

Ежегодник «Эволюция»

Редакционный совет ежегодника:

Ю. Е. Березкин, Г. Бэрри III (США), М. Л. Бутовская, С. Гаврилец (США), Л. Е. Гринин, А. В. Дыбо, К. Ю. Еськов, И. В. Ильин, Н. Н. Иорданский, А. А. Казанков, Р. Карнейро (США), Х. Й. М. Классен (Нидерланды), А. В. Коротаев, Д. Кристиан (Австралия), Г. Г. Малинецкий, А. В. Марков, А. Ю. Милитарев, М. В. Мина, А. П. Назаретян, Е. Б. Наймарк, А. Д. Панов, Ж. И. Резникова, П. Скальник (Чехия), Ф. Спир (Нидерланды), Д. Уайт (США), К. Чейз-Данн (США), В. В. Черных.

Эволюция: Эволюционные грани сингулярности / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев. – Волгоград: Учитель, 2020. – 416 с.

ISBN 978-5-7057-6082-4

В настоящее время происходит масса серьезных изменений во многих сферах, включая влияние пандемии. При столь стремительных трансформациях временные рамки для принятия решений часто ограничиваются ближайшими пятью годами, а то и одним годом. Тем не менее нынешние быстрые изменения побуждают нас заглядывать далеко вперед. Это иногда происходит потому, что такого рода изменения есть часть долгосрочной тенденции, проявляющейся на протяжении всей Большой истории.

Быстрые изменения, ведущие к «некоторой существенной сингулярности», были сформулированы Дж. фон Нейманом в 1950-х гг., который утверждал, что постоянно ускоряющийся прогресс технологий и изменений в образе жизни человека создает видимость приближения к некоторой существенной сингулярности в истории расы, за пределами которой человеческие дела, какими мы их знаем, не могут продолжаться. Но важно помнить, что мегатренд в направлении сингулярности не означает, что сингулярность наступит, а наоборот, возможны некоторые ограничения и изменения в тренде. В данном выпуске ежегодника представлены различные точки зрения по этому вопросу.

В оформлении обложки использованы материалы сайта [depositphotos.com](https://depositphotos.com)

Издательство «Учитель»

400079, Волгоград, ул. Кирова, д. 143.

Формат 60×90/16. Печ. л. 26. Тираж 300 экз. Заказ № 178162.

Отпечатано: Акционерное общество «Т8 Издательские Технологии»

109316 Москва, Волгоградский проспект, дом 42, корпус 5

Тел.: 8 499-322-38-30

ISBN 978-5-7057-6082-4

© Издательство «Учитель», 2020

## Содержание

**Введение.** Сингулярность XXI века в перспективе Большой истории (А. Д. Панов, Д. ЛеПуар, А. В. Коротаев, Л. Е. Гринин). . . . . 5

### I. СИНГУЛЯРНОСТЬ И БОЛЬШАЯ ИСТОРИЯ

А. В. Коротаев	Математический анализ сингулярности XXI века в контексте Большой истории . . . . .	19
А. П. Назаретян	«Загадочная сингулярность» XXI века в свете Мегаистории . . . . .	80
С. В. Цирель	Big History и Singularity как метафоры, гипотезы и прогноз . . . . .	102
И. В. Гридчин	Черная кошка сингулярности в лабиринте Большой истории . . . . .	126
С. Н. Гринченко, Ю. Л. Щапова	О сингулярности и ее возможном месте в глобальной истории: дедуктивный подход к эволюции . . . . .	165

### II. АСПЕКТЫ СИНГУЛЯРНОСТИ

Л. Е. Гринин, А. Л. Гринин, А. В. Коротаев	Эволюция динамики темпов технологического роста в историческом процессе и сингулярность . . . . .	177
А. В. Коротаев	О взаимосвязи между формулой увеличения планетарной сложности и уравнением гиперболического роста численности населения Земли. . . . .	245
А. А. Фомин	Сквозная гиперболическая эволюция от биосферы до техносферы . . . . .	263
С. Ю. Малков	О сингулярности в биологической и социальной эволюции. . . . .	283

<i>А. М. Буровский</i>	Очередная планетарная революция или уникальная сингулярность? . . . . .	304
<i>А. Д. Панов</i>	Заметки о сингулярности и эволюции . . . . .	349
<i>А. В. Коротаев</i>	Насколько сингулярна сингулярность XXI века? . . . . .	361

### III. НАУЧНАЯ ЖИЗНЬ

<i>А. Л. Гринин,</i> <i>Л. Е. Гринин</i>	Вглядываясь в будущее. Критика доклада Римского клуба «Come On!» . . . . .	385
---	--	-----

## Введение

### Сингулярность XXI века в перспективе Большой истории

*А. Д. Панов, Д. ЛеПуар,  
А. В. Коротаев, Л. Е. Гринин*

В настоящее время происходит масса серьезных изменений во многих сферах, включая влияние пандемии. При столь стремительных трансформациях временные рамки для принятия решений часто ограничиваются ближайшими пятью годами, а то и одним годом. Тем не менее нынешние быстрые изменения побуждают нас заглядывать далеко вперед. Это иногда происходит потому, что такого рода изменения есть часть долгосрочной тенденции, проявляющейся на протяжении всей Большой истории<sup>1</sup>. В настоящем выпуске мы пытались показать некоторые основания такой точки зрения, что может помочь при разработке будущих сценариев развития.

