

О возрасте LUCA в контексте панспермии

Макушевич И.В. ajir@ro.ru

Аннотация. По данным недавних работ по молекулярной реконструкции и молекулярным часам LUCA (последний универсальный общий предок) древнее и сложнее. Это является косвенным аргументом в пользу гипотезы панспермии. Основной нерешенной проблемой, не позволяющей напрямую проверить, может ли LUCA быть старше Земли, является то, что молекулярные часы нуждаются в калибровке, и пока не видно альтернатив, что брать как верхнюю границу возраста, кроме возраста Земли. Однако альтернативы возможны. В части более ранних работ по вычислению возраста LUCA по молекулярным часам как верхнюю границу брали время конца поздней тяжелой бомбардировки. Но недавно по анализу доставленного с Луны зондом «Чанъэ-6» лунного грунта выяснилось, что, видимо, никакой поздней тяжелой бомбардировки не было. Проблема калибровки молекулярных часов по-прежнему актуальна.

Ключевые слова: абиогенез, археи, бактерии, Джеймс Уэбб, Миллиметрон, панспермия, происхождение жизни, Чанъэ-6, JWST, LUCA

Абиогенез относится к пока неразрешенным научным проблемам [Медников, 1975, с. 147.; Шкловский, 1987, с. 318.; Марков, 2010; Совещание-дискуссия..., 2024]. Имеется относительно новый обзор этой проблематики [Никитин, 2020]. Есть свежие значимые данные о возможности абиогенеза, которые лишь частично делают его более вероятным, а не решают проблему [Gianni, Kwok, Wan et al., 12 Feb 2026].

Важной задачей, решение которой могло бы способствовать решению проблемы абиогенеза, может являться, по нашему мнению, доказательство или опровержение гипотезы панспермии. С этой целью могут быть использованы результаты изучения и молекулярной реконструкции LUCA. В случае, если окажется, что последний универсальный общий предок старше Земли, то гипотеза панспермии будет доказана таким способом.

Определение возраста LUCA производится с помощью метода молекулярных часов. Однако они нуждаются в калибровке (см., например, [Банникова, Лебедев, 2022]), проведение которой также до сих пор дискуссионно.

Интересной работой является работа [Анисимов, 2013]. Автор при помощи простых расчетов предпринял попытку доказать, что вычисленный на тот момент по молекулярным часам возраст LUCA больше, и при этом превышает возраст Земли. Его оппоненты [Марков, 2013; Иорданский, 2013] показали, что расчеты В. А. Анисимова не выдерживают критики. Тем не менее сама идея о том, что LUCA старше Земли — перспективна.

В 2024 году была опубликована работа по вычислению возраста LUCA по молекулярным часам, оказалось, что он древнее и сложнее, чем ожидалось. В «мире», где он жил, уже были вирусы [Moody, Alvarez-

Carretero, Mahendrarajah et al., 2024]. Это результаты могут рассматриваться в качестве косвенного доказательства гипотезы панспермии. В работе [Moody, Alvarez-Carretero, Mahendrarajah et al., 2024] границами были возраст Земли и возраст самой старой микробной окаменелости.

Важно отметить, что авторы работы выбрали для калибровки молекулярны возраст Земли и получили, что LUCA старше возраста поздней тяжелой бомбардировки, как-то значит ее пережил. Они упоминают, что были как работы, где максимальным возрастом для LUCA брали именно время поздней тяжелой бомбардировки, так и работы, где такая калибровка критиковалась. А совсем недавно, благодаря китайскому лунному зонду «Чанъэ-6», доставившему на Землю вещество с обратной стороны Луны, выяснилось, что, видимо, никакой поздней тяжелой бомбардировки вообще не было [Yue, Gou, Wang et. al., 4 Feb 2026].

Таким образом, вопрос о максимальном возрасте для калибровки молекулярных для определения возраста LUCA остается актуальным.

Возможно для калибровки можно было бы использовать возраст Солнечной системы. Возраст Солнечной системы больше возраста Земли лишь на десятки миллионов лет (смотри, например [Кузьмин, 2014]). Тем не менее в перспективе возможны попытки уточнять возраст LUCA, используя для калибровки молекулярных часов не возраст Земли, а возраст Солнечной системы.

В случае обнаружения в ней внеземной жизни сравнить ее молекулярную структуру с жизнью на Земле, что позволит приблизиться к доказательству (или опровержению) гипотезы панспермии.

Представляется, что гипотеза панспермии может быть проверена в обозримой перспективе ближайшие десятилетия в ходе исследований тех или иных объектов Солнечной системы. Например, есть уже конкретные программы исследования подледного океана спутника Юпитера Европы СНОСКА. Известно и о других мирах-океанах, но точное количество всех миров-океанов в Солнечной системе пока неизвестно.

