

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ  
Международный фонд Н. Д. Кондратьева  
ИНСТИТУТ ВОСТОКОВЕДЕНИЯ  
Евро-азиатский Центр мегаистории и системного  
прогнозирования  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР ОБРАЗОВАНИЯ И  
СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

---

# **История и Математика Мегаисторические аспекты**

**Ответственные редакторы  
Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев**



**Издательство  
«Учитель»  
Волгоград**

Ежегодник «История и Математика»

*Редакционный совет ежегодника:* академик РАН, доктор исторических наук В. В. Алексеев, доктор исторических наук Л. И. Бородин, доктор философских наук Л. Е. Гринин, доктор исторических наук А. В. Коротаяев, доктор исторических наук А. П. Логунов, доктор физико-математических наук Г. Г. Малинецкий, доктор технических наук С. Ю. Малков, доктор исторических наук, кандидат физико-математических наук С. А. Нефедов, доктор философских наук Н. С. Розов, доктор философии (*Ph.D.*) П. В. Турчин, доктор физико-математических наук Д. С. Чернавский.

**История и Математика: мегаисторические аспекты:** ежегодник / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаяев. – Волгоград: Учитель, 2016. – 256 с.

ISBN 978-5-7057-5035-1

В этом году наш ежегодник «История и Математика» отмечает свой десятилетний юбилей. В этой связи, во-первых, подчеркнем, что настоящий выпуск не совсем обычный, хотя и вполне релевантный для нашего направления. Ежегодник, который вы держите в руках, имеет подзаголовок «Мегаисторические аспекты» и посвящен проблемам эволюционного развития мира. Но это не является отходом от направления, которое мы обозначили для нашего ежегодника, это лишь расширение объекта.

«Мы знаем одну-единственную науку, науку истории... историю природы и историю людей», – писали Карл Маркс и Фридрих Энгельс в «Немецкой идеологии». С того времени история природы «удревнилась» на многие миллиарды лет, но подход не изменился. Напротив, идея историзма сегодня проникла почти во все науