

Влияние формы Земли на процессы её трансформации.

С.Б. Каравашкин, О.Н. Каравашкина

e-mail: sbkaravashkin@gmail.com, selflab@mail.ru

[Труды СЕЛФ](#)

блог «[Classical Science](#)»

[Оригинал](#)

В вопросе формирования нынешней геологической структуры Земли (как и других тел планетной системы) существует много различных версий вплоть до образования Индийского океана путём вырыва из него Луны.

В данной работе мы не будем касаться всего обширного комплекса вопросов, а сконцентрируем своё внимание на влиянии вращения Земли на эти процессы.

То, что Земля является геоидом, не секрет. «Поверхность геоида в отличие от физической поверхности земли гладкая, но весьма неправильная из-за неравномерности распределения масс внутри планеты. Вследствие чего геоид по форме больше похож не на шар, а на грушу. Форма геоида весьма сложна и зависит от распределения масс и плотностей в теле земли... для математического выражения геоида используются коэффициенты сферических гармоник. Например, некоторые геоиды используют коэффициенты сферических гармоник для полиномов до 360 порядка и для полного уравнения требуется более 60 000 коэффициентов. Для расчета поверхности это все слишком сложно. Поэтому используется более простая фигура, но с достаточной точностью описывающая землю.

Для упрощения математических расчетов используется более удобный двухосный эллипсоид вращения, при этом он не сильно отличается от формы земли. Поверхности эллипсоида и геоида отличаются в пределах 100 метров в ту или иную сторону... Эллипсоид вращения, который наилучшим образом согласуется с поверхностью геоида называют общеземной эллипсоид или эллипсоид земли.

Сжатие – разность в длине между двумя осями, выраженная простой или десятичной дробью:

$$(1) \quad f = (a - b) / a$$

где a и b – соответственно большая малая полуоси» [1].

Но сжатие – это не эксцентриситет. «*Эксцентриситетом эллипса* называется число

$$(2) \quad e = \frac{c}{a} = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a},$$

равное отношению фокусного расстояния c к большой полуоси эллипса a » [2].

«Сжатие является маленькой величиной, поэтому, как правило, вместо него используется величина $1/f$ » [1]. Эксцентриситет эллипсоида вращения можно определить зная величину $1/f$ [1].

Таблица 1

Эллипсоид	Год	Большая полуось (a), м	$1/f$
ПЗ-90	1990	6 378 136	298.258

На основании таблицы 1, для Земли малая полуось $b = 6356,75$ м, разница полуосей $a - b = 21,386$ м, эксцентриситет $e = 8,18 \cdot 10^{-2}$.

Несмотря на столь малый эксцентриситет, он может существенно влиять на область наиболее ожидаемого глобального разлома, формирующего облик планеты.

Дело в том, что при всех рассмотренных геоидов, обычно исходили из вида жидкого вращающегося тела. Так, «определение термина геоид основано на том, что любая поверхность воды в спокойном состоянии (в чашке, в ванне, в море) является ровной поверхностью. Вода всегда растекается так, что ее поверхность

перпендикулярна к направлению силы тяжести. Такая поверхность принята за математическую поверхность земли, или «уровень моря», от которого отсчитывают высоты точек земной поверхности» [1].

На данный вопрос отчасти ответил Плато своим неожиданно простым и столь же оригинальным экспериментом с вращающимися сферами. Дж. Дарвин так описывает этот опыт «Спирт и вода перемешиваются в такой пропорции, чтобы смесь имела плотность оливкового масла. Если плотности уравниены достаточно точно, масло будет плавать в жидкости в виде сферического скопления и не будет стремиться ни подниматься, ни опускаться. Таким образом, масло в сущности свободно от действия силы тяжести. Прямая проволока, несущая небольшой круглый диск, насаженный перпендикулярно к ней, вводится сверху сосуда. Когда диск дойдет до скопления масла, оно соберется около диска, принимая сферическую форму, симметричную относительно проволоки. Дыску придают медленное и равномерное вращение, он ведет за собой масло, оставляя в покое окружающую смесь. Скопление масла постепенно принимает сплюснутую сверху и снизу форму, напоминающую апельсин; по мере того, как вращение ускоряется, появляются углубления около проволоки, и, наконец, масло отстает от диска и принимает форму настоящего кольца. Эта последняя форма только переходная, потому что масло или снова собирается около самого диска, или же иногда, *при ничтожно измененных манипуляциях, кольцо разрывается на части, которые обращаются вокруг центра, вращаясь каждая вокруг своей оси*» [3, с. 218]. Таким образом мы, казалось бы, воочию наблюдаем процесс, описываемый небулярными гипотезами. Хотя это и не полностью подтверждает, что в случае небесных тел образование их шло именно так, опыт Плато послужил хорошим экспериментальным подтверждением гипотезы Канта и Лапласа и дал мощный толчок возникновению новых теоретических моделей.