Имеется популярный обзор о мирах-океанах¹ 2017 года, который явно устарел. Позже по данным работы 2023 года, заподозрено существование океанов на четырех спутниках Урана². Стоит отметить, что миром-океаном может быть всем известная карликовая планета Плутон. Это упоминается, например, в работе [Новиков, Лихачёв, Щекинов и д. р., 2021], посвященной планам на работу будущего радиотелескопа Миллиметрон. Он будет использоваться в том числе для исследования миров-океанов и кандидатов в миры-океаны в Солнечной системе. Существует недавний обзор [Kimura, 2025], где обсуждаются последние данные, в том числе исследование миров-океанов и

¹Королев В. Море внутри. Краткий путеводитель по невидимым океанам Солнечной системы // 24 апреля 2017 N + 1 Интернет-издание URL: <https://nplus1.ru/material/2017/04/24/bigwater>

²Войтюк А. Планетологи заподозрили существование подповерхностных океанов на четырех крупных спутниках Урана. Они могут иметь толщину менее 30-50 километров // 5 мая 2023 N + 1 Интернет-издание URL: <https://nplus1.ru/news/2023/05/05/uranus-oceans>

кандидатов с помощью JWST (телескопа имени Джеймса Уэбба) и возможность жизни в них.

Кроме миров-океанов, давно обсуждается, например, вопрос о возможности жизни в атмосфере Венеры. В 2020 году гипотеза о жизни в атмосфере Венеры вроде получила подтверждение, так как предположительно обнаружили фосфин (биомаркер) в атмосфере Венеры. Но в дальнейшем началась дискуссия о том, действительно ли фосфин был найден³.

Пока не решен и классический вопрос, есть ли жизнь на Марсе, несмотря на то, что на планету неоднократно высаживались исследовательские станции. В совсем недавней [Robinson, McQuaig-Ulrich, Dondero et. al., 11 jul 2026] статье, в которой описан успешный эксперимент по выращиванию архей *Haloferax volcanii* в условиях, близких к марсианским, поиск жизни на Марсе описан как задача будущих исследований Марса.

Понятно, что в возможных местах, потенциально пригодных для жизни в Солнечной системе (в первую очередь мирах-океанах) могут как не найти ничего живого, так и найти жизнь, похожую на земную, или иную. Сравнение на «похожую» или «иную» будет проводиться по-видимому, по генетическому коду, а может и по другим особенностям. Если обнаружат в многих мирах-океанах жизнь похожую на земную, то это станет доказательством гипотезы панспермии. Если найдут иную, то станет очевиден независимый абиогенез на Земле. Отметим, что результаты исследований могут оказаться и более сложными.

Отметим, что и сам генетический код жизни на Земле таит еще много загадок. Когда мы говорим, что у всей жизни на Земле единый генетический код, а что у гипотетической инопланетной жизни может быть такой же или другой, нужно учитывать, что генетический код земной жизни имеет "диалекты" (небольшие отклонения). Известно более 30 таких отклонений. Даже у человека генетический код митохондрий несколько отличается от основного (ядерного)⁴. Отличить аналогичный земной жизни генетический код от совершенно чуждого, разумеется, возможно, но надо учитывать уже известные «диалекты» и то, что родственная нашей инопланетная жизнь может иметь новые «диалекты».

Нельзя не отметить, что кроме гипотезы панспермии существует и противоположная гипотеза: жизнь на Земле возникала неоднократно, а бактерии и археи возникли независимо. Эту точку зрения развивает академик С. В. Шестаков (см., например [Шестаков, Карбышева, 2024]). Он не единственный автор, кто об этом пишет. Упомянем классическую работу [Koga, Kyuragi, Nishihara et. al., 1998] о гипотезе независимого происхождения бактерий и архей, которая цитируется 239 раз в фкадемии Google (на 30 августа 2026).

³См., например, в обзорах Сергея Попова, по тегу «Солнечная система» https://xray.sai.msu.ru/~polar/sci_rev/ss.html

⁴Минина Е., Панов А. Самые нестандартные генетические коды // 10 августа 2018 Биомолекула Интернет-издание URL: <https://biomolecula.ru/articles/samye-nestandartnye-geneticheskie-kody>

Недавно была опубликована работа по [Mrnjavac, Hoffmann, Schlikker et. al., 5 Aug 2026]. Один из её авторов, комментируя результаты проведенного исследования отмечал⁵:

«Новые данные позволяют сделать только один вывод. Бактериальные и архейные линии независимо друг от друга перешли к свободноживущему состоянию. Живыми остаются только свободноживущие клетки. Назовем вещи своими именами: перед нами один источник происхождения генетического кода, но два источника происхождения жизни».» [перевод наш].

Однако обсуждение проблемы о двух источниках происхождения жизни (и, возможно LUCA не может считаться в полной мере живым) но одном источнике происхождения генетического кода вне рамок настоящей работы.

Благодарности

Я благодарен моему другу Владиславу Федорову за помощь с качественным переводом приведенной в статье цитаты.

Список литературы

1. Медников Б. М. Дарвинизм в XX веке. М. «Советская Россия», 1975. 224 с.

2. Шкловский И. С. Вселенная, жизнь, разум. Под. ред. Н. С. Кардашева и В. И. Мороза. 6-е изд., доп. М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1987. (Пробл. науки и техн. прогресса) 320 с.

