

Костюкова Нина Ивановна, Михайленко Борис Григорьевич

ФИЗИКА ЗЕМЛИ И СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2011/12/12.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2011. № 12 (55). С. 37-44. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2011/12/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

УДК 519.6

Нина Ивановна Костюкова, Борис Григорьевич Михайленко
Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН

ФИЗИКА ЗЕМЛИ И СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ[©]

Введение

Как известно, в объяснение внутреннего строения *Земли* предлагались самые разноречивые *гипотезы*. Еще древние мыслители стремились связать все явления, происходящие на *Земле* с механизмом ее образования и эволюции. В дальнейшем, в связи с дифференциацией знания о *Земле*, эта тенденция уже не прослеживается столь явно. Эволюции представлений о *Земле* и ее внутреннем строении посвящена обширная литература, поэтому мы ограничимся кратким обзором некоторых работ, имеющих отношение к «горячей» и расширяющейся модели *Земли*.

Проблема образования *Солнечной системы* также не имеет пока однозначного решения (хотя от него и зависит понимание внутреннего устройства *Земли*, планет и их спутников).

«Горячая» Земля

Р. Декарт считал *Солнце* и звезды состоящими из вещества, подобного пламени. *Земля* первоначально также состояла из такого вещества и, кроме размеров не отличалась от *Солнца*. Затем *Земля* остыла и образовала шесть оболочек, причем внутри их находилось ядро из вещества, имеющего ту же природу, что и *Солнце*.

Т. Лейбниц полагал, что *Земля* была сначала расплавленным шаром. После того как остыла, на ее поверхности выделились шлаки, которые образовали *кору*, а пары воды, окружавшие *Землю*, сгустились и образовали океан. Работы Лейбница считаются развитием идей Декарта.

Идеи Декарта нашли развитие в работах Р. Гука. По его мнению, образование рельефа происходило под действием подземных огненных взрывов, эпицентр которых находится на очень большой глубине.

К идее первоначально расплавленной *Земле* пришел И. Ньютон. Этот вывод он сделал, анализируя результаты измерения величины силы тяжести на экваторе и полюсах. Ньютон вычислил, что *Земля* представляет собой фигуру вращения, несколько сплюснутую у полюсов, что и возможно лишь при условии, что *Земля* первоначально была в расплавленном состоянии.

Гипотеза И. Канта о происхождении Земли и Солнечной системы основывалась на законе всемирного тяготения. По Канту, *Солнце* образовалось путем сгущения материи и одновременно с *Солнцем* сформировались вращающиеся вокруг него круговые туманности, в которых возникли зародыши планет. Развитием идей Канта стала *гипотеза* П. С. Лапласа. С его точки зрения, вокруг *Солнца* образовались газообразные кольца, которые при сгущении сконденсировались в планеты, находящиеся вначале в расплавленном состоянии.

Предположение о раскаленно-жидком состоянии внутренности *Земли* высказал А. Гумбольдт. Он считал, что вулканизм порожден воздействием огненно-жидкого ядра *Земли* на затвердевшую *кору*, которая на ранней стадии была тоньше. А действие *вулкана* - значительно интенсивнее, чем в наше время.

Сто лет тому назад немецкий геофизик К. Цеппритд пришел к заключению, что ядро *Земли* состоит из *газов*, которые под влиянием высокого давления имеют *плотность*, абсолютно твердого тела, но вместе с тем обладает свойствами *газов*. Вокруг газообразного твердого ядра располагается оболочка диссоциированных *газов*. Затем - переходя от *газов* к жидкости оболочка, а далее - расплавленная масса и твердая *кора*. К аналогичным выводам пришел С. Аррениус, подобную же модель *Земли* предлагал и Ф. Ю. Левинсон-Лессинг.

Согласно *гипотезе* В. Н. Лодочникова - В. Рамзея, изменение плотности на границе земного ядра происходит благодаря фазовому переходу, когда вещество становится подобным металлическому. Этот переход совершается при давлении порядка 1,4 млн атм. и температуре около 10000 градусов по Цельсию.

По А. Риттману и В. Куну, *Земля* образовалась, в основном из водорода и гелия («строительного материала» *Солнца*), причем ядро *Земли* содержит «солнечное» вещество. Идею горячего газового ядра *Земли* отстаивал и Ф. Вольф.

Расширяющаяся Земля

Считается, что предположение о возможном расширении *Земли* впервые высказал Ф. Бэкон.

В конце прошлого века В. Л. Грин и независимо от него Мантовани предложили модель расширяющейся *Земли* для объяснения сходства геометрии противоположных берегов Атлантики.

Научная полемика, развернувшаяся после выхода в свет книги А. Вегенера «Происхождение материков и океанов», породила не только концепцию дрейфа материков, которая укоренилась в английской школе, но и альтернативную концепцию расширяющейся *Земли* (развиваемую в основном в Германии).

Б. Линдемман доказал, что доминирующим признаком земной поверхности является образование на ней трещин и расширение поверхности, разработал схему эволюции расширяющейся *Земли*, основанную на радиоактивном нагревании.

М. Боголепов, основываясь на гипотезе расширяющейся *Земли*, предположил существование вековых, зональных движений вещества мантии, то есть по существу, ее конвекцию.