Быстрое изменение, ведущее к «некоторой существенной сингулярности», было сформулировано Джоном фон Нейманом в 1950-х гг. Согласно С. Уламу, фон Нейман утверждал: «...постоянно ускоряющийся прогресс технологий и изменений в образе жизни человека... создает видимость приближения к некоторой существенной сингулярности в истории расы, за пределами которой человеческие дела, какими мы их знаем, не могли продолжаться» (Ulam 1958: 5). Позже Карл Саган (Sagan 1977) популяризировал космический календарь, чтобы продемонстрировать относительно медленные темпы изменений, ведущих к появлению человека и цивилизации.

Но важно помнить, что мегатренд в направлении сингулярности не означает, что сингулярность наступит, а наоборот, возможны некоторые ограничения и изменения в тренде. В этом выпуске представлены различные точки зрения.

<sup>1</sup> Согласно определению Международной ассоциации Большой истории, «Большая история стремится понять интегрированную историю Космоса, Земли, жизни и человечества, используя наилучшие доступные эмпирические данные и научные методы» (IBNA 2019). Стандартные описания Большой истории см., например: Christian 2004; 2018; Brown 2007; Christian *et al.* 2014; Spier 2010; см. также: Гринин и др. 2013; 2014; Гринин, Коротаев 2015.

- Rogers M. J., Harris J. W. K., Feibel C. S. 1994. Changing Patterns of Land use by PliPleistocene Hominids in the Lake Turkana Basin. *Human Evolution* 27: 139–158.
- Rook L., Bondioli L., Köhler M., Moyà-Solà S., Macchiarelli R. 2004. The Bony Labyrinth of *Oreopithecus bambolii*. *Journal of Human Evolution* 46: 347–354.
- Russell D. A. 1987. Models and Paintings of North American Dinosaurs. *Dinosaurs Past and Present*. Vol. I / Ed. by S. J. Czerkas, E. C. Olson, pp. 114–131. Seattle; Washington: Natural History Museum of Los Angeles County / University of Washington Press.
- Russell D. A., Seguin R. 1982. Reconstruction of the Small Cretaceous Theropod *Stenonychosaurus Inequalis* and a Hypothetical Dinosauroid. *Syllogus* 37: 1–43.
- Sagan C., Druyan A. 1993. *Shadows of Forgotten Ancestors: A Search for Who We Are* (1st ed.). New York: Ballantine Books.
- Sellers R. W. 1969. *Critical Realism. Reflections on American Philosophy from Within*. London: Notre Dame.
- Smith A. R., Pryer K. M., Schuettelpelz E., Korall P., Schneider H., Wolf P. G. 2006. A Classification for Extant Ferns. *Taxon* 55(3): 705–773.
- Webb S. 2008. Megafauna Demography and Late Quaternary Climatic Change in Australia: a Predisposition to Extinctions. *Boreas* 37: 329–345.
- Zeresenay A., Alemseged Z., Spoor F., Kimbel W., Bobe R., Geraads D., Reed D., Wynn J. G. 2006. A Juvenile Early Hominin Skeleton from Dikika, Ethiopia. *Nature* 443(7109): 296–301.

## 11

Заметки о сингулярности  
и эволюции

Александр Дмитриевич Панов

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

*Анализ эволюционных рядов, построенных на выделенных Т. Модисом и Р. Курцвейлом «километровых столбах эволюции», с одной стороны, и на точках «эволюционных фазовых переходов», скомпилированных автором статьи на основе множества работ – с другой, при полной независимости работ и использовании совершенно различных источников приводит к поразительно схожей картине эволюции и практически идентичному расчету точки эволюционной сингулярности (вблизи 2030 г.). В связи с этим автор сравнивает природу выбранных реперных точек эволюции в обоих подходах.*

*Ключевые слова: сдвиги парадигмы, фазовые переходы, точка сингулярности, ароморфозы, кризисный макроотбор, рукава эволюции.*

1. О «километровых столбах» эволюции,  
сдвигах парадигмы и фазовых переходах

Как показал А. В. Коротаев (Коротаев 2018; Коротаев 2020), анализ эволюционных рядов, построенных, с одной стороны, на так называемых «километровых столбах эволюции» или «сдвигах парадигмы», которые выделены Т. Модисом (Modis 2002; 2003) и Р. Курцвейлом (Kurzweil 2005), и, с другой стороны, на точках «эволюционных фазовых переходов», скомпилированных мной (Panov 2005) на основе работ многих авторов, приводит к удивительно схожей картине эволюции и к практически идентичному предсказанию положения точки эволюционной сингулярности (вблизи 2030 г.). Это при полной независимости работ и при использовании совершенно различных источников для построения соответствующих эволюционных рядов. В связи с этим было бы полезно сравнить природу выбранных реперных точек эволюции в обоих подходах.

