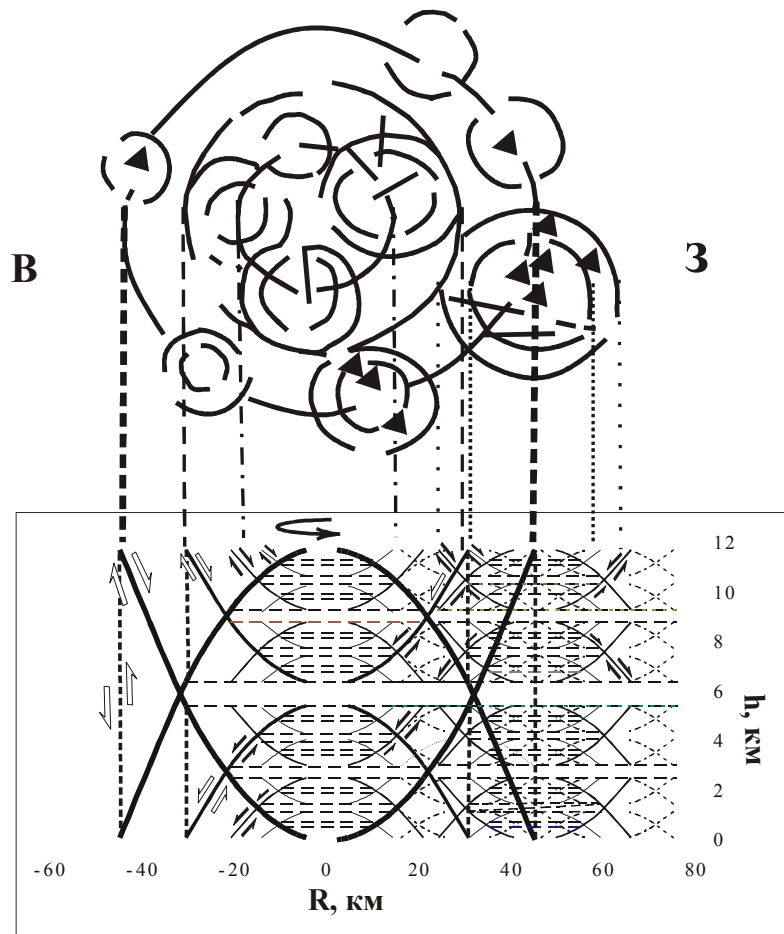


Рис. 2. Кольцевая морфоструктура Джэппи [Гаврилов, 1992] и модельный разрез силового поля (фрагмент).

Толщина линий на разрезе характеризует соответствующий структурный уровень; треугольники вверх – 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

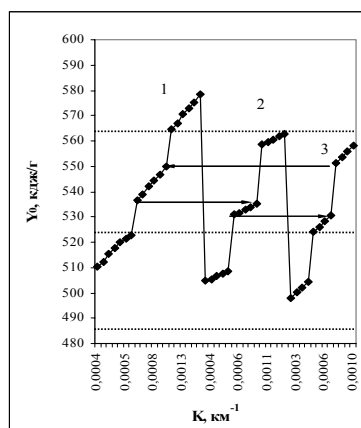
При сопоставлении по размерам морфоструктур центрального типа, выделенных [Кулаков.1985], было замечено, что Амурская, Алданская и Охотская структуры образуют самостоятельные ряды [Тишкин, 2000_б]. В эволюционно-приливной модели [Авсюк, 1993] диапазон размеров системы Земля–Луна, как оказалось, вмещает 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, $S \times 10^n \text{ км}^2$			
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: $Y_0=1100,7 (K^2 p^n)^{0,099}$, при $n=0$; параметр K^2 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 $p=2,154\dots$ 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 $U \neq 0$, 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	$S \times 10^n \text{ км}^2$	R_1 млн км	R_2 млн км	R_1/R_2
<i>Амурский</i>				
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
<i>Алданский</i>				
Сатурн	63,49	1427,0	1497,8	0,95
Нептун	63,94	4496,6	4736,4	0,95
<i>Охотский</i>				
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 $\Delta R=120$ км, а площадь сечения Земли составит $S=12,27 \times 10^7$ км², 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:

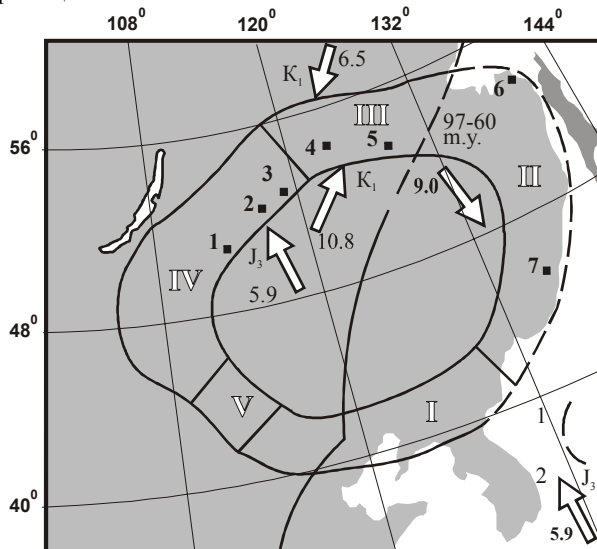


Рис. 4. Схема пространственно-временного изменения скорости деформирования пограничных структур Амурского геоблока. 1 – Пограничный разлом и разломные зоны, ограничивающие Амурский блок; сегменты: I – Иньшаньский, II – Сихотэ-Алинский, III – Становой, IV – Байкало-Монгольский, V – Эрлянский [Брянский 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 леводвиговых 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 (PZ₂ и MZ₃) и началу растяжения (N-Q₄), 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.

