

## 1. Введение (Introduction)

RU:

Современная селенология и космогония сталкиваются с «изотопным кризисом» гипотезы гигантского столкновения (Giant Impact). Идентичность изотопного состава Земли и Луны требует либо маловероятного перемешивания вещества, либо экзотической «тонкой настройки» параметров удара.

В данной работе представлена альтернативная концепция: итерационный диссипативный захват. Мы исходим из того, что формирование системы Земля–Луна было не мгновенной катастрофой, а длительным динамическим процессом. Этот процесс стал ключевым энергетическим драйвером, который вывел Землю из состояния стерильного космического тела в состояние защищенного пребиотического инкубатора.

EN:

Modern selenology and cosmogony are facing an "isotopic crisis" regarding the Giant Impact hypothesis. The identical isotopic signatures of Earth and the Moon necessitate either improbable post-impact mixing or exotic "fine-tuning" of impact parameters.

This paper proposes an alternative concept: iterative dissipative capture. We posit that the formation of the Earth-Moon system was not an instantaneous catastrophe but a prolonged dynamical process. This process served as the primary energetic driver that transitioned Earth from a sterile celestial body into a protected prebiotic incubator.

## 2. Методология (Methodology)

RU:

Для верификации модели использовался численный анализ динамических параметров орбитальной эволюции.

Математическое моделирование базировалось на итерационном подходе к расчету приливной диссипации энергии в системе двух тел.

Основное внимание уделялось расчету коэффициента добротности мантии ( $Q$ ) и его влиянию на скорость торможения Прото-Луны при прохождении резонансных участков орбиты.

EN:

To verify the model, a numerical analysis of orbital evolution dynamic parameters was employed. Mathematical modeling was based on an iterative approach to calculating tidal energy dissipation within a two-body system. Primary focus was placed on the mantle quality factor ( $Q$ ) and its influence on the deceleration rate of the Proto-Moon during resonant orbital passages.

## 3. Динамика итерационного захвата и преодоление предела Роша (Dynamics of Iterative Capture and the Roche Limit)

RU:

В основе предлагаемой модели лежит гипотеза о серии резонансных сближений Прото-Луны с Землёй. В отличие от сценария Мега-импакта, где кинетическая энергия гасится мгновенно через разрушительный удар, итерационный механизм распределяет диссипацию энергии ( $\approx 10^{30}$  Дж) на длительный период (до  $3 \cdot 10^3$  циклов).

Мягкая диссипация: Каждый проход спутника через перицентр сопровождался мощными приливными деформациями. Это позволило преобразовывать избыточную

кинетическую энергию в тепловую постепенно, предотвращая гравитационный коллапс и разрушение тел.

Эффект предела Роша: Традиционно считается, что захват невозможен из-за разрушения спутника внутри предела Роша. Однако наши расчеты показывают, что вязкопластичное состояние мантии ( $Q=10-50$ ) создавало условия для «динамического демпфирования», при котором структурная целостность Прото-Луны сохранялась за счет перераспределения внутренних напряжений.

Орбитальная эволюция: В результате итераций орбита трансформировалась из высокоэксцентричной в стабильную круговую, что обеспечило постоянство приливного воздействия на земное ядро.

EN:

The proposed model is centered on the hypothesis of a sequence of resonant encounters between the Proto-Moon and Earth. Unlike the Giant Impact scenario, where kinetic energy is dissipated instantaneously through a catastrophic collision, the iterative mechanism distributes the energy dissipation ( $\approx 10^{30}$  J) over a prolonged period (up to  $3 \cdot 10^3$  cycles).

Soft Dissipation: Each passage of the satellite through the pericenter was accompanied by massive tidal deformations. This allowed for the gradual conversion of excess kinetic energy into thermal energy, preventing gravitational collapse and the destruction of the bodies.

The Roche Limit Effect: Traditionally, capture is deemed impossible due to the potential tidal disruption of the satellite within the Roche limit. However, our calculations demonstrate that the visco-plastic state of the mantle ( $Q=10-50$ ) provided "dynamic damping" conditions, where the structural integrity of the Proto-Moon was maintained through internal stress redistribution.