Во всяком случае, наблюдения вспухающих оболочек звёзд имеют именно такую же последовательность, приводящую к разрывам сплошности, как, например, для звезды V836 Единорога, показанную на рис. 1.

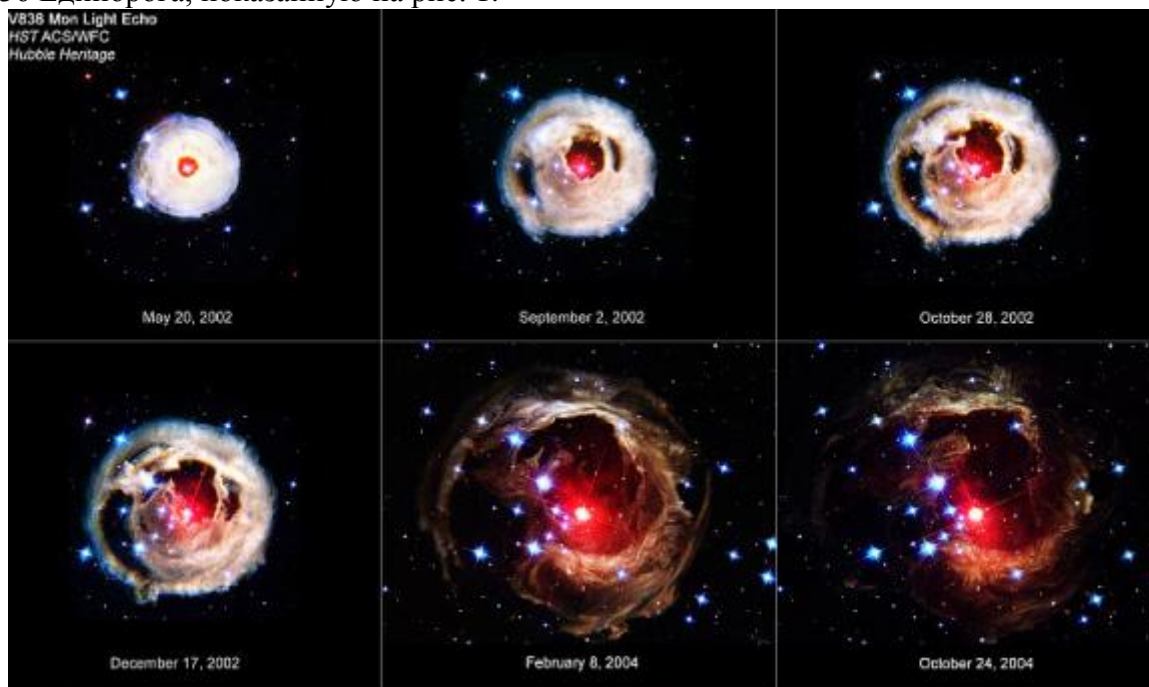


Рис. 1. [Разбухание оболочки V836 Единорога](#)

По сравнению с приведенным, проясняется недосказанность существующей аккреционной и планетозимальной моделей. Обе они базируются на существовании некоего пылевого диска вокруг звезды в котором формируются планетозимали, как предтеча протопланет: «Каждую звезду окружает диск из оставшегося вещества, которого достаточно для образования планет. Молодые диски в основном содержат водород и

гелий. В их горячих внутренних областях частицы пыли испаряются, а в холодных и разреженных внешних слоях частицы пыли сохраняются и растут по мере конденсации на них пара.

Частицы пыли в протопланетном диске, хаотически двигаясь вместе с потоками газа, сталкиваются друг с другом и при этом иногда слипаются, иногда разрушаются» [4]. Понятно, что в такой постановке вопроса плотность вещества в подобном диске мала и формирование протопланет резко затруднено. В случае же вспухания уплотнённой оболочки плотность вещества в ней несравненно выше, как и процесс распада фактически формирует условия для дальнейшего самопроизвольного сжатия локальных областей оболочки с образованием протопланет разной массы, зависящей от характера распада оболочки. Часть же оболочки так и неспособна сформировать некоторое целое и образует пояса астероидов по примеру пояса Койпера. С образованием же протопланет, вступает в полную силу результаты опытов Плато с последующими трансформациями, которые претерпевают сначала протопланеты, а затем и планеты.

Дарвин [3] рассматривает изменение формы тела вращения в опыте Плато с изменением скорости его вращения. По рассуждению Дарвина (см. рис. 2), состоянию покоя соответствует сфера как наиболее устойчивая форма жидкого тела, находящегося под действием только собственной силы тяготения. При медленном вращении центробежная сила слаба, и сфера под ее влиянием несколько сплющивается у полюсов; с увеличением скорости вращения тело принимает форму сырной головки (сфероиды Маклорена), имеющей пределом плоскую дисковидную систему вращения, какими мы и наблюдаем и планетную, и галактическую системы но при иных параметрах вращения может образоваться и сигарообразная форма (сфероид Якоби).