О. С. Хильденберг, разрабатывая модель расширяющейся *Земли*, впервые «собрал» континенты на глобусе диаметром, несколько меньшим 2/3 эталонного. Океаны в его модели не учитывались, *земная кора* закрывала всю поверхность глобуса.

Д. К. Халм пришел к идее расширения *Земли* на основе теоретического анализа эволюции небесных тел, включая звезды и планеты. По его теории, радиус *Земли* за геологическое время увеличился примерно на 1000 км.

Д. Кендл считал, что источник расширения *Земли* находится глубоко внутри ее. Вся Вселенная и все в ней, по его мнению, находится в состоянии расширения.

А. И. Шнейдеров развивал теорию пульсирующей, расширяющейся *Земли*, считая, что в результате расширения возникали океаны, а в результате сжатия - горы. Он утверждал, что ядро *Земли* представляет собой плотную горячую плазму.

Р. Т. Валкер и В. И. Валкер также пришли к идее расширения *Земли* и объяснили это тем, что в центре *Земли* находится расширяющаяся масса.

Л. Эдвед показал, что общий объем воды океанов за геологическое время увеличился, и соответственно этому увеличилась поверхность *Земли* и отношение площади океанов к площади материков. Зная о выводе С. Дарвана, что в докембрийское время материка имели существенный перевес над океанами, Эдвед подсчитал среднее увеличение радиуса *Земли*, и оно оказалось равным 0,5 мм в год. Р. В. Фейрбридж, однако, полагал, что расширение могло ускоряться в определенные эпохи, например, после мезозоя, что не исключена модуляция интенсивности процессов расширения *Земли*.

На симпозиуме по континентальному дрейфу неоднократно отмечалось, что «сборка» материков *Земли* в единый материк приводит к значительным искажениям, которые практически исчезают, если провести ее на сфере с меньшим радиусом. Б. С. Хизен показал, что имеются два варианта модели континентального дрейфа; в одной материка «плавают», в другой - *Земля* расширяется. Однако в первом случае должно наблюдаться сжатие материков с одной их стороны и расширение - с другой. Но проведенные в северной Америке измерения показали, что такого различия нет, а это ставит под сомнение идею тектоники плит.

Дж. Т. Вильсон объясняет расширение *Земли* тем, что согласно *гипотезе* П. Дирака, гравитационная постоянная G может изменяться - уменьшаться со временем. Оставаясь в рамках этой *гипотезы*, он считает невозможным удвоение радиуса *Земли* за время ее эволюции.

Концепции уменьшения величины G придерживались Д. Иваненко и М. Сагитов. Б. В. Нейман и И. В. Кириллов собрали материка на глобусе радиусом на половину меньше современного и пришли к заключению, что тихий океан появился на *Земле* лишь в кайнозой. Аналогичные реконструкции были выполнены Л. Бросске, С. Барнеттом, К. М. Криром.

Различные космологические и геологические следствия из *гипотезы* уменьшения величины G анализировал Р. В. Фейрбридж. Аналогичные работы выполнили А. Жолмс и П. Иордан.

Р. Динли, на основе реконструкции докембрийских поясов, пришел к заключению, что *Земля* имела радиус 4,4 тысячи километров около 2750 млн лет тому назад и 6 тысяч километров - 650 млн лет тому назад.

Р. Мезервей, изучая топологию континентов, пришел к заключению, что их движение в регионе Тихого океана, постулируемое плитной тектоникой, невозможно. Перемещение континентов объясняется лишь в том случае, если *Земля* расширяется.

Образование Солнечной системы

И. Кеплер в своем знаменитом труде «Космографическая тайна», по-видимому, одним из первых пытался выявить закономерность соотношения размеров планетарных орбит. Он обратил внимание на существование своего рода разрывов закономерности соотношения орбит Меркурия и Венеры, а также Марса и Юпитера.

И. Ньютон, положив начало теории гравитации, тем самым дал объяснение закономерностям планетных орбит, приливов и т.д. В результате под Законы Кеплера была подведена теоретическая база, а затем они были подтверждены и экспериментально.

Х. Вольф считал, что параметры планетных орбит подчиняются определенной закономерности.

В книге И. Канта «Всеобщая естественная история и теория неба» указывалось на возможность существования трансатурновой планеты, а также планеты между Марсом и Юпитером.

Первым сформулировал закон (правило) отношения планетных орбит И. Тициус. На основании этого закона открывалась возможность предсказывать параметры орбиты еще не открытых планет. И. Э. Боде обнаружил публикацию Тициуса и включил ее в свою книгу в качестве примечания.

Астроном В. Гершель, учтя этот закон, на заранее определенной орбите вскоре обнаружил планету Уран. Затем другой астроном Д. Пиадди обнаружил небольшую планету (астероид) на орбите, также определенной по тому же закону, между Марсом и Юпитером. Впоследствии на близких орбитах были обнаружены еще ряд астероидов. Была высказана идея, что это остатки разрушенной планеты Фэтон.

Д. Адамс и У. Ж. Леверье пытались обнаружить планету Нептун на орбите, определенной по закону Тициуса-Боде. И хотя орбиты этой планеты, а также впоследствии открытого Плутона не соответствовали расчетным, считалось, что несоответствие «не слишком велико».