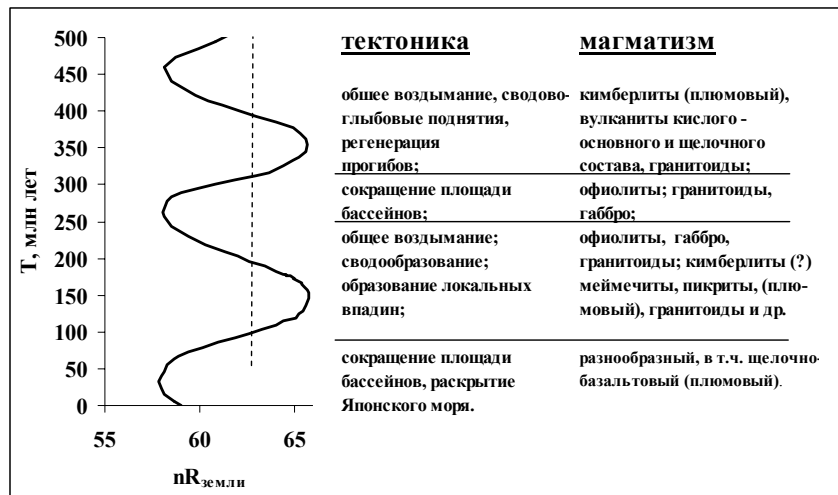


Рис. 5. Динамика развития тектонических структур и пространства Земля-Луна.

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 $463,9 \text{ км}^2$ подобными современным размерам системы Земля–Луна, то при скорости деформирования $U=1,98 \text{ см/год}$ 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 ниже лежащими 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 взрывными 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 синсдвиговому 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.

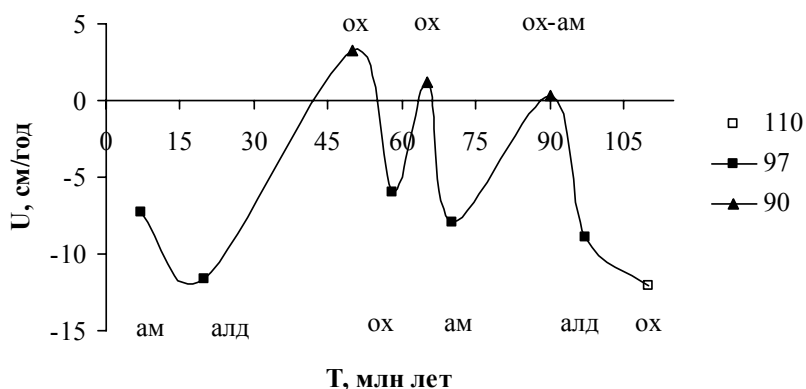


Рис. 6. Скорости формирования магмопроводящих структур Сихотэ-Алиня на условной шкале времени. 1 – Самаргинская островная дуга; магматические формации вулканического пояса: 2 – основного состава; 3 – кремнекислого состава. В табл. 1 показаны геодинамические обстановки (циклы, стадии) по разным авторам.

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 кремнекислого 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 км² 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.

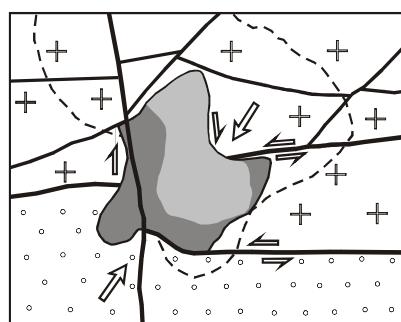


Рис. 7. Геолого-структурная схема положения Джалиндинского интрузива. 1 – становой комплекс; 2 – отложения позднеюрско-раннемелового грабена; 3 – Джалиндинский массив: диориты (а), гранодиориты (б); 4 – главные сжимающие напряжения; 5 – направление сдвиговых перемещений; 6 – контуры зоны разуплотнения [Сажина, 1974].

+ 1
 o 2
 ■ 3
 ↗ 4
 ⇐ 5
 ⋯ 6

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/МКУ/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., Натанов 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 Чунцин, Солдатов А.И.* Мезо-кайнозойские вулcano-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 минералогия 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. Всерос. 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., Томуртоого 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. Разломообразование 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).

**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 повернуты относительно ядра Земли, а также коры и мантии Северного полушария, на восток, на $22,5^{\circ}$ – 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 $7,5^{\circ}$, была замерена протяженность суши (в мм) и затем определен % 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, средин «холмов» и «впадин».

Подсчеты 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. Кэри¹ [12]). Зона Тетического раздела проходит по дуге большого круга, часть которого совпадает с Альпийско–Гималайским тектоническим поясом² (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

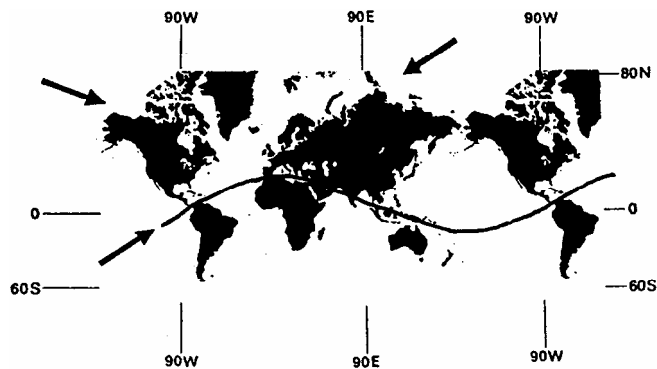


Рис. 1А. Карта континентов в проекции Меркатора. Сплошной линией показана зона Тетического раздела («Тетического кручения» по У. Кэри [12]), стрелками – глобальные линейментные зоны, имеющие форму спиралей (локсодром) по O'Driscoll E.S.T. [28].