А. В. Коротаев пишет: «Panov's "phase transition" is a synonyme of Kurzweil's "paradigm shift"» («“фазовые переходы” Панова есть синоним “сдвигов парадигмы” Курцвейла»). Я бы с этим не согласился. У Р. Курцвейла, равно как и у Т. Модиса (что, в общем, примерно одно и то же, так как Курцвейл заимствовал точки Модиса в анализе), мне не удалось найти ясных формальных признаков, по которым они выделяют свои «сдвиги парадигмы». По крайней мере, явно они нигде не сформулированы. Т. Мо-

дис, в частности, в очень значительной степени полагается просто на консенсус многих авторов, которые выделяли важнейшие эволюционные события. Просмотр точек, которые они использовали, показывает, что явно или неявно они использовали то, что в теории называется ароморфозами, причем использовались крупнейшие ароморфозы, величина или глубина которых оценивалась субъективно. Напротив, в моем анализе имеется попытка использовать набор формальных критериев для выделения точек фазовых переходов, и это в точности то, что предложил ранее А. П. Назаретян (1999), лишь с очень небольшими добавлениями. По Назаретяну, каждый «эволюционный фазовый переход» не есть просто «сильное изменение» чего-то или какой-то качественный скачок (ароморфоз), но есть преодоление глобального эволюционного кризиса, сопровождающееся переходом эволюционного равновесия на более высокий уровень (по выражению самого А. П. Назаретяна, «удаление природы от естества»). Формальными признаками этого являются следующие (мы с некоторыми уточнениями приводим формулировки, которые даны в [Панов 2005]):

1. Наличие двух достаточно четко выделяемых подсистем (которые сами могут быть достаточно гетерогенными), одна из которых играет роль лидера эволюции предыдущей фазы, другая – роль лидера последующей фазы. Такими подсистемами могут быть определенные типы живых систем на биологической стадии эволюции, способы производства на социальной стадии и т. д. Например, в ходе Неопротерозойской революции лидерство переходит от прокариот к эукариотам.

2. Наличие собственно кризисной ситуации, вызванной функционированием (обязательно!) лидера предыдущей фазы эволюции, а не каким-нибудь случайным падением метеорита. Например, прокариоты начинают массово деградировать из-за отравления ими же самими атмосферы кислородом (кризис), что приводит к Неопротерозойской революции, после которой лидерами становятся эукариоты, для которых кислород не яд, а необходимая среда обитания. Признаки кризиса могут быть разными, но очень часто это существенные вымирания или депопуляции. Но не любые вымирания являются признаками именно эволюционного кризиса, так как могут произойти и в результате внешних причин типа стихийных бедствий, что также неоднократно случалось. Нужно внимательно смотреть, сопровождается ли вымирание последующими существенными эволюционными перестройками системы.

3. Использование в фазовом переходе фактора избыточного многообразия для отбора лидера следующей фазы эволюции. Пример: эукариоты возникли примерно за миллиард лет до Неопротерозойской революции в результате соответствующего глубокого ароморфоза, но только после преодоления кислородного кризиса стали лидерами новой биосферы. Не возникновение эукариот, а именно преодоление кислородного кризиса

и переход лидерства к эукариотам являются признаками фазового перехода\*.

4. Демонстрация аддитивности эволюции в ходе фазового перехода: прежний лидер эволюции никуда не исчезает, но включается в последующий процесс в новом качестве. Бактерии-прокариоты уходят в бескислородные ниши после Неопротерозойской революции, но не покидают эволюционирующую мир-систему (планетарную систему в терминологии: Panov 2005; Панов 2005) и т. д.

Все эти вещи мы, с весьма разной степенью достоверности, старались продемонстрировать для каждого фазового перехода, вошедшего в окончательную эволюционную кривую (Панов 2005). Полной ясности достигнуть, к сожалению, не удалось, но по крайней мере явная попытка использовать определенные явно сформулированные критерии для отбора точек имела место, и многие точки действительно демонстрируют все характерные признаки 1–4, а некоторые – часть из них.

Основные точки Т. Модиса, будучи только ароморфозами, не вошли и не могли войти в кривую фазовых переходов (Panov 2005a; Панов 2005). Это произошло не случайно, причина этого понятна, и кривые имеют совершенно разную природу. Например, возникновение эукариот (одна из точек Модиса – Курцвейла) произошло до кислородного кризиса в форме фактора избыточного многообразия (эукариоты существовали в редких кислородных нишах вблизи пузырьков кислорода, выделяемых бактериальными матами и т. д.). Здесь нет никакого кризиса и его преодоления с фазовым переходом, поэтому данное событие не принимается как фазовый переход. Напротив, эукариоты стали новыми лидерами эволюции после кислородного кризиса – это фазовый переход, событие принимается. Неопротерозойская революция произошла с использованием ароморфоза эукариот в качестве фактора избыточного многообразия. Это обстоятельство, в частности, является признаком того, что действительно имел место фазовый переход (признак 3, см. выше). Но некоторые очень глубокие ароморфозы так и остались на уровне факторов избыточного многообразия, не приведя к эволюционным фазовым переходам.

Приведем полезный пример такого глубочайшего, но «эволюционно бессмысленного» ароморфоза. Бессмысленного в том отношении, что он не привел к планетарному фазовому переходу и навсегда остался фактором избыточного многообразия.

