

Опыты междисциплинарного мышления. СИНГУЛЯРНАЯ ТОЧКА ИСТОРИИ

Автор: А. Д. ПАНОВ

Все чаще современные ученые чувствуют ограниченность дисциплинарных рамок исследования, причем даже в случае, когда речь идет о дисциплине в широком смысле слова. Привычными стали работы на "стыках" наук. Но по-прежнему весьма редки случаи, когда ученый в одинаковой степени владеет методами далеких друг от друга областей познания, например истории и математики, физики и лингвистики и т.п. В этом и ряде последующих номеров вниманию читателей мы предлагаем цикл работ таких научных "кентавров". Результаты своих исследований они обсуждали в прошлом году на I Международной научно-практической конференции "Единое поле культуры как новая парадигма образования" в Угрешском филиале Международного университета природы, общества и человека "Дубна" (г. Дзержинский). Общеисторические и методологические аспекты темы конференции известны читателям нашего журнала по материалам "круглого стола" "Единое поле мировой культуры" (2003. N 6). Думается, что их конкретное преломление в работах авторов, совмещающих принципы естественно-научного и гуманитарного мышления, весьма интересны как качественно новый научный подход.

Планетарная история, включающая историю биосферы и цивилизации, представляет собой последовательность эпох и разделяющих их фазовых переходов - революций. Последовательность революций характеризуется явлением "ускорения исторического времени" и образует сходящуюся последовательность точек, обладающую свойством масштабной инвариантности. Ожидаемый предел этой последовательности приходится на 2000 - 2030 гг. Планетарный цикл Универсальной истории, продолжавшийся 4 млрд. лет и характеризовавшийся эффектом ускорения исторического времени, заканчивается у нас на глазах, и эволюция должна будет пойти по совершенно новому пути.

Мало у кого вызывает сомнение, что современная земная цивилизация находится на пороге тяжелого системного кризиса. Это и экологические проблемы, и исчерпание невозобновляемых ресурсов, и многое другое. Однако кризисы не раз случались в истории человечества [Моисеев, 2003; Назаретян, 2004], поэтому уместен вопрос, не является ли приближающийся системный кризис очередным обычным цивилизационным кризисом в череде других подобных? Попытаюсь показать, что на этот вопрос

Выражаю благодарность Л. Гиндилису, В. Казютинскому и А. Назаретяну за полезное обсуждение и поддержку настоящей работы, а также всем тем, чья конструктивная критика и заинтересованность немало способствовали ее улучшению.

Панов Александр Дмитриевич - кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института ядерной физики Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова.

следует ответить отрицательно. Хотя приближающийся системный кризис имеет некоторые черты, характерные и для других цивилизационных кризисов, есть основания полагать, что переживаемые сейчас события по своей драматичности сопоставимы с возникновением жизни на Земле. Смее утверждать, что при всей своей амбициозности данный вывод основывается на анализе хорошо известных фактов.

Хотя к рассматриваемым здесь представлениям я пришел главным образом в связи с анализом общих законов эволюции, данным А. Назаретяном [Назаретян, 2004], аналогичные идеи развивались раньше в ряде других работ [Дьяконов, 1995; Капица, 1996; Чучин-Русов, 2002; Жирмунский, Кузьмин, 1982; Гринченко, 2001]. Причем этот список, по-видимому, неполон.

В данной статье я рассматриваю биосферу и ее позднюю стадию - ноосферу - как последовательные фазы развития единого объекта, который назову планетарной системой и буду говорить о единой эволюции планетарной системы, используя систему понятий модели эволюции и *синергетической модели истории*, обоснованных Назаретяном [Назаретян, 2004].

Планетарная система развивается как единый сложный объект. Похожие эволюционные события происходят более или менее синхронно в разных местах планеты, что дает основание говорить о фазах развития планетарной системы как целого. Ее эволюция имела вполне определенную направленность, то есть "векторный" характер, обусловленный усложнением структуры и удалением планетарной системы от состояния термодинамического равновесия.

История планетарной системы может быть рассмотрена как последовательность сменяющих друг друга качественно различных фаз, разделенных более или менее отчетливыми фазовыми переходами, - "планетарными революциями". Революции являются ответами планетарной системы на эволюционные кризисы различного типа. Продуктивны при этом кризисы, вызванные не внешним воздействием (вроде падения крупного метеорита или наступления ледникового периода), но являющиеся закономерным результатом развития самой планетарной системы (например, эндоэзогенные кризисы, когда деятельность биосферы или общества приводит к таким изменениям среды обитания, что устойчивость планетарной системы ставится под вопрос).

В геологической летописи Земли с начала фанерозоя (примерно 600 млн. лет назад) выделяется несомненная периодичность событий, связанных с массовым вымиранием живых организмов. Удастся выделить два периода - первый около 216 млн. лет и второй около 30 млн. лет. Первый связан с длительностью галактического года (период обращения Солнца вокруг центра Галактики), второй, возможно, с периодом колебания Солнца относительно галактической плоскости [Неручев, 1999]. Однако далеко не все катастрофические события внешнего происхождения приводили к революционной структурной перестройке биосферы, хотя в некоторых случаях такие перестройки имели место. Видимо, революционная перестройка под влиянием внешних факторов происходит только тогда, когда она назрела по внутренним причинам.

В момент революции решающим фактором во многих случаях оказывается так называемое избыточное внутреннее разнообразие системы, то есть такие формы организации планетарной системы, которые не играют существенной системообразующей роли на данном этапе развития и не дают явных эволюционных преимуществ. Однако в момент наступления эволюционного кризиса именно некоторые из форм избыточного внутреннего разнообразия дают адекватный ответ на кризис и становятся новым системообразующим фактором. По сути это не что иное, как одна из форм реализации механизма естественного отбора. Революционное преобразование - не первое появление эволюционно продвинутой подсистемы, а лишь существенная перестройка планетарной системы, в результате которой такая подсистема становится доминантным фактором в эволюции.

Старые эволюционные формы не элиминируются полностью, но продолжают сосуществовать с новыми, часто при этом включаясь в них как составная часть или подсистема. Так, наряду со сложными многоклеточными организмами продолжает суще-

ствовать одноклеточная фауна, причем основой организации многоклеточного организма является клетка - видоизмененный и специализированный одноклеточный организм. Эволюция напоминает пирамиду, которая прирастает своей вершиной за счет некоторого редуцирования и уплотнения основания. Именно положением вершины определяется достигнутый эволюционный уровень планетарной системы. При этом количественное преобладание одной эволюционной формы над другими, как правило, не может быть критерием выбора наиболее прогрессивной подсистемы. Мы соседствуем с одноклеточными прокариотами, возникшими 4 млрд. лет назад. Полная масса прокариот многократно превышает полную массу человечества, но это не мешает нам определять уровень развития планетарной системы именно наличием цивилизации.

Поскольку разрешение эволюционного кризиса означает переход планетарной системы в состояние, более далекое от равновесия, чем предыдущее, для сохранения гомеостаза система должна реализовать некоторые компенсирующие механизмы. На цивилизационном этапе эволюции одним из важнейших механизмов адаптации оказывается совершенствование культурных регуляторов, которые противостоят росту разрушительной силы новых технологий. Согласно гипотезе техногуманитарного баланса Назаретяна, те подсистемы цивилизации, которые не в состоянии ответить на техногенные кризисы выработкой адекватных культурных регуляторов, выбывают из эволюции, выжившие же подсистемы обладают более совершенными культурными регуляторами.

Планетарные революции

Для дальнейшего анализа потребуется полный набор всех фазовых переходов (революций) планетарной системы. Синергетическая модель истории, существенным элементом которой является понятие эволюционного кризиса и соответствующей революции, сформулирована в виде набора гипотез, справедливость которых проиллюстрирована на обширном историческом материале [Назаретян, 2004]. Однако не для всех событий, трактуемых как планетарные революции, удастся проследить все детали действия механизмов, описанных выше. Часто это связано с отсутствием детальной информации; но в других случаях может означать, что концепция дает лишь некоторое приближение к действительности. Поэтому модель не удастся использовать как формальный аппарат для выделения в планетарной системе событий, которые можно было бы считать революциями.

Заранее вообще не очевидна осмысленность задачи выделения определенного набора планетарных революций, ибо разные специалисты нередко революциями называют разные события. Особая проблема в том, что речь идет о событиях разнообразного характера - это и биосферные эволюционные всплески, и научно-технические и культурные перевороты, и т.д. Тем не менее по поводу статуса ряда исторических или биосферных событий как существенных фазовых переходов, разделяющих качественно различные эпохи, в среде специалистов соответствующего профиля (палеонтологи, антропологи, историки и т.д.) существует разумный консенсус, хотя о полном согласии говорить не приходится. Именно такие события, выявленные в результате своеобразной "экспертной оценки", можно попытаться трактовать как революции. При таком подходе трудно полностью избежать некоторой субъективности. Используемая мною методика базируется на анализе литературных данных и на подтверждении статуса события как планетарной революции на основе характерных признаков фазового перехода (наличие эндоэкзогенного кризиса, роль избыточного многообразия и пр.), когда это возможно.

Ниже перечислены планетарные революции с использованием нумерации начиная с нуля.

0. *Возникновение жизни на Земле* - около 4×10^9 лет назад [Orgel, 1998; Розанов, Заварзин, 1997; Розанов, 2003; Федонкин, 2003]. Жизнь возникает в форме примитивных безъядерных одноклеточных организмов - прокариотов (и, возможно, вирусов [Гали-

мов, 2001]). После возникновения жизни, приблизительно в течение 2 - 2,5 млрд. лет эволюция протекала, по-видимому, без существенных потрясений, при этом главным системообразующим фактором биосферы была прокариотная фауна. Это видно, в частности, по монотонному росту скорости отложения горючих ископаемых (седиментогенез) вплоть до достижения максимума 2,0 - 1,5 млрд. лет назад [Лопатин, 1983]. Однако задолго до конца прокариотной эры возникли первые эвкариоты и, возможно, даже примитивные многоклеточные организмы [Розанов, 2003; Федонкин, 2003]. Специально отмечается [Федонкин, 2003], что эвкариоты не играли заметной роли в глобальных биохимических циклах вплоть до кислородного кризиса около 1,5 млрд. лет назад (см. ниже). Эвкариотная фауна на фоне прокариотной существовала в форме избыточного внутреннего разнообразия.

1. *Кислородный кризис или неопротерозойская революция* - $1,5 \times 10^9$ лет назад [Федонкин, 2003; Лопатин, 1983; Розанов, 2003; Заварзин, 2003]. 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 седиментогенеза в этот период [Лопатин, 1983; Розанов, Заварзин, 1997]. Кислородный кризис - типичный пример эндоэкзогенного кризиса и первый глобальный экологический кризис в истории Земли. На смену анаэробным прокариотам пришли аэробные формы жизни, которые представлены в основном как одноклеточными, так и многоклеточными эвкариотами. По разным данным это событие имело место от 2,0 до 1,0 млрд. лет назад, но при этом фактически имеются в виду разные фазы этого перехода. От пика революции нас отделяет приблизительно 1,5 млрд. лет.

2. *Кембрийский взрыв* - $590 - 510 \times 10^6$ лет назад [Келлер, 1975; Розанов, 1986; Кэррол, 1992]. В течение нескольких десятков миллионов лет возникают практически все современные филогенетические стволы многоклеточных, включая позвоночных [Кэррол, 1992, с. 37]. Кембрийский взрыв совпадает с началом палеозойской эры. В течение палеозоя жизнь постепенно выходила на сушу и осваивала ее. Уже в кембрии обнаружены первые попытки выхода беспозвоночных на сушу [Федонкин, 2003]. Палеозойская эра заканчивается господством на суше земноводных, чрезвычайно разнообразных и часто гигантских [Кэррол, 1992], среди растений - хвощи, плауны и папоротники. За несколько десятков миллионов лет до окончания палеозоя возникают первые пресмыкающиеся (избыточное разнообразие), которые становятся системообразующим фактором следующей фазы развития планетарной системы.

3. *Начало мезозойской эры, революция пресмыкающихся* - 235×10^6 лет назад [Кэррол, 1992; Муратов, Вахрамеев, 1974; Кэррол, 1993^a]. Внезапно и быстро вымирают практически все отряды палеозойских земноводных [Кэррол, 1992, с. 192], лидерство на суше переходит к пресмыкающимся - сначала звероподобным и зверозубым ящерам, потом к динозаврам [Кэррол, 1993^a]. В мире растений начинают господствовать голосемянные (хвойные, гинковые и др.). Уже в середине мезозоя появляются первые млекопитающие, но в экосистемах они играют подчиненную роль (избыточное многообразие).

