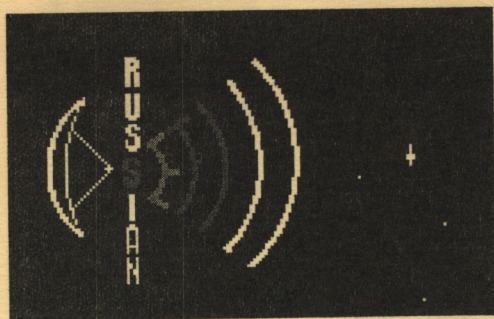


Научный Совет по Астрономии РАН
Секция "Поиски Внеземных Цивилизаций"

Российская Академия космонавтики имени К.Э.Циолковского
Научно-культурный центр SETI



ВЕСТНИК SETI

№ 7/24

Москва 2004

ВЕСТНИК SETI

№ 7/24

Информационный Бюллетень
(январь 2004 – июнь 2004)

составители:

Л.М.Гиндилис, М.Ю.Тимофеев, Н.В.Дмитриева, О.В.Кузнецова

редактор: Л.М.Гиндилис

Компьютерная вёрстка: М.Ю.Тимофеев

1. СТАТЬИ.

1.1. Автомодельный аттрактор социально-биологической эволюции на Земле и гипотеза самосогласованного галактического происхождения жизни

А.Д.Панов
НИИЯФ МГУ, г. Москва

Возникновение Жизни на Земле около 4 млрд. лет назад [1] положило начало эволюции биосферы. Около 4,4 млн. лет назад произошло отделение гоминид от человекообразных обезьян [2] и эволюция биосферы переросла в эволюцию ноосферы, биологическая эволюция сменилась социально-биологической и социальной. Биологическая и следующая за ней социально-биологическая и социальная эволюция представляют собой единый процесс, поэтому мы будем биосферу и ее позднюю стадию — ноосферу, обозначать единым термином — *планетарная система* и говорить о единой эволюции планетарной системы.

Эволюция планетарной системы имеет вполне определенную направленность. В терминологии, введенной А.П.Назаретяном [3], эволюция имеет векторный характер. Самое, пожалуй, важное, что эволюция происходит в направлении усложнения структуры и удаления планетарной системы от состояния термодинамического равновесия [3]. Существенно, что хотя планетарная эволюция и имеет векторный, в определенном смысле — монотонный, характер, она отнюдь не является гладкой. История планетарной системы представляет собой последовательность сменяющих друг друга качественно различных фаз, разделенных более или менее отчетливыми революциями. Революции отнюдь не являются случайными

событиями. Они происходят в результате разрешения эволюционных кризисов различного типа. При этом продуктивными кризисами, то есть такими, которые вызывают революционный переворот планетарной системы, являются кризисы не внешнего происхождения (вроде падения крупного метеорита или наступления ледникового периода), но только кризисы, являющиеся закономерным результатом эволюции самой планетарной системы (демографические кризисы и т. д.) [3].

Ниже перечислены и очень кратко охарактеризованы основные планетарные революции, и на этих примерах можно видеть, как реализуются приведенные выше положения. Несколько слов следует сказать о методике выделения планетарных революций. Заранее, вообще, не очевидно, что задача выделения вполне определенного набора планетарных революций является осмысленной, так как разные специалисты нередко в качестве революций выделяют совершенно разные события. При этом не существует специалиста, который мог бы профессионально оценить качество выбора всех точек, так как в разных случаях такая оценка является прерогативой совершенно разных наук. Тем не менее оказывается, что по поводу статуса ряда исторических событий как революционных преобразований, в среде специалистов соответствующего профиля (биологи, антропологи, историки и т. д.) имеется вполне разумный консенсус. Именно такие события можно рассматривать как революции. Можно сказать, что выделенные так революции являются результатом своеобразной экспертной оценки. Надо отметить, что в таких случаях и неспециалисту, как правило, понятно, что определенные революционные преобразования действительно имели место. Не всегда известно, результатом какого кризиса являлась та или иная революция, но во многих случаях понятно и это. Ни-

же планетарные революции пронумерованы начиная с нуля, причем использованная нумерация соответствует нумерации революций на рисунках 1 и 2 (см стр. 12 и 17).

0. *Возникновение жизни на Земле* — около $4 \cdot 10^9$ лет назад [1]. Жизнь возникает в форме примитивных безъядерных одноклеточных организмов — прокариотов. Типичные представители — цианобактерии.