Рассмотрим теперь, какие же факторы могли породить в Солнечной системе закономерности, описываемые законом Тициуса-Боде или его модификациям. Однако прежде остановимся на теории Ф. Хойла, который хотя и не анализировал закон Тициуса-Боде, но его теория предлагает объяснения для большинства наблюдаемых особенностей *Солнечной системы*.

Согласно Хойлу, когда протосолнце, сжимаясь, достигло радиуса (0,2 а.е.), при котором выполнилось условие равенства центробежной и гравитационных сил, возникла неустойчивость вращательного движения. Развитие этой неустойчивости привело к выбросу из протосолнца его вещества. Температура протосолнца в этот момент была достаточна для ионизации выброшенного вещества, а сильное магнитное взаимодействие обеспечило передачу момента количества движения от протосолнца к выброшенному веществу. Таким образом, Хойлу удалось объяснить (если, конечно, его модель верна) «поразительный факт», что *Солнце* обладает очень малым моментом количества движения по сравнению с планетами.

Остальные теории образования *Солнечной системы* в той или иной степени основаны на использовании геометрической прогрессии закона Тициуса-Боде. Их обычно делят на электромагнитные, гравитационные и небулярные.

Из электромагнитных теорий отметим теории О. Биркеланда и Х. Берлаге, сходные в том, что в них протопланетное вещество предполагалось истекающим из *Солнца* в виде заряженных ионов. Радиус орбиты планеты определялся массой и зарядом иона. Х. Альвен же предположил, что частицы газового облака, захваченного *Солнцем*, падая на него, ионизировались. Благодаря тормозящему действию магнитного поля момент количества движения *Солнца* передавался ионизованному газу.

Среди гравитационных теорий центральное место занимает теория О. Ю. Шмидта, согласно которой *Солнечная система* возникла в результате захвата *Солнцем* облака метеоритного вещества. В последующих работах утверждалось, что это облако состояло из пыли и газа и даже было частью первичной солнечной туманности. Планеты образовались путем медленного объединения метеоритов. К закону Тициуса-Боде приводит процесс «вычерпывания» метеоритного вещества образующейся планеты. Теория Шмидта предполагает изначальное разделение протопланетного вещества на две зоны: планет земной группы и планет-гигантов.

Л. Эдвед предложил модель образования *Солнечной системы*, основываясь на гипотезе П. Дирака об изменении гравитационной постоянной. Согласно Эдведу, *Солнце* выбрасывает определенное количество вещества в некоторый момент времени. Радиус орбиты соответствующей планеты определяется текущей величиной гравитационной постоянной в этот момент.

Упомянем также теорию М. Вульфсона и теорию Б. Пендредра и И. Уильямса. По Вульфсону, *Солнечная система* образовалась как результат отторжения от *Солнца* его вещества при сближении с проходящей мимо звездой. Согласно второй теории, она возникла вследствие гравитационного коллапса захваченного *Солнцем* газового облака.

Среди небулярных теорий наибольший интерес представляет работа Берлаге, который рассмотрел уравнения равновесия вращающейся газовой туманности с учетом гравитационных сил и внутреннего давления газа. Межпланетные расстояния от планет до *Солнца*, по Берлаге, зависят от температуры газа и его химического состава.

В этом же ряду стоит приобретающая наибольшую популярность теория С. Вайцзекхера, в которой принимается, что *Солнце* и окосолнечная туманность имеют единый химический состав. Туманность представляет собой вращающийся диск, а в нем за счет внутреннего трения возникает турбулентность, приводящая к образованию вихревых ячеек, расположенных в кольцах, на которые разбивается туманность. Вихри, формирующие планеты, сообщают им вращение вокруг оси.

К небулярным относится и теория Г. Койпера, который полагал, что массы и удаленность планет от *Солнца*, связаны друг с другом тесным образом. В его теории протопланетная турбулентная туманность, находящаяся вблизи предела Роша (предельное расстояние, на котором приливные силы разрушают любую твердую планету), превращается в отдельные газовые сгустки - протопланеты.

Подчеркнем еще раз, что в нашу задачу не входил детальный обзор теории образования *Земли* и *Солнечной системы*, внутреннего устройства *Земли*, ее эволюции, увеличения радиуса, то есть расширения *Земли*. Модели и большинство следствий из них, о которых пойдет речь, были известны и ранее. Однако, до сих пор не было предложено достаточно универсальной модели или *гипотезы*, охватывающей все глобальные явления на *Земле* и планетах, начиная с их образования.

Наша модель образования *Солнечной системы* основана на допущении, что *газ*, из которого образовались *Солнце*, *планеты* и их *спутники*, обладает определенным свойством, характерным для *гиротропных сред*, а именно способностью упорядочивать свой момент количества движения при *гравитационном сжатии*. В результате сжатия газовое облако начинает вращаться, вращаясь, оно изменяет свою форму - от сферы вначале к плоскому диску в конце процесса. *Газ* при этом ведет себя как сплошная среда.

Подобную концепцию впервые сформулировал Д. Джинс, который предложил рассматривать *звездные скопления* как сплошную среду - «жидкость», в которой «плавают» капли - *звезды*. Д. Джинсом был выведен критерий (критерий Джинса), согласно которому *звездное скопление* под действием *самогравитации*

будет сжиматься, если *альвеновская (гравитационная)* скорость $V_A (V_A = \sqrt{\frac{GM}{R}})$ где G - *гравитационная* постоянная, M - масса, сосредоточенная в пространстве радиусом R больше скорости звука V_S в этой среде («жидкости»), и будет расширяться под действием собственного *газокинетического давления*, в противном случае - если $V_A < V_S$.

Дальнейшее развитие эта *гипотеза* получила в работах С. Чандрасекара, который показал, что в движении звездного скопления можно выделить три связанных составляющих:

1. движение скопления как целого;
2. его сжатие либо расширение;
3. вращение.

Справедливость принципов Чандрасекара для *галактик* подтверждена астрономическими наблюдениями, а в последние годы обнаружено вращение расширяющейся *Вселенной*.

Д. Джинс и С. Чандрасекар разрабатывали основные принципы движения звездных скоплений и галактик, причем из их рассуждений совсем не следует, что эти принципы, по крайней мере, некоторые из них, нельзя применять для объяснения движения гравитирующих масс значительно меньшего масштаба, то есть динамики сжатия *протосолнечного газообразного вещества*.

Заметим, что проблема сжатия газового шара гравитационными силами как процесс, приводящий к образованию звезды, неоднократно рассматривалась и ранее. Однако, астрофизиков интересовали прежде всего такие вопросы, как равновесие и устойчивость звезды, ее светимость, масса, состояние вещества, показатель политропы.

Динамика образования звезды и непосредственно связанное с этим процессом образование планет и их спутников рассматривались как единое явление. Действительно, такой подход оправдан, стоит лишь принять во внимание характер расположения планет относительно *Солнца*, *спутников* - относительно планет, вращение планет и *спутников*, распределение масс *планет* и *спутников* по расстоянию и тому подобное. При этом в первую очередь устанавливается аналогия между *Солнечной системой*, с одной стороны, и системами *Юпитера*, *Сатурна* и *Урана* - с другой.

Известно, что *планеты* в *Солнечной системе* расположены в плоскости *эклиптики* в определенном порядке. Расстояние от *Солнца до планеты* (большая полуось эллипса) R в астрономических единицах (а.е.) описывается законом (правилом) Тициуса - Бодде: $R = 0,4 + 0,3 \cdot 2^n$, где $n = -\infty$ для Меркурия $n = 0$ - для Венеры, $n = 1$ - для Земли, $n = 2$ - для Марса и так далее до $n = 8$ для Плутона. Нетрудно убедиться в том, что *спутники Юпитера*, *Сатурна*, и *Урана*, во всяком случае наиболее близкие к ним, также подчиняются этому правилу, причем величина R в этом случае определяется 10^{-3} а.е. Обратим внимание на следующий характерный факт: масса планет *Солнечной системы* и *спутников* этих планет распределена неравномерно, самые крупные *планеты* и *спутники* приходятся на «средние» расстояния: *Юпитер*, *Сатурн* - в *Солнечной системе*, *Каллисто* - в системе *Юпитера*, *Титан* - в системе *Сатурна*, *Титания* - в системе *Урана*.

Температура

Солнце, *планеты* и их *спутники* образовались благодаря одному и тому же механизму. Суть его выявляется из принятого нами выше допущения, что *гравитационное* сжатие газа приводит к его вращению и превращению из сферы в плоский диск. В центре газового диска происходит уплотнение вещества, и возникают условия, достаточные для начала *конденсации* - образуется центральное ядро, вдоль по радиусу с некоторой определенной периодичностью также возникают условия для *конденсации*, в результате чего образуются и обособливаются газовые «кольца» из которых впоследствии рождаются *планеты*. Если суммарная масса газа достаточно велика (не менее $15M_{\oplus}$), вокруг зародыша *протопланеты* образуется система *спутников*, подобная *Солнечной*.

С учетом сказанного планеты *Солнечной системы* можно условно отнести к ряду *Главной последовательности звезд*, в которой находится *Солнце*, и приблизительно оценить температуру в центральной части планет. Обратим внимание на то, что температура поверхности звезды в *Главной последовательности* примерно пропорциональна \sqrt{M} , где M ее масса.

Механизм образования Солнечной системы

Предложим один из возможных механизмов образования *Солнечной системы*: планет *Юпитера*, *Сатурна* и *Урана*. В качестве исходных предпосылок примем следующие:

1. *протосолнечное* и *протопланетное* вещество устойчиво существовало в виде плоского вращающегося «диска», *кинетическая* энергия вращения вещества «диска» обеспечивала планете (после ее образования) необходимую скорость движения по *кеплеровской орбите*;
2. химический состав вещества «диска» соответствовал составу Солнца;
3. распределение плотности вещества в «диске» соответствовал составу Солнца;
4. из-за гравитационного возмущения в центре «диска» начался процесс конденсации - уплотнения вещества.