\* Стоит иметь в виду, что раньше протерозой делили на два периода: ранний и поздний, а теперь на три: добавили еще средний. Эукариоты появились в конце раннего – начале среднего протерозоя, а кислородный кризис (катастрофа, революция) часть ученых теперь сдвигает на более древний период – начало протерозоя. В этих условиях, возможно, корректнее говорить о протерозойской революции. – *Прим. ред.*

Как известно, эукариотическая клетка возникла в результате симбиоза нескольких клеток прокариот – более простых безъядерных одноклеточных существ. Это явление называется эндосимбиозом. Ароморфоз первичного эндосимбиоза имел глубочайшие эволюционные последствия, так как вывел возникшие таким путем эукариоты в лидеры эволюции после кислородного кризиса и Неопротерозойской революции. Но ароморфоз эндосимбиоза не был последним ароморфозом такого типа. Известно явление вторичного эндосимбиоза, когда точно таким же способом, как прокариоты объединились в одну клетку эукариота, несколько клеток эукариотов объединились в одну новую суперсистему, которую можно было бы назвать одноклеточным гиперэукариотом. Это ароморфоз точно такого же масштаба, как и образование самих эукариот, но вторичный эндосимбиоз не привел ни к чему, кроме появления нескольких видов существ, которые в современной таксономии относятся к водорослям. Эукариоты привели также к симбиотическому ароморфозу другого типа – возникновению многоклеточных существ, и судьба этого ароморфоза была совершенно иной. Сначала многоклеточные существа тоже долго существовали на фоне обильной одноклеточной фауны в виде избыточного многообразия (эдиакарская фауна), но в конце концов привели к глубокому фазовому переходу, известному как Кембрийский взрыв.

Теперь мы можем предположительно ответить на вопрос, почему точки Модиса – Курцвейла приводят практически к тем же результатам в отношении темпа эволюции, что и точки фазовых переходов, несмотря на их существенно иную природу. Происходит это потому, что крупнейшие ароморфозы во многих случаях приводят к появлению систем, которые действительно становятся новыми лидерами эволюции в ходе фазовых переходов, которые происходят спустя некоторое время после этих ароморфозов, но связаны прямо не с этими ароморфозами, а с деятельностью предыдущего лидера эволюции. Это крайне существенно! Просто продукт некоего глубокого ароморфоза случайно оказывается подходящим лидером для новой фазы эволюции. Я это явление однажды охарактеризовал как кризисный макроотбор (Панов 2010). Кризисный макроотбор является одним из вариантов обычного естественного отбора. Точки крупнейших ароморфозов оказываются частично скоррелированы с точками фазовых переходов, с некоторым сдвигом по времени. Набор точек Модиса – Курцвейла содержит, как нетрудно догадаться, именно те крупнейшие ароморфозы, которые были использованы в ходе последующих фазовых переходов. В частности, в списке их точек нет такого крупнейшего ароморфоза, как вторичный эндосимбиоз, однако есть ароморфоз многоклеточности, и мы теперь понимаем, почему так получилось.

## 2. О двух понятиях сингулярности эволюции

А. В. Коротаев (Korotaev 2018; Коротаев 2020) отмечал, что Р. Курцвейл (Kurzweil 2005) удивительным образом не заметил, что приводимые им эволюционные кривые позволяют вычислить положение точки сингуляр-

ности эволюции совершенно независимо от последующих выкладок Курцвейла, связанных с искусственным интеллектом, которые приводят к «технологической сингулярности» в 2045 г. Мне представляются отчасти (лишь отчасти) понятными мотивировки Курцвейла в отношении понятия сингулярности. Рисунок с простой гиперболой в книге (Kurzweil 2005) он приводит только для того, чтобы пояснить, что такое вообще сингулярность. Потом Курцвейл приводит многочисленные экспоненциальные или околоэкспоненциальные кривые, иллюстрирующие закон Мура, который действительно в основном экспоненциальный, но не гиперболический. Закон Мура же ему нужен только для обоснования его предсказаний о скором появлении сильного искусственного интеллекта. Последний может стать автономным и начнет саморазвиваться, причем с такой безумной скоростью, что люди не смогут даже за этим уследить, не говоря о том, что не смогут принять участие в этом процессе. Это Курцвейл называет технологической сингулярностью, и в этом смысле сингулярность понимается только как метафора, ничего действительно бесконечного здесь нет. Она является не прямым продолжением каких-либо гиперболических зависимостей, но результатом достижения экспоненциальных кривых закона Мура некоторого критического уровня. В этом смысле не следует путать различные эволюционные сингулярности, которые действительно содержат режим с обострением и формально приводят к бесконечной скорости эволюции в некоторый момент времени, с технологической сингулярностью Рэймонда Курцвейла, которая есть только метафора. Об этом различии довольно подробно написано в эссе об искусственном интеллекте и технологической сингулярности (Панов 2014). Какую роль в книге Курцвейла играют кривые на основе данных Модиса, которые не имеют отношения к закону Мура, мне окончательно понять не удалось. Выглядит это просто как демонстрация, что эволюция вообще каким-то образом ускоряется и с ней может быть связано что-то сингулярное, но уход от возможности количественно проанализировать эти кривые в книге (Kurzweil 2005) выглядит действительно труднообъяснимым обрывом аргументации.

## 3. Два рукава эволюции

Говоря в этом разделе об эволюции материи, мы имеем в виду прежде всего прогрессивную эволюцию. Существует множество определений именно прогрессивной эволюции, мы же из чисто практических соображений под прогрессивной эволюцией будем понимать такое изменение во времени некоторых эволюционирующих систем, которое сопровождается усложнением их структуры. Для описания внутренней структуры «единицы» прогрессивно эволюционирующей системы требуется все больше и больше информации, поэтому прогрессивная эволюция есть почти синоним увеличения удельного информационного содержания эволюционирующих систем. Такое описание прогрессивной эволюции лишено каких-либо морально-этических аспектов, а также смысловых оттенков типа «хуже-лучше». Использованное здесь понятие сложности коррелирует

с понятием сложности в математике, где сложность объекта определяется просто минимальной длиной текста, передающего его структуру, и такое определение прогрессивной эволюции, хотя и может считаться спорным или односторонним, хорошо приспособлено для использования в анализе с точки зрения естественных наук. Впрочем, не стоит и переоценивать значение этого определения в естественных науках, так как с чисто операциональной точки зрения количественно меру удельной информации определить обычно довольно трудно. Часто довольно очевидно, что мера такой информации растет, но трудно определить количественно, как именно она растет, причем по разным причинам: иногда не вполне понятно, что именно следует понимать под упомянутой выше эволюционирующей «единицей», иногда трудно определить информационное содержание этой «единицы». Не будем вдаваться в детали, связанные с этими проблемами, так как предложенного определения часто хватает для качественного анализа.

Прогрессивная эволюция, понятая как усложнение структур, началась в неорганической материи практически с момента Большого взрыва (точнее, как минимум с момента Большого взрыва, но, может быть, и раньше) и продолжается на наших глазах по сей день в форме все усложняющихся сетевых структур современной цивилизации и технологического прогресса в различных его формах, в том числе в форме все увеличивающихся потоков обрабатываемой информации и информации, сохраняемой обществом на различных, теперь главным образом электронных, носителях. Эволюция не является, конечно, прогрессивной всегда и везде. В отдельных системах обнаруживается и попятное движение, но мы отмечаем устойчивое увеличение наивысшего достигнутого уровня эволюции во Вселенной с течением времени, несмотря на различные извивы и «взбрыки» общего эволюционного процесса. Собственно говоря, наличие сквозного вектора прогрессивной эволюции на протяжении всей доступной для изучения истории наблюдаемой Вселенной и есть одно из главных оснований для введения такого понятия, как «Универсальная эволюция». Универсальность ее и характеризуется наличием универсальных векторов или инвариантов, присутствие которых можно обнаружить во все времена, от Большого взрыва до наших дней.

Вектор прогрессивности не является единственным таким универсальным инвариантом вселенской эволюции. Другим важным инвариантом является консерватизм эволюции, который также прослеживается на всех без исключения ее этапах (насколько нам известно, это понятие ввел Э. М. Галимов [2001]).

Для того чтобы объяснить, что такое консерватизм эволюции, прежде всего надо отметить, что для эволюции характерна смена периода относительно плавных изменений некоторых характеристик эволюционирующих систем резкими качественными скачками, когда образуются новые, качественно более сложные продукты эволюции. В биологии такие скачки называются ароморфозами, но аналогичные скачки были характерны и для

неживой природы на ранних стадиях эволюции Вселенной. Консерватизм эволюции означает, что каждый последующий такой качественно более высокий эволюционный уровень материи так или иначе базируется на объектах предыдущих эволюционных уровней, часто включая их в себя в качестве субструктуры, но иногда и иным образом. Эволюционирует только то, что уже существует, комбинируясь друг с другом и приобретая при этом новые качества и новый смысл. Сложноорганизованная система не может возникнуть «на пустом месте», такая система всегда является результатом комбинаторики или иных процессов с участием систем предыдущего уровня. Эволюция не занимается стратегическим планированием и предварительным расчетом своих ароморфозов, она работает только с тем материалом, который у нее уже есть под рукой, поэтому не все важнейшие эволюционные решения выглядят оптимальными. В качестве забавного примера можно отметить строение глаза позвоночных, когда глазной нерв прикрепляется к сетчатке с наружной стороны, создавая слепое пятно. В этом нет абсолютно никакого смысла, что подтверждается строением глаза головоногих моллюсков. Он устроен точно так же, как у позвоночных, но нерв прикреплен с обратной стороны сетчатки, так что здесь никакого слепого пятна нет. Почему же глаз позвоночных устроен так нелепо? Видимо, первый прямой предок позвоночных чисто случайно имел глаз такого строения, и у эволюции не было иного выхода, как начать развитие типа позвоночных, начиная с того, что есть. Подобные эволюционные упущения (имеется множество других примеров) являются важнейшим предсказанием и подтверждением консервативности эволюции в биологии.

Полезно привести несколько примеров консервативных эволюционных скачков.

Через ничтожную долю секунды после Большого взрыва материя существует в виде плазмы, состоящей из свободных кварков, лептонов, фотонов и других частиц, которые в квантовой теории поля считаются элементарными, бесструктурными (называется кварк-глюонная плазма). Если сами эти частицы не считать в каком-нибудь смысле составными, то устойчивые структурные образования материи отсутствуют, во Вселенной царит полный хаос. Вселенная имеет очень простое описание: это, собственно, только набор частиц и полей плюс температура, которая однозначно определяет плотность. После некоторого снижения температуры вещества из-за расширения Вселенной кварки связываются глюонами (переносчиками сильного взаимодействия) в составные частицы – адроны (нейтроны, протоны и другие) – первые устойчивые структурные образования. Структура материи спонтанно усложняется, причем основой нового уровня организации материи являются элементы предыдущего уровня. Объекты нового уровня организации материи состоят из объектов предыдущего уровня. Некоторые другие частицы, например электроны, остаются пока свободными.