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).

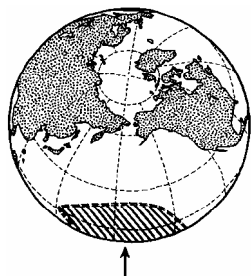


Рис. 1Б. Северная часть Тихого океана (Азимутальная проекция, ENCARTA). Затриховано поднятие Дарвина. Центр проекции расположен в точке выхода оси, перпендикулярной плоскости, в которой лежит зона Тетического раздела; сама зона образует контур рисунка. Стрелкой показана плоскость симметрии для северной части Тихого океана, проходящая в районе 180° меридиана.

На гистограммах (рис. 2–7) по оси Y показана доля суши (в процентах) вдоль меридианов³, а по оси X – долгота (через $7,5^\circ$); середины «холмов» и «впадин» показаны вертикальными линиями. Обозначения на гистограммах: NA – Северная Америка, SA – Южная Америка, As – Евразия, Af – Африка, Au – Австралия, AO – Атлантический океан, PO – 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:

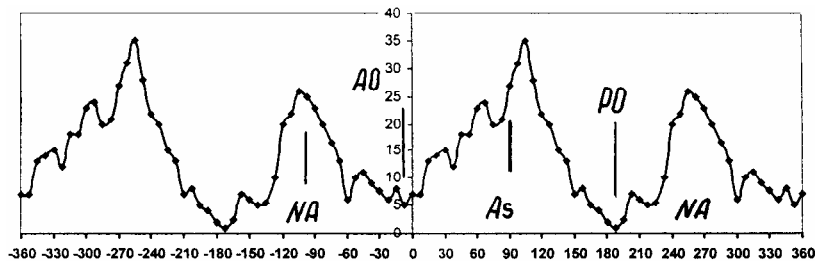


Рис. 2. Распределение суши (в %) в Северном полушарии (С. Америка, Евразия без Аравийского п-ва и без п-ва Индостан).

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 $97,5^\circ$ 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 $3,75^\circ$ з.д.– $176,25^\circ$ 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 $172,5^\circ$ з.д.) и середина и минимум Атлантической «впадины» (находятся на $7,5^\circ$ 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 $172,5^\circ$ з.д. меридиане и расположена достаточно близко к $176,25^\circ$ меридиану (меридиан, равноудалённый от середин Северо-

⁴ Географические центры Северной Америки и Евразии располагаются симметрично относительно плоскости симметрии, идущей по 10° з.д. – 170° 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 Евразийского «холмов») и к 180° меридиану (меридиан, равноудалённый от максимумов Северо-Американского и Евразийского «холмов»). Поэтому плоскость $172,5^\circ$ меридиана может рассматриваться как плоскость симметрии для Тихоокеанской «впадины» в Северном полушарии, а также для Северо-Американского и Евразийского максимумов и для середин Северо-Американского и Евразийского «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 $142,5^\circ$ в.д., т.е. равноудалены от $138,75^\circ$ з.д. меридиана.

(в) Максимумы на Южно-Американском и Австралийском «холмах» располагаются соответственно: на $67,5^\circ$ з.д. и $142,5^\circ$ в.д., т.е. равноудалены от $142,5^\circ$ 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 $142,5^\circ$ з.д. меридиане. Этот же меридиан равноудалён от Южно-Американского Австралийского максимумов и близок к $138,75^\circ$ з.д. меридиану (равноудалённому от середин Южно-Американского и Австралийского «холмов»). Поэтому плоскость $142,5^\circ$ 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».

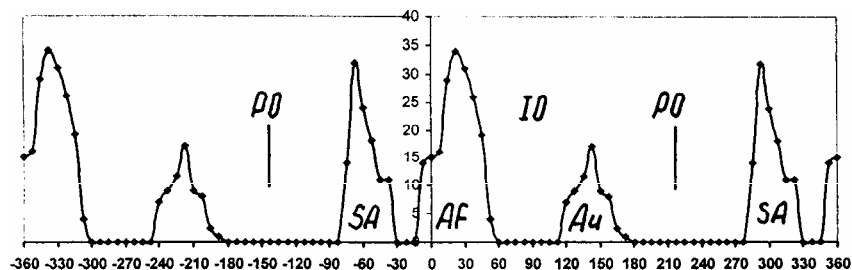


Рис. 3. Распределение суши (в %) в Южном полушарии (Африка с Аравийским п-вом, Ю. Америка, Австралия).

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 $37,5^\circ$ к востоку относительно максимумов Северо-Американского и Евроазиатского «холмов».

(в) В Южном полушарии середина Тихоокеанской «впадины» (расположена на $142,5^\circ$ з.д. меридиане) смещена на 30° долготы к востоку относительно середины Тихоокеанской впадины, находящейся в Северном полушарии (расположена на $172,5^\circ$ 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 $37,5^\circ$ – 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.

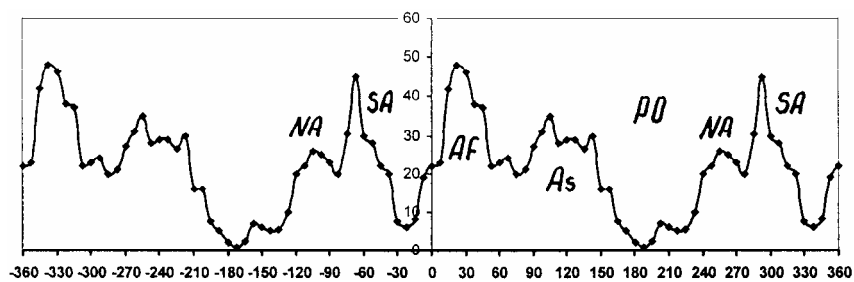


Рис. 4. Распределение суши (в %) на поверхности Земли (сумма гистограмм Южного и Северного полушарий; без п-ва Индостан).

Симметрия глобального рельефа

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 35^0 . Эта ось пересекает земную поверхность в районе: 55^0 с.ш., 180^0 – 165^0 з.д., и 55^0 ю.ш., 0^0 – 15^0 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 10^0). Таким же незначительным является поворот Африки, Ю. Америки, Австралии относительно их настоящего положения.

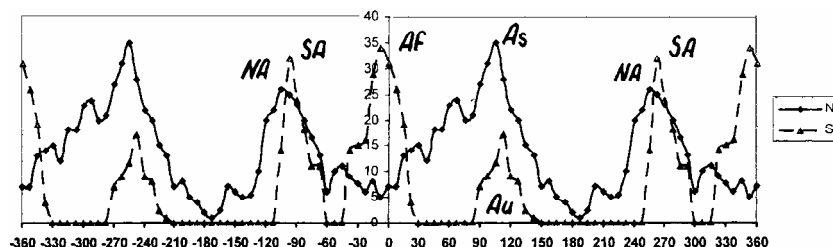


Рис. 5. Распределение суши (в %): N – в Северном полушарии (см. рис. 2), S – в Южном полушарии (см. рис. 3). Южное полушарие повернуто на запад на 30^0 долготы.

При повороте Южного полушария на 30^0 на запад (рис. 5) плоскость симметрии Тихоокеанской «впадины» и в Южном, и Северном полушариях оказывается расположенной на $172,5^0$ з.д. меридиане. Африканские максимум и середина «холма» располагаются на $7,5^0$ з.д. меридиане – там же, где и середина Атлантической «впадины» Северного полушария (то есть близко к плоскости симметрии для Северо-Американского и Евразийского максимумов, проходящей по 0^0 меридиану (см. п. 1 г)). Близко друг к другу располагаются «холмы» Северо-Американский и Южно-Американский, Евразийский 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 $172,5^\circ$ з.д. меридиану. То есть, выявляется единая, несколько изогнутая, плоскость симметрии, проходящая через 0° – $172,5^\circ$ з.д. меридианы, близкая к плоскости симметрии 0° – 180° меридианов.

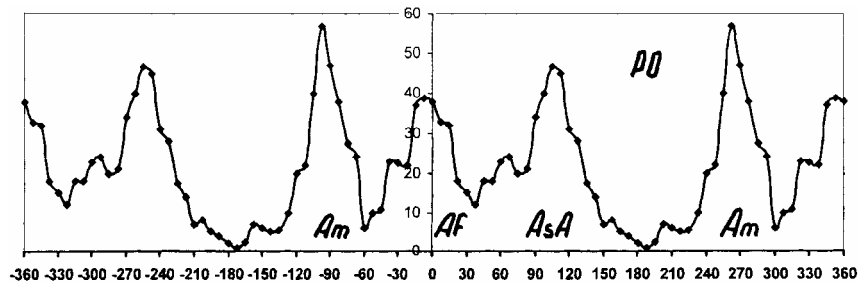


Рис. 6. Распределение суши (в %) на нескрученной поверхности Земли (сумма гистограмм Южного и Северного полушарий, изображённых на рис. 5; без п-ва Индостан). Южное полушарие повернуто на запад на 30° долготы.

Но наиболее симметричной является суммарная гистограмма, построенная для случая вращения Южного полушария на $22,5^\circ$ на запад (рис. 7). Плоскость симметрии на рис. 7 для Американского и Евроазиатско-Австралийского «холмов» (и максимумов) проходит по $7,5^\circ$ в.д. меридиану, а для Тихоокеанской впадины – около $172,5^\circ$ з.д. меридиана. Таким образом, наблюдается единая, не искривлённая (в отличие от случая, изображённого на рис. 6) плоскость симметрии, проходящая по $7,5^\circ$ в.д.– $172,5^\circ$ 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° – $22,5^\circ$ 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 $22,5^\circ$ 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° .

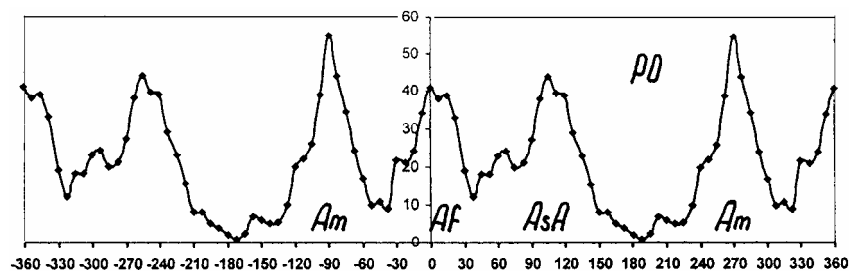


Рис. 7А. Распределение суши (в %) на нескрученной поверхности Земли (сумма гистограмм Южного и Северного полушарий, без п-ва Индостан). Южное полушарие повернуто на запад на $22,5^\circ$ долготы.