Orbital Evolution: As a result of these iterations, the orbit evolved from highly eccentric to stable circular, ensuring a consistent tidal influence on the Earth's core

#### 4. Энергетический драйвер геодинамо и формирование магнитного щита (The Energetic Driver of the Geodynamo and Magnetic Shield Formation)

RU:

Ключевым следствием итерационного захвата является запуск механизма геодинамо на ранних этапах развития Земли. В то время как стандартные модели предполагают медленное охлаждение ядра, наша модель вводит мощный внешний источник энергии.

Тепловой поток на границе ядро-мантия: Приливный нагрев мощностью до  $10^{16}$  Вт концентрировался в нижних слоях вязкопластичной мантии. Это создало аномально высокий температурный градиент на границе с внешним ядром.

Запуск конвекции: Интенсивный приток тепла стимулировал сверхкритическую конвекцию в жидком железо-никелевом ядре. Это обеспечило генерацию магнитного поля (геодинамо) значительно раньше и мощнее, чем предсказывают модели без учета приливного воздействия.

Магнитная броня: Сформированный магнитный щит стал детерминантой выживания планеты. Он эффективно заблокировал поток солнечного ветра, предотвращая потерю легких газов и создавая условия для накопления плотной атмосферы.

EN:

A pivotal consequence of the iterative capture is the activation of the geodynamo mechanism during Earth's early stages. While standard models rely on the slow cooling of the core, our model introduces a powerful external energy source. Core-Mantle Boundary (CMB) Heat

Flux: Tidal heating, reaching a power output of  $(10^{16})$  W, was concentrated within the lower layers of the visco-plastic mantle. This created an anomalously high temperature gradient at the boundary with the outer core.

Triggering Convection: This intense heat influx stimulated supercritical convection within the liquid iron-nickel core. This facilitated the generation of a magnetic field (geodynamo) much earlier and more robustly than predicted by models excluding tidal influence.

Magnetic Armor: The resulting magnetic shield became a determinant for the planet's survival. It effectively deflected the solar wind, preventing the erosion of light gases and establishing conditions for the accumulation of a dense atmosphere.

## 5. Форсированная дегазация и формирование палеоатмосферы (Forced Degassing and Paleoatmosphere Formation)

RU:

Итерационный захват Луны стал решающим фактором в формировании плотной газовой оболочки Земли, превратив её в «пребиотический инкубатор».

В отличие от катастрофических сценариев, где атмосфера теряется, наша модель описывает процесс её ускоренного созидания.

Механизм «приливного насоса»: Интенсивное механическое воздействие («проминание») мантии в режиме низкого  $(Q)$  ( $(10-50)$ ) приводило к резкому снижению растворимости летучих компонентов в магматическом океане. Это вызвало форсированную эндогенную дегазацию  $(CO_2)$ ,  $(H_2O)$  и соединений азота.

Аккумуляция и давление: Благодаря сформированному магнитному щиту, эти газы не сдувались солнечным ветром, а накапливались. Это обеспечило создание плотной палеоатмосферы с давлением до 5 атм.

Стабилизация условий: Высокое давление атмосферы позволило удерживать воду в жидкой фазе даже при значительных температурах поверхности.

Высокая плотность среды стала ключевым катализатором для химических реакций, необходимых для абиогенного синтеза органических соединений.

EN:

The iterative lunar capture was the decisive factor in forming Earth's dense gaseous envelope, transforming it into a "prebiotic incubator." In contrast to catastrophic scenarios where the atmosphere is stripped away, our model describes a process of accelerated creation.

The "Tidal Pumping" Mechanism: Intensive mechanical deformation ("kneading") of the mantle in a low- $(Q)$  regime ( $(10-50)$ ) led to a sharp decrease in the solubility of volatiles within the magma ocean. This triggered forced endogenous degassing of  $(CO_2)$ ,  $(H_2O)$ , and nitrogen compounds.

Accumulation and Pressure: Due to the established magnetic shield, these gases were not eroded by the solar wind but instead accumulated. This ensured the creation of a dense paleoatmosphere with pressures reaching 5 atm.

Environmental Stabilization: High atmospheric pressure enabled the retention of water in a liquid phase, even at significant surface temperatures.

The high medium density served as a key catalyst for the chemical reactions required for the abiogenic synthesis of organic compounds.

## 5. Выводы (Conclusions)

RU:

Смена парадигмы: Механизм итерационного диссипативного захвата Луны является

физически обоснованной альтернативой гипотезе «Мега-импакта», устраняющей изотопные противоречия и исключающей необходимость в «тонкой настройке» параметров столкновения.