4. *Начало кайнозойской эры, революция млекопитающих* - 66×10^6 лет назад [Шанцер, 1973; Кэррол, 1993^a; 1993^b]. Полностью вымирают динозавры, на суше - гигантский всплеск разнообразия млекопитающих, в воздухе господствуют птицы, среди растений голосемянные вытесняются покрытосемянными (цветковыми). Предположение о том, что вымирание динозавров вызвано исключительно последствиями падения гигантского метеорита, образовавшего кратер Чиксулуб [Alvares, 1980; Кринг, Дурда, 2004], вызывает серьезную критику, так как вымирание динозавров длилось 1 - 2 млн. лет, а пыль и сажа могли держаться в атмосфере максимум несколько месяцев [Кэррол, 1993^a], при этом длительных глобальных климатических изменений не отмечается.

5. *Начало неогена* - $25 - 20 \times 10^6$ лет назад [Шанцер, 1973; Кэррол, 1993^b; Биган, 2004] - сопровождается резким обновлением фауны на территории Европы; флора и фауна приобретают практически современный вид. Возникают гоминиоиды - человекообраз-

ные обезьяны, причем это событие имеет характер сильнейшего эволюционного взрыва. Между 22 и 17 млн. лет назад Африку населяли не менее 14 родов гоминоидов, что составляет десятки видов [Биган, 2004] (много больше, чем сейчас).

6. *Начало четвертичного периода (антропоген)* - $4,4 \times 10^6$ лет назад [Биган, 2004; Фоули, 1990; Wood, 1992]. Первые примитивные люди (гоминиды) отделяются от обезьяноподобных (гоминоидов). Подобно началу неогена, начало антропогена сопровождалось всплеском разнообразия *Homo* [Wood, 1992].

Далее следует несколько событий, имеющих, возможно, не столько биологический, сколько социальный характер (см. обсуждение в конце данного раздела). Периоды различаются по характеру обработки орудий труда людьми каменного века. Существующая традиция, отраженная и в энциклопедиях, выделяет последовательность эпох Олдувай - Шелль - Ашель - Мустье.

7. *Олдувай, палеолитическая революция* - $2,0 - 1,6 \times 10^6$ лет назад [Борисковский, 1974^a]. Появление первых очень грубо обработанных каменных орудий труда - так называемых чопперов. Галечные культуры, *Homo habilis*.

8. *Шелль* - $0,7 - 0,6 \times 10^6$ лет назад [Шелльская... 1978]. Овладение огнем, топорovidные орудия с поперечным лезвием (кливеры), грубые рубила. Основной носитель культуры - *Homo erectus*.

9. *Ашель* - $0,4 \times 10^6$ лет назад [Ашельская... 1970] - характеризуется стандартизированными овальными, треугольными, круглыми и другими симметричными рубилами. Основной представитель по-прежнему *Homo erectus*. На фоне ашельской культуры появляется неандерталец (*Homo sapiens neandertalensis*) [Ашельская... 1970] и около 160 тыс. лет назад - *Homo sapiens sapiens* или очень близкий вид [Вонг, 2003]. Однако, по-видимому, ни тот, ни другой не играют пока существенной роли в планетарной системе (избыточное разнообразие).

10. *Мустье (культурная революция неандертальцев)* - 150 - 100 тыс. лет назад [Назаретян, 2004; Борисковский, 1974^b]. Лидером планетарной системы становится неандерталец. Каменные и костяные орудия тонкой обработки - скребла, остроконечники, сверла, ножи. Жилища из костей мамонта и шкур. Захоронение мертвых (примитивные религии). *Homo sapiens sapiens* по-прежнему не имеет существенного значения в планетарной системе [Назаретян, 2004].

11. *Верхнепалеолитическая революция (культурная революция кроманьонцев)* - 40 тыс. лет назад [Назаретян, 2004; Дьяконов, 1995]. Вымирают неандертальцы, носителем культуры становится человек современного вида *Homo sapiens sapiens*. Многократно возросла продуктивность использования каменного сырья, заметно усовершенствовались знаковые системы коммуникации. Значительное развитие охотничьей автоматики (копья, ловушки), широкое распространение искусства (наскальные рисунки).

12. *Неолитическая революция* - 12 - 9 тыс. лет назад [Назаретян, 2004; Дьяконов, 1995]. 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. Ответом на кризис был переход от присваивающего (охота, собирательство) к производящему (земледелие, скотоводство) хозяйству и смена нормативного геноцида зачаточными формами коллективной эксплуатации [Назаретян, 2004]. Уже в неолите появляются предки городов, такие как Чатал-Хююк (VII-VI тыс. до н.э.), Иерихон (VII тыс. до н.э.) [Дьяконов, 1995]. Однако на этом этапе они еще не являются существенным системообразующим фактором [Дьяконов, 1995].

13. *Городская революция, начало древнего мира* - IV-III тыс. до н.э. [Назаретян, 2004; Дьяконов, 1995]. Массовое распространение крупных человеческих агломераций, возникновение письменности, первых правовых документов, настоящей бюрократии и классового общества, появление ремесел. Революция последовала за распространением бронзовых орудий, демографическим взрывом и обострением конкуренции за плодородные земли.

14. *Железный век, эпоха империй, революция Осеевого времени* - 800 - 500 лет до н.э. [Ясперс, 1991; Назаретян, 2004; Дьяконов, 1995; Зайцев, 2001]. Возникновение технологии получения железа около 1000 - 900 лет до н.э. привело к тому, что оружие стало намного более дешевым, легким, эффективным, а войны - более кровопролитными. Ответом на этот кризис технoгуманитарного баланса было, во-первых, объединение мелких государств в более крупные образования - империи, и, во-вторых, авторитарное мифологическое мышление стало вытесняться личностным. Личность начала восприниматься как суверенный носитель морального выбора. Это привело к практически одновременному появлению в разных местах Земли мыслителей и полководцев нового типа - Заратустра, иудейские пророки, Сократ, Будда, Конфуций [Ясперс, 1991] и др. - и к культурному взрыву античности [Зайцев, 2001].

15. *Гибель древнего мира, начало средневековья* - 400 - 630 гг. (здесь и далее новой эры) [Дьяконов, 1995]. Начало перехода я условно связываю с деятельностью Святого Августина и осуждением пелагианства на Карфагенском соборе в 417 г., что означало конец эллинистической философии [Антисери, Реале, 2001], а конец перехода - с деятельностью пророка Мухаммеда (570 - 632). Основное содержание перехода состоит в кризисе и гибели Римской империи (Древнего мира) с последующим распространением феодальных государств и княжеств под ведущей ролью мировых тоталитарных религий (но, конечно, не сводится только к этому).

16. *Первая промышленная революция* - 1450 - 1550 гг. [Капица, 1996; Назаретян, 2004; Дьяконов, 1995]. В терминологии И. Дьяконова - начало стабильно-абсолютистского постсредневековья [Дьяконов, 1995]. Возникновение промышленного производства (мануфактуры), великие географические открытия, возникновение книгопечатания и культурный переворот нового времени.