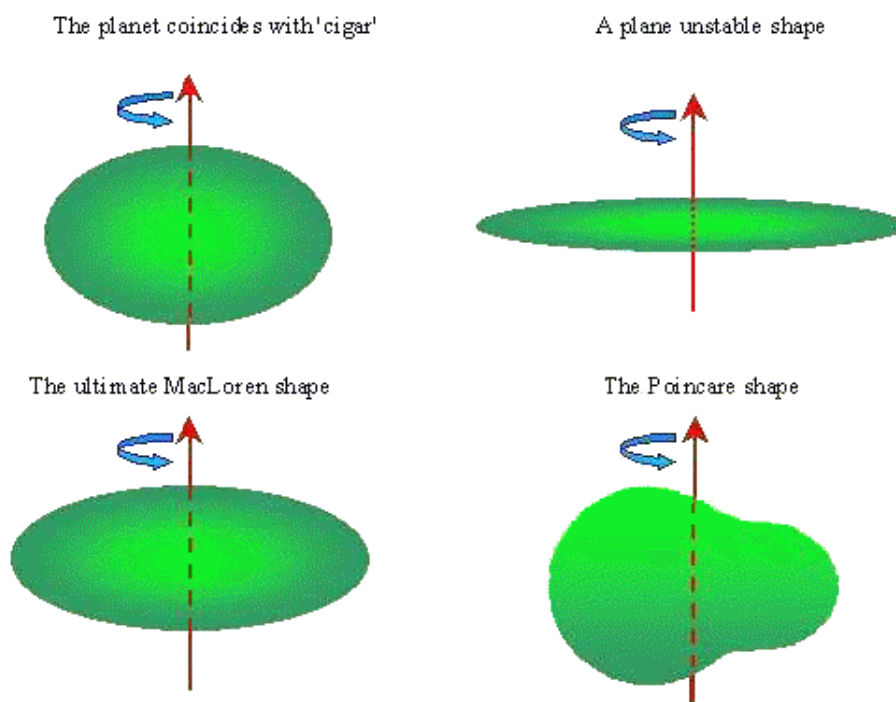


Рис. 2. Эволюция формы вращения сферического жидкого тела по Плато, Маклорену, Дарвину, Пуанкаре [3, Рис. 48, с. 223].

«Когда вращения подобны и скорость их растет равномерно, мы найдем, что "планета" становится более плоской, "сыр" сжимается по диаметру, "сигара" укорачивается и делается толще. ... При дальнейшем возрастании скорости вращения длина и ширина "сигары" сравниваются, но ось вращения ее всегда остается самой короткой из трех... Верхний овал на рис. 2 дает разрез как "планеты", так и "сигары", когда они становятся равными, первая благодаря уплощению, вторая - укорочению.

Другой верхний рисунок представляет результат изменения сыроподобной фигуры Маклорена; можно заметить некоторое сходство ее с новыми "планетой" и "сигарой". Если скорость вращения возрастает, то фигура Якоби уже не будет существовать и останутся только два сфероида Маклорена. Но из этого вытекает важное следствие: обе эти формы неустойчивы... Обе эти формы, вращаясь все с большей скоростью, ... наконец, окажутся одинаковыми. Этот предел сфероидов Маклорена показан на нижней части рис. 1. ... Равновесие ее будет неустойчивым... А. Пуанкаре доказал, что если мы проследим серию фигур и выясним, что они переходят от устойчивости к неустойчивости, то мы найдем и другой ряд фигур, сходный с первым. Мы уже видели пример этого закона: фигуры Маклорена переходят от устойчивости к неустойчивости в момент их идентичности с фигурами Якоби. ... Представим теперь, что "сигара" вращается со скоростью, отвечающей этому моменту, и проследим за последовательностью изменений, мысленно заставляя вращаться все медленнее. Мы знаем, что "сигара" будет удлиняться и сделается неустойчивой, но Пуанкаре не только доказал существование параллельной серии, но и вывел, что форма этих фигур - что-то вроде груши. ... Как дальше развивается при замедлении вращения эта форма - неизвестно. Но едва ли можно сомневаться в том, что "груша" сжимается в "тали" и затем напоминает уже песочные часы. Далее шейка этих часов становится все более тонкой, и, наконец, вся фигура делится на две» [3, с. 220-224]. (Дарвин предположил, что Луна подобным образом отделилась от Земли). Изучению данной проблемы посвящены и ряд работ Пуанкаре.

Вместе с тем, реальные процессы трансформации тела планет с твёрдым крустом имеют свои особенности, существенно отличающие их от чисто жидкостных моделей.

Прежде всего, формирующаяся твёрдая корка, обжимает планету, как и любое охлаждаемое с поверхности жидкое тело. «Эксперимент показал, что базальтовая порода трескается, когда ее температура опускается на 90-140 градусов ниже температуры кристаллизации магмы, которая в случае базальта составляет 980°C. Это означает, что в большинстве известных мест столбчатая отдельность образуется при температуре 840-890°C ... причиной их является сокращение лавы при ее остывании» [5]

Вследствие этого, если внутренние, жидкие слои способны при этом перемещаться, то поверхностный слой способен только деформироваться под действием возникающих внутренних напряжений.

