
О ВЗРЫВАХ ПЛАНЕТ

В.Ф. АНИСИЧКИН

Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Содержание урана и тория в недрах Земли и других планет невелико. Считается, что не более одной миллионной доли по массе [1]. Но если бы, например уран мог сконцентрироваться и одновременно реагировать в цепной ядерной реакции, то событие было бы эквивалентно взрыву тринитротолуола в количестве сравнимом с массой всей планеты. Однако, цепные ядерные реакции в природных условиях были более вероятны в далеком прошлом планет, когда легкоделящегося урана-235 в общем уране было существенно больше из-за его меньшего периода полураспада. Действительно, известно, что цепные ядерные реакции протекали в уране в природных условиях. В Западной Африке обнаружены содержащие уран тела со следами цепной ядерной реакции, протекавшей около 2 млрд. лет назад [2]. Но особенности изотопного состава этих урановых тел говорят о необычных условиях протекания цепных реакций или о необычной их последующей истории. Кроме того и характер расположения этих тел на поверхности Земли, возможно говорит о том, что они попали на Землю вместе с упавшим метеоритом. К этому факту и его возможному метеоритному происхождению мы еще вернемся.

Рассмотрим, как уран мог сконцентрироваться в недрах планеты. Известны две основные модели образования планет из пылевого протопланетного облака — гомогенная и гетерогенная. В гетерогенной модели сначала образуется холодное железо-никелевое ядро планеты. Происходит это потому, что силы сцепления между магнитными частицами существенно сильнее, чем гравитационные. А затем на массивные железные ядра происходит аккреция немагнитных каменных частиц, в том числе содержащих уран. Миллиарды лет назад содержание урана, калия-40, алюминия-26 и других изотопов, выделяющих при распаде тепло, было относительно велико. Поэтому из-за их естественного распада плавление недр планет началось именно внутри каменного слоя планет. Уран при высоких давлениях и температурах в присутствии кислорода существует в виде диоксида урана. У кристаллов диоксида урана плотность более 10 г/см^3 и очень высокая температура плавления, около $3 \cdot 10^3 \text{ К}$. Поэтому частицы диоксида урана, оставаясь в твердом состоянии, должны были оседать из расплавленного слоя планеты на ее твердое ядро. При начале плавления железного ядра с поверхности процесс оседания продолжался и через железо-никелевый расплав на остающееся твердым внутреннее ядро планеты. Оседание урана из расплавленного слоя могло завершиться менее, чем за миллион лет, если принять размер частиц порядка одного микрона [3]. Примерно такой размер частиц следует из наблюдений пылевых облаков вокруг некоторых звезд [4]. При оседании, при повышении давления и концентрации размер частиц диоксида урана должен был увеличиваться, но, очевидно не мог превысить типичных критических размеров делящихся материалов. То есть не более нескольких десятков сантиметров.

Если бы весь уран осел из расплавленных пород на поверхность твердого внутреннего ядра, например планеты Земля, то такой слой был бы толщиной в несколько метров. Очевидно, что миллиарды лет назад для высокообогащенного урана это было невозможно. Цепная реакция должна была начаться при меньшей концентрации делящегося вещества в слое. Поэтому можно предположить следующее. При достижении критических условий и начале цепной реакции из-за тепловыделения возникают восходящие конвективные потоки, которые препятствуют дальнейшему оседанию урана. Так в недрах планеты мог установиться квазистационарный процесс ядерного энерговыделения реакторного типа [3].

Взрыв в активном слое мог произойти при быстром переходе системы в сверхкритическое состояние. А именно, при быстром уплотнении слоя взвешенных частиц. Быстрое принудительное осаждение взвешенных частиц могло произойти при выходе ударной волны из твердого ядра планеты, как на "поршне" или при падении ударной волны на активный слой сверху. Подобный процесс известен и объясняется инерционностью тяжелых частиц, расположенных в менее плотной среде [5]. Ударная волна, достаточной для этого мощности могла возникнуть при столкновении планеты с большим астероидом [3]. С развитием цепной реакции плоский реагирующий слой начнет расширяться. Но, так как увеличения удельной поверхности, через которую происходит утечка нейтронов деления не будет, то срыва цепной реакции не произойдет.