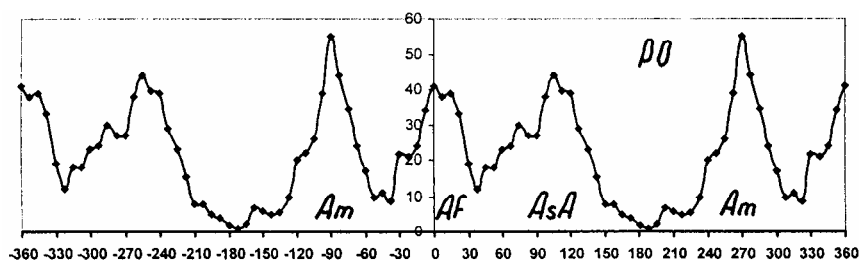


Рис. 7Б. Распределение суши (в %) на нескрученной поверхности Земли (сумма гистограмм Южного и Северного полушарий; п-в Индостан включён в Северное полушарие). Южное полушарие повернуто на запад на $22,5^\circ$ долготы.

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 $22,5^{\circ}$ – 30° на запад позволяет получить единую плоскость симметрии для глобального рельефа Земли, проходящую близко к плоскости симметрии 0° – 180° меридианов.

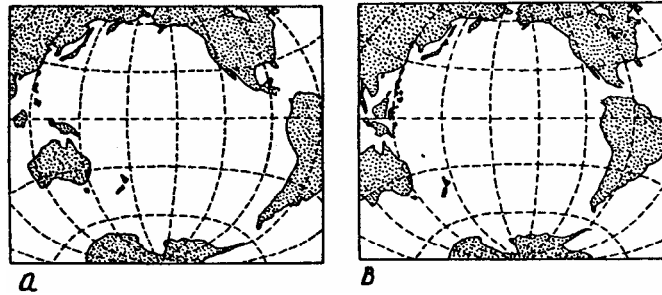


Рис. 8А. Устранение скрученности полушарий (по [12]). а – Карта Тихого океана, б – Карта Тихого океана после поворота Южного полушария на 30° на запад.

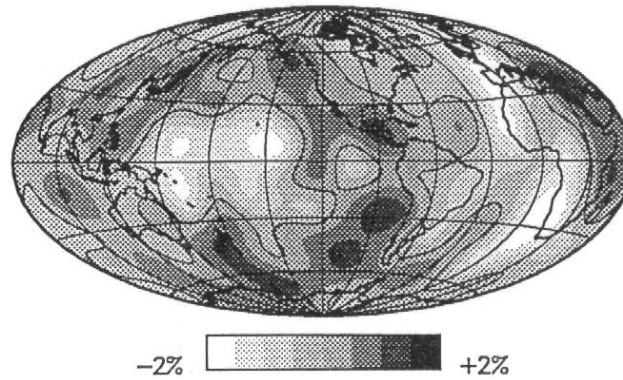


Рис. 8Б. Сейсмотомографическая модель для глубины 2850 км. Отчётливо видна сквозь-мантийная Тихоокеанская неоднородность. Шкала отражает отклонения скоростей сейсмических волн от средних значений (в %) (по [29]).

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 Земли (рис. 9–13) показывает, что гистограмма напряжённости 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).

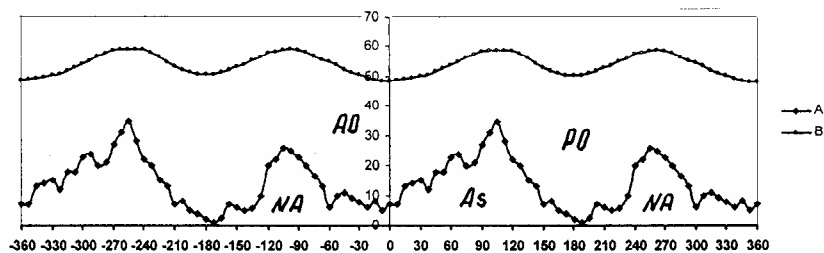


Рис. 9. А (нижняя линия на рисунке) – распределение суши (в %) в Северном полушарии (С.Америка, Евразия без Аравийского п-ва и без п-ва Индостан); В (верхняя линия на рисунке) – осреднённая по меридианам напряжённость магнитного поля Земли (Т, в эрстедах) (по [6]).

(б) Плохо коррелирует с гистограммой распределения суши в Южном полушарии (рис. 10).

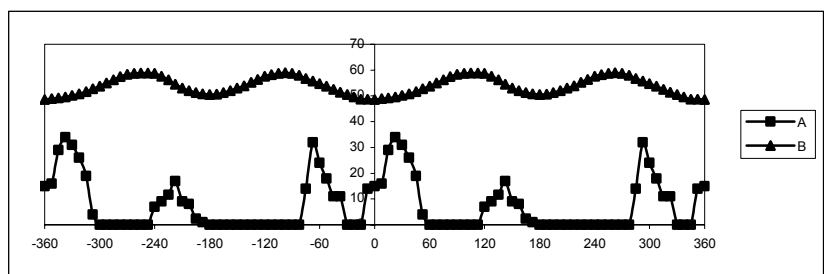


Рис. 10. А (нижняя линия на рисунке) – распределение суши (в %) в Южном полушарии (объяснения см. на рис. 3); В (верхняя линия на рисунке) – осреднённая по меридианам напряжённость магнитного поля Земли (Т, в эрстедах) (по [6]).

