

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗРЫВНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПЛАНЕТ - ГАЗОВЫХ ГИГАНТОВ В ПЛАНЕТЫ ЗЕМНОГО ТИПА

Э. Р. Прууэл, В. Ф. Анисичкин

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

SIMULATION OF EXPLOSIVE TRANSFORMATION OF GAS GIANT PLANETS INTO THE EARTH-LIKE PLANETS

E. R. Prueel, V. F. Anisichkin

Lavrentyev Institute of Hydrodynamics SB RAS, 630090, Novosibirsk, Russia

ЗНЧ – 2019

ZST - 2019

Звездное небо

The sky with stars



(Уже обнаружено несколько тысяч планет у других звезд нашей Галактики. Очевидно, у большинства звезд нашей и других галактики могут быть свои планетные системы.)

Обнаружение экзопланет

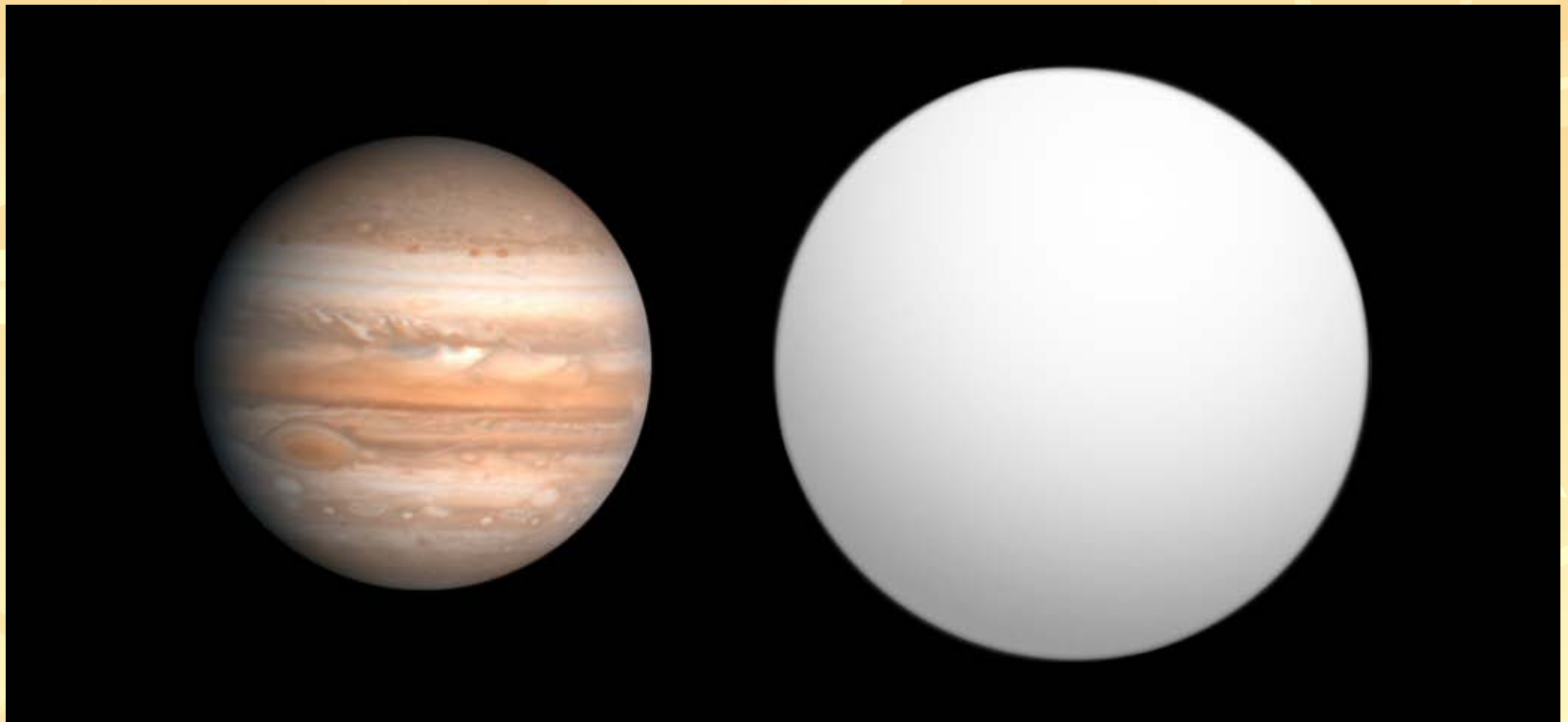
Exoplanets to be found



Из нескольких тысяч обнаруженных экзопланет большинство - газовые гиганты. Такие планеты часто находятся на орбитах, близких к своей звезде, (ближе, чем Меркурий к Солнцу), что облегчает их обнаружение **транзитными** и **доплеровскими** методами.

Among the few thousand exoplanets the most detected are gas giant planets. These planets are in orbits close to its star, what facilitates their detection by **transit or **Doppler** methods.**

Сравнение размеров Юпитера и экзопланеты TrES-3b
Size comparison of Jupiter and the exoplanet TrES-3b