Рассмотрим течение и возможные последствия взрыва в недрах Планеты. Планету будем считать расположенной между Землей и Юпитером, где в настоящее время находится пояс астероидов, которые,

возможно и представляют часть осколков существовавшей там Планеты. Размер и строение Планеты будем считать промежуточными между соседними Землей и Юпитером. Наиболее вероятным и высокоэнергичным могло быть столкновение небесных тел на пересекающихся курсах. Поэтому, учитывая более быстрое миллиарды лет тому назад суточное вращение Планеты и продолжительность протекания процесса, можно предположить следующую наиболее вероятную схему фрагментации Планеты (рис. 1). При выходе ударной волны от взрыва активного слоя на поверхность были прежде всего сброшены газовая и ледяная оболочки. Возможно, некоторые кометы, хаотично движущиеся по Солнечной системе и представляют фрагменты водо-ледяной оболочки взорвавшейся Планеты. При взрыве фрагменты каменной оболочки Планеты приобретают меньшую скорость, чем ледяная оболочка и поэтому частично остаются вблизи исходной орбиты Планеты, образуя пояс астероидов. Часть осколков, возможно захватывается соседним Юпитером и становится его нерегулярными спутниками, то есть спутниками, вращение которых не совпадает с суточным вращением самого Юпитера.

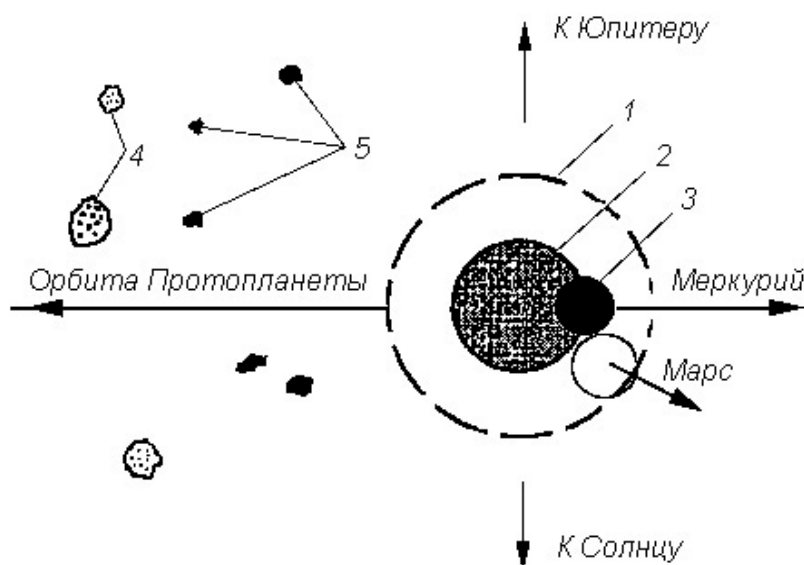


Рис. 1. Схема фрагментации Планеты при взрыве.

1 — поверхность Планеты до взрыва; 2 — продукты цепной реакции и испаренное вещество Планеты; 3 — ядро Планеты (Fe+Ni); 4 — кометы; 5 — астероиды и спутники

Твердое железное ядро Планеты из-за выделенности места уплотнения активного слоя и поэтому взрыва только его части могло быть выброшено назад по орбите. Из-за результирующей меньшей орбитальной скорости такое тело должно было перейти на более близкую к Солнцу эллиптическую орбиту. Так мог образоваться Меркурий. Со временем, в течение миллиардов лет, под приливным воздействием Солнца и соседних планет сильно вытянутая орбита Меркурия могла трансформироваться в современную, более близкую к круговой. Относительно большой для планет Солнечной системы остаточный эксцентриситет орбиты и более, чем на 60% железо-никелевый состав, возможно подтверждают образование Меркурия из ядра взорвавшейся Планеты.

Низкоскоростные каменные, ледяные и железные остатки взорвавшейся Планеты могли образовать планету Марс. Многие существенные особенности Марса объясняются таким его происхождением. В частности размер, строение, эксцентриситет орбиты, признаки внезапных выходов больших объемов воды на поверхность и распыленное железо на его поверхности. Возможно взрывом объясняется и относительно легкая атмосфера Марса.

Известно, что крупные небесные тела, способные на приливные взаимодействия, могут обмениваться энергией и моментом количества движения. Так, например, в системе Земля — Луна из-за приливов скорость вращения Земли уменьшается, а суммарная энергия Луны возрастает. Подобным образом, вновь рожденный Меркурий мог повлиять на соседние планеты. Схема и результат приливного воздействия Меркурия, например на Венеру, на пересекающихся курсах мог быть следующим (рис. 2). Вблизи афелия гравитационное влияние Меркурия могло быть наиболее продолжительным и, поэтому эффективным. В высшей точке своей эллиптической орбиты скорость Меркурия меньше орбитальной круговой скорости Венеры при одинаковом расстоянии от Солнца. Поэтому при первоначально прямом суточном вращении, приливной выступ на Венере отставал от направления на Меркурий так, что мог остановить ее вращение и придать ей медленное обратное вращение. Именно таково уникальное для Солнечной системы современное суточное вращение Венеры.

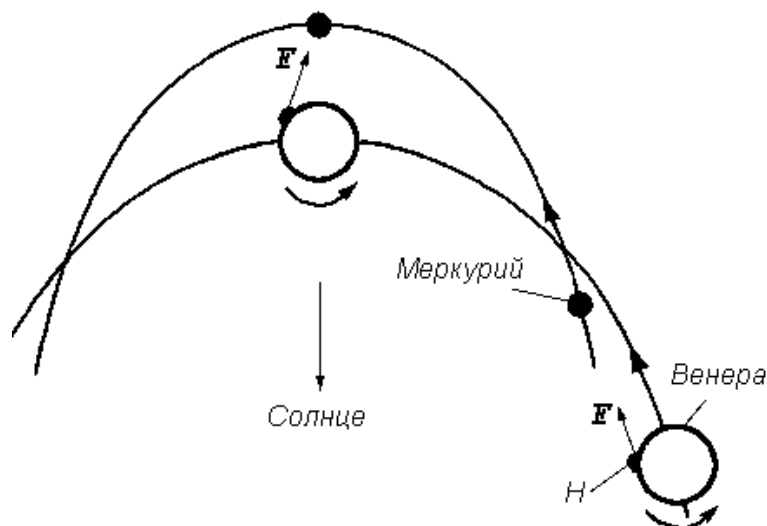


Рис. 2. Схема приливного взаимодействия Меркурия и Венеры. Показаны два последовательных положения планет на орбитах. H — приливной выступ на Венере, F — приливная сила, действующая на Венеру

Мощное приливное воздействие Меркурия, продолжавшееся, возможно миллионы лет, должно было сильно отразиться на поверхности Венеры. Действительно, как получено из радиолокационных измерений рельефа Венеры, плотность метеоритных кратеров на ее поверхности относительно мала. Считается, что это произошло из-за практически полного обновления ее поверхности около 300—500 млн. лет назад [6]. Предполагаемая схема гравитационного взаимодействия Меркурия и Венеры подтверждается и характерной особенностью обновленного рельефа Венеры. Это как бы застывшие каменные волны, вытянутые преимущественно с Севера на Юг. То есть эти волны не концентрические, как от ударов метеоритов или при извержениях вулканов, а прямые. Размеры их огромны [7]. Именно такие волны и с таким направлением движения могли образоваться при рассмотренном мощном и продолжительном приливном влиянии Меркурия.

Если события, вызванные взрывом Планеты рассмотреть в координатах дата события в прошлом и расстояние до Солнца, то картина будет следующая (рис. 3). Время исходного события — около 2 млрд. лет назад, так как, возможно, что продукты необычной цепной реакции в Западной Африке попали на Землю в результате взрыва Планеты. (Стоит упомянуть, что известны и другие, так называемые "марсианские" метеориты, которые также как и сам Марс, возможно являются фрагментами взорвавшейся Планеты). В настоящее время орбита Меркурия известна. В промежуточной точке имело место приливное взаимодействие Меркурия с Венерой. Его дата выше также определена: 300—500 млн. лет назад. Расстояние от Солнца до Венеры известно. Следовательно, кривая показывает изменение афелия орбиты Меркурия со временем. Но тогда из хода кривой приближенно следует и дата наиболее интенсивного приливного взаимодействия Меркурия с планетой Земля — около 600 млн. лет назад. Действительно, считается, что именно около 600 млн. лет назад произошла смена двух основных этапов в геологической истории Земли. Докембрий сменил Фанерозой.

Относительно слабый взрыв мог быть и в недрах Земли. В результате такого взрыва могла быть выброшена Луна. Возраст пород на Луне и Земле говорит о том, что это событие могло произойти более 4 млрд. лет назад. Тогда железное ядро Земли, возможно еще не было расплавлено. Место взрыва поэтому было ближе к поверхности. Поэтому на орбиту была выброшена только часть поверхностных слоев Земли, практически без железа. Возможно этим объясняется сходство состава Луны и земной поверхности и строение Луны как бы из нескольких фрагментов. Конечно, была сброшена и мощная первичная атмосфера Земли. Дело в том, что у более близкой к Солнцу и меньшей по массе Венеры атмосфера в 10 раз тяжелее. И поэтому требует объяснения легкая, обновленная атмосфера Земли. Обновленная в частности потому, что она практически не содержит первичного нерадиоогенного аргона-36. В отличие, например от Венеры, в атмосфере которой доля первичного аргона больше в 100 раз.