После некоторого дополнительного охлаждения Вселенной первичные протоны – составные объекты предыдущего уровня эволюции – свя-

зываются с электронами (рекомбинация электронов). Образуется структура более высокого уровня – атом водорода, включающая в себя как субструктуры продукты самоорганизации предыдущих уровней. Предыдущий паттерн эволюции повторяется. Аналогичным же образом чуть раньше из протонов и нейтронов возникают первичные ядра гелия и затем атомы гелия.

На некоторой фазе эволюции неорганического вещества во Вселенной образуются первые звезды – тоже составные объекты, которые образуются главным образом из водорода и гелия, которые, как мы видели, сами являются продуктами предыдущей консервативной эволюции. В ходе эволюции звезд нарабатываются тяжелые химические элементы в количествах, достаточных для формирования планет земного типа. Тяжелые элементы выбрасываются в космос в процессе взрыва сверхновых звезд. Здесь мы имеем консерватизм другого типа: тяжелые элементы не могли бы появиться без звезд, и существование последних является необходимой предпосылкой появления тяжелых элементов, но сами звезды не входят, очевидно, в состав тяжелых химических элементов. Тяжелые элементы в своем дальнейшем существовании вполне могут обходиться и без звезд, образуя, например, структуры нового вида – газопылевые облака (из которых формируются звезды следующих поколений).

Пока были приведены примеры из неорганической эволюции, которая при этом была вполне прогрессивной в определенном выше смысле, так как имело место образование все более сложных объектов: от первичной практически однородной кварк-глюонной плазмы до весьма сложно устроенных атомных ядер тяжелых элементов и отвечающих им еще более сложных атомов (ведь в состав атомов, помимо ядра, входит еще и электронная оболочка).

Следующие примеры принадлежат к биологической эволюции. Известно, как именно это произошло, но из сложных органических соединений каким-то образом появились первые живые существа (возможно, промежуточной ступенью был еще так называемый РНК-мир). Так или иначе, первые живые существа консервативным образом включили в себя элементы предыдущей фазы эволюции – сложные органические молекулы. Скорее всего, первыми живыми объектами были прокариоты – простейшие клетки, не содержащие еще клеточное ядро и другие внутриклеточные органеллы. Следующим эволюционным уровнем были эвкариоты. Каждая клетка эвкариота является симбионтом нескольких сильно специализированных прокариотических клеток. Опять имеем консерватизм типа «состоит из». Далее, многоклеточные существа являются, по сути, колониями сильно специализированных одноклеточных эвкариот. И снова имеем консерватизм типа «состоит из».

Наконец, перейдем к социальной эволюции. Любой социум состоит из отдельных индивидов – социальная эволюция консервативным образом основана на предыдущей чисто биологической эволюции. На определенной стадии социальной эволюции возникают сознание и затем разум в че-

ловеческом смысле. Человечество, будучи носителем разума, включает в себя множество отдельных биологических особей, консервативно основываясь на всей предыдущей биологической эволюции. Да и каждый отдельный человек, будучи носителем духа, как его ни понимать, остается в то же время и животным.

В приведенных примерах можно заметить существование эволюционного консерватизма двух типов: один можно назвать сильным, другой – слабым.

Примером сильного консерватизма является, например, возникновение атомов из нуклонов и электронов – связь типа «состоит из». Здесь нуклоны, которые сами являются результатом объединения кварков и глюонов в один комплексный объект на определенном этапе эволюции Вселенной, включаются в качестве субструктуры в более высокий эволюционный структурный уровень материи – атом. Атомы не могут существовать без нуклонов. Другой пример сильного консерватизма – возникновение многоклеточных организмов из клеток. Социальные структуры и разум тоже возникают сильно консервативным способом из своей биологической основы и не могут без нее существовать. Иными словами, сильный консерватизм означает, что эволюционный объект более высокого уровня так или иначе не имеет смысла без своих родительских объектов предыдущего эволюционного уровня, либо включая их в виде субструктур, либо основываясь на них каким-то иным способом, как, например, разум человека основан на его биологическом теле.

Примером слабого консерватизма является возникновение тяжелых химических элементов в результате эволюции звезд. Здесь существование звезд является необходимой предпосылкой возникновения тяжелых элементов: не было бы звезд, тяжелые элементы никогда бы не возникли. Но, появившись, тяжелые элементы для своего существования не требуют существования звезд. Они вполне могут продолжать существовать сами по себе.

Интересно то, что возникновение тяжелых элементов является не только примером существенного эволюционного скачка, обладающего лишь слабым консерватизмом, но и единственным таким примером. Если внимательно посмотреть на связь эволюционных уровней до возникновения тяжелых элементов и после него, вплоть до появления разума, то нетрудно заметить, что имел место только сильный консерватизм. Таким образом, возникновение тяжелых элементов разбивает эволюцию как бы на два отдельных сильно консервативных рукава, связанных слабо консервативным переходом.