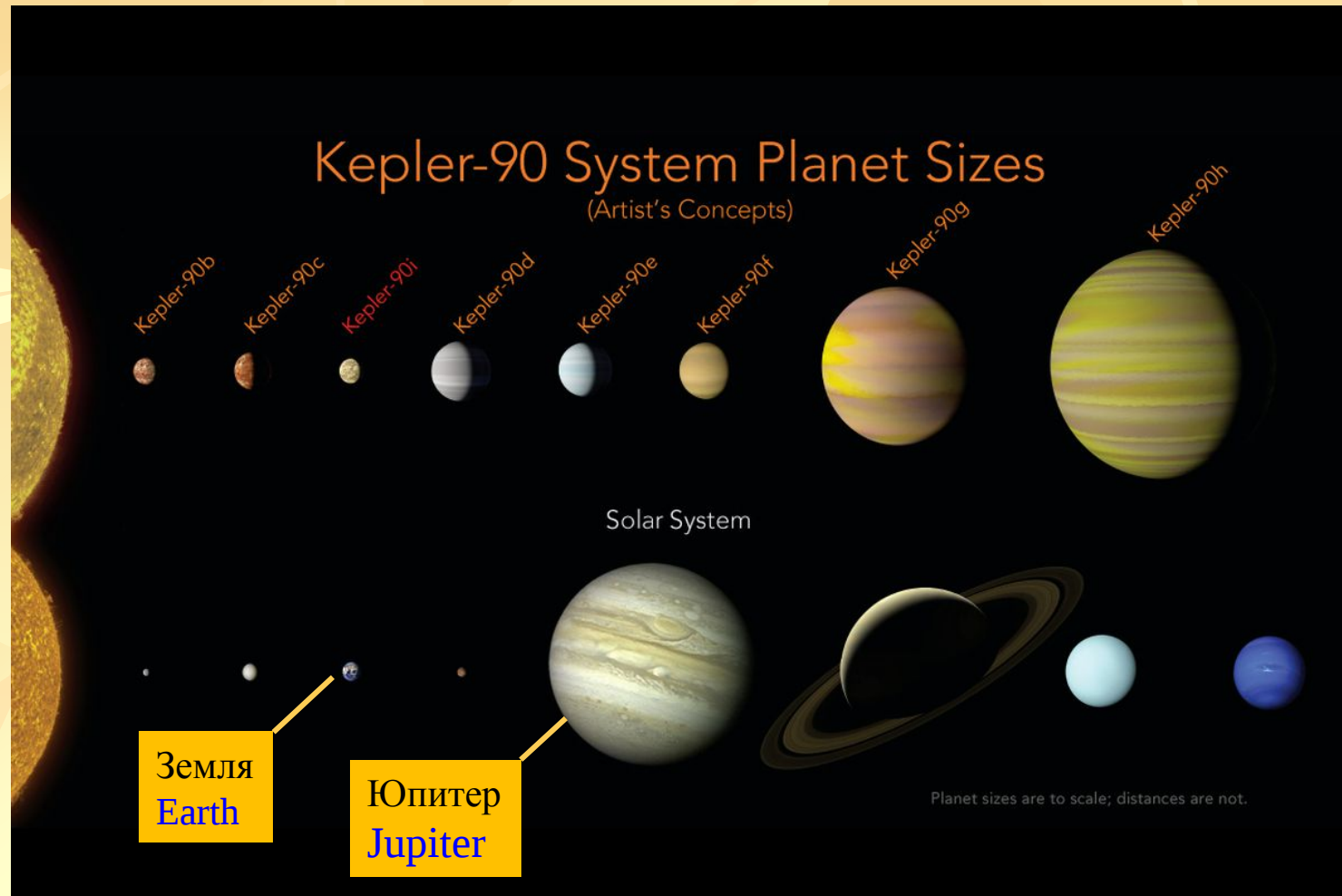


Сравнительные размеры газовых гигантов Юпитера и экзопланеты TrES-3b, которая имеет орбитальный период всего 31 час (ближе, чем Меркурий к Солнцу).
Size comparison of Jupiter and the exoplanet TrES-3b. TrES-3b has an orbital period of only 31 hours.

(Ближе, чем Меркурий к своей Звезде!)

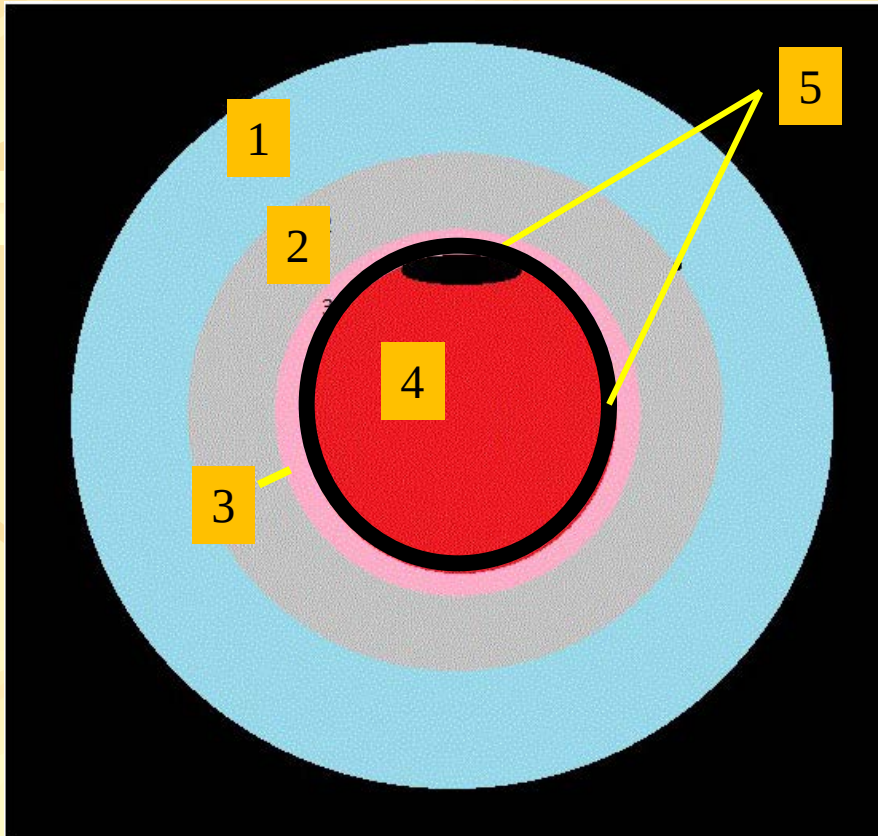
Планетная система Kepler-90

Kepler-90 system



(Миграция Юпитера? Более логичен сброс газовых оболочек планетами, близкими к звезде, сдув легких газов звездным «ветром», захват и дополнительный рост Юпитера и других газовых гигантов.)

Постановка задачи Statement of the Problem



- 1-жидкогазовая оболочка
- 2-каменная оболочка
- 3-жидкое железо
- 4-твердое железо
- 5-место, область взрыва

- 1-liquid gas shell
- 2-stone shell
- 3-liquid iron
- 4-solid iron
- 5-explosive disposition

(UO_2 практически не растворяется и оседает из железо углеродного расплава при высоких P и T . Электронные антинейтрино, соответствующих энергий.)