17. *Вторая промышленная революция* - 1830 - 1840 гг. [Капица, 1996; Дьяконов, 1995]. Возникновение механизированного производства, эпоха пара и электричества. Начало глобализации в области информации - в 1831 г. изобретен телеграф. В культурной области начинает формироваться устойчивое негативное отношение к войне как к средству решения политических вопросов (Л. Толстой и др.).

18. *Информационная революция* - 1950 г. [Капица, 1996; Назаретян, 2004; Дьяконов, 1995]. Переход промышленно развитых стран в постиндустриальную эпоху, когда большая часть населения занята не в материальном производстве, а в сфере обслуживания и в переработке информации. Распространение компьютеров и автоматизированных баз данных. Войны между промышленно развитыми супердержавами вытесняются в виртуальную область, принимая форму холодной войны (изменение уровня технoгуманитарного баланса).

19. *Кризис и распад социалистического лагеря, информационная глобализация* - 1991 г. Распад мировой системы тоталитарной плановой экономики, резкое снижение уровня глобального военного противостояния, становление мировой сети Интернет, означающее завершение информационной глобализации. Данные события пока отнюдь не всегда трактуются как революция, но, как будет видно, по некоторым чисто формальным признакам они имеют тот же статус, что и предыдущие.

Таков список событий, которые ниже будут трактоваться как планетарные революции. Я далек от мысли, что в вопросе о составе этого списка имеется полная ясность. Разные точки установлены с разной степенью надежности.

Дам некоторые комментарии.

При выборе точек фазовых переходов начиная с верхнего палеолита, я ориентировался в основном на И. Дьяконова (восемь ступеней Дьяконова) [Дьяконов, 1995]. Его анализ подтверждается по большинству пунктов другими данными [Капица, 1996; Назаретян, 2004] и в целом кажется весьма убедительным. Надо отметить, что Дьяконов не выделяет в отдельные фазы мезолит (иначе - протонеолит) как переходный период от верхнего палеолита к неолиту и верхний раздел неолита - энеолит (иначе - хальколит, или медный век). Мне кажется это оправданным, ибо данные границы означают, скорее, некоторые вехи в экстенсивном росте уровня производства, чем сущест-

венные структурные перестройки цивилизации. Смена присваивающего хозяйства производящим (неолит), а затем образование государственных структур (городская революция) свидетельствуют о структурных перестройках качественно более глубокого уровня.

Можно отметить, что мезолит и энеолит несколько напоминают так называемые системы, или периоды, внутри геологических эр. Мезозой делится на Триасовую, Юрскую и Меловую системы; Палеозой - на системы Кембрий, Ордовик, Силур, Девон, Карбон и Пермь [Кэррол, 1992]. Хотя системы и связаны часто с вполне заметными изменениями в фауне, практически единодушно признается, что изменения на границе систем качественно менее выражены, чем изменения на границах геологических эр (Кембрийский взрыв, революция пресмыкающихся, революция млекопитающих).

Наиболее проблемным фрагментом списка революций является, по моему мнению, связка Шелль-Ашель. Для границ эпох Шелль и Ашель в качестве граничных точек были выбраны нижние значения по данным Большой советской энциклопедии, то есть 700 и 400 тыс. лет назад, соответственно. Тем не менее из-за сильной неравномерности развития уровня производства проблема датировки и даже количества фазовых переходов явно остается. Наличие хотя бы одного существенного фазового перехода в промежутке между Олдуваем и Мустье почти очевидно, столь велико различие между культурами *Homo habilis* и *Homo sapiens neandertalensis*. Может быть, более адекватным было бы деление предыстории человечества на основании последовательности *Homo habilis* - *Homo erectus* - *Homo sapiens neandertalensis* - *Homo sapiens sapiens* и связанных с ними культур. В этом случае число фазовых переходов получается на единицу меньше, чем в традиционной схеме, что, однако, не может качественно изменить выводов, о которых пойдет речь в следующих разделах.

Масштабная инвариантность последовательности планетарных революций

Нетрудно заметить, что длительность исторических эпох (промежутков времени между революциями) последовательно сокращается. Оказывается, что промежутки между революциями не просто сокращаются, но дают последовательность точек, обладающую свойством, близким к *масштабной инвариантности*, или *автомодельности*. В данном случае это означает, что разные участки последовательности могут быть получены друг из друга простым масштабным преобразованием. Последовательность устроена везде одинаково, только абсолютный временной масштаб разный. Как это ни удивительно, автомодельность охватывает не только весь период человеческой истории, но и всю эволюцию планетарной системы длительностью около 4 млрд. лет. Социальная история оказывается гладким автомодельным продолжением биологической эволюции, что и будет продемонстрировано ниже.

Идеальная автомодельная последовательность точек t_n описывается уравнением

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

где $\alpha > 1$ - 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 Дьяконовым [Дьяконов, 1995, с. 352]. Фактически речь идет о процессе, ускоряющемся в режиме с обострением, когда некоторые параметры системы стремятся к бесконечности за конечное время - явление, широко известное в синергетике [Князева, Курдюмов, 2002]. В данном случае к бесконечности стремится количество фазовых переходов в единицу времени. Как реально растет плотность планетарных революций, видно на рисунке 1.

Формула (1) показывает, что автомодельная последовательность есть не что иное, как сходящаяся геометрическая прогрессия. Легко видеть, что при $n \rightarrow \infty$ последова-



Рис. 1. Увеличение плотности числа планетарных революций в режиме с обострением. Квадраты соответствуют реальным планетарным революциям; пунктирная кривая - результат сглаживания экспериментальной зависимости.

тельность t_n неограниченно приближается к сингулярной точке t^* , *никогда ее не переходя*. Промежутки между революциями вблизи сингулярности стремятся к нулю, а плотность их бесконечна. Автомодельная эволюция *принципиально* может продолжаться лишь конечное время. Дальше сингулярности эволюция в автомодельном режиме не продолжается, а реально 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 планетарных революций?

В формуле (1) есть три параметра - n^* , α , T . Можно найти их оптимальный набор, если аппроксимировать известные точки революций $\{t_n\}$ по методу наименьших квадратов. Аппроксимация позволяет также понять, насколько хорошо выполняется автомодельность. Для этого уравнение (1) удобно переписать в виде:

$$\lg(t^* - t_n) = \lg T - n \lg \alpha. \quad (2)$$

Видно, что расстояние от n -й точки до точки сингулярности в логарифмическом масштабе должно выражаться линейной функцией n и соответствующим графиком должна быть прямая линия.

