

О ЦЕПНЫХ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЯХ ВО ВНЕШНЕМ ЖИДКОМ ЯДРЕ ЗЕМЛИ

В. Ф. Анисичкин

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

Квазистационарные реакции. Основной источник тепла в недрах Земли – спонтанный распад радиоактивных элементов. Увеличение потока тепла из недр к поверхности может вызываться вынужденным делением актиноидов – цепными ядерными реакциями. Слой актиноидов около критической толщины может образовываться в результате оседания тугоплавких высокоплотных частиц оксидов урана и тория из расплавленного внешнего ядра на твердое внутреннее ядро Земли [1]. Возникающие при цепных ядерных реакциях восходящие потоки массы и тепла во внешнем жидком ядре Земли прогревают вышележащие слои. С прогревом земной коры и дна океанов из-за разложения газогидратов в атмосферу поступает парниковый газ метан. С прогревом атмосферы и океанов за счет положительных обратных связей в атмосферу поступает все больше паров воды и растворенного в воде океанов углекислого газа. Потепление климата ускоряется.

С разуплотнением активного слоя в тепловых конвективных потоках прекращаются ядерные реакции, снижается поток тепла из недр, содержание метана в атмосфере падает. Все больше углекислого газа растворяется в остывающей воде океанов. Наступает похолодание.

Рассеянные частицы актиноидов начинают вновь оседать на внутреннее ядро Земли с параллельным воспроизводством легкоделящихся изотопов [2]. Продолжительность климатических циклов определяется, в основном, временем оседания частиц актиноидов. Моделирование процесса с размером частиц диоксида урана около критического и ростом вязкости вещества ядра с глубиной от 10^2 Па с до 10^9 Па с приводит в расчетах к продолжительности цикла около 130 тысяч лет. Это согласуется с данными по изменениям климата за последние четыреста тысяч лет, полученными из ледяных кернов Антарктиды [3] (Рис. 1).

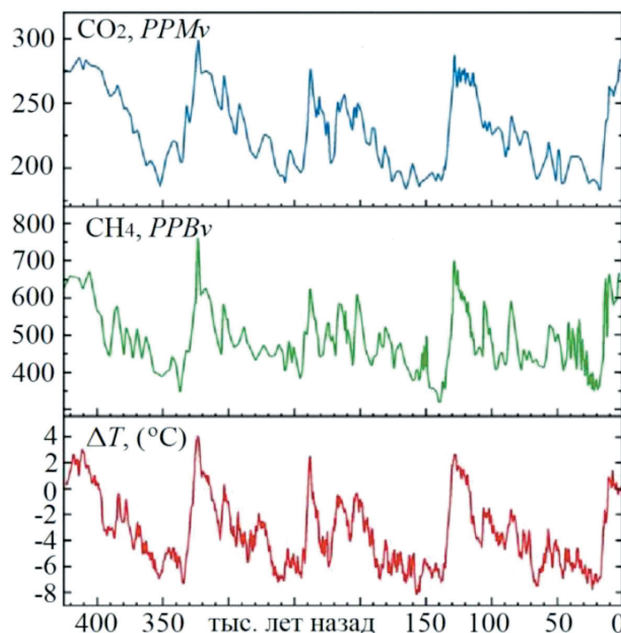


Рис. 1. Циклические изменения концентрации CO₂ и CH₄ в атмосфере и температуры [3]

Для начала цепных ядерных реакций достаточно образования слоя актиноидов критической толщины, без оседания всего делящегося материала на твердое внутреннее ядро Земли. Но постепенное «выгорание» актиноидов требует все более полного оседания частиц актиноидов. Поэтому продолжительность циклов со временем должна увеличиваться. Из рис. 1 видно, что за последние сотни тысяч лет длительность климатических циклов увеличилась с около 80 до 120 тыс. лет.

Ранее 1,2 млн лет изменения климата происходили в два раза чаще, что может объясняться попеременной работой двух «геореакторов». Изменения уровня инсоляции – количества тепла поступающего от Солнца, циклы Миланковича, длительность которых относительно постоянна в рассматриваемом диапазоне времени, не объясняют такую резкую изменчивость.