Можно отметить, что два сильно консервативных рукава эволюции в некоторых отношениях устроены существенно по-разному.

Первое. В первом, более раннем рукаве, начиная от распада кварк-глюонной плазмы до возникновения звезд, эволюция шла с замедлением в том смысле, что качественные скачки в организации материи происходили все реже и реже; во втором, более позднем рукаве эволюции, начиная

с предбиологической химической эволюции и заканчивая возникновением разума (по крайней мере, на нашей планете), – с ускорением. Более того, первый рукав начинается с Большого взрыва, который ввиду исключительно высоких темпов начальной эволюции материи по своему характеру был близок к сингулярности – точке, где темпы процессов формально стремятся к бесконечности. Второй рукав, напротив, завершается взрывным увеличением темпов развития социума – эволюционной сингулярностью. Имеет место в известном смысле приблизительная зеркальная симметрия первого и второго рукавов относительно темпов эволюции в них.

Второе. Механизмы эволюции в первом и втором рукавах были существенно разными. В первом рукаве усложнение происходило за счет спонтанного нарушения симметрии при снижении температуры. Первичная плазма совершенно однородна и симметрична. Образование связанных частиц – адронов – нарушает однородность и симметрию системы. Точно так же образуются атомы, звезды, а также галактики и скопления галактик. Не вполне понятно, как шла предбиологическая эволюция, но в ходе биологической эволюции ведущим фактором прогресса стала борьба за свободную энергию, сопровождающаяся включением механизма естественного отбора. Вполне возможно, что подобные механизмы работали уже на фазе формирования сложных предбиологических молекул.

Может показаться, что первый рукав в каком-то смысле более тривиальный по сравнению со вторым. Но это не так. Легко представить себе вселенную, где эволюция материи обрывается очень рано. Например, не могут возникнуть атомы (для этого достаточно нарушить тонкий баланс масс протона, нейтрона и электрона), не могут возникнуть галактики (недостаточное количество темной материи) и т. д. Даже для реализации первого рукава эволюции требуется чрезвычайно тонкий баланс фундаментальных постоянных (Розенталь 1980).

Единственный слабо консервативный переход, связывающий первый и второй рукава эволюции, обладает любопытной особенностью. Тяжелые элементы в ходе эволюции звезд смогли возникнуть благодаря совершенно удивительному обстоятельству: из-за существования возбужденного состояния с энергией 7,65 МэВ в ядре углерода. Благодаря наличию этого уровня энергии ядра масса возбужденного ядра углерода оказывается почти точно равной сумме масс ядер  $4\text{He}$  и  $8\text{Be}$ . Именно поэтому ядро очень короткоживущего бериллия-8 в звездах может слиться с ядром гелия, дав в результате ядро углерода. Это слияние есть критическое звено, с которого начинается синтез тяжелых элементов. При этом существование уровня 7,65 МэВ выглядит совершенно случайным обстоятельством. Если бы его не было, тяжелые химические элементы в нашей Вселенной никогда не были бы синтезированы, и возникновение жизни стало бы невозможным. Здесь можно отметить, что наличие этого состояния является в некотором смысле более случайным, чем случайный удачный подбор значений фундаментальных констант, о котором писал И. Л. Розенталь (1980).

Если такие величины, как масса протона, нейтрона, электрона, постоянная тонкой структуры, действительно фундаментальны, то уровень энергии в ядре углерода ничем не выделен среди множества подобных объектов и является чем-то действительно совершенно случайным. То, что от какого-то случайного уровня энергии ядра зависит столь многое, кажется совершенно невероятным.

Трудно отделаться от впечатления, что два в некотором роде вполне «естественных», хотя и существенно разных сильно консервативных рукава эволюции «склеены» друг с другом каким-то совершенно «нестественным» образом с помощью весьма прихотливо устроенного слабо консервативного перехода. Это вызывает ассоциацию с чем-то вроде ключа и замочной скважины.

Есть основания предполагать, что мы здесь и сейчас находимся в конечной точке второго рукава эволюции. Эволюция входит в режим с обострением и дальше с тем же темпом роста скорости продолжаться не может – концом второго рукава эволюции является конечная сингулярная точка, в которой скорость эволюции формально должна бы обратиться в бесконечность. Именно поэтому точка сингулярности недостижима, следовательно, вблизи нее режим эволюции должен неизбежно измениться. От точки сингулярности нас отделяет не более нескольких десятков лет, или, в несколько иных терминах, мы уже вошли в более или менее продолжительную «зону сингулярности». Вопрос состоит в том, что находится за этой точкой сингулярности. Находимся ли мы в начале третьего рукава эволюции, и что он собой может представлять, если это так? Может быть, это снова будет рукав с замедлением темпов развития? И не следует ли ожидать столь же «противоестественного» характера «склейки» второго рукава с третьим, как и первого со вторым? Будет ли эта «склейка» сильно консервативной или слабо консервативной? Нельзя ли усмотреть признаков ответа на эти вопросы в настоящем? Не лежит ли уже обязанность организации такой «склейки» на нашей совести?