Скорость процесса конденсации пропорциональна поперечному сечению «капли» (зародыша звезды, планеты, спутника). С увеличением ее размера (радиуса R) при прочих равных условиях скорость dr/dt будет увеличиваться. В плоском «диске», заполненном газом, в его центральной части, в результате процессов конденсации газа образуется ядро - своеобразный «поршень», расширяющийся со скоростью dr/dt .

Когда эта скорость станет равной по величине местной (в этой среде) скорости звука V_s ($V_s = \frac{1}{\sqrt{K\rho_0}}$, то

есть $V_s = \frac{1}{\sqrt{\rho_0}}$, где ρ_0 - плотность среды, K - адиабатическая сжимаемость, в нашей модели - постоянная

величина), образуется ударная волна, которая приведет к раскачке колебаний в «резонаторе», представляющем собой плоский вращающийся диск. В результате раскачки колебаний в таком «резонаторе» возникнут стоячие волны плотности, в пучностях которых могут создаться условия, достаточные для начала конденсации

и обособления колец. Вещество, сгущаясь и конденсируясь вокруг одного из центров конденсации в кольце, снова образует вращающийся диск, в котором, так же как и в предыдущем случае, возникают колебания, обособление колец и тому подобное, то есть процесс повторяется, но уже в пространственно меньшем масштабе. Если по каким-либо причинам в протопланетном кольце не образуется резонатора с определенной периодичностью колебаний (например, недостаточная масса кольца, негауссово распределение плотности вещества в протопланетном диске и тому подобное), рождается один «большой» спутник (Луна - у Земли, Тритон - у Нептуна и тому подобное).

Заметим, что объяснение периодической структуры в образовании звезд Галактики было построено на основе модели волн плотности и что в ряде работ приводились расчеты, подтверждающие образование колец при сжатии вращающегося изотермического протосолнечного облака.

Оценки

Определим некоторые зависимости. Характерное время столкновения частицы газообразного вещества с «каплей» (зародышем конденсирующейся звезды, планеты, спутника) $t = \frac{1}{\sigma * n * V} 0$, где $\sigma = \pi r^2$ - сечение «капли», $n = \rho_0 / m$ - концентрация частиц в газе, m - масса частицы, V - ее скорость; $r \cong \sqrt[3]{V_K}$, $V_K = V_B * g$, V_K - объем «капли», V_B - объем частицы, g - число частиц в «капле».

Суммарное время роста «капли» определим следующим образом:

$$t = \int_1^g \frac{dg}{\sigma n V}, \text{ так как } \sigma = \pi (V_B * g)^{2/3}, \text{ то } t = \frac{g^{1/3}}{V_B^{2/3} * n V} \text{ или } t = \frac{r}{V_B n V}$$

Подставляя значение для n и заменяя $\frac{m}{V_B} = \rho_M$ - плотность планетного вещества (для оценок примем $\rho_M \cong 3 \text{ г/см}^3$), получаем выражение для t : $t = \frac{\rho_M * r}{\rho_0 V}$.

Из формулы следует, что время образования космического тела прямо пропорционально его размеру и обратно пропорционально исходной плотности вещества и скорости «прилипания» частиц V . Максимальная скорость (а следовательно, и минимальное время t), будет тогда, когда $V = V_A$ (равна *альвеновской скорости*).

Заменяя $M \cong \frac{4\pi}{3} \rho_M r^3$ выражение для t_{\min} , получаем в следующем виде: $t_{\min} \cong \frac{1}{\rho_0} \sqrt{\frac{\rho_M}{4\pi G}}$.

Представляем значения ρ_M и G , тогда t_{\min} (в годах) будет примерно равно: $t_{\min(\text{лет})} \cong \frac{10^{-4}}{\rho_0} (\rho_0)$ в г/см^3 .

Скорость роста «капли» $\frac{dr}{dt}$ оценим аналогично предыдущему: $\frac{dr}{dt} \cong r \rho_0 * \sqrt{\frac{4\pi G}{\rho_M}}$.

Скорость вращения

Согласно нашему допущению гравитационное сжатие *протосолнечного вещества* приводит к его вращению, которое фиксируется после образования *звезды и планеты* во вращение их вокруг своей оси. Все тела Солнечной системы вращаются, однако *Солнце, Меркурий и Венера* вращаются слишком медленно.

По соотношению $\frac{R^3}{T^2} = \text{const}$ (третий закон Кеплера) можно оценить начальную скорость вращения поверхности *Солнца*. Она примерно на два-три порядка выше, чем в настоящее время (2 км/с). *Радиальная скорость* вращения поверхности (в районе экватора «молодого» *Солнца*) - около 10^{-3} с (с - скорость света), при этом будет уже заметна *анизотропия излучения*. Этот эффект приведет к увеличению светимости (за счет генерации более жесткого излучения) на величину примерно $10^{-3} \lambda_{\odot}$ (λ_{\odot} - современная светимость *Солнца*; $\lambda_{\odot} = 3,8 * 10^{33} \text{ эрг/с}$).

В настоящее время *Солнце* обладает энергией вращения $2,4 * 10^{42}$ эрг. В момент образования эта величина была примерно на 4-6 порядков больше (так как начальный период вращения был на два-три порядка меньше современного), то есть составляла примерно $10^{46} - 10^{48}$ эрг. Расчеты показывают, что скорость вращения Солнца может значительно уменьшиться за счет *анизотропии излучения* в течение $10^8 - 10^9$ лет. Можно сказать, что излучение «остановило» *Солнце*.