Попробуем описать данный процесс. Для этого будем исходить из того, что объем массивного деформируемого вращающегося тела сохраняется.

Если без вращения тело имело радиус R , а значит, занимало объём

$$(3) \quad V = \frac{4}{3} \pi R^3,$$

то при деформации с возникновением эксцентриситета e , оно занимает объём

$$(4) \quad V' = \frac{4}{3} \pi a^2 b = \frac{4}{3} \pi a^3 \sqrt{1-e^2}$$

Поскольку $V = V'$, то

$$(5) \quad a = \frac{R}{\sqrt[3]{1-e^2}}.$$

Иными словами большая ось эллипса увеличилась. При этом, малая ось уменьшилась:

$$(6) \quad b = a \sqrt[3]{1-e^2}.$$

Вид подобной деформации показан на рис. 3.

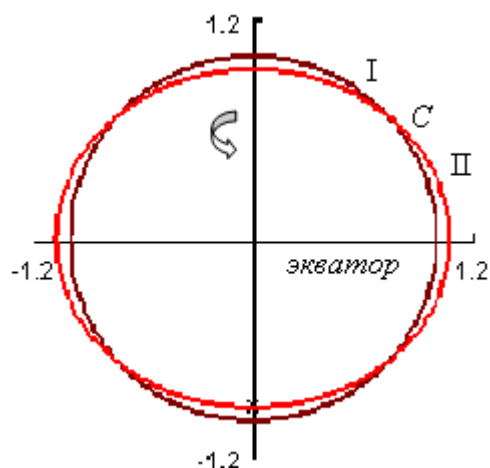


Рис. 3. Трансформация небесного тела из эллипсоида вращения (обозначено красным) в сферу (коричневое).

Из представленного рис. 3 мы видим, что при переходе формы тела от эллиптической к сферической изменяется и кривизна поверхности тела, и ориентация элементов поверхности. При этом, в области между осью вращения и точкой C происходит растяжение поверхностных твёрдых слоёв, а между точкой C и экватором – соответственно сжатие. Понятно, что при отсутствии возможности перетекания круста подобные трансформации будут приводить к растрескиванию и растяжению материала плит, а во второй области к наезду плит друг на друга. Всё это будет усугубляться интенсивным охлаждением водой мирового океана и неоднородностью самой твёрдой корки.

Таким образом, согласно данному графику критической точкой является C , поскольку в области I происходит растяжение корки, а в области II – его сжатие. Следовательно, в этой области будут самые активные подвижки, как на границе областей.

Чтобы определить положение указанной точки, нужно приравнять уравнения для круга и эллипса, а именно:

$$(7) \quad \sqrt{R^2 - x^2} = \sqrt[3]{1 - e^2} \sqrt{a^2 - x^2} .$$

откуда

$$(8) \quad x = \frac{R}{\sqrt{1 + \sqrt[3]{1 - e^2}}} ; \quad y = \frac{R \sqrt[3]{1 - e^2}}{\sqrt{1 + \sqrt[3]{1 - e^2}}} .$$

График $C(e)$ представлен на рис 4.

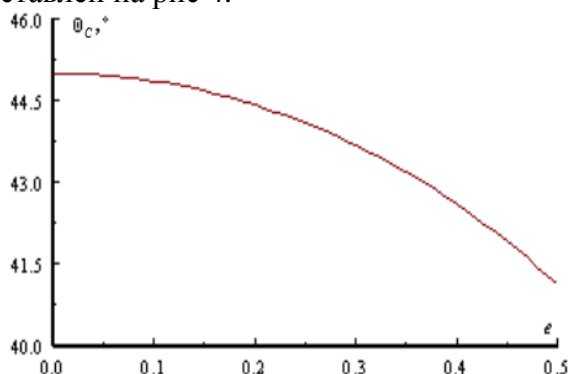


Рис. 4. Зависимость расположения точки C (в градусах параллели от центра Земли) на эллипсе в зависимости от эксцентриситета e

Рисунок 4 демонстрирует, что в широком диапазоне изменения эксцентриситета эллипса, критическая точка C смещается незначительно, оставаясь в области средних параллелей. Но главное заключается в том, что с уменьшением со временем скорости

вращения, а соответственно, с уменьшением эксцентриситета, данная точка смещается от экватора к оси вращения тела, провоцирующие разломы и субдукцию. Именно в этой области и произошло образование Тихого океана на протоземле при сравнительно тонкой только что образовавшейся корке. Вследствие этого дно Тихого океана так сильно отличается от других с подводными хребтами. При тонкой корке сжатие было ещё невелико, Земля ещё была очень горячей и внутренняя кристаллизация, увеличивающая давление на твёрдую корку, ещё не столь велика. Поэтому магма просто выливалась, заполняя возникшую трещину. Дополнительным эффектом к описанному было возникновение складчатости тех же Уральских гор, которые не ограничиваются сейчас евроазиатской плитой, но проходят через Африку вплоть до Антарктиды, говоря о масштабах первого разлома при образовании Тихого океана.