Взрывные реакции. Наиболее популярные теории коаккреции, захвата, «мегаимпакта» испытывают трудности в объяснениях происхождения, элементного и изотопного состава Луны. Взрывная ядерная реакция в недрах планеты и выброс части ее внешних слоев на орбиту с образованием спутника, позволяет объяснить различия элементного, но сходство изотопного состава Луны и Земли [4]. При этом взрыв мог быть инициирован дополнительным принудительным осаждением взвешенных частиц актиноидов в ударной волне от падения астероида [4].

В случае выброса малой точечной массы она либо уходит от планеты, при скорости большей второй космической, либо возвращается из-за замкнутости орбит в поле тяготения. Однако взаимодействия больших масс выброшенных фрагментов приводят к обмену энергией и моментом импульса, так что в результате часть вещества может остаться на орбите. Дополнительно уводить далеко выброшенные тела с замкнутой орбиты может гравитационное влияние других планет.

Размер, строение, состав, скорость суточного вращения прото-Земли, другие параметры моделируемого процесса, какими они были миллиарды лет назад, не могут быть выбраны определенными. Поэтому нецелесообразно проводить детальные расчеты результатов взрыва в недрах планеты. Цель

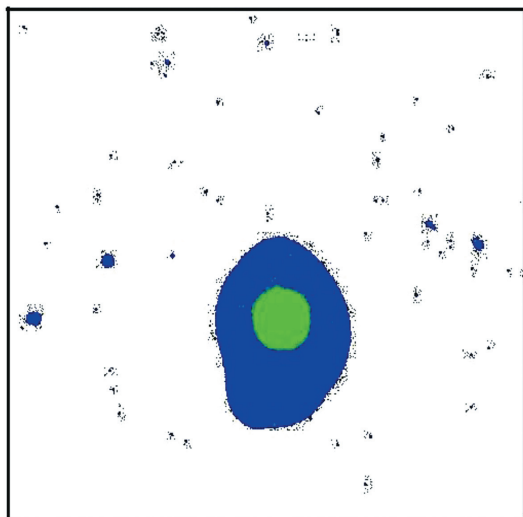


Рис. 2. Результат моделирования образования спутника планеты

работы – на основе компьютерного моделирования механической составляющей процесса показать главное – принципиальную возможность взрывного образования большого спутника у планеты земного типа.

Задача численного моделирования взрывного образования спутника планеты решалась в двумерной постановке методом молекулярной динамики с числом частиц около 10^5 . Роль атомов играли тела астероидного размера около 100 км, взаимодействующие по ньютоновскому закону. Свойства вещества в компактном состоянии задавались короткодействующим потенциалом Леннарда-Джонса. При этом масса частиц ядра принималось в 3 раза больше массы внешних частиц. Задавалось вращение планеты так, чтобы скорость на поверхности планеты была близкой к первой космической. Результаты численного моделирования подтверждают реалистичность взрывного происхождения Луны [5] (рис. 2).

Литература

1. **Митрофанов, В. В.** О возможности взрывного ядерного энерговыделения в недрах планет [Текст] / В. В. Митрофанов, В. Ф. Анисичкин и др. // Международная конференция «V Забабахинские научные чтения»: сб. тр. – Снежинск: Изд-во РФЯЦ – ВНИИТФ. – 1999. – С. 67–76.
2. **Anisichkin, V. F.** Georeactor in the Earth [Text] / V. F. Anisichkin, A. A. Bezborodov, I. R. Suslov // Transport Theory and Statistical Physics. – 2008. – Vol. 37. – Iss. 5. – P. 624–633.
3. **Petit, J. R.** Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica [Text] / J. R. Petit, J. Jouzel et al. // Nature. – 1999. – Vol. 399. – P. 429–436.
4. **Анисичкин, В. Ф.** Взрываются ли планеты? [Текст] // Физика горения и взрыва. – 1997. – Т. 33, № 1. – С. 138–142.
5. **Anisichkin, V. F.** Simulation of the explosive origin of a planetary satellite [Text] / V. F. Anisichkin, E. R. Pruel, I. A. Rubtsov // Journal of Physics: Conf. Series. – 2019. – Vol. 1147. – DOI: 10.1088/1742-6596/1147/1/012058.