(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.

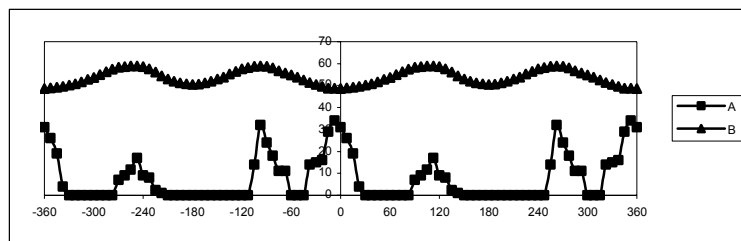


Рис. 11. А (нижняя линия на рисунке) – распределение суши (в %) в Южном полушарии (Южное полушарие сдвинуто на запад на 30^0 долготы.); В (верхняя линия на рисунке) – осреднённая по меридианам напряжённость магнитного поля Земли (Т, в эрстедах) (по [6]).

(г) Плохо коррелирует с суммарной гистограммой распределения суши на всей Земле (сумма гистограмм для Северного и Южного полушарий) (рис. 12).

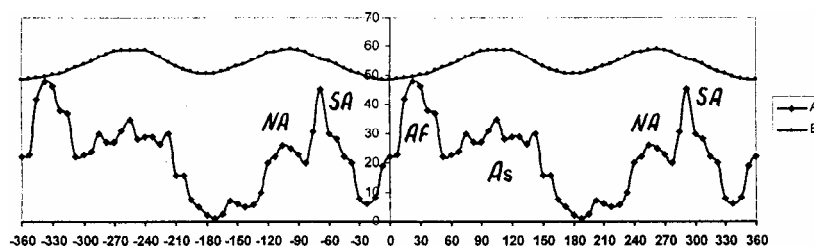


Рис. 12. А (нижняя линия на рисунке) – распределение суши (в %) на поверхности Земли (сумма гистограмм Южного и Северного полушарий; включая п-в Индостан); В (верхняя линия на рисунке) – осреднённая по меридианам напряжённость магнитного поля Земли (Т, в эрстедах) (по [6]).

(д) После поворота Южного полушария на 30^0 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 0^0 – 180^0 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 90^0).

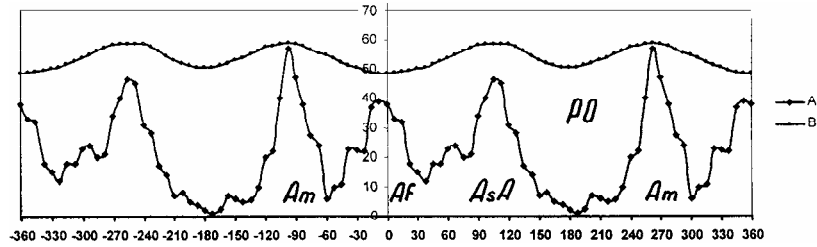


Рис. 13. А (нижняя линия на рисунке) – распределение суши (в %) на поверхности Земли (сумма гистограмм Южного и Северного полушарий; п-в Индостан исключён из рассмотрения); Южное полушарие сдвинуто на запад на 30° долготы.; В (верхняя линия на рисунке) – осреднённая по меридианам напряжённость магнитного 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 противоположащих континентах (рис. 14). Однако в Южном полушарии связь элементов рельефа с магнитными аномалиями не наблюдается.

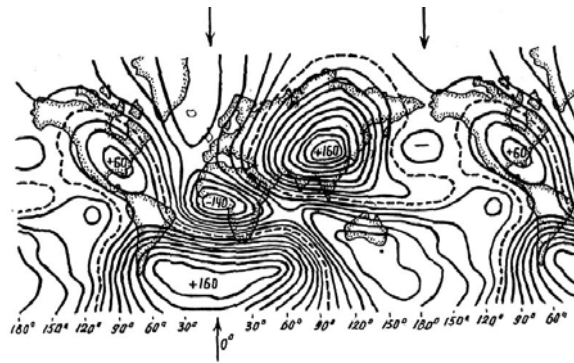


Рис. 14. Недипольное магнитное поле для эпохи 1945 г. Изолиниями показана вертикальная составляющая (интервал 0,02 Э) (по Булларду и др. [14]). Стрелками показана плоскость симметрии $0^{\circ} - 180^{\circ}$ меридианов [15].

(б) После поворота Южного полушария на $22,5^{\circ}-30^{\circ}$ 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 противоположных 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, материка, 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 $22,5^{\circ}$ – 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);