Известно, что более молодые *звезды* возрастом порядка 10^6 лет (*звезды стадии Т - Тельца*) вращаются значительно быстрее *Солнца*. Анализ *звезд* различного возраста позволили установить зависимость скорости вращения *звезды* от ее возраста (t). Оказалось, что скорость вращения убывает как $t^{-0,5}$. *Звезды Т - Тельца* обладают скоростью вращения около 150 км/с. *Звезды Т - Тельца* обладают скоростью вращения 150 км/с. Отмечается, что если бы *Солнце* вращалось с такой скоростью, то его момент количества движения был бы примерно равен моменту количества движения *планет*. Отсюда напрашивается вывод, что

солнечная туманность могла участвовать в общем вращении задолго до стадии *T - Тельца*. Когда планеты сформировались, и *туманность* стала тонкой, обращение планет и вращение *Солнца* разделились. Затем по мере того, как само *Солнце* теряло массу, его вращение замедлилось... и по прошествии миллиардов лет его вращение стало столь медленным, как в настоящее время. Это другая точка зрения на возможный механизм торможения *Солнца*.

Наблюдения за *звездами типа T - Тельца* приводят к еще одному важному для нас выводу. *Планетные системы* этих звезд уже сформировались (если они вообще есть). Облака пыли и газа вокруг этих звезд являются достаточно тонкими и пропускают излучение. Это означает, что конденсация большей части вещества «*звездной туманности*» уже произошла, это позволяет наложить ограничение на время, в течение которого должно произойти формирование *планет*. Если *планеты* формируются в основном до стадии *T - Тельца*, то этот процесс должен происходить в течении первых 10^5 лет жизни.

Итак, предлагаемая модель образования *Солнечной системы* основана на постулировании одновременного рождения *звезды, системы планет и системы их спутников*. Механизм образования един, все различия заключаются в количестве исходного материала, участвующего в процессе.

Отметим, что подобная идея была положена в основу гипотезы Канта-Лапласа.

Главным аргументом в защиту такой постановки вопроса служит использование в предлагаемой модели правила Тициуса-Боде, описывающему расположение *орбит планет системы и спутников Юпитера, Сатурна и Урана*.

По всей видимости, термоядерная реакция в *звезде*, способна самоподдерживаться при массе звезды порядка или более $1/25M_{\odot}$. Однако, согласно нашей модели, во *Вселенной* могут образовываться системы типа *Солнечной* (или типа системы *Юпитера*), но с массой центрального тела меньшей $1/25M_{\odot}$. Очевидно, что зарегистрировать по излучению такие системы можно лишь в *инфракрасном диапазоне или в радио диапазоне*.

Далее, если допустить, что масса *протосолнечной туманности* (газового шара) была в несколько раз больше исходной либо допустить. Что на долю *Юпитера* выпало не $10^{-3}M_{\oplus}$, а, например, $\frac{1}{25}M_{\oplus}$ или даже

$10^{-2}M_{\oplus}$, так как известны расчеты минимальной массы звезды порядка $10^{-2}M_{\oplus}$, то возникла бы типичная для *Главной последовательности двойная звезда* (известно, что более половины звезд *Главной последовательности - двойные*). Как следует из нашей модели, ничего особенного при этом не произошло бы (возможно, за исключением некоторого изменения орбит планет, следующих за *Юпитером*). Кстати вопрос о том, что такое *Юпитер, планета* или «*звезда*», неоднократно поднимался после обнаружения космическими аппаратами «Пионер X» и Пионер XI» мощного теплового излучения и высокой симметрии его *гравитационного поля*, характерного для газового шара.

В рамках предлагаемой модели могут быть по-новому освещены некоторые вопросы *космогонии и астрофизики*, однако такой подход к проблеме больше порождает вопросов, чем дает ответов на них.

Так нельзя однозначно судить о том, как среда упорядочивает собственный момент количества движения при *гравитационном сжатии*, какова динамика образования *звезды* (планеты), а значит и образования *планет (спутников)*, расположение орбит которых подчиняется закону Боде, каков механизм замедления вращения *звезды (Солнца)*, какова природа *катаклизма*, приводящего к замедлению вращения *Меркурия, Венеры*; почему не образовалась планета «*Фазтон*» и оказался столь невелик *Марс*.

Ясно, что ответы на эти вопросы может дать только содружество ученых в процессе развития и интеграции наук и космических исследований.

Заключение

Взятое в качестве эпиграфа изречение И. Ньютона приобретает, по мнению авторов в рамках предлагаемой модели конкретный смысл: основные, происходящие на *Земле, планетах и спутниках* процессы имеют одну причину, одну природу. Возможно, что какой-либо другой механизм (а не *конденсация высокоплотного вещества*) лежит в основе развития, *эволюции Земли* и других *планет*, но очевидно, что такие явления, как *магнитное поле, тектонические процессы и тепловой поток* порождаются одной и той же причиной. Это подтверждается и *корреляцией* (как прямой, так и опосредованной) между этими величинами.