Одновременно с этим до установления нового баланса момента инерции, ось тела поворачивается, изначально проходя где-то через Европу, а сдвиг растянутой поверхности происходил в направлении Африки.

После этого были следующие разломы, которые шли по близкому к этому сценарию. Сдвиги шли в направлении от сжатой области II к растянутой области I.

Основы физического процесса, приводящие к описанной трансформации формы Земли, лежат в условиях самого образования планеты.

Прежде всего, как было нами показано в [6], при выполнении условия Шкловского, пылевидное облако автоматически и произвольно сжимается в некое образование, изначальный вид которого показан на рис. 5.

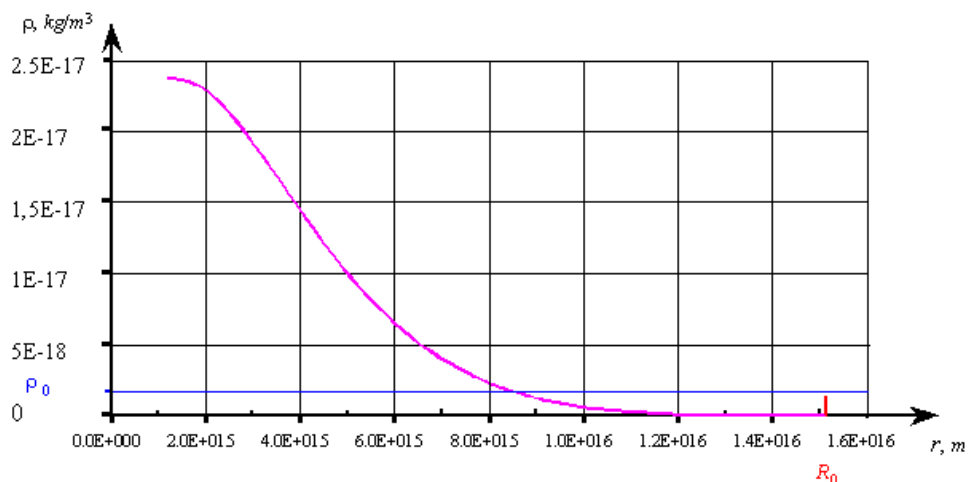


Рис. 5. «График распределения плотности вещества в облаке после перераспределения под действием гравитационных сил» [6]

Вместе со стягиванием масс к центру, происходит их нагрев и возникает вращение формирующегося небесного тела. Последнее обусловлено взаимным движением масс, как следствие комплексного запаздывания, описанного в [7] и показанного на рис. 6.

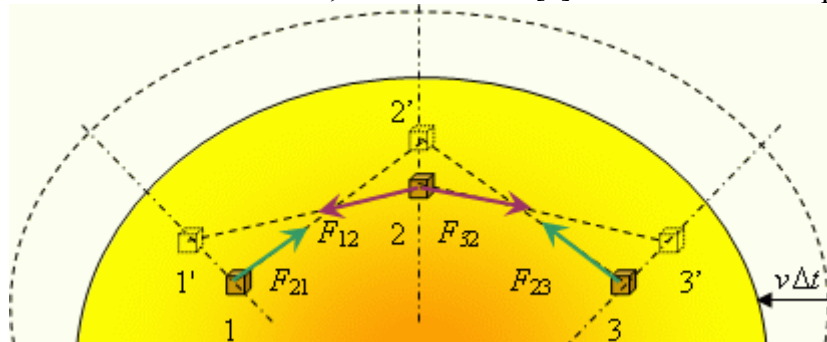


Рис. 6. Схема взаимодействия выделенных объёмов массивного тела в процессе сжатия протопланеты

Нагрев центральной области приводит к термоэлектронной эмиссии на периферию, заряжая формирующееся небесное тело положительно: «Можно предположить, что в ядре галактики накапливается избыточный положительный заряд. При достижении критической плотности положительного заряда и в процессе гравитационного сжатия происходит деформация ядра в форме эллипса, с острых концов которого выбрасывается часть положительно заряженной плазмы виде биполярных потоков вещества» [8].

Формирование джетов и спиральных волн – это отдельный большой вопрос, выходящий за рамки данного исследования, касающегося формирования планеты, но нагрев центральной области до сверхвысоких температур, соответствующих сжатию центральных областей – несомненен. Вследствие этого центральное тело заряжается положительно, эмитируя электроны во внешние области, включая тем самым электронный насос, описанный нами в [9] и показанный на рис. 7.