Упомянутая выше процедура "экспертной оценки" допускает некоторый произвол в выборе положений революций на временной оси. Однако произвол этот сравнительно невелик и не может оказать существенного влияния на конечный результат анализа. Фактически это означает, что каждую дату можно сдвигать вправо-влево на 30% и даже 50% от ее абсолютного значения, причем ни график, изображающий автомодельность, ни конечный результат анализа - величины α и t^* качественно не изменятся. Причина заключается в том, что весь анализ ведется в логарифмическом масштабе (что диктуется смыслом задачи), а 1,3 или даже 1,5 в таком масштабе мало отличаются от единицы, ибо полный диапазон длительностей планетарных эпох охватывает много порядков величины.



Рис. 2. Автомодельность распределения планетарных революций во времени. Треугольники - биосферные революции, квадраты - социально-биологические или социальные революции, прямая линия - автомодельный аттрактор.

Результат аппроксимации последовательности планетарных революций, краткая характеристика которых приведена выше, представлен на рисунке 2. Революция номер 19 (1991 г.) не использовалась в аппроксимации, так как не является общепринятой. По горизонтальной оси отложен номер революции, начиная с возникновения жизни на Земле, по вертикальной - расстояние от t_n до t^* в логарифмическом масштабе. Видно, что расположение революций следует автомодельности с хорошей точностью. Наилучшее приближение дается коэффициентом автомодельности $\alpha = 2,67$ (нельзя не заметить, что он близок числу $e \sim 2,718...$, но вопрос о том, есть ли в этом глубокий смысл, остается открытым). Для сингулярной точки получается значение $t^* = 2004$ г. Любопытно, что революция 1991 г. почти идеально ложится на экстраполяцию автомодельной зависимости: $(1950 - 1835)/2,67 + 1950 = 1993$. Это указывает на то, что события 1985 - 1991 гг. вполне могут иметь статус планетарной революции.

Не стоит относиться к дате $t^* = 2004$ г. и значению $\alpha = 2,67$ слишком серьезно. Используемая математическая процедура имеет погрешность. Трудно предложить строгий метод расчета этой погрешности, так как неизвестна статистика случайных отклонений точек революций от истинных значений. Более того, из рисунка 2 видно, что отклонения точек от идеальной автомодельной последовательности, может быть, имеют не совсем случайный характер. Эволюция немного сбивается с автомодельности, но затем возвращается к автомодельному закону. Такого поведения и можно ожидать, так как планетарная система время от времени подвергается внешним возмущениям (климатическим и др.). Подобное поведение нелинейных систем хорошо известно в синергетике. Качественно величину ошибок для α и t^* можно оценить, если тем же методом обработать разные участки последовательности революций. Для точек, относящихся только к истории человека (с начала антропогена), получается $t^* = 2039$ г., $\alpha = 2,44$, а для точек, относящихся только к новой эре, - $t^* = 2015$ г., $\alpha = 2,80$. В качестве прогноза можно использовать значение $t^* \sim 2015$ г. Очевидно, что величина погрешности этого прогноза составляет $\sim 15 - 20$ лет, тогда как величина погрешности для α - $0,10 - 0,15$.

Точная формулировка полученного результата такова. *Среди всех планетарных событий имеется последовательность событий, отличающихся особенной глубиной перестройки планетарной системы, и именно эти события образуют последовательность, обладающую свойством автомодельности. Этот результат устойчив относительно имеющейся неопределенности в датировке данных событий. Предел последовательности приходится на 2000 - 2030 гг.*

Утверждению, что социальная эволюция является гладким автомодельным продолжением биологической эволюции, можно придать количественную форму. Для этого нужно сравнить показатель ускорения исторического времени для чисто биологического отрезка эволюции - от возникновения жизни до начала неогена включительно - с показателем ускорения для участка социальной эволюции - с начала антропогена до информационной революции. Вычисления дают, соответственно, $\alpha_{biol} = 2,58$, $\alpha_{soc} = 2,44$. Видно, что цифры действительно близки - социальная эволюция продолжает биологическую.

Теперь рассмотрим, в какой связи мое исследование находится с другими работами, затрагивающими примерно ту же тему (не считая обсуждавшуюся выше книгу Назаретяна), и чем оно от них отличается.

На масштабную инвариантность последовательности исторических эпох начиная с верхнего палеолита до наших дней и на существование сингулярности истории указывал Дьяконов [Дьяконов, 1995, с. 352]. С. Капица вывод о масштабной инвариантности последовательности исторических эпох распространил на всю историю человечества начиная с возникновения гоминид [Капица, 1996]. В моей работе для анализа были выбраны по сути те же точки фазовых переходов, что у Дьяконова и Капицы. Однако ни Дьяконов, ни Капица не проводили количественных оценок α и t^* . Таким образом, мое исследование развивает упомянутые работы в том отношении, что, во-первых, вывод об автомодельности последовательности эпох (или революций) распространяется на всю планетарную эволюцию, и во-вторых, он основан на количественных, а не на качественных оценках и дает численные значения α и t^* .

Вывод о существовании точки сингулярности истории делался также на основании закона роста населения земного шара [Шкловский, 1976; Капица, 1996]. Население длительное время росло по гиперболе, и если бы закон роста не изменился, то гипербола должна была бы обратиться в бесконечность в районе 2025 - 2030 гг. Практически та же дата, что и в моем анализе (2015 г.), получается из совершенно других соображений.

Интересен анализ А. Чучина-Русова [Чучин-Русов, 2002, с. 361 - 374; Чучин-Русов, 2003], в основу которого положена последовательность "культурно-экологических формаций". Выделяя четыре такие формации (начиная примерно с верхнего палеолита) с соотношением длительностей $10^4 : 10^3 : 10^2 : 10^1$, Чучин-Русов приходит к существованию предела этой последовательности вблизи 2015 г., который назван им "точкой схождения" (представление о точке схождения впервые введено в работе [Чучин-Русов, 1995]). Все та же дата получается уже третьим независимым способом, причем метод Чучина-Русова вместе с методом "планетарных революций" и методом "населения Земли" наводит на мысль, что способ выбора масштабно-инвариантной системы меток, по которым можно проследить за ускорением исторического времени или вообще за темпом эволюции, далеко не единственный.