3. Koga Y., Kyuragi T., Nishihara M., Sone N. Did archaeal and bacterial cells arise independently from noncellular precursors? A hypothesis stating that the advent of membrane phospholipid with enantiomeric glycerolphosphate backbones caused the separation of the two lines of descent // Journal of Molecular Evolution. 1998. V. 46., I. 1. P. 54-63.

4. Марков А. «Рождение сложности». Эволюционная биология сегодня. Неожиданные открытия и новые вопросы. Глава из книги // Издательство «CORPUS», Издательство «Астрель», 2010 // URL: https://elementy.ru/bookclub/chapters/431077/Rozhdenie_slozhnosti_Glava_iz_knigi

5. Анисимов В. А. Гипотеза земного абиогенеза в свете данных палеонтологии, молекулярной биологии и анализа химического состава молекул РНК. Эволюция: Земли, жизни, общества, разума. Волгоград: издательство «Учитель», 2013. С. 14-31.

6. Марков А. В. О некоторых проблемах и аспектах гипотезы внеземного происхождения жизни. Эволюция: Земли, жизни, общества, разума. Волгоград: издательство «Учитель», 2013. С. 32-34.

⁵ Two origins of life: Free-living cells may have emerged twice as bacteria and archaea diverged by Heinrich-Heine University Duesseldorf edited by Sadie Harley, reviewed by Robert Egan // Phys.org - News and Articles on Science and Technology August 5, 2026 <https://phys.org/news/2026-08-life-free-cells-emerged-bacteria.html>

7. Иорданский Н. Н. Темпы эволюции и проблема происхождения жизни. Эволюция: Земли, жизни, общества, разума. Волгоград: издательство «Учитель», 2013. С. 35-37.

8. Кузьмин М. И. Докембрийская история зарождения и эволюции Солнечной системы и Земли. Статья I. // Геодинамика и тектонофизика. 2014. Т. 5. № 3. С. 625-640. DOI: <https://doi.org/10.5800/GT-2014-5-3-0146>

9. Никитин М. Происхождение жизни. От туманности до клетки / Михаил Никитин. 2-е изд. М.: Альпина нон-фикшн, 2020. 542 с. (Серия PRIMUS).

10. Новиков И. Д., Лихачёв С. Ф., Щекинов Ю. А. и др. Задачи научной программы космической обсерватории Миллиметрон и технические возможности её реализации // Успехи физических наук. 2021. Т. 191. № 4. С. 404–443. DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2020.12.038898>

11. Банникова А. А, Лебедев В. С. Концепция современных молекулярных часов и опыт оценки времен дивергенции насекомоядных и грызунов // Журнал общей биологии. 2022. Т. 83. № 1. С. 3–28. DOI: <https://doi.org/10.47501/978-5-6044060-4-5.230-234>

12. Совещание-дискуссия, посвящённое памяти академика М. Я. Марова «Астрономические проблемы происхождения и развития жизни. Молодое Солнце и Земля». 19–20 марта 2024 года; «Астрономические проблемы происхождения и развития жизни. Молодое Солнце и Земля». День 1 URL: <https://www.youtube.com/watch?v=7i9YFPma0U> ; «Астрономические проблемы происхождения и развития жизни. Молодое Солнце и Земля». День 2 URL: <https://www.youtube.com/watch?v=iT04MHAxAg>

13. Шестаков С. В., Карбышева Е. А. К обсуждению гипотез о происхождении жизни. Новые технологии в медицине, биологии, фармакологии и экологии: материалы Международной конференции NT + ME 24 (Гурзуф, с 2 июня по 9 июня 2024 г.). 2024. С. 230-234.

14. Moody E. R. R., Alvarez-Carretero S., Mahendrarajah T. A. et. al. The nature of the last universal common ancestor and its impact on the early Earth system // Nature Ecology & Evolution. 12 July 2024. V. 8. P. 1654-1666. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41559-024-02461-1>

15. Kimura J. Icy worlds: Moons and Dwarf Planets [Submitted on 24 Nov 2025] arXiv:2511.18776 [astro-ph.EP] DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2511.18776>

16. Yue Z., Gou S., Wang Y. et. al. Lunar chronology model with the Chang'e-6 farside samples and implications for the early impact history // Science Advances. 4 Feb 2026. V. 12. I. 6. eady9265. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.ady9265>

17. Gianni E., Kwok S. L. Y., Wan C. J. K. et. al. A small polymerase ribozyme that can synthesize itself and its complementary strand // Science. 12 Feb 2026. V. 391. I. 6789. P. 1022–1028. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.adt2760>

18. Robinson A., McQuaig-Ulrich S., Dondero T., Celestian A., Perl S. M. Cultivation of halophilic archaea in shallow subsurface martian conditions has implications for extant life on Mars // bioRxiv 2026.07.11.737928; DOI: <https://doi.org/10.64898/2026.07.11.737928>

19. Mrnjavac N., Hoffmann N. K., Schlikker M. L. et al. Intermediate stages in the origin of metabolism at a phosphorylating hydrothermal vent //Science Advances. 5 Aug 2026. V. 12. I. 32. eaef3128. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aef3128>