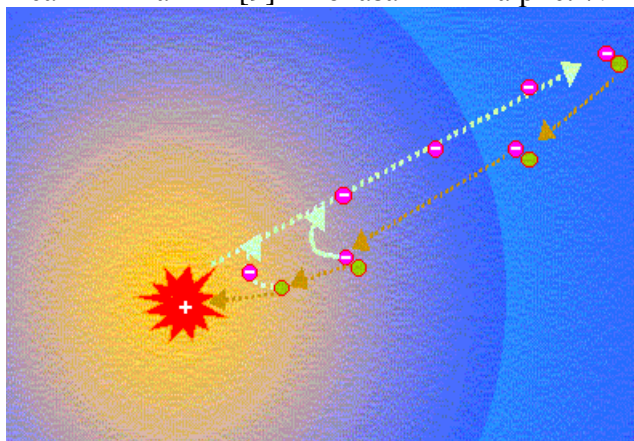


Рис. 7. Траектория движения теплового электрона в окрестностях протозвезды.

Вот как действие этого насоса описывалось нами для протозвезды: «вырвавшись из ядра протозвезды, электрон обладает значительной энергией и движется против градиента температуры во внешние области протозвездного облака. В этот момент выталкивающая сила, способствовавшая эмиссии, уже не действует и электрон движется равномерно в возвращающем положительном электрическом поле ядра протозвезды. Поэтому на определенном расстоянии от ядра энергия электрона уже сравнивается с энергией орбитальных электронов атомов водорода, находящихся в оболочке протозвезды. Теперь этот электрон может поляризационно взаимодействовать с нейтральными атомами с низкой кинетической температурой, характерной для вещества оболочки, и образовать отрицательный ион. Вследствие данного взаимодействия атом приобретает отрицательный заряд и испытывает притяжение к положительному ядру протозвезды. Он начинает медленно оседать к центру, а поскольку связь между электроном и атомом водорода слаба, при входе в область высоких температур конвективной зоны протозвезды связь разрушается, электрон снова высвобождается и, приобретя дополнительную энергию, может вновь уйти на периферию протозвезды, а атом водорода останется в конвективной зоне ядра протозвезды. Вследствие этого образуется электронная конвекция, представленная на Рис. 7; она распространяется на расстояние, значительно превышающее зону тепловой конвекции и в отличие от конвекции тепловой осуществляет односторонний массоперенос, локализуя тем самым ядро протозвезды. С точки зрения вышеприведенной классификации этапов развития протозвезды, данные процессы соответствуют стадии Хаяши, когда в результате процессов внутри протозвезды происходит формирование структуры будущей звезды» [9].

В протопланете, конечно же, данные процессы будут значительно слабее, тем не менее, их интенсивность будет вполне достаточна для «вырезания» протопланеты из облака. Этот электронный кокон существует вокруг Земли и сейчас.

Получив вращение и сформировавшись, как протопланета, она естественно приобретёт форму эллипсоида вращения. Тем более, что высокая температура будет ослаблять вязкость составляющего её вещества, чем будет увеличивать эксцентриситет.

По мере остывания, замедления вращения во времени, образования поверхностной корки и структурирования самой внутренности, форма протопланеты начнёт постепенно трансформироваться от эллипсоида вращения к сфероиду, запуская процесс трансформации коры, описанный выше.

Конечно, будет и небольшой рост объёма планеты. Он будет обусловлен её охлаждением и кристаллизацией приповерхностных и внутренних слоёв вещества сжатого, а также продолжающейся седиментацией вещества (что является темой отдельного большого исследования), но в любом случае этот рост будет не столь значительным, как предполагают сторонники расширяющейся Земли и который показал в своё время О. Хильгенберг (см. рис. 8)



Рис. 8. Модели глобуса О. Хильгенберга, 1933 г. [10]

«Отт Кристоф Хильгенберг предложил одну из моделей расширяющейся Земли в 1933 году в своей работе «Vom wachsenden Erdball». В частности, он предполагал, что масса Земли увеличивается за счёт трансформации эфира.

Сэмюел Кэри, австралийский геолог, развивал гипотезу расширяющейся Земли в послевоенные годы, но при этом внёс значительный вклад в признание теории дрейфа материков» [10].

Сторонники расширяющейся Земли пытаются складывать границы материков по шельфу (см. рис. 9), опуская тот факт, что процесс был многофакторным.