1. *Кислородный кризис, возникновение аэробной эукариотической фауны и, по-видимому, первых многоклеточных организмов* — $1,5 \cdot 10^9$ лет назад [4]. Цианобактерии обогатили первоначально восстановительную атмосферу Земли кислородом, который был сильным ядом для анаэробных прокариотов. Анаэробные организмы стали вымирать, что видно, в частности, по резкому замедлению процесса накопления горючих ископаемых в этот период. На смену анаэробным прокариотам пришли аэробные формы жизни, которые были представлены в основном эукариотами [5], что придало мощный импульс эволюции жизни на Земле.

2. *Кембрийский взрыв* — $570 \cdot 10^6$ лет назад [6]. В течение нескольких десятков миллионов лет возникают все современные классы животных, включая позвоночных; начало палеозойской эры. В течение палеозоя жизнь постепенно выходила на сушу и осваивала ее. Эра заканчивается господством на суше гигантских земноводных, среди растений — хвощи, плауны и папоротники.

3. *Начало мезозойской эры* — $235 \cdot 10^6$ лет назад [7]. Внезапно вымирают гигантские земноводные, лидерство в эволюции на суше переходит к пресмыкающимся — сначала зверообразным ящерам, потом динозаврам. Среди растений господство захватывают голосемянные.

4. *Начало кайнозойской эры* — $66 \cdot 10^6$ лет назад [8]. Выми-

рают динозавры, на суше доминируют млекопитающие, среди растений голосемянные вытесняются покрытосемянными (цветковыми) растениями. Возникновение гоминоидов (обезьяноподобных).

5. *Начало неогена* — $24 \cdot 10^6$ лет назад [8]. Вымирает фауна мегалитических млекопитающих (индрикотерии, гигантские ленивцы), флора и фауна приобретает современный вид. Возникают человекообразные обезьяны.

6. *Начало четвертичного периода (антропоген)* — $4,4 \cdot 10^6$ лет назад [2]. Первые примитивные люди (гоминиды) отделяются от обезьяноподобных (гоминоидов). Далее следует несколько революций, имеющих не столько биологический, сколько социальный характер. Периоды четко различаются по характеру обработки орудий труда.

7. *Олдувай, палеолитическая революция* — $1,6 \cdot 10^6$ лет назад [2, 3, 9]. Появление первых очень грубых обработанных каменных орудий труда.

8. *Шелль* — $0,6 \cdot 10^6$ лет назад [2, 10]. Огонь, топоровидные орудия с поперечным лезвием, рубила.

9. *Ашель* — $0,22 \cdot 10^6$ лет назад [2, 11]. Овальные, треугольные, круглые и другие симметричные рубила, топоровидные орудия с прямым лезвием. На фоне ашельской культуры возникает homo sapiens, но, по-видимому, еще не играет существенной роли в планетарной системе.

10. *Мустье (культурная революция неандертальцев)* — 80000 лет назад [2, 3, 12]. Каменные и костяные орудия тонкой обработки — скребла, остроконечники, сверла, ножи. Жилища из костей мамонта и шкур. Захоронение мертвых. Homo sapiens по-прежнему не играет существенной роли в планетарной системе [3].

11. *Верхнепалеолитическая революция (культурная ре-*

волюция кроманьонцев) — 30000 лет назад [2, 3, 13]. Вымирание неандертальцев, носителем культуры становится homo sapiens. Развитие охотничьей автоматики (луки, копья, ловушки), широкое распространение искусства (наскальные рисунки).

12. *Неолитическая революция* — 11000 лет назад [2, 3, 13]. В конце верхнего палеолита развитие охотничьих технологий привело к истреблению популяций и целых видов животных, что подорвало пищевые ресурсы палеолитического общества, и привело к ужесточению межплеменной конкуренции. Оба эти фактора привели к сокращению населения в несколько раз. Ответом на кризис был переход от присваивающего (охота, собирательство) к производящему (земледелие, скотоводство) хозяйству и смена нормативного геноцида зачаточными формами коллективной эксплуатации и своеобразным симбиозом сельскохозяйственных и «воинственных» племен.

13. *Городская революция, начало древнего мира* — 3000 лет до н. э. [2, 3, 13]. Возникновение крупных человеческих агломераций, письменности и первых правовых документов. Последовала за распространением бронзовых орудий, демографическим взрывом и обострением конкуренции за плодородные земли.