Довольно любопытно, что вопрос о характере склейки второго рукава с третьим легко связать с проблемой искусственного интеллекта (ИИ). Более точно вопрос можно связать с возможностью создания сильного ИИ. Под сильным ИИ понимается такой ИИ, который превосходит интеллект всего человечества по всем параметрам. Очевидно, такой ИИ должен быть способен к саморазвитию (это следует просто из того, что люди были способны создать сильный ИИ, поэтому последний должен обладать аналогичными способностями по определению). Будучи способным к саморазвитию, сильный ИИ не будет нуждаться в дальнейших контактах с его родителем – человечеством и, в принципе, может приступить к самостоятельной эволюции в полном отрыве от создавшего его человеческого разума. Это может означать слабо консервативную «склейку» нового, кибернетического рукава эволюции с предыдущим, биологическим. Напротив, если создание сильного ИИ невозможно, то он должен будет суще-



ствовать в симбиозе с породившем его человеческим разумом; разум и ИИ могут образовать единую суперсистему нового эволюционного уровня (что фактически уже, кажется, происходит), и переход в третий рукав будет тогда сильно консервативным – суперсистема основана и на биологическом разуме, и на ИИ, как на подсистемах. Это же произойдет, если сильный ИИ возможен и когда-то будет создан, но по какой-то причине сам не захочет отделяться от человечества. Что же нас ждет? Пока не вполне понятно, правильно ли даже сформулированы поставленные выше вопросы, но, что существенно, представление о двух рукавах эволюции, о характере связи между рукавами, по крайней мере с неизбежностью приводит к необходимости их постановки.

### Библиография

- Галимов Э. М. 2001. *Феномен жизни: между равновесием и нелинейностью. Происхождение и принципы эволюции*. М.: УРСС.
- Коротаев А. В. 2020. Математический анализ сингулярности XXI века в контексте Большой истории: *Эволюция: Эволюционные грани сингулярности* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, с. 19–79. Волгоград: Учитель.
- Назаретян А. П. 1999. *Цивилизационные кризисы в контексте Универсальной истории*. М.
- Панов А. Д. 2005. Сингулярная точка истории. *Общественные науки и современность* 1: 123–137.
- Панов А. Д. 2010. Лучше меньше, да лучше. О книге С. Д. Хайтуна «Феномен человека на фоне универсальной эволюции». *Эволюция: проблемы и дискуссии* / Ред. Л. Е. Гринин, А. В. Марков, А. В. Коротаев, с. 160–231. М.: ЛКИ (URSS).
- Панов А. Д. 2014. Технологическая сингулярность, теорема Пенроуза об искусственном интеллекте и квантовая природа сознания. *Приложение к журналу «Информационные технологии»* 5: 1–32.
- Розенталь И. Л. 1980. Физические закономерности и численные значения фундаментальных постоянных. *Успехи физических наук* 131: 239–256.
- Korotaev A. 2018. The 21st Century Singularity and its Big History Implications: A Re-analysis. *Journal of Big History* II(3): 73–119.
- Kurzweil R. 2005. *The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology*. New York: Viking Penguin.
- Modis T. 2002. Forecasting the Growth of Complexity and Change. *Technological Forecasting and Social Change* 69(4): 377–04.
- Modis T. 2003. The Limits of Complexity and Change. *The Futurist* 37(3): 26–32.
- Panov A. D. 2005. Scaling Law of the Biological Evolution and the Hypothesis of the Self-consistent Galaxy Origin of Life. *Advances in Space Research* 36(2005): 20–225.

## 12

### Насколько сингулярна сингулярность XXI в.?<sup>1</sup>

Андрей Витальевич Коротаев

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»;  
Институт Африки РАН

В этой статье подробно обсуждается возможность того, что сингулярность XXI в. является продуктом искаженного человеческого восприятия, описываемого законом Вебера – Фехнера. Показано, что хотя эффект Вебера – Фехнера и может создавать ряды с гиперболическими характеристиками, гиперболический паттерн ускорения с сингулярностью в XXI в., прослеживаемый в рядах Панова и Модиса – Курцвейла, объясняется прежде всего реальным гиперболическим ускорением глобальной мегаэволюции.

**Ключевые слова:** эффект Вебера – Фехнера, фазовые переходы, сингулярность, глобальная демографическая значимость, ряд Модиса – Курцвейла, ряд Панова.

### Закон Вебера – Фехнера

Здесь представляется уместным более подробно обсудить возможность того, что сингулярность является продуктом искаженного человеческого восприятия (подробнее о такой возможности см.: Цирель 2020; Tsirel 2020a; Widdowson 2020; Malkov 2020; Dobrolyubov 2020).

М. Уиддоусон здесь довольно уместно вспоминает закон Вебера – Фехнера (см., например: Fechner 1966; Fitts, Posner 1973), отмечая, что этот закон «утверждает, что наша способность воспринимать изменение стимула является относительной по отношению к существующему уровню стимула. Включение мобильного телефона в темной комнате освещает всю комнату, в то время как включение телефона в светлой комнате не приводит к фиксируемому нами увеличению освещенности» (Widdowson 2020: 495). Таким образом, в принципе сигнал от менее важного недавнего события вполне может забивать сигнал от даже более важного, но значительно более удаленного от нас во времени события.

<sup>1</sup> Исследование выполнено в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского университета «Математические методы анализа сложных систем».