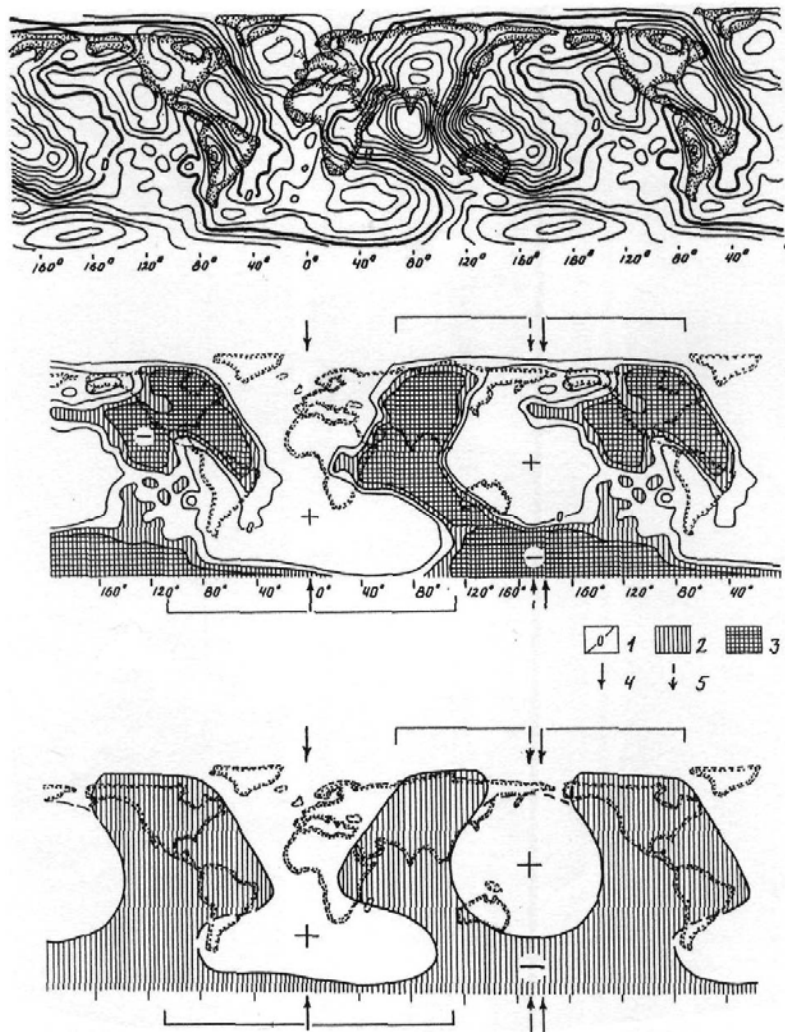


Рис. 15. Поверхность геоида: наблюдаемая (верхний рисунок, геоид построенный по гравиметрическим и спутниковым данным в Центре космических полётов им. Годдарда (США) в 1973 г. (по [4]), бинаризованная (средний рисунок), генерализованная (нижний рисунок). Отклонения геоида от эллипсоида в метрах: 1) нулевая изолиния, 2) 10 – 20, 3) 20 и более. 4) и 5) плоскость симметрии 0° – 180° меридианов.

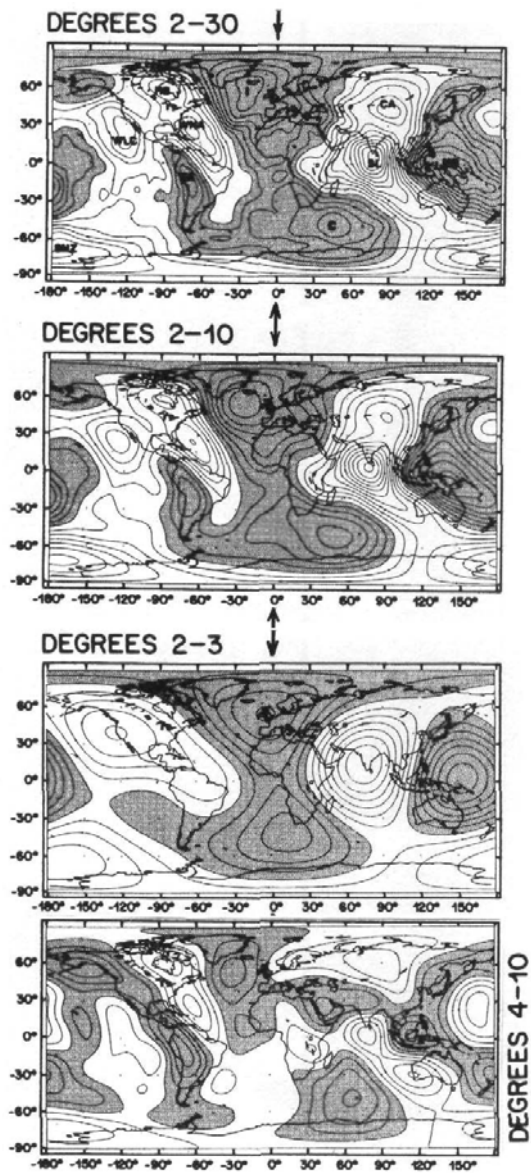


Рис. 16. Карты аномалий геоида (коэф. сферических гармоник GEM-L2, Lerch et al, 1982) (по[27]). Интервал 10 м. Гармоники указаны на картах. Стрелками показана плоскость симметрии $0^{\circ} - 180^{\circ}$ меридианов.