Базисом предполагаемой модели является допущение о *конденсации перегретого, пересжатого* в процессе образования планеты *вещества*. Известно ли состояние вещества при таких явлениях и температурах? Что это за состояние? На эти вопросы современный уровень эксперимента не дает однозначного ответа. В этой связи предлагаемую модель целесообразнее рассматривать в следующем ракурсе: что бы произошло, если бы такое развитие событий имело место?

Какие же аргументы можно привести в подтверждение правомочности нашей модели?

Очевидно, что вещество, например металл, нагреть до температур выше критических (выше 10^4 K) и сжать до высоких давлений ($\approx 10^6$ атм.) в стационарных условиях невозможно: нельзя *термоизолировать вещество* в подобном эксперименте. Остается единственный путь - *импульсные процессы*. Эксперименты, в которых возможно ввести энергию в вещество порядка теплоты фазового перехода (теплоты испарения) - это эксперименты с взрывающимися проволочками, эксперименты с кумулятивными струями, *высокоскоростным ударом*. Воздействием на вещество мощных *лазерных и электронных пучков*. В экспериментах слой вещества толщиной δ , непосредственно воспринимающий энергию, после воздействия на него

переходит в некоторое особое *метастабильное состояние*. При этом он приобретает свойства, близкие к свойствам идеальной жидкости или идеального газа. По прошествии некоторого времени t вещество *релаксирует* и восстанавливает свои обычные свойства.

В нашей модели предлагается рассмотреть *образование и эволюцию Земли* и планет именно с этих позиций: после окончания периода образования начался период *«релаксации»* - перехода вещества планет в *«обычное»* состояние. Продолжим аналогию. Из экспериментов с металлами известно, что слой толщиной $\delta = 10-100$ мкм *«релаксирует»* в течение времени $t = 0,1-1$ мкс, причем наблюдается зависимость: $\delta \approx \sqrt{t}$. В этом случае для *Земли* δ (ее радиус) $= 6 \cdot 10^8$ см, а величина t оказывается порядка $10^8 - 10^{11}$ лет. То есть, включает в этот интервал значений время *эволюции Земли* ($5 \cdot 10^9$ лет).

В экспериментах вещество *релаксирует* из *метастабильного состояния* с охлаждением. Увеличением объема и *конденсацией* (интерпретация авторов). Если продолжить аналогию, то вещество планет, будучи в момент их образования переведено в *подобное метастабильное состояние*, впоследствии, в течение своей эволюции (*релаксации*), будет переходить в обычное (*«нормальное»*) состояние и притом расширяться. В этом плане свойство расширения - естественный процесс, характерный (на определенном этапе) для всех космических тел, как звезд, так и планет.

Имеются ли доказательства расширения *Земли и планет*? Мы касались физических аспектов этой проблемы. Геологические данные, говорящие в пользу гипотезы о расширении *Земли*, приведены и обобщены в книге *С. Кэри*. Не будем касаться всего многообразия геологических доказательств расширения *Земли*, равно как и доказательств невозможности его. Остановимся лишь на двух моментах.

Палеомагнитные данные привлекаются для оценки *палеорадиусов Земли*. Согласно этим оценкам радиус *Земли* за последние 3400 млн лет мог измениться не более чем на $\pm 5\%$ в обе стороны от его современного значения. Однако этот результат получен на основе предположения, «что при расширении *Земли* континентальные части плит оставались жесткими и не подвергались *«растаскиванию»* лишь приспособляли свою кривизну к изменившейся кривизне земной поверхности. Если же такое *«растаскивание»* происходило, и *Земля* расширялась (или сжималась) равномерно, а не только в пределах океанов, *палеомагнитные* наблюдения, имея дело лишь с угловыми величинами, не смогли бы выявить изменение размеров планеты.

Если континентальные рифтовые зоны возникли вследствие расширения, то оценки *палеорадиусов Земли* на основе *палеомагнитных данных*, как следует из цитированного заключения, необоснованны. Заметим, что *палеомагнитология* базируется на предположении о дипольном характере магнитного поля и совмещении осей вращения и *МПЗ*, что тоже не имеет под собой достаточных оснований. Таким образом, принятый в последнее время большинством исследователей предел изменения *радиуса Земли* в 5% может быть (и должен) *поставлен под сомнение*.

Суть второго аргумента заключается в следующем. Согласно нашей модели, за последние 100-200 миллионов лет сила тяжести (величина g) на *Земле уменьшилась* примерно в два раза. Есть ли доказательства того, что в более раннее время на *Земле* значение g было большим? Оказывается есть. *А. Д. Стюарт* предположил, что если сила тяжести в прошлом была больше современной, то это должно было отразиться на плотности осадочных пород. Он обнаружил, что древние глины *Лондонского бассейна* консолидировались при более высоких давлениях, чем давления, соответствующие современной максимальной толщине осадков. Им была получена величина максимально возможного уменьшения ускорения силы тяжести g за последние 26 млн лет: $4 \cdot 10^{-8}$ год⁻¹. Полученный результат неплохо соответствует вытекающему из модели $(0,5-1) \cdot 10^{-8}$ год⁻¹.