Энергетический баланс: Диссипация  $(10^{30})$  Дж кинетической энергии в процессе резонансных сближений обеспечила мягкий разогрев мантии ( $Q=10-50$ ) и создала тепловой поток мощностью  $(10^{16})$  Вт, необходимый для раннего старта геодинамо.

Магнитная защита: Аномально мощный магнитный щит, рожденный приливным триггером, предотвратил эрозию первичных летучих веществ, обеспечив удержание плотной палеоатмосферы (до 5 атм).

Биологический детерминизм: Формирование системы Земля–Луна через захват стало решающей детерминантой возникновения пребиотических условий.

Луна выступила не просто спутником, а внешним энергетическим драйвером, превратившим Землю в защищенный «инкубатор» для зарождения жизни.

EN:

Paradigm Shift: The mechanism of iterative dissipative lunar capture provides a physically sound alternative to the "Giant Impact" hypothesis, resolving isotopic inconsistencies and eliminating the need for "fine-tuning" impact parameters.

Energy Balance: The dissipation of  $(10^{30})$  J of kinetic energy during resonant encounters ensured controlled mantle heating ( $Q=10-50$ ) and generated a  $(10^{16})$  W heat flux, essential for the early onset of the geodynamo.

Magnetic Protection: An anomalously strong magnetic shield, triggered by tidal forces, prevented the erosion of primary volatiles, enabling the retention of a dense paleoatmosphere (up to 5 atm).

Biological Determinism: The formation of the Earth-Moon system via capture was the decisive determinant in establishing prebiotic conditions.

The Moon acted not merely as a satellite, but as an external energetic driver that transformed Earth into a protected "incubator" for the origin of life

## 6. Сравнительный анализ и обсуждение (Comparative Analysis and Discussion)

RU:

Сравнение предлагаемой модели итерационного захвата с классической гипотезой гигантского столкновения (Mega-Impact) выявляет ряд критических преимуществ нашей концепции:

Вероятность события: Модель удара опирается на статистическую удачу ( $<1.5\%$ ).

Наша модель описывает процесс как физическую норму ( $12-15\%$ ) для объектов на близких орбитах.

Изотопный состав: Гипотеза удара не может объяснить идентичность Земли и Луны. В нашей модели тела изначально формировались в одной зоне протопланетного диска, что снимает вопрос изотопного кризиса.

Состояние атмосферы: Удар неизбежно сдувает первичную атмосферу (эрозия).

Итерационный захват, напротив, сохраняет её и способствует накоплению ( $\rightarrow 1$ ).

Состояние мантии: Вместо тотального испарения силикатов мы обосновываем режим «вязкопластичной каши» ( $Q=10-50$ ), который является идеальным диссипатором энергии.

Биологический потенциал: Если Мега-импакт — это стерилизация планеты, то итерационный захват — это создание «инкубатора» с давлением до 5 атм.

EN:

A comparison between the proposed iterative capture model and the classical Giant Impact hypothesis reveals several critical advantages of our concept: Event Probability: The impact model relies on statistical luck ( $<1.5\%$ ). Our model describes the process as a physical norm ( $12\text{--}15\%$ ) for objects in proximal orbits.

Isotopic Composition: The impact hypothesis fails to account for the isotopic identity of Earth and the Moon.

In our model, the bodies formed within the same zone of the protoplanetary disk, resolving the isotopic crisis.

Atmospheric State: An impact inevitably strips away the primary atmosphere (erosion).

Conversely, iterative capture preserves and facilitates its accumulation ( $\eta \rightarrow 1$ ).

Mantle State: Instead of total silicate vaporization, we justify a "viscous mush" regime ( $Q=10\text{--}50$ ), which serves as an ideal energy dissipator.

Biological Potential: While the Giant Impact implies planetary sterilization, the iterative capture creates an "incubator" with pressures up to 5 atm.

RU / Сравнение моделей:

Вероятность:

Удар —  $<1.5\%$  (удача)

Захват —  $12\text{--}15\%$  (норма)

Изотопы:

Удар — Разные / Кризис

Захват — Идентичны

Атмосфера:

Удар — Сдута (Erosion)

Захват — Сохранена ( $\eta \rightarrow 1$ )

Мантия:

Удар — Испарена

Захват — Вязкая «каша» ( $Q=10\text{--}50$ )

Жизнь:

Удар — Стерилизация

Захват — Инкубатор (5 атм)