14. *Железный век, эпоха империй, революция Осевого времени* — 800 — 500 лет до н. э. [3, 13]. Возникновение технологии получения железа около 800 года до н. э. привело к тому, что оружие стало намного более дешевым, легким и эффективным. Следствием этого стало то, что войны стали крайне кровопролитными. Реакцией на это было, во-первых, объединение мелких государств в более крупные образования — империи, и, во-вторых, авторитарное мифологическое

мышление стало вытесняться личностным, возникли представления о личности как суверенном носителе морального выбора. Это привело к появлению мыслителей и полководцев нового типа — Заратуштра, иудейские пророки, Сократ, Будда, Конфуций и др.

15. *Гибель древнего мира, начало средневековья* — 600 год (здесь и далее новой эры) [2, 13]. Кризис и гибель Римской империи повлекла распространение феодальных государств и княжеств под ведущей ролью мировых религий.

16. *Первая промышленная революция* — 1500 год [2, 3, 13]. Возникновение промышленного производства, что повлекло так же Великие географические открытия, возникновение книгопечатания и культурный переворот нового времени.

17. *Вторая промышленная революция* — 1840 год [2, 13], возникновение механизированного производства, эпоха пара и электричества. Начало эпохи мировых войн и революций. Из-за того, что средства ведения войны и подавления становятся крайне эффективными, в культурной области начинает формироваться негативное отношение к войне как к средству решения политических вопросов.

18. *Информационная революция* — 1950 год [2, 3, 13]. Переход промышленно развитых стран в постиндустриальную эпоху, когда большая часть населения занята не в материальном производстве, а в переработке информации. Войны между промышленно развитыми супердержавами вытесняются в виртуальную область, принимая форму холодной войны. Мировое правительство в форме ООН, международное антивоенное законодательство.

19. *Кризис и распад социалистического лагеря* — 1991 год. Резкое снижение уровня глобального военного противостояния, становление мировой сети Интернет, означающее за-

вершение информационной глобализации. 19-я революция не является общепринятой, но, как будет видно, по некоторым признакам имеет тот же статус, что и предыдущие.

Нетрудно видеть, что длительности исторических эпох (промежутков времени между революциями) постоянно сокращаются. Это явление известно как эффект ускорения исторического времени. Чем выше уровень организации планетарной системы, тем быстрее она эволюционирует, тем меньше времени требуется до наступления следующего продуктивного кризиса и соответствующей революции. Более того, оказывается, что промежутки между революциями сокращаются закономерным образом, что дает последовательность точек, обладающую свойством, близким к автомодельности. На основе анализа революций, начиная с верхнепалеолитической революции 30 тыс. лет назад, на качественном уровне, вывод об автомодельности последовательности исторических эпох был сделан в книге И.М.Дьяконова [13, стр. 352] и затем обсуждался С.П.Капицей [2] применительно ко всему четвертичному периоду длительностью 4,4 млн. лет. Как это ни удивительно, автомодельность охватывает не только период человеческой истории, но и всю эволюцию планетарной системы длительностью около 4-х млрд. лет. Социальная история оказывается гладким автомодельным продолжением биологической эволюции.

Идеальная автомодельная последовательность точек t_n описывается уравнением

$$t_n = t^* - T/\alpha^n. \quad (1)$$

В формуле (1) $\alpha > 1$ — коэффициент ускорения исторического времени, показывающий, во сколько раз каждая последующая эпоха короче предыдущей. T задает длительность всего

описываемого промежутка времени, n — номер революции, а t^* — некоторый момент времени, который можно назвать *моментом сингулярности*. Этот термин был введен И.М.Дьяконовым [13, стр. 352]. Важно отметить, что три параметра α, T, t^* — это минимальный набор параметров, с помощью которого можно описать общую автомодельную последовательность. Формула (1) показывает, что автомодельная последовательность есть не что иное, как сходящаяся геометрическая прогрессия. Легко видеть, что при $n \rightarrow \infty$ последовательность t_n неограниченно приближается к сингулярной точке t^* , никогда ее не переходя. Промежутки между кризисами или революциями вблизи сингулярности стремятся к нулю, а плотность их бесконечна. Дальше сингулярности эволюция в автомодельном режиме не продолжается, а реально, конечно, не может даже к ней приблизиться, так как ситуация, когда последовательные революции разделяют дни или часы, не имеет смысла. Где же располагается ожидаемая сингулярность и насколько точно выполняется свойство автомодельности для реальной последовательности революций?