Анализ периодичности планетарной эволюции в рамках автомодельной масштабно-инвариантной последовательности фазовых переходов имеется также у А. Жирмунского и В. Кузьмина, однако их подход отличается от моего. Во-первых, анализ хотя и начинается фактически с момента возникновения жизни (в работе Жирмунского и Кузьмина это событие отнесено на 4,2 млрд. лет назад), но не доводится до точки сингулярности, а обрывается примерно на времени неолитической революции (по их данным около 9,5 тыс. лет назад). Во-вторых, в модель априорно вносится показатель ускорения времени эволюции, точно равный числу e . Точки фазовых переходов интерпретируются не как биосферные или социальные революции, а как геологические

и климатические события. В такой модели не совсем понятно, какой смысл могла бы иметь точка сингулярности. Тем не менее последовательность фазовых переходов, которые приводят авторы [Жирмунский, Кузьмин, 1982], с разумной точностью повторяет последовательность выделенных мной революций (кроме точек поздней социальной истории, которые данные авторы не рассматривают). Объясняется это тем, что найденное мной экспериментальное значение $\alpha = 2,67$ действительно очень близко к числу e .

Идеологически близка моему исследованию также работа С. Гринченко [Гринченко, 2001]. В ней периодизация процесса эволюции строится на основе масштабно-инвариантной по времени последовательности ступеней формирования "механизмов системной памяти". Причем здесь анализ охватывает всю планетарную эволюцию и доводится до констатации существования точки сингулярности и вычисления ее положения. Этот анализ, пожалуй, указывает на возможность выбора системы маркеров скорости эволюции, связанной с механизмами системной памяти, но, по моему мнению, его конкретная реализация у Гринченко не очень убедительна. В анализ искусственно вводится априорно заданный коэффициент ускорения эволюции, который постулируется равным $e^e = 15,15...$. Отличие такого априорного выбора от выбора, сделанного в работе Жирмунского и Кузьмина, говорит о том, что он далеко не очевиден.

Далее, в работе Гринченко выбираются две реперные точки, одна из которых относится к изобретению книгопечатания (1445 г.), а другая - к изобретению электронной памяти компьютера (1946 г.). Все другие фазы развития системной памяти получаются из этого интервала масштабным преобразованием с коэффициентом $(e^e)^n$. Такой подход сразу вызывает возражение, так как по непонятным причинам игнорируются такие существенные этапы развития системной памяти, как, например, запись изображений (фотография - 1840-е гг.), запись звука и кино (конец XIX столетия). Эти события имели значение не меньшее, чем изобретение книгопечатания, при этом аналоговая память аудио- и видеоинформации качественно отличается как от тиражирования информации путем печати текста, так и от цифровой памяти компьютера. Однако основная идея, использованная в работе Гринченко, близка к подходу, использованному в настоящей статье, и кажется интересной.

Можно констатировать, что на свойство автомодельности истории (или вообще планетарной эволюции) и на существование выделенной во времени точки "сингулярности истории", ограничивающей автомодельный процесс эволюции, имеются указания в источниках совершенно разной природы, что заставляет рассматривать вывод об автомодельности эволюции и о существовании точки сингулярности как достаточно правдоподобный.

Изменение эволюционной траектории планетарной системы

Можно сказать, что, несмотря на кризисный характер, вся предшествующая история планетарной системы следует единственному гладкому аттрактору, характеризующемуся автомодельным ускорением исторического времени. Понятие аттрактора обычно определяется как траектория в пространстве состояний системы, к которой притягиваются все реальные траектории. Здесь у понятия аттрактора именно этот смысл. Планетарная система ведет себя так, будто после возмущений она всегда стремится вернуться к автомодельному режиму эволюции с показателем ускорения $\alpha \sim 2,61$. Аттрактором эволюции является идеальная автомодельная последовательность, вокруг которой флуктуируют точки реальных революций. Очевидно, мы находимся в непосредственной близости от сингулярности автомодельного аттрактора истории. Так как сингулярность предсказывается уже около 2015 г., можно с уверенностью сказать, что время автомодельной истории уже истекло или истекает в ближайшем будущем.

Как уже отмечалось, человечество в настоящее время находится в предкризисном состоянии. По многим параметрам надвигающийся кризис напоминает те, что уже

случались. Например, наблюдаются исчерпание ресурсов на данном уровне развития системы и экологический кризис. Но это случалось и раньше - достаточно вспомнить кислородный кризис, имевший своим следствием неопротерозойскую революцию, или кризис верхнего палеолита, породивший неолитическую революцию. Однако очевидно, что на этот раз развитие кризиса по времени совпадает со временем завершения всего автомодельного аттрактора планетарной эволюции - с моментом сингулярности истории. Поэтому приближающийся эволюционный кризис, по всей видимости, - не обычный эволюционный кризис, каких было много в истории планетарной системы, но кризис всего автомодельного аттрактора планетарной эволюции. Можно сказать, что это кризис кризисов.

Трудно делать отдаленные прогнозы развития цивилизации, но одно предсказание можно сделать с полной определенностью: *в обозримом будущем эффекта ускорения исторического времени больше не будет, так как мы уже находимся вблизи точки, в которой эта скорость должна была бы быть формально бесконечна.* Так как в истории бесконечные скорости недостижимы, то 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 глобального аттрактора истории является и точкой бифуркации - возможны разные результаты преодоления точки сингулярности и разнообразные траектории развития в постсингулярной стадии. От деталей поведения цивилизации зависит, что это будет за траектория. Глобальная катастрофа, к сожалению, остается одной из возможностей.

Признаки того, что эволюция уже пошла необычным путем, имеются. Одно из наиболее замечательных явлений этого рода - преодоление демографического перехода в развитых странах [Капица, 1996]. Все живое всегда характеризовалось стремлением неограниченно размножаться, если только для этого есть физические условия. Впервые этот закон нарушен. В развитых постиндустриальных странах население стабилизировалось *в условиях материального изобилия!* Видимо, стремление к количественному росту начинает сменяться стремлением к росту качественному, что указывает на наличие тенденции перехода от экстенсивного пути развития цивилизации к интенсивному. Смена пути развития может означать и изменение характера следования кризисов и революций. Либо их распределение во времени существенно изменится, либо сами понятия кризиса и революции утратят современный смысл.