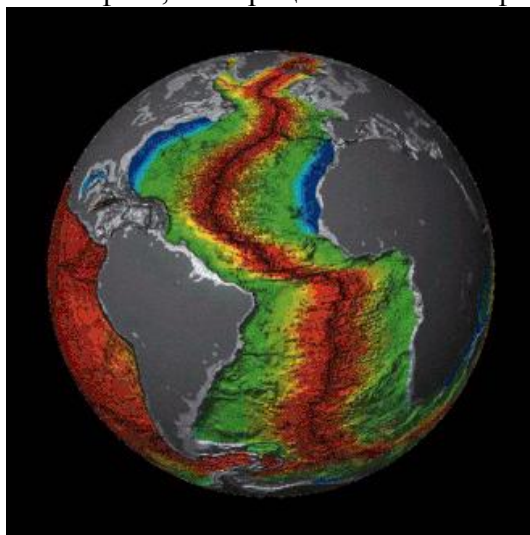


Рис. 9. [«Анимация](#) изображения возраста океанского дна, в предположении гипотезы расширяющейся Земли» [10]

В частности, следует учитывать, что Индия не просто отошла от Африки, но отскочила от Аравийского полуострова вследствие трещины, образовавшейся вследствие растяжения коры с образованием Гималаев, которые при реконструкции нужно было бы «выпрямить» для построения картины до этого процесса. До того это была благодатная земля, равнина, являющаяся прототипом Рая. Аналогичным является и образование многих гор, включая Альпы, Кордильеры, Скандинавские горы и т.д..

Также не учитывают, что ложе Южно-Китайского моря является коренная платформа, а не разлом, которая опустилась тоже вследствие растяжения, но не треснула (пока!) при этом, как при образовании Атлантического океана, но была отодвинута Австралия.

Не учитывают и то, что при остывании базальты существенно сокращаются, а продолжающийся и сегодня рост толщины платформ только разгоняет их друг от друга, формируя некоторую трапецеидальную форму с разломом внутри, как и создаёт внутреннее давление, проявляющееся активной вулканической деятельностью. Если бы не это сжатие, никакие сверхвысокие давления в центральных областях не были бы способны проявляться извержениям, поскольку эти силы были бы скомпенсированы гравитационным притяжением.

Вследствие описанного, если сложить весь объём гор в объём, занимаемый морями и океанами, учесть площади, освободившиеся за счёт образования горной складчатости (как вверх, так и вниз) то рост Земли резко уменьшится до величин, сопоставимых с увеличением объёма кристаллизующегося внутри земли сильно сжатого вещества, и это увеличение не будет превышать единиц процентов, а не 2-3 раза, как сейчас рассчитывают. С другой стороны, у сторонников Пангеи снимется главное противоречие в том, что материки сочетаются не только в некоторой части, но по всей поверхности Земли, а значит, окружающий их океан Панталасса принципиально существовать не мог, как ни складывай части при его наличии, как и трансформация, которую обычно демонстрируют и приведенную на рис. 10.

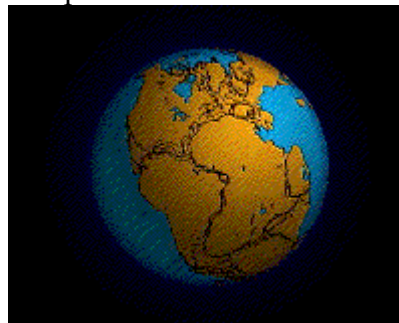


Рис. 10. [«Перемещение континентов за последние 250 миллионов лет»](#) [11]; [анимация](#)

Столь существенные сдвиги платформ по твёрдому океаническом дну и беспричинны, и приводили бы совсем к другой форме самого дна, обусловленного значительным смещением платформ, показанного на этой анимации. Существующие же объяснения в стиле: [«Считается, что причины сборки и рассредоточения суперконтинентов обусловлены конвекционными процессами в мантии Земли . Приблизительно на глубине 660 км в мантии возникает разрыв, влияющий на поверхность коры посредством процессов, включающих плюмы и суперплюмы \(так называемые крупные провинции с низкой скоростью сдвига\) . Когда плита субдуктивной коры плотнее окружающей мантии, она опускается до разрыва»](#) [12] – просто несерьёзны, не говоря уже об их афизичности. (см. рис. 11).

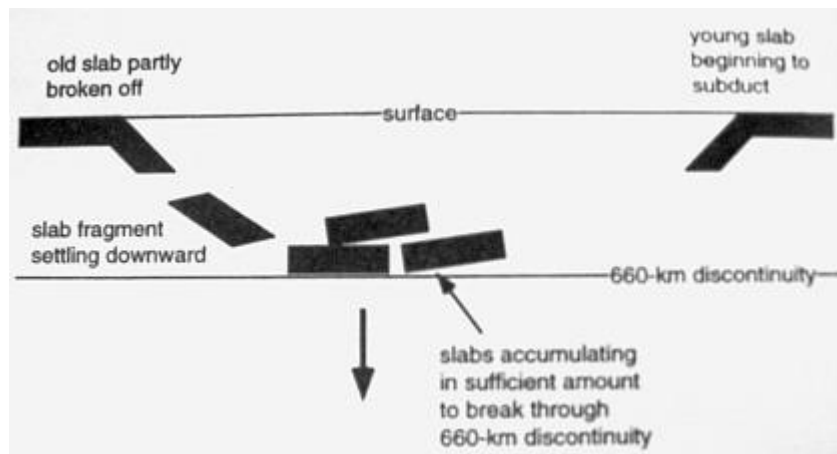


Рис. 11. «Когда плита погружается в мантию, более плотный материал отламывается и опускается в нижнюю часть мантии, создавая разрыв, известный в других местах как лавина плит» [12]