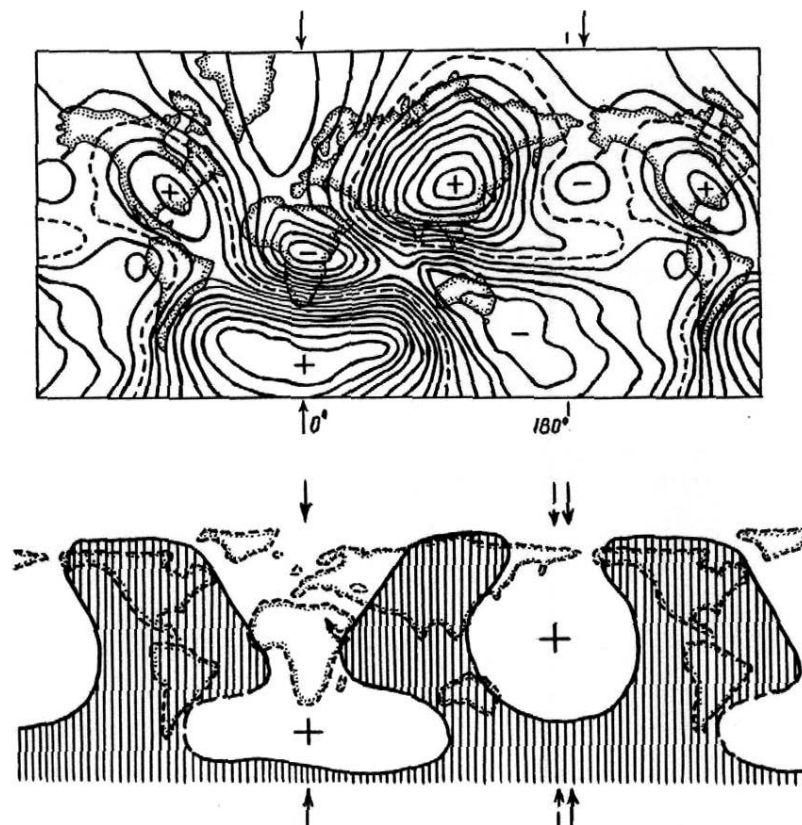


Рис. 17. (наверху) Недипольное магнитное поле для эпохи 1945 г (см. рис 14). Рельеф Южного полушария повёрнут на запад на 25° долготы.

Рис. 18. (внизу) Поверхность геоида (см. рис. 15, 16). Рельеф Южного полушария повёрнут на запад на 25° долготы.

(б) после поворота Южного полушария на 30° долготы на запад (рис. 11).

После поворота Южного полушария на $22,5^{\circ}$ – 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 друга⁵.

2. Кора и мантия (учитывая корни континентов) Южного полушария повернуты относительно ядра Земли, а также коры и мантии Северного полушария, на $22,5^{\circ}$ – 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 кристалла⁶, 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° в.д., в частности, выражен прямолинейной долиной Енисея (отделяющей Западно-Сибирскую низменность от Средне-Сибирского плоскогорья), Восточно – Индийским хребтом в Индийском океане (хребет 90°). Вдоль Линеамента 90° 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°11' в.д., 30°41' 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 суперподняtie) // 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.* Сейсмоструктура 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° – 180° 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. лит-ры., 1953.
27. *Bowin C.* The Earth's gravity field and plate tectonics // Tectonophysics. 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.

**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 – крайним морем (Японским, Беринговым и др.) или островной архипелаг (Филиппины, Индонезия).

Движение частиц мантийного субстрата, помимо инерционных сил, подчиняется закономерности момента сохранения количества движения ($I=mv\tau=\text{const}$). 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 линейным 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 Берингоморских 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 [Рожественский, 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 Берингоморского 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 Евразийского 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 с 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 на 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 Филиппинском регионе, проведенное Г.Л. Кирилловой [1988], выявило 5 импульсов вулканизма разной интенсивности в среднем эоцене–раннем олигоцене, на рубеже

олигоцен-раннего миоцена, в раннем-среднем миоцене и в плиоцен-плейстоцене.

Таким образом, тектонические процессы, несомненно связанные с движением подкорковых масс, на протяжении всего кайнозоя в бассейне Филиппинского моря перемещались в направлении с запада на восток. Говорить при этом о перемещении филиппинской 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 тропе 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, раздвижки, 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.



Рис. 1. Направления мантийных потоков, движущихся из-под континентов, установленные по наибольшему выгибу островных дуг.

Геосферные оболочки

К.Е. Буллен [Bullen, 1936] предложил номенклатуру деления 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 отдельных частей. Эта, в целом относительно жесткая верхняя оболочка Земли, существенно расслоена и расчленена разломами. Ее 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 подкорковый 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 составляет 3,6–4,7 г/см³. 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 формирования 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 соответствующие 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 ($\sim 1/60$ 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/см³), 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 Бенюффа 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 линеймента 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 выплавляться прежде всего наиболее низкоплавкие ингредиенты из подошвы литосферы, формируя преимущественно лавы кислого и среднего составов ($t_{плав.}=800-1000^{\circ}\text{C}$).

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 ингредиентов преимущественно из мантийного субстрата в условиях более высоких температур, т.е. основных и ультраосновных магм ($t_{плав.}=1100-1300^{\circ}\text{C}$) 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 осложняться еще одним явлением. Известно, что к каждой замкнутой вращающейся системе можно применить формулу фундаментального закона сохранения количества движения:

$$J=mr^2\omega=\text{const},$$

где J – момент количества движения (момент импульса); $v=r\omega$ – 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 больший радиус вращения, т.е. сместиться в сторону экватора.

В области экватора изменение радиуса на больший 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 больший (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 толкование. Прежде всего обратимся к явлению субдукции. Совершенно очевидно, что состоящая из базальтов океаническая плита с плотностью $2,77 \text{ г/см}^3$ никак не может погружаться в зоне субдукции в более плотную астеносферу ($3,6\text{--}4,7 \text{ г/см}^3$) 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; Третьяк, 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 [Филатев, 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 исследования. М., 1988. №13. С. 129–158.
4. *Гордин В.М.* Об интерпретации аномального магнитного поля океанов по Вайну-Мэтьюсу // 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 прилегающих 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. *Третьяк 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. $^{40}\text{Ar}/^{34}\text{Ar}$ 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.