В уравнении (1) есть три неизвестных параметра t^*, α, T . Можно найти оптимальный набор этих параметров, если аппроксимировать известные точки революций $\{t_n\}$ по методу наименьших квадратов:

$$F(t^*, \alpha, T) = \sum_n [(t^* - t_n)\alpha^n - T]^2 \rightarrow \min.$$

Аппроксимация позволяет также понять, насколько хорошо выполняется автомодельность. Для этого уравнение (1) удобно переписать в виде

$$\lg(t^* - t_n) = \lg T - n \lg \alpha.$$

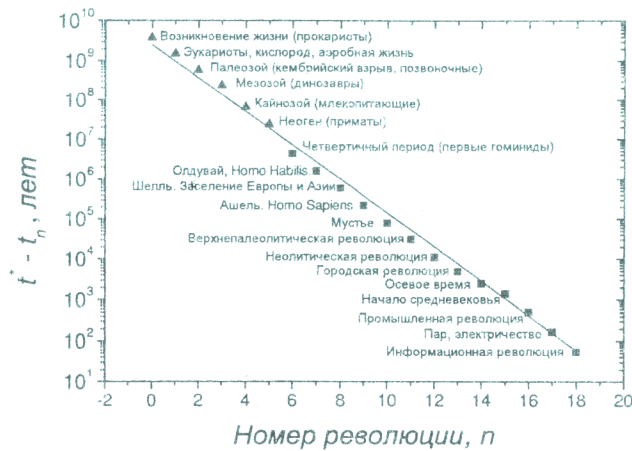


Рис. 1: Автомодельность распределения планетарных революций во времени. Треугольники — биосферные революции, квадратики — социально-биологические или социальные революции, прямая линия — автомодельный аттрактор.

Видно, что расстояние от n -й точки до точки сингулярности в логарифмическом масштабе должно быть линейной функцией n .

Надо сказать, что упомянутая выше процедура «экспертной оценки» оставляет некоторый произвол в выборе положений революций на временной оси. Однако произвол сравнительно невелик и не может оказать существенного влияния на конечный результат анализа. Революция номер 19 (1991-й год) не использовалась в аппроксимации, так как не является общепринятой. Результат аппроксимации приведен на рис.1. По горизонтальной оси отложен номер революции, начиная с возникновения жизни на Земле. По вертикальной оси отложено расстояние от t_n до t^* в логарифмическом масштабе.

Видно, что расположение революций следует автомодельности с удивительной точностью (при точной автомодельности точки должны лечь на одну прямую). Наилучшее приближение дается коэффициентом автомодельности $\alpha = 2,66$ (что близко к числу $e \approx 2,718\dots$). Для сингулярной точки получается значение $t^* = 2004$ год. Любопытно, что революция 1991 года идеально ложится на экстраполяцию автомодельной зависимости: $(1950 - 1840)/2,66 + 1950 \approx 1991$. Это указывает на то, что она имеет статус планетарной революции.

Не стоит относиться к дате $t^* = 2004$ год слишком серьезно. Используемая математическая процедура имеет случайную ошибку. Ее можно оценить, если тем же методом обработать разные участки исторической последовательности. Так, для точек, относящихся только к истории человека (с начала антропогена), получается $t^* = 2027$ год, а для точек, относящихся только к новой эре $t^* = 2011$ год. Последнее значение лучше всего подходит в качестве прогноза, и видно, что величина ошибки этого прогноза составляет ~ 15 лет.

Хотя мысль об автомодельном сокращении длительности исторических эпох и о существовании сингулярности не нова [13, 2], количественных оценок α и t^* не проводилось. Новым в этом анализе является также распространение понятия автомодельности на всю планетарную эволюцию длительностью 4 млрд. лет. Надо отметить, что автомодельность в распределении революций весьма напоминает свойство автомодельности роста мирового населения, детально исследованное С.П.Капицей [2], и, по-видимому, тесно с ним связана.

