

DOI: 10.25702/KSC.2588-0039.2019.42.250-252

## КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ КАК ФАКТОР ЭВОЛЮЦИОННОГО ОТБОРА

М.В. Рагульская<sup>1</sup>, Н.К. Белишева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ИЗМИРАН, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>НИЦ МБП КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия

e-mails: ra\_mary@mail.ru; natalybelisheva@mail.ru

**Аннотация.** Рассматриваются аспекты воздействия космических лучей на процессы происхождения жизни, эволюцию первичной биосферы и современные организмы. Подчеркивается существенная роль космических лучей и магнитных полей на всех этапах развития биосистем, от формирования органических соединений в галактических облаках до современных клеточных структур. На экспериментальном материале показано значение возрастаний потоков солнечных космических лучей (СКЛ), сопряженных с возрастанием нейтронной компоненты вторичных КЛ у поверхности Земли, и вариаций галактических КЛ (ГКЛ) для генетического материала клеточных систем. Выявлена сопряженность изменения окраски волютиновых гранул в бактериальных культурах с вариациями ГКЛ. Отбор единого генетического кода, древних способов длительного хранения энергии и адаптивных технологий первых живых систем происходил под воздействием космогеофизических факторов. Высказана гипотеза, что именно космические лучи обеспечивали запасание энергии в полифосфатах для функционирования первичной биосферы в условиях пониженной светимости молодого Солнца.

### Введение

Многие эволюционные этапы в развитии биосферы имеют не биологическую, а физическую природу. Особенно недооценена роль космических лучей в становлении и развитии биосферы. Между тем, это один из постоянно присутствующих высокоэнергетичных физических факторов, действующий как в процессах производства органических соединений в галактических облаках, так и в процессах деления клеток в современных биологических структурах и в процессах эволюционного отбора. Для существования любой жизни нужна энергия. В настоящее время в качестве источников энергии наша биосфера в основном использует энергию Солнца. Небольшая часть энергии поступает из недр Земли. Современная биосфера является активным геологическим фактором. Так, перерабатываемая ей энергия Солнца почти в 30 раз превышает энергию тектонических и вулканических процессов, и практически равна всей тепловой энергии, поступающей из недр Земли. Однако ранее Солнце имело всего 0,7 светимости от современных значений, поэтому формирующаяся первичная биосфера должна была искать альтернативные источники энергии. Одним из таких источников могли оказаться космические лучи. Результаты этих давних эволюционных процессов могли сохраниться в самых древних про-биологических структурах, до сих пор присутствующих в клетках (например, в волютиновых гранулах), и их реакция на изменения современных космогеофизических факторов может быть зарегистрирована в длительных биофизических мониторингах.

### Космические лучи и первичная биосфера

Происхождение первых земных живых систем – вопрос неоднозначный и дискуссионный. Возраст самой Земли 4,5 млрд лет, существование первых земных экосистем датируется от 3,8 млрд лет назад (по оптимистичным оценкам – 4 млрд лет назад). Однако в последнее время появляется все больше астрохимических спектральных исследований, показывающих, что синтез сложных органических пробиологических соединений мог происходить уже в молекулярных галактических облаках. Наиболее вероятным представляется процесс создания органики в каталитических реакциях с участием галактических космических лучей (ГКЛ). Ключевую роль в межзвездной молекулярной химии играют нейтральные ионы (или ион-молекулярные) и реакции между ионизованным и нейтральным реагентами, а первичную ионизацию обеспечивают частицы космических лучей. Не исключено, что готовый органический до-биологический материал синтезировался в каталитических котлах астрономических размеров и энергий еще в протопланетном облаке. А в дальнейшем послужил фундаментом для строительства земной биосферы. Список идентифицированных на сегодняшний день межзвездных и околозвездных органических соединений приведен на астрохимическом сайте <http://astrochemist.org/>.

Интенсивность доходящих до Земли галактических космических лучей зависит распределения магнитных полей на Солнце, формы гелиосферы, формы магнитосферы и состава атмосферы, которые существенно менялись в истории Солнца и Земли. В настоящий момент приблизительный средний размер гелиосферы определяется значениями около 100 а.е. (1 а.е. – расстояние от Земли до Солнца). Однако, во время

прохождения Солнечной системой рукавов Галактики, гелиосфера может сжиматься. Интенсивность галактических космических лучей, доходящих до границ гелиосферы, существенно изменяется в зависимости от места положения Солнца. И может возрасть почти на порядок во время прохождения нашей солнечной системой рукавов Галактики. За время существования биосферы эта ситуация могла возникать от 20 до 80 раз.

В современных океанах максимум излучения космических лучей приходится на глубину 2–10 см от поверхности воды. В ранних океанах верхние слои воды под градиентным воздействием космических лучей становились буквально инкубатором биоразнообразия живого мира нашей планеты. Да и сейчас до 15% ионизирующего излучения, воздействующего на биосферу, определяется вторичными космическими лучами. Понижение (повышение) потока космических лучей (ГКЛ и СКЛ) при их вторжении в атмосферу Земли, приводит к понижению (повышению) ионизации воздуха, Тем самым КЛ могут активно воздействовать на состав атмосферы и, в конечном счёте, на её динамику, погоду и климат. По совокупности изученных эффектов КЛ можно считать одним из основных постоянно действующих биотропных агентов космической погоды. Более подробно вопрос влияния динамики Солнца и космических лучей на эволюцию биосферы рассмотрен в [1].