Метод расчета взрыва в недрах планеты (ММД, 2D)

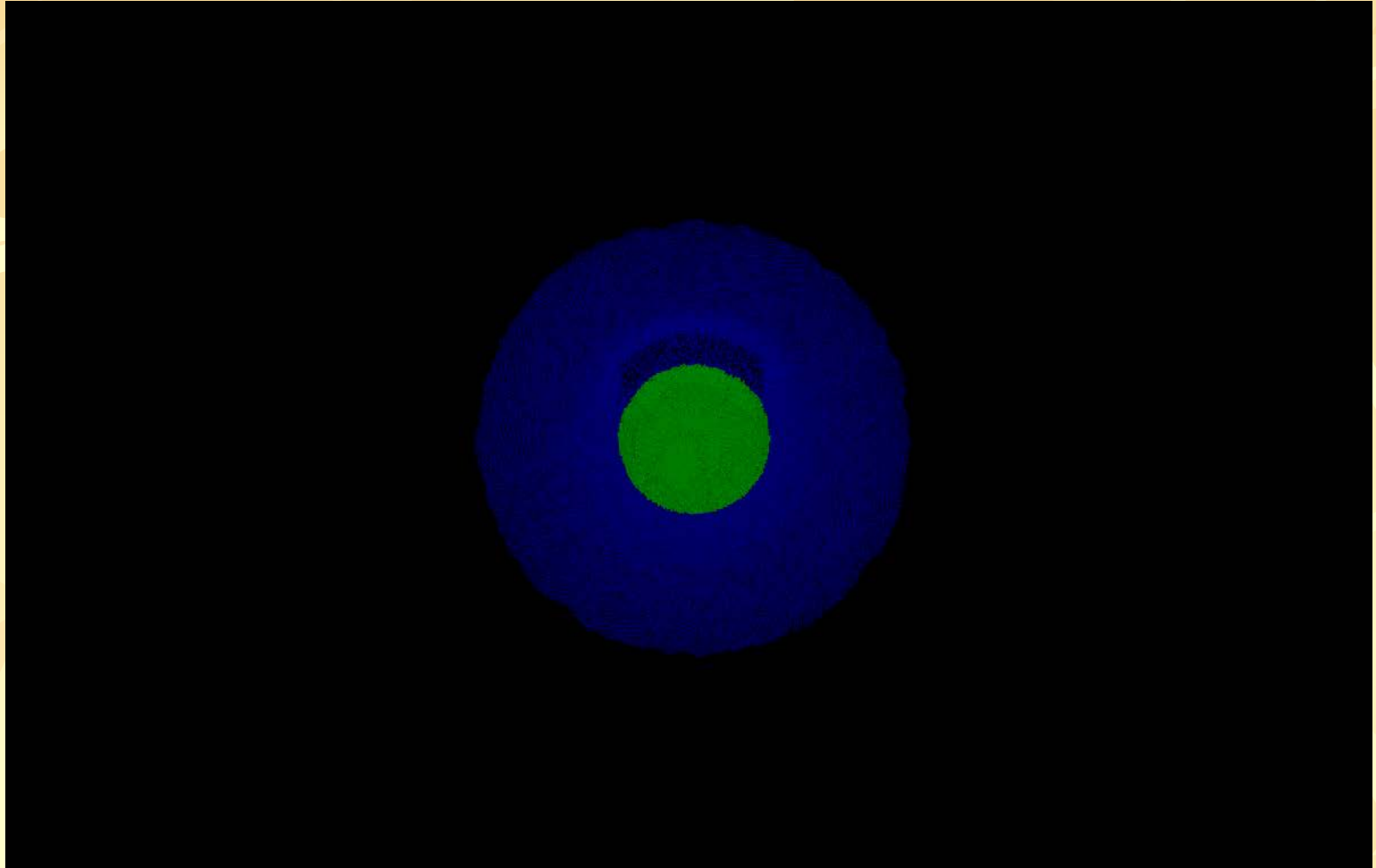
Численное решение задачи взрыва в недрах и фрагментации планеты со сбросом жидко-газовой оболочки и образованием спутников выполнялось методом прямого моделирования системы взаимодействующих частиц, сходного с **методом молекулярной динамики**.