Можно сказать, что, несмотря на кризисный характер, вся предшествующая история планетарной системы следует единственному гладкому аттрактору, характеризующемуся автомодельным ускорением исторического времени. Поня-

тие аттрактора обычно определяется как траектория в пространстве состояний системы, к которой притягиваются все реальные траектории [14, стр. 13]. Здесь понятие аттрактора имеет именно этот смысл. Аттрактором истории является идеальная автомодельная последовательность, вокруг которой флуктуируют точки реальных революций.

Очевидно, мы находимся в непосредственной близости от сингулярности автомодельного аттрактора истории. Что это означает? Так как сингулярность предсказывается уже в 2011 году, можно с уверенностью сказать, что время автомодельной истории истекло или истекает в ближайшем будущем. Мало кто будет спорить с тем, что человечество в настоящее время находится в предкризисном состоянии. Это и исчерпание невозполнимых природных ресурсов, и многое другое [15]. Но приближающийся эволюционный кризис — это не обычный эволюционный кризис, каких было много в истории планетарной системы, это кризис всего аттрактора планетарной истории. Можно сказать, что это кризис самого предшествующего кризисного характера эволюции, кризис кризисов. Трудно делать отдаленные прогнозы развития цивилизации, но одно предсказание можно сделать с полной определенностью: эффекта автомодельного ускорения исторического времени больше не будет, так как мы уже находимся вблизи точки, в которой эта скорость формально бесконечна. Теперь характер эволюции всей планетарной системы неизбежно должен глубочайшим образом измениться, история должна пройти через точку сингулярности и пойти по совершенно новому руслу. Важно отметить, что *проход через точку сингулярности вовсе не означает неминуемую катастрофу для человечества*. Это означает только, что цивилизация входит в новый рукав истории. Скорее всего, точка кризиса глобаль-

ного аттрактора истории является и точкой бифуркации — возможны разные результаты преодоления точки сингулярности и возможны разные траектории развития в постсингулярной стадии. От деталей поведения цивилизации зависит, что это будет за траектория. Глобальная катастрофа, к сожалению, является одной из возможностей.

Автомодельность последовательности революций означает, что чем дальше мы уходим в прошлое, тем реже встречаются революции. Возникает вопрос, не является ли это эффектом аберрации исторической памяти в том смысле, что экспоненциальное увеличение промежутков времени между революциями отражает доступность истории для исследования, а не реальное объективное свойство распределения *структурных* революций. Можно сказать с полной определенностью, что такое объяснение автомодельности совершенно нереалистично. Рассмотрим, для примера, последнюю тысячу лет истории цивилизации. Этот промежуток времени начинается в раннем средневековье. Наличие существеннейших *структурных* отличий раннесредневековой цивилизации от современной совершенно очевидно. За тысячу лет сменилось несколько экономических формаций, произошел гигантский скачок и в технологии, и в экстенсивных показателях развития цивилизации вроде величины энергопотребления, наронаселения и т. д. Рассмотрим промежуток времени длиной опять в тысячу лет где-нибудь посередине верхнего палеолита, пятнадцать — двадцать пять тысяч лет назад. В то время как в течение этого промежутка времени и в раннем палеолите тоже произошло огромное количество событий (было убито и съедено множество мамонтов, произошли тысячи кровавых межплеменных войн), но *структурных* изменений в цивилизации не было практически никаких. Об этом

со всей определенностью говорят данные археологии. Родо-племенной строй таковым и оставался, присваивающий способ производства оставался присваивающим, и т. д.

Если мы хотим быть последовательными, анализ автомодельности планетарной эволюции следует углубить. Возникновению жизни должна была предшествовать фаза предбиологической химической эволюции. Академик Э.М.Галимов весьма убедительно, как нам представляется, аргументировал точку зрения, согласно которой предбиологическая химическая эволюция, возникновение жизни и биологическая эволюция представляют собой единый процесс, в основе которого лежит диспропорционирование энтропии на основе трансферабельности и эволюционного консерватизма в стационарных неравновесных системах [16, Гл. 3]. Поэтому естественно предположить, что автомодельный аттрактор должен охватывать и предбиологическую эволюцию. Но, оказывается, это совсем не так. По современным представлениям, жизнь на Земле возникла практически мгновенно по геологическим масштабам, как только для этого сложились подходящие условия. На предбиологическую эволюцию остается короткий период от 4,1 до 3,9 млрд. лет назад [1]. На рис. 2 этому соответствует неожиданный загиб эволюционной кривой вниз в точке возникновения Земли (“клюшка”).