### **Космические лучи и современная биосфера**

У поверхности Земли КЛ представляют собой низко- и плотно ионизирующие источники излучения (ИИ) низкой интенсивности. Любые виды ИИ, ионизирующее действие которых обусловлено ядрами отдачи, осколками деления и др., индуцируют радиационно-химические изменения в полимерах, как и в др. веществах с ковалентными связями. Радиационно-химические превращения в полимерах приводят к изменению строения полимерных молекул и их физических свойств, инициирует цепные реакции, напр., полимеризацию, образование химических связей между молекулами (сшивание), разрывы молекул (деструкция), образование или уничтожение двойных связей различного типа, выделение газообразных продуктов (водорода и др.) и т.п. Сшивание и деструкция – наиболее важные реакции в полимерах, сильнее всего изменяющие их физические свойства. Генетические нарушения в клетках, вызываемые ИИ, наблюдаются обычно уже при столь малых дозах, что в отношении этих поврежденных порог действия радиации практически отсутствует. Именно эти свойства КЛ, как природного источника ИИ, определяют их роль в эволюции биологических систем. В работах Н. К. Белишевой впервые на экспериментальном материале показано значение возрастных потоков солнечных КЛ, сопряженных с возрастанием нейтронной компоненты вторичных КЛ у поверхности Земли, и вариаций галактических КЛ (ГКЛ) для генетического материала клеточных систем [2]. Выявлены биоэффективные дозы КЛ в периоды GLE, показаны эффекты экранирования биологических объектов от низко интенсивной энергетической компоненты КЛ. Сопряженность изменений окраски волютиновых гранул в бактериальных культурах с вариациями ГКЛ выявлена в длительном мониторинге 2000-2012 гг [3].

### **Космические лучи и способы накопления энергии живыми организмами**

Не исключено, что КЛ внесли определенный вклад в способы накопления энергии в древних экологических сообществах, которые модифицировались в результате изменения физико-химических свойств неорганического и органического вещества. Это привело к отбору оптимальных структур «энергетических депо», способов концентрации фосфора, кислорода и железа в живых организмах. Одними из первичных длительных хранилищ энергии в биологических системах ранней Земли являются полифосфаты – полимеры ортофосфорной кислоты, остатки которой соединены ангидридными полифосфатными связями. Эти про-биологические структуры до сих пор присутствуют в бактериальных клетках в виде волютиновых гранул. Возможно, к про-биологическим структурам относится и гем, содержащий атом железа, связывающий кислород, и входящий в молекулу гемоглобина. По эффективности накопления энергии этот способ проигрывает эволюционно более позднему синтезу и депонированию энергии в углеводородных связях, осуществляемых при участии солнечной энергии. Однако он может осуществляться и при отсутствии солнечного излучения. Поэтому именно этот способ накопления энергии мог закрепиться в первых земных организмах путем эволюционного отбора под воздействием СКЛ и ГКЛ на поверхности и в атмосфере ранней Земли, страдающей от недостатка светимости Солнца.

Процессы самосборки везикул плюс активная бомбардировка поверхности планеты солнечной радиацией и галактическими космическими лучами могли заложить основу формирования первых земных экосистем в поверхностных пленках и вблизи океанических вулканов или наземных горячих минеральных источников. Модели происхождения жизни в основном используют схему «глиняная ложка в качестве места сборки сложных биологических структур – водные растворы в качестве основной среды – продуваемые через твердую основу газы в качестве источника химических элементов и обмена веществ». Перспективной является гипотеза образования биосферы Земли еще до полного окончания формирования планеты в клубах пыли и высоких столбов водяного пара, на самородном железе в качестве подложки, с солнечным светом в качестве источника энергии и водородом в качестве стимулятора химических процессов. Развитие этой гипотезы с учетом энергетического вклада КЛ могло бы объяснить активное использование неэффективных

способов запаса энергии живыми организмами на всем протяжении эволюции биосферы.

### **Заключение**

Космические лучи принимают активное участие во всех эволюционных этапах развития биосферы, внося вклад в процессы формирования живых систем, их генетическую нестабильность и селективный отбор. Использование энергии КЛ для формирования обменных процессов в первичной биосфере Земли могло бы компенсировать дефицит излучения молодого Солнца, и стать одним из путей решения «парадокса слабого молодого Солнца».

**Благодарности.** Работа поддержана программой 17 Президиума РАН «Эволюция органического мира и планетарных процессов» и российско-азербайджанским грантом РФФИ Аз\_а\_18-52-06002.

### **Литература**

1. Рагульская М.В. Солнце и биосфера: миллиарды лет вместе. - Москва, 2019, Из- во Радиотехника, 11 п.л., <http://www.izmiran.ru/pub/izmiran/Ragulskaya-Sun-2019.pdf>
2. Belisheva N.K., Lammer H. et al. The effect of cosmic rays on biological systems // ASST, 2012, N8, p. 7-17, [www.astrophys-space-sci-trans.net/8/7/2012/doi:10.5194/astra-8-7-2012](http://www.astrophys-space-sci-trans.net/8/7/2012/doi:10.5194/astra-8-7-2012)
3. Gromozova E. et al. Cosmic rays as bio-regulator of deep time terrestrial ecosystems // Sun and Geosphere, 2012, 7(2), p. 117-120.