В модели роль «атомов» играли **достаточно крупные тела (~100 км.)**. Гравитационное взаимодействие тел описывалось парным Ньютоновским потенциалом. Свойства веществ в компактном состоянии задавались короткодействующим потенциалом Леннард-Джонсовского типа.

Использовались программные пакеты классической молекулярной динамики с поддержкой параллельных алгоритмов Particle-Particle Particle-Mesh (PPPM), такие как:

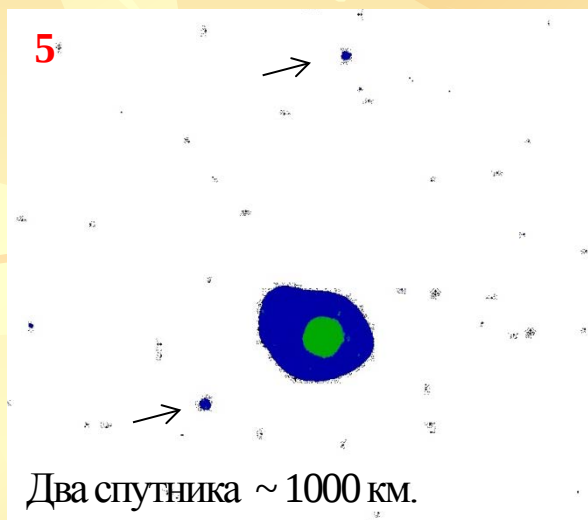
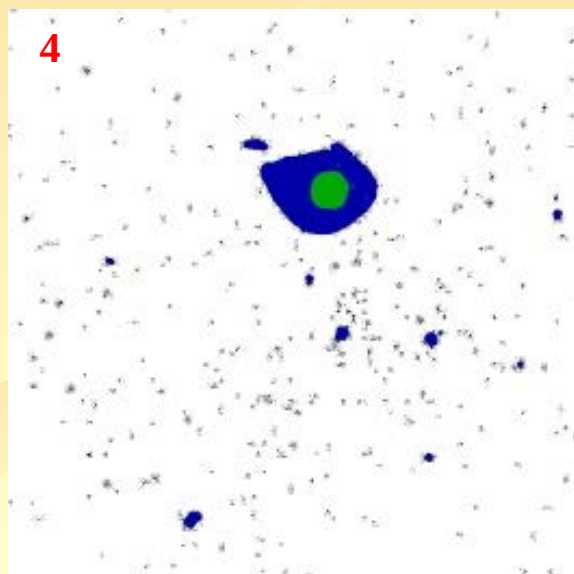
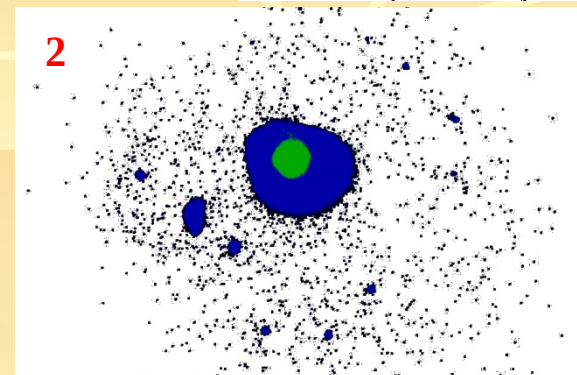
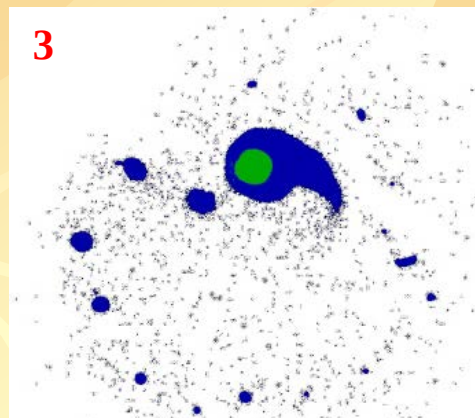
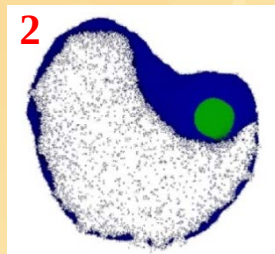
- HOOMD-blue (<http://codeblue.umich.edu/hoomd-blue>) J. A. Anderson, C. D. Lorenz, and A. Travesset. General purpose molecular dynamics simulations fully implemented on graphics processing units. J. of Comp. Phys. 227(10): 5342-5359, May 2008. 10.1016/j.jcp.2008.01.047;
- LAMMPS (<http://lammps.sandia.gov>) W. M. Brown, A. Kohlmeyer, S. J. Plimpton, A. N. Tharrington. Implementing Molecular Dynamics on Hybrid High Performance Computers - Particle-Particle Particle-Mesh. Comp. Phys. Comm., 183, 449-459 (2012).

Результат моделирования взрывного сброса внешней оболочки планеты



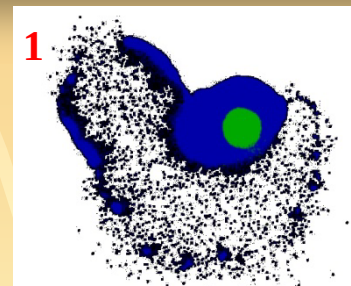
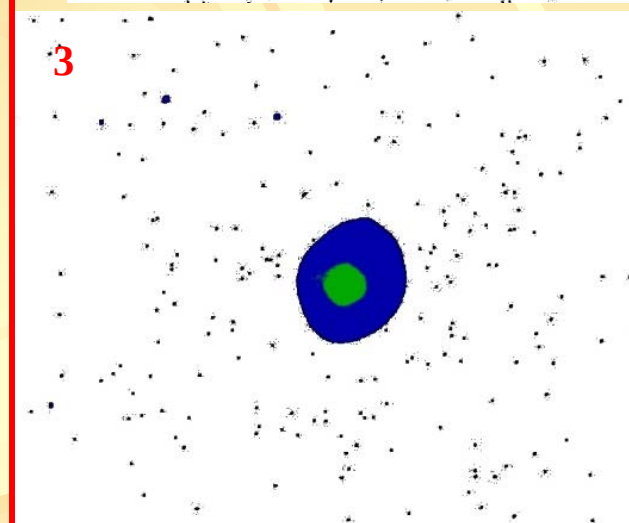
Моделирование взрывного выброса части плотной внешней оболочки планеты.