Приведем еще один пример. *Академик А. Л. Янишин* в статье *«Всегда ли так, как сейчас»* (Знание - сила. 1980. № 9) отмечает ряд особенностей, характерных для более ранних этапов *эволюции Земли*, заключающихся в том «что высоких гор в древности вообще не было», «...что скорость вращения *Земли вокруг своей оси тогда была больше»*.

Вторая и третья из названных особенностей объясняются на основе нашей модели образования и *эволюции Земли* и планет. Что же касается первой особенности, то она тоже объяснима, поскольку каков бы ни был механизм образования гор - вулканический, магматический, либо механический, всегда этот процесс направлен против сил сжатия планеты, то есть против гравитационных сил F . При этом ясно, что высота гор $A \approx \frac{1}{F}$. В свою очередь, $F = gM$ (g - ускорение силы тяжести, M - масса горы). Отсюда зависимость:

$A \approx \frac{1}{g}$, а так как в древности g была большой, то высота гор A - меньшей (подтверждение сказанному: на *Земле* высота гор не превышает 10 км, на *Марсе* - достигает 25 км).

Таким образом, анализируя эти примеры (их можно привести значительно больше), можно прийти к следующему выводу: *физическая модель образования и эволюции планет, одним из проявлений которой является их расширение, имеет полное право на существование и дальнейшую проработку как в теоретическом плане, так и в плане постановки экспериментов*.

Список литературы

1. Барсегян А. А., Куприянов М. С., Степаненков В. В., Чолод И. И. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining. СПб.: БХВ-Петербург, 2004. С. 336.
2. Дюк В., Сомойленко А. Data Mining. СПб.: Питер, 2001. С. 366.
3. Костюкова Н. И. Графы и их применение. Комбинаторные алгоритмы для программистов. М.: Интернет-университет информационных технологий, 2007. С. 312.
4. www.kdnuggets.com

УДК 519.6

Нина Ивановна Костюкова, Борис Григорьевич Михайленко
Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН

ЯДРО ЗЕМЛИ[©]

Введение

В нашей модели предполагается, что $4,5 \cdot 10^9$ лет тому назад на месте *Земли* существовало *пылегазовое «облако»* с массой, превышающей массу современной *Земли* и плотностью ρ_0 . Облако состояло в основном из *водорода, гелия, кислорода и кремния*. В процессе образования *Солнца* и планетных систем вещество было сжато *гравитационными силами*, *протоземля* приобрела вращение, в ее окрестности возникли *волновые процессы*. Так как масса вещества «облака» сформировавшегося из «кольца» была относительно невелика, ее *гравитационных сил* не хватало на то, чтобы удержать *водород* и *гелий* и эти газы были потеряны. Массы «облака» не хватило также на то, чтобы «организовать *акустический резонатор*», подобный солнечному, юпитерианскому и т.п. *Системы спутников* вокруг *Земли* не возникло, образовалась одна *Луна*, что можно рассматривать (в рамках нашей модели) как результат воздействия отдельной *акустической волны (солитона)*.

Температура и плотность ядра

Потенциальная энергия гравитационного поля

$$\varepsilon_G = -G \int_0^M \frac{m(r)dm(r)}{r}$$

(но не более половины ее, согласно теореме *Вириала*) перешла в *кинетическую энергию сжатия* $\varepsilon_K \frac{V}{t} \int_0^M dm$, где G - *гравитационная постоянная*, V - *коэффициент диссипации энергии сжатия* с гравитационной (*альвеновской*) *скоростью* $v_G^M = G \int_0^M dm(r)/r$ часть вещества *Земли* сконденсировалась. Далее, по мере увеличения удельной энергии сжатия $\varepsilon_0 = \frac{GM}{R}$ вещество перешло в жидкое («*расплавленное*») состояние, а при дальнейшем увеличении величины ε_b ($\varepsilon_b \cong V$) - в газообразное состояние в результате действия *гравитационных сил Земли* (V - *теплота фазового перехода жидкость-пар*).

Величина ε_0 для $M = M_{\oplus}$ и $R = R_{\oplus}$ оказывается порядка 60 кДж/г, что примерно в четыре раза превышает *теплоту фазового перехода жидкость-пар* для *оксида кремния* - $V_{SiO_2} \cong 15$ кДж/г. Средняя температура *Земли* при ее образовании $T \cong \frac{1}{2} * \frac{\varepsilon_0}{C_p} \cong 3 * 10^4$ К (C_p - *теплоемкость*). Распределение температуры по

радиусу $T \approx \frac{1}{r}$, так как $\varepsilon \approx V/t$ а t - время образования *планеты*: $t \approx \frac{1}{r}$. В действительности величина v является функцией T и распределение температуры по радиусу носит более сложный характер.

Согласно предлагаемой модели температура в области внутреннего ядра *Земли* (G - *ядро*, по *схеме Булле-на*) оказывается выше, чем 10^4 К. Это выше критической температуры (T_k) твердых веществ: так, для ряда металлов T_k не превышает 10^4 К(6). Если вещество находится при температуре выше критической, никаким давлением его нельзя перевести в конденсированное состояние. В этом случае вещество во внутреннем ядре *Земли* может находиться в газообразном состоянии, пересжатым *гравитационным давлением* до металлической (и выше) плотности. Предельное, теоретически возможное состояние вещества при высоких давлениях, - *Фер-*