Предбиологическая химическая эволюция и гипотеза самосогласованного галактического происхождения жизни

В проведенном выше анализе имело место существенное упущение. Возникновению жизни должна была предшествовать фаза предбиологической химической эволюции, но это обстоятельство пока игнорировалось. Э. Галимов весьма убедительно, как мне представляется, аргументировал точку зрения, согласно которой предбиологическая химическая эволюция, возникновение жизни и биологическая эволюция в определенном смысле представляют собой единый процесс [Галимов, 2001]. Поэтому естественно предположить, что и предбиологическая эволюция должна укладываться в единую автомодельную шкалу времени. Но оказывается, это совсем не так. С современной точки зрения, по геологическим масштабам жизнь на Земле возникла практически мгновенно, как только для этого сложились подходящие условия. На предбиологическую эволюцию остается короткий период, соответствующий на шкале глобальной истории периоду от 4,1 до 3,9 млрд. лет назад [Orgel, 1998]. На рисунке 3 этому соответствует неожиданный загиб эволюционной кривой в точке начала предбиологической химической эволюции на Земле ("клюшка"). Чрезвычайная краткость пред-

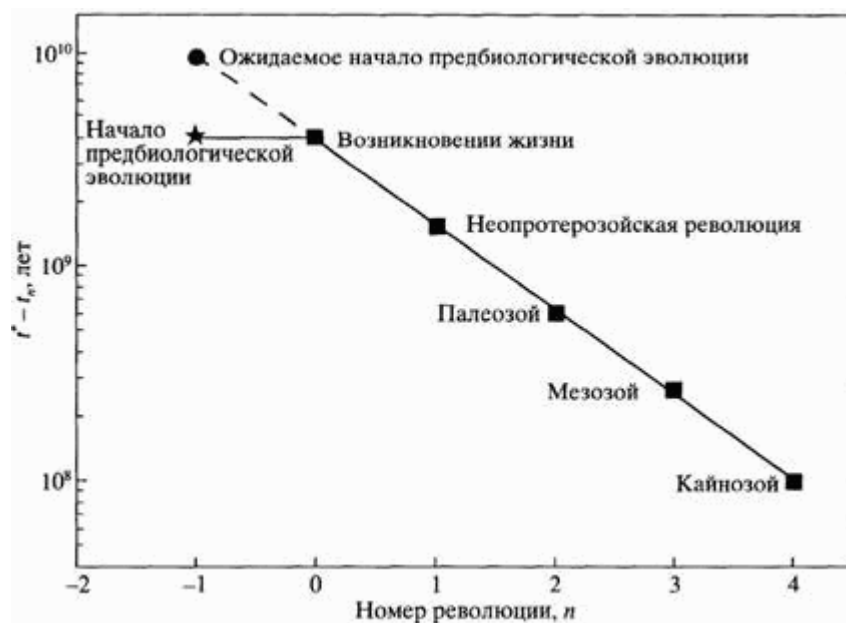


Рис. 3. Аномалия "клюшки" - сверхкороткое время предбиологической эволюции.

биологической эволюции на Земле по сравнению с начальным масштабом автомодельной шкалы времени требует специального объяснения.

Экстраполяция автомодельного аттрактора дает для длительности предбиологической эволюции 5 - 7 млрд. лет. В историю Земли столь продолжительную эволюцию уместить невозможно. Однако можно *предположить*, что предбиологическая эволюция действительно продолжалась, как и ожидается, около 6 млрд. 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 результате широко обсуждаемого процесса панспермии [Crick, Orgel, 1973]. Нарушение автомодельности эволюции в виде аномалии "клюшки" (рис. 3) придает гипотезе панспермии особую 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 [Сучков, 1986; Rocha-Pinto, Maciel, 1997]. Именно в галактическом диске располагаются звезды, содержащие достаточное количество тяжелых химических элементов для формирования планет земного типа. Легко видеть, что экстраполированное начало предбиологической эволюции ($4 + 6 = 10$ млрд. лет назад) практически точно совпадает с началом формирования галактического диска. Получается, что в Галактике время на предбиологическую эволюцию 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. Отсюда следует, что Земля может находиться вблизи фронта эволюции в Галактике.

Предположение, что процесс панспермии жизни может быть эффективным, влечет за собой ожидание того, что эффективным должен быть и процесс панспермии продуктов предбиологической эволюции, так как предбиологические системы должны быть менее чувствительны к неблагоприятным факторам космического путешествия. Можно ожидать, что шкала времени процесса галактической панспермии составляет порядка одного галактического года, то есть около 200 млн. лет. Из-за дифференциального вращения Галактики за это время вещество, эмитированное с поверхности любой планеты, могло бы эффективно разноситься по большей части Галактики. Это

время много меньше ожидаемого времени химической эволюции - 6 млрд. лет (см. выше). Отсюда следует, что предбиологическая эволюция на разных планетах в Галактике не могла протекать независимо. Как только где-нибудь возникал удачный предбиологический продукт (например, устойчивая автокаталитическая система), он в малый по сравнению со временем химической эволюции срок путем предбиологической панспермии распространялся на все другие планеты, также находящиеся в состоянии предбиологической эволюции. Там он должен был вытеснить менее совершенные предбиологические системы этой планеты и продвинуть эволюцию. Этот механизм должен был синхронизировать и унифицировать предбиологическую эволюцию во всей Галактике, что в конце концов неизбежно привело бы к тому, что и жизнь во всей Галактике впервые должна была возникнуть на единой молекулярной основе, с одной киральностью и практически одновременно везде, где имелись для этого благоприятные условия. Данное явление можно назвать гипотезой галактического самосогласованного происхождения жизни. Заключительная фаза этого процесса должна представлять собой неравновесный фазовый переход масштаба всей Галактики. Этот переход развивался бы лавинообразно после того, как жизнь возникла где-то впервые. После такого перехода жизнь на планетах практически никогда не должна возникать путем естественной химической эволюции, ибо химическая эволюция не может конкурировать с гораздо более быстрым процессом панспермии. В отношении распространения жизни Галактика должна продолжать функционировать как единая система.

Заключение

Итак, методика выбора планетарных революций для анализа не проста и не вполне однозначна. Анализ затрудняет прежде всего отсутствие явного, не связанного с мнением экспертов определения качественного различия между разными фазами эволюции планетарной системы. Поэтому то, что планетарная эволюция на Земле следует единому автомодельному аттрактору, является пока не более чем гипотезой, хотя, как мне представляется, гипотезой весьма правдоподобной. Важно, что к сходным выводам приводят разные системы маркеров скорости эволюции. Если гипотеза верна, то переживаемый сейчас системный кризис цивилизации означает конец четырех миллиардолетнего автомодельного аттрактора земной планетарной эволюции. Возникновение жизни было началом аттрактора, современный системный кризис цивилизации - его конец, поэтому возникновение жизни на Земле и переживаемые сейчас события суть события одного масштаба. Однако из гипотезы самосогласованного галактического происхождения жизни следует, что системный кризис может оказаться даже некоторой планетарной финальной точкой общегалактического процесса эволюции, восходящего ко времени образования галактического диска и к началу единого общегалактического процесса предбиологической химической эволюции. Это лишь увеличивает значение современного системного кризиса. Переживаемые сейчас события могут означать переход на совершенно новую эволюционную траекторию в масштабе от планетарного до галактического, что и определяет исключительный драматизм современного исторического момента.