Simulating of explosive throw off the dense outer shell of the planet



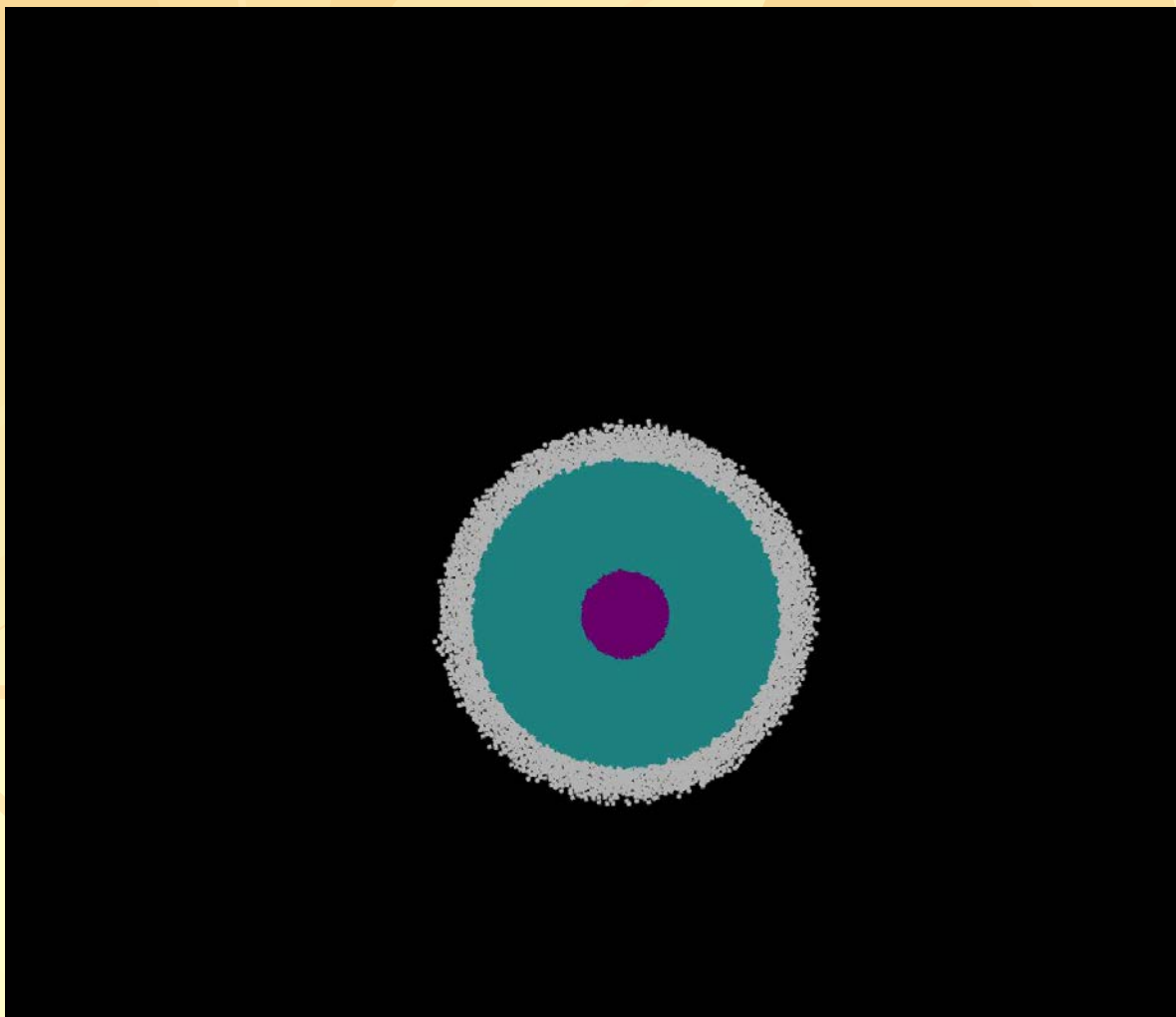
Два спутника ~ 1000 км.

Two satellites ~ 1000 km.