В результате взрыва в недрах Юпитера могли образоваться его Галилеевы спутники. Такое происхождение спутников объясняет их характеристики и состав, начиная от раскаленного железа у Ио и кончая каменно-ледяной смесью Каллисто.

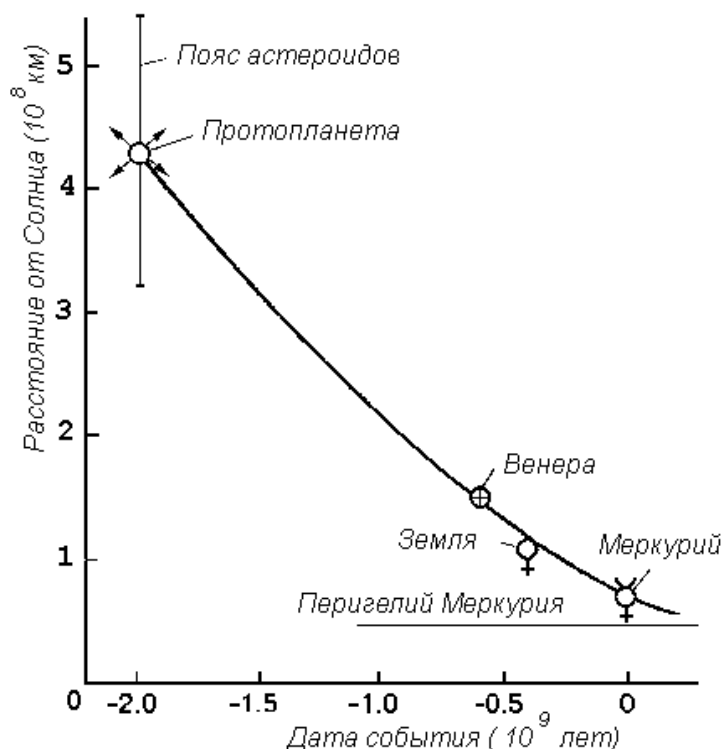


Рис. 3. Последовательность событий, вызванных взрывом Планеты между Землей и Юпитером около 2 млрд. лет назад. Место взрыва — приблизительно современное положение пояса астероидов. Сплошная линия — изменение афелия орбиты Меркурия со временем

Ось суточного вращения Урана, в отличие от других планет, лежит в плоскости его орбиты, а не перпендикулярна ей. У Урана также относительно легкая жидкогазовая оболочка. Возможно, это последствия взрыва в его недрах. Плутон и его спутник Харон, состоящие в основном из льда и движущиеся по сильно вытянутой орбите и некоторые кометы, возможно и есть фрагменты сброшенной Ураном ледяной оболочки. Возможно взрыва не было только в недрах Венеры. Поэтому у нее не сброшенная мощная первичная атмосфера и нет спутников.

Таким образом, можно сделать вывод, что мощности ядерных взрывов в недрах планет было достаточно для полного разрушения Планеты большей, чем Земля, но меньшей, чем Юпитер. Однако, наши компьютерные расчеты и элементарные энергетические оценки показали, что для этого содержание урана в телах планет должно было быть на порядок выше, чем, например в земной коре. Поэтому возникают вопросы. Первый: допускает ли теория нуклеосинтеза исходно более высокое содержание урана в протопланетном веществе? И, с другой стороны, второй: существуют ли бесспорные факты, подтверждающие общепринятое относительно низкое содержание урана в недрах планет?

Теория нуклеосинтеза исходит из того, что тяжелые элементы уран и торий, трансурановые элементы образуются при взрывах звезд в быстрых, так называемых r -процессах. В таких процессах захват нейтронов опережает β^- -распад, и в результате образуются все более тяжелые ядра [8]. В дальнейшем уран и другие, относительно устойчивые ядра сохраняются, а менее устойчивые более тяжелые элементы распадаются до первых более устойчивых, в том числе и до урана. В результате и такого дополнительного прироста количества урана его могло образоваться существенно больше, чем соседних более легких элементов. То есть современная теория нуклеосинтеза не ограничивает содержание урана в первичном допланетном веществе.

О содержании урана в Солнечной системе в целом судят прежде всего по его содержанию в метеоритах, земной коре и в поднимающихся из недр расплавленных породах. В метеоритах урана обычно на несколько порядков меньше, чем в земной коре. Особенно мало урана в железных метеоритах. Но если метеориты образовались из взорвавшейся планеты, из каменных слоев которой уран был в основном выплавлен и осел на твердое железное ядро, то в них и не должно быть урана. В твердом железном ядре планет урана не было исходно, как отмечалось выше. В расплавленном внешнем железном ядре уран также не задерживался и оседал. Поэтому в железо-никелевых осколках взорвавшейся планеты урана и должно быть ничтожно мало. Уран мог быть сильно сконцентрирован только в очень небольшом количестве метеоритов, возможно частично прореагировавший до или после взрыва. Возможно, такой метеорит и упал в Западной Африке в Окло.