Экстраполяция автомодельного аттрактора дает для длительности предбиологической эволюции примерно 5,5 млрд. лет. В историю Земли столь продолжительную эволюцию уместить невозможно. Однако можно предположить, что предбиологическая эволюция действительно продолжалась, как и ожидается, 5,5 миллиардов лет, но не на Земле, а на планетах земного типа около других, гораздо более старых, чем Солнце, звезд. На Землю же жизнь могла попасть в резуль-

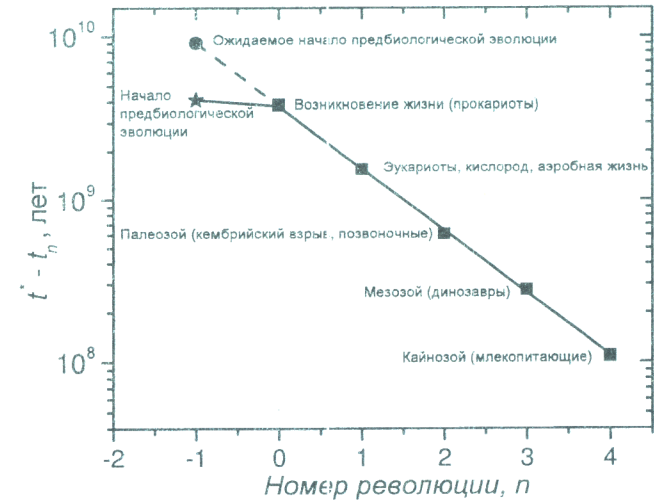


Рис. 2: Аномалия “клюшки” — сверхкороткое время предбиологической эволюции

тате процесса панспермии. Нарушение автомодельности эволюции в виде аномалии “клюшки” (рис. 2) придает гипотезе панспермии актуальность.

Но было ли время на столь длительную предбиологическую химическую эволюцию хотя бы на других планетах? Плоская подсистема звезд нашей Галактики — галактический диск — начала формироваться около 10 млрд. лет назад [17, 18]. Именно в галактическом диске располагаются звезды, содержащие достаточное количество тяжелых элементов для формирования планет земного типа. Легко видеть, что экстраполированное начало предбиологической эволюции ($4,0 + 5,5 = 9,5$ млрд. лет назад) почти точно совпадает с началом формирования галактического диска. Получается, что в Галактике время на предбиологическую эволю-

цию есть, но для того, чтобы успеть к появлению Солнца, предбиологическая эволюция должна была начаться на самых первых планетах земного типа, почти одновременно с возникновением самой Галактики.

Удивительно неслучайный вид аттрактора планетарной эволюции на Земле наводит на мысль о том, что он определяется очень фундаментальными, хотя еще и не понятыми, законами эволюции. Законы эволюции, как и любые другие законы природы, универсальны для Вселенной, поэтому автоматодельный аттрактор может иметь универсальный характер. Это означает, что эволюция с той же автоматодельной шкалой времени реализуется не только на Земле, но и на других планетах. В этом случае из того, что экстраполяция автоматодельного аттрактора эволюции на Земле к началу предбиологической эволюции почти совпадает с началом формирования галактического диска, следует, что Солнце может быть одной из первых звезд в Галактике, вблизи которых автоматодельная эволюция достигла своей сингулярной точки. Поэтому вероятность того, что цивилизация на Земле является вообще первой или одной из первых в Галактике, не кажется исчезающе малой.

Если мы предполагаем, что процесс панспермии жизни может быть эффективным (на что указывает малое время зарождения жизни на Земле), то следует ожидать, что эффективным должен быть и процесс панспермии продуктов предбиологической эволюции, так как предбиологические системы должны быть менее чувствительны к неблагоприятным факторам космического путешествия: вакууму, космическому излучению и т. д. Но отсюда следует, что предбиологическая эволюция на разных планетах в Галактике не могла протекать независимо. Как только где-нибудь возникал удач-