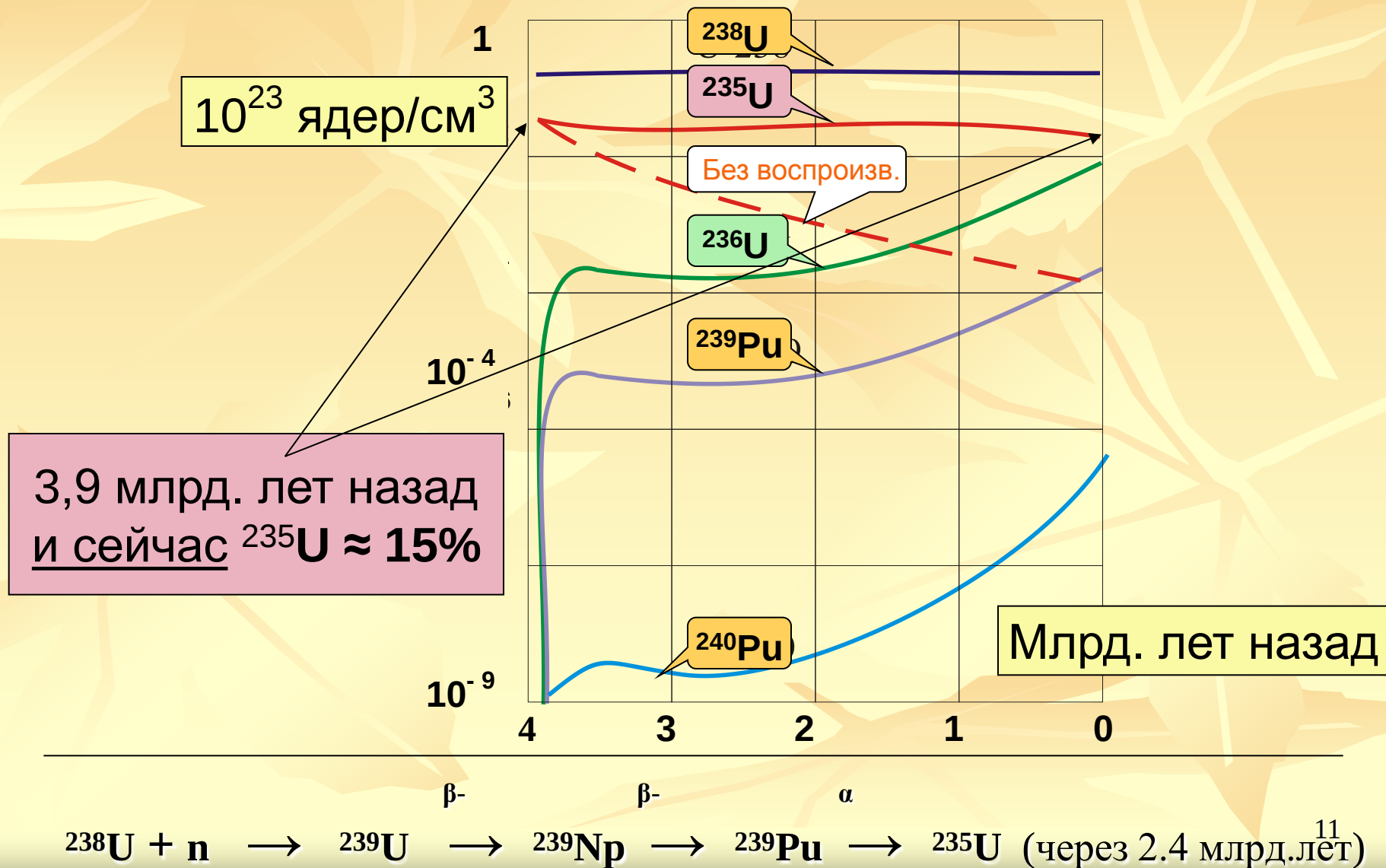
(Мощность взрыва $\sim 10^{29}$ J или $\sim 10^{15}$ кг U+Th. (2 – 3% общего содержания .) Очевидно, что легкая жидкогазовая оболочка будет сброшена и при существенно меньшей мощности взрыва.)

Результат моделирования взрывного сброса легкой внешней оболочки планеты



(Взрывы быстры и редко именно на фоне звезды. Но прохождения газопылевых облаков (остатков недавних взрывов?) наблюдаются. Плавное изменение сигнала.)

Импульсное «горение» с воспроизводством делящихся изотопов
(Феоктистов, Анисичкин, Ершов, Суслов, и др.)



ВЫВОДЫ CONCLUSION

- Выполнено моделирование взрывного сброса внешней, относительно мало плотной оболочки планеты. Получено, что такой процесс возможен и результаты расчетов могут быть адекватны наблюдаемым характеристикам планет земного типа в Солнечной системе и в других планетных системах.
- Циклическое, с временным затуханием, протекание цепных ядерных реакций глубоко в недрах планеты может объяснять многократные реверсии магнитного поля в истории Земли и изменения климата из-за изменения потока тепла из недр. Поэтому обсуждаемый взрывной сброс жидкогазовых оболочек планет может быть дополнительным аргументом в пользу важности учета ядерных процессов в недрах планет.
- In our work by the method of molecular dynamic the explosive resetting of the outer shell of the planet is simulating. It was proved, that such a process is possible and the results of calculations can be adequate to the observable characteristics of the planets.
- Periodic chain nuclear reactions in the deep interior of the planet [3] may explain the repeated reversion of the magnetic field in the Earth's history and climate changes due to changes of the heat flow from the interior. The explosive resetting gas shells of the planets can be an additional argument in favor of the importance of nuclear processes in the deep interior of the planet.

Спасибо за внимание!