Теперь о содержании урана в земной коре. В результате взрыва земная кора существенно обновилась, на поверхность из недр вышли более молодые породы. Об этом, возможно говорит то, что на Земле не обнаружено пород старше 4 млрд. лет. (Но на Луне есть породы с возрастом и 4,5 млрд. лет.) То есть древние породы были сброшены а на поверхность Земли вышли каменные породы, из которых уран был частично уже выплавлен и осел (иначе взрыва бы не было). Но в земной коре возможно есть остатки того первичного недифференцированного вещества, из которого уран не был выплавлен. Возможно, это граниты. В некоторых гранитах урана почти в 50 раз больше, чем в среднем в земной коре. То есть даже больше, чем надо для полного разрушения большой планеты.

О существовании урана глубоко в недрах Земли говорит тот факт, что некоторые, поднимающиеся из недр Земли расплавленные породы содержат относительно много радиогенных изотопов свинца [1]. То есть таких, которые образуются при распаде урана и тория. Но и свинец в земной коре также почти на 99% состоит именно из радиогенных изотопов.

Разделение элементов по химическому сродству на сидерофильные, литофильные и халькофильные было замечено при плавнении руды в доменных печах. Но это явление вряд ли применимо для обоснования концентрации урана в земной коре, а не глубоко в недрах. Дело в том, что при огромных давлениях в недрах, а это миллионы атмосфер, вещества не объединяются по химическому сродству, а трансформируются, стремясь занять меньший объем. Для урана это высокоплотные и тугоплавкие кристаллы диоксида, карбида и нитрида. А в таком состоянии уран не может подниматься из относительно малоплотных расплавленных пород к поверхности Земли. Таким образом, теория нуклеосинтеза и рассмотренные факты не исключают предполагаемую концентрацию достаточно большого количества урана глубоко в недрах планет.

Возникает вопрос. Может ли активный слой в какой либо планете взорваться в будущем? Возможно только если в квазистационарных ядерных реакциях происходила наработка новых делящихся ядер, как в реакторах–размножителях (бридерах). А иначе нет, так как легкоделящегося урана–235 в природном уране осталось мало и активная реакция на быстрых нейтронах не пойдет. Хотя, в плоском слое существенным может быть и вклад реакций на медленных нейтронах.

В настоящее время в планете Земля активный слой может быть причиной глобальной тектоники. Источником тепла на границе твердого и жидкого ядра и, следовательно, причиной течений в проводящем внешнем ядре Земли, магнитного поля Земли, его относительно частых и быстрых в истории Земли инверсий. Причиной плюмов и "горячих точек" на поверхности Земли.

Большое Красное пятно на Юпитере и аномально сильное тепловое излучение Юпитера, возможно также говорят о взрыве и о современной активности активного слоя в недрах планеты.

Таким образом, гипотеза взрывов планет объясняет некоторые существенные особенности планет и нерегулярности Солнечной системы а также глобальную тектонику Земли.

Автор признателен В.В. Митрофанову и В.М. Титову за полезные обсуждения.

Список литературы

1. Фор Г. Основы изотопной геологии. — М.: Наука, 1989. — 590 с.
2. Шуколюков Ю.А. Продукты деления тяжелых элементов на Земле. — М.: Энергоиздат, 1982. — 126 с.
3. Анисичкин В.Ф. Взрываются ли планеты? // Физика горения и взрыва. — Т. 33, № 1. — С. 138—142.
4. Lissauer J.J. Growing up in a two-parent family // Nature. — 1997. — Vol. 386. — P. 18—19.
5. Костюков Н.А. Структура течения бинарных смесей твердых частиц в условиях двумерного ударно-волнового нагружения // Журнал прикладной механики и технической физики. — 1988, № 3. — С. 54—59.
6. Price M. Suppe J. Mean age of rifting and volcanism on Venus from impact crater densities // Nature. — 1994. — Vol. 372. — P. 756—757.
7. Malin M.C. Mass movements on Venus: preliminary results from Magellan cycle I observations // J. of Geophysical Research. — 1992. — Vol. 97, № E10. — P. 16337—16352.
8. Чечев В.П., Крамаровский Я.М. Нуклеосинтез. Физическая энциклопедия. — М.: Большая Российская энциклопедия. — 1992. — Т. 3. — С. 363—366.