«Как только плиты накапливаются, они погружаются в нижнюю мантию в так называемой «лавине плит». Это смещение в месте разрыва заставит нижнюю мантию компенсироваться и подняться в другом месте. Поднимающаяся мантия может образовать плюм или суперплюм» [12]

«Помимо композиционного воздействия на верхнюю мантию за счет пополнения крупноионными литофильными элементами, вулканизм влияет на движение плит. Плиты будут перемещаться к геоидальному минимуму, возможно, там, где произошла лавина плит, и отталкиваться от геоидального максимума, который может быть вызван плюмами или суперплюмами. Это заставляет континенты сталкиваться друг с другом, образуя суперконтиненты, и, очевидно, это был процесс, который привел к тому, что ранняя континентальная кора объединилась в Протопангею» [12] (рис. 12).

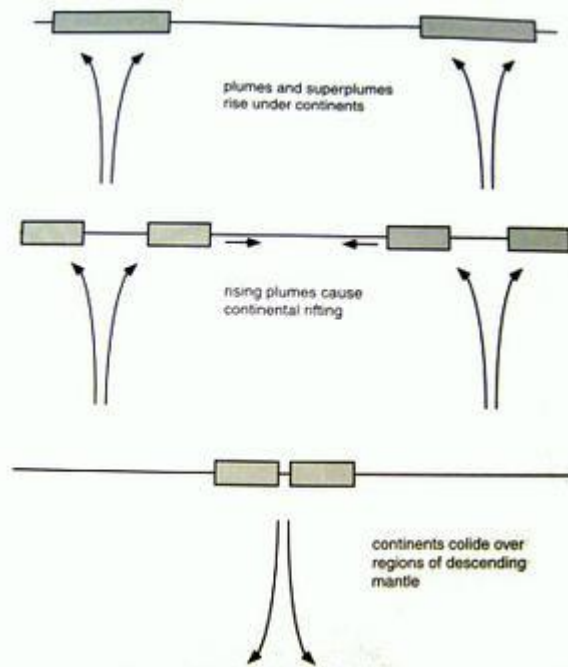


Рис. 12. «Влияние мантийных плюмов, возможно, вызванных плитными лавинами в других местах нижней мантии, на распад и сборку суперконтинентов» [12]

Подобные процессы принципиально неспособны приводить к столь значительным разломам, не говоря о миграции целых континентов на значительные расстояния, преодолевая сопротивление океанической коры, которая, к тому же, не реагирует на эти

смещения, а «лавины плит» оказывается может тонуть. Куда? В магму с температурным градиентом и значениями, расплавляющие эти плиты? Причём, без дна и там собираться? Это, опять-таки, не говоря о том, что границы плит соединяются по всей поверхности, а не только так, как кому-то захотелось, конструируя Пангею.

В целом, можно заключить, что ранее не учитываемая трансформация коры Земли позволяет ответить на многие ныне безответные вопросы, связанные, как с растяжением областей коры, образованием складок и горных массивов, как и низменностей, типа Западно-Сибирской. Также этот фактор отвечает на вопросы об имеющей место субдукции платформ, например, в области Японии и на Западе Северной и Южной Америк. При этом, обе концепции становятся единым целым, совместно описывая сложную многофакторную последовательность трансформации с учётом деформации коры Земли.

Литература:

1. [Геоид, эллипсоид, датум](#) – // Геоинформационная система ZuluGIS
2. Глава 26. [Эллипс. Эксцентриситет и директрисы эллипса](#) – // Высшая математика (Учебное пособие)
3. Дарвин, Дж. Г. Приливы и родственные им явления в Солнечной системе. Москва, Наука, 1965, 252 с. (Darwin, G.H. The tides and kindred phenomena in the Solar system. John Murray, Albemarle Street, London, 1898)
4. [Образование планет и планетарных систем](#) – // Википедия
5. [Горы встают столбом: ученые раскрыли загадку природы.](#)
6. С.Б. Каравашкин, О.Н. Каравашкина [Некоторые уточнения понятия энтропии макросистемы](#), *Труды СЕЛФ*, **6** (2006), 1, 18–27,
7. С.Б. Каравашкин [О встречном движении масс](#) – // блог «Classical Science».
8. Демичев А. И., Демичев В. А. [Дисбаланс электрического заряда – причина образования спиральных галактик](#) // Актуальные исследования. 2023. №4 (134). Ч.1. С. 12-21.
9. С.Б. Каравашкин, О.Н. Каравашкина, [Некоторые аспекты эволюции Земли](#), *Труды СЕЛФ*, **3** (2006), 1, 55–71,
10. [Гипотеза расширяющейся Земли](#) – // Википедия
11. [Суперконтинент](#) – // Википедия
12. [Supercontinent](#) – // Wikipedia