ный предбиологический продукт, например — устойчивая автокаталитическая система, он в космологически очень короткий срок (порядка одного галактического года — сто-двести миллионов лет) путем панспермии распространялся на все другие планеты, также находящиеся в состоянии предбиологической эволюции. Там он должен был в конкурентной борьбе победить менее совершенные предбиологические системы этой планеты и продвинуть эволюцию вперед. Этот механизм должен приводить к синхронизации и унификации предбиологической эволюции во всей Галактике, что в конце концов неизбежно ведет к тому, что и жизнь во всей Галактике первый раз возникает на единой молекулярной основе и практически одновременно везде, где для этого есть подходящие условия. Это явление можно назвать гипотезой галактического самосогласованного происхождения жизни. Интересно, что гипотеза самосогласованного возникновения жизни почти точно соответствует гипотезе известного радиофизика и астронома В.С.Троицкого об одновременном возникновении жизни в Галактике [19], которая была предложена им, правда, просто как альтернатива гипотезе о постоянном происхождении жизни и на основании аналогии: ведь и другие процессы вроде рекомбинации водорода, начала звездообразования и т. д. происходили синхронно во всей Вселенной.

Проведенный анализ показывает, что, переживаемый сейчас системный кризис цивилизации означает конец 4-миллиардолетнего автоматодельного аттрактора земной планетарной эволюции или даже является некоторой планетарной финальной точкой общегалактического процесса эволюции, восходящего ко времени образования галактического диска. Мы подошли вплотную к концу единой автоматодельной шкалы времени, охватывающей все эти процессы. Поэтому пережи-

ваемые сейчас события означают переход на совершенно новую эволюционную траекторию в масштабе от планетарного до галактического, что и определяет драматизм современного исторического момента.

Автор выражает благодарность Л.М.Гиндилису, В.В.Казютинскому и А.П.Назаретяну за полезное обсуждение и поддержку настоящей работы.

Литература

1. *L.E.Orgel. The origin of life — How long did it take? Origins Life Evol. Biosph.*, 28:91–96, 1998.
2. *С.П.Капица. Феноменологическая теория роста населения Земли. УФН*, 166:63–80, 1996.
3. *Назаренян А.П. Цивилизационные кризисы в контексте Универсальной истории. ПЕР СЭ, Москва, 2001.*
4. *Н.В.Лопатин. Древние биосферы и генезис горючих ископаемых. В кн.: Палеонтология и эволюция биосферы. Труды XXV сессии всесоюзного палеонтологического общества, С. 46–50. Наука, Ленинград, 1983.*
5. *В.С.Соколов. Органический мир на Земле на пути к фанерозойской дифференциации. Вест. АН СССР, (1):126–145, 1976.*
6. *Б.М.Келлер. Палеозойская группа (эра). В кн.: БСЭ, Т. 19, С. 106–107. Советская энциклопедия, Москва, 1975.*
7. *М.В.Муратов и В.А.Вахрамеев. Мезозойская группа (эра). В кн.: БСЭ, Т. 16, С. 6–8. Советская энциклопедия, Москва, 1974.*
8. *Е.В.Шанцер. Кайнозойская группа (эра). В кн.: БСЭ, Т. 11, С. 185–186. Советская энциклопедия, Москва, 1973.*
9. *П.И.Борисковский. Олдовой. В кн.: БСЭ, Т. 18, С. 369. Советская энциклопедия, Москва, 1974.*
10. Шелльская культура. В кн.: *БСЭ, Т. 29, С. 377. Со-*

ветская энциклопедия, Москва, 1978.

11. Ашельская культура. В кн.: *БСЭ, Т. 2, С. 471. Советская энциклопедия, Москва, 1970.*
12. *П.И.Борисковский. Мустьерская культура. В кн.: БСЭ, Т. 17, С. 134. Советская энциклопедия, Москва, 1974.*
13. *И.М.Дьяконов. Пути истории. От древнейшего человека до наших дней. Восточная литература, Москва, 1995.*
14. *Физическая энциклопедия. Т. 1. Советская энциклопедия, Москва, 1988.*
15. *Е.Д.Яхнин. Люди! Впереди пропасть. Тайдекс Кс, Москва, 2002.*
16. *Э.М.Галимов. Феномен жизни: между равновесием и нелинейностью. Происхождение и принципы эволюции. Едиториал УРСС, Москва, 2001.*
17. *А.А.Сучков. Галактика. В кн.: Физика космоса: маленькая энциклопедия. Издание второе., С. 63–75. Советская Энциклопедия, Москва, 1986.*
18. *Н.Ж.Роча-Пинто and W.Ж.Маciel. History of the star formation in the local disk from the G dwarf metallicity distribution. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 289(4): 882–888, 1997.*
19. *В.С.Троицкий. К вопросу о населенности Галактики. Астрономический журнал, 58(5): 1121–1130, 1981.*