В заключение отмечу, что полученные результаты приводят к постановке ряда нетривиальных вопросов, некоторые из которых перечислены ниже. Собственно, всю настоящую работу, по моему мнению, надо рассматривать, главным образом, как некоторую развернутую постановку задачи.

1. Отсутствие четкого определения планетарной революции делает утверждение о существовании автомодельного аттрактора эволюции отчасти метафизическим. Возникает научная проблема: нельзя ли выработать количественный или качественный критерий "глубины" структурной перестройки планетарной системы, на основании которого можно было бы дать строгое определение планетарной революции?
2. Насколько эффективен механизм предбиологической панспермии? Каковы характерные времена этого процесса?

3. Имеет ли жизнь в Галактике общую молекулярную основу? Общую киральность? Ответы на эти вопросы являются критическим тестом для гипотезы галактического самосогласованного происхождения жизни.
4. Является ли автомодельный аттрактор эволюции универсальным, то есть реализуется ли и на других планетах земного типа? Предположение об универсальности автомодельной шкалы эволюции приводит к совершенно новой постановке задачи о заселенности Галактики жизнью и разумными существами, отличной от постановки задачи в рамках широко известной формулы Дрейка [Гиндилис, 2004, с. 405].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Антисери Д., Реале Дж.* Западная философия от истоков до наших дней. Античность, средневековье. СПб., 2001.
- Ашельская культура // Большая советская энциклопедия. Т. 2. М., 1970.
- Биган Д.* Планета человекообразных // В мире науки. 2004. N11.
- Борисковский П. И.* Олдувай // Большая советская энциклопедия. Т. 18. М., 1974^а.
- Борисковский П. И.* Мустьерская культура // Большая советская энциклопедия. Т. 17. М., 1974^б.
- Вонг Кейт.* У колыбели *Homo sapiens* // В мире науки. 2003. N11.
- Галимов Э. М.* Феномен жизни: между равновесием и нелинейностью. Происхождение и принципы эволюции. М., 2001.
- Гиндилис Л. М.* SETI: поиск внеземного разума. М., 2004.
- Гринченко С. Н.* Социальная метаэволюция человечества как последовательность шагов формирования механизмов его системной памяти // Электронный журнал "Исследовано в России". 2001 (zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2001/145.pdf. с. 1652 - 1681).
- Дьяконов И. М.* Пути истории. От древнейшего человека до наших дней. М., 1995.
- Жирмунский А. В., Кузьмин В. И.* Критические уровни в процессах развития биологических систем. М., 1982.
- Заварзин Г. А.* Становление системы биогеохимических циклов // Палеонтологический журнал. 2003. N 6.
- Зайцев А. И.* Из наследия А. И. Зайцева. Т. 1. Культурный переворот в Греции VIII-V вв. до н.э. СПб., 2001.
- Капица С.П.* Феноменологическая теория роста населения Земли // Успехи физических наук. 1996. N 166.
- Келлер Б. М.* Палеозойская группа (эра) // Большая советская энциклопедия. Т. 19. М., 1975.
- Князева Е. Н., Курдюмов С.П.* Основания синергетики. СПб., 2002.
- Крит Д., Дурда Д. Д.* День, когда мир был сожжен // В мире науки. 2004. N 3.
- Кэррол Р.* Палеонтология и эволюция позвоночных. Т. 1. М., 1992.
- Кэррол Р.* Палеонтология и эволюция позвоночных. Т. 2. М., 1993^а.
- Кэррол Р.* Палеонтология и эволюция позвоночных. Т. 3. М., 1993^б.
- Лопатин Н. В.* Древние биосферы и генезис горючих ископаемых // Палеонтология и эволюция биосферы. Труды XXV сессии всесоюзного палеонтологического общества. Л., 1983.
- Моисеев Н. Н.* Современный антропогенез и цивилизационные разломы. Эколого-политологический анализ // Моисеев Н. Н. Избранные труды. Междисциплинарные исследования глобальных проблем. Публицистика и общественные проблемы. М., 2003.
- Муратов М. В., Вахрамеев В. А.* Мезозойская группа (эра) // Большая советская энциклопедия. М., 1974.
- Назаретян А. П.* Цивилизационные кризисы в контексте Универсальной истории. Изд. 2-е., переработанное и дополненное. М., 2004.
- Неручев С. Г.* Периодичность крупных геологических и биологических событий фанерозоя // Геология и геофизика. 1999. N 40 (4).
- Розанов А. Ю.* Ископаемые бактерии, седиментогенез и ранние стадии эволюции биосферы // Палеонтологический журнал. 2003. N 6.
- Розанов А. Ю.* Что произошло 600 миллионов лет назад. М., 1986.
- Розанов А. Ю., Заварзин Г. А.* Бактериальная палеонтология // Вестник РАН. 1997. N 67 (3).
- Сучков А. А.* Галактика // Физика космоса: маленькая энциклопедия. Изд. П. М., 1986.

Федонкин М. А. Сужение геохимического базиса жизни и эвкариотизация биосферы: причинная связь // Палеонтологический журнал. 2003. N 6.

Фоули Р. Еще один неповторимый вид. М., 1990.

Чучин-Русов А. Е. Единое поле мировой культуры. Кижли-концепция. Кн. 1. Теория единого поля. М., 2002.

Чучин-Русов А. Е. Природа культуры // Общественные науки и современность. 1995. N 6.

Чучин-Русов А. Е. Природа-Человек-Культура-История (Концепция единого поля мировой культуры) // Материалы IV научной конференции "От истории природы к истории общества: прошлое в настоящем и будущем. Социально-экономические проблемы и экология" М., 2003.

Шанцер Е. В. Кайнозойская группа (эра) // Большая советская энциклопедия. Т. 11. М., 1973.

Шелльская культура // Большая советская энциклопедия. Т. 29. М., 1978.

Шкловский И. С. Вселенная, жизнь, разум. М., 1976.

Ясперс К. Смысл и назначение истории. М., 1991.

Alvares L.M. Extraterrestrial Cause for the Cretaceous - Tertiary Extinction // Science. 1980. Vol. 208. N 4.

Crick F.H., Orgel L.E. Directed Panspermia // Icarus. 1973. Vd. 19.

Orgel L.E. The Origin of Life - How Long Did it Take? // Origins Life Evol. Biosph. 1998. Vol. 28.

Rocha-Pinto H.J., Maciel W.J. History of the Star Formation in the Local Disk from the G Dwarf Metallicity Distribution // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 1997. Vol. 289. N 4.

Wood B. Origin and Evolution of the Genus Homo // Nature. 1992. Vol. 355.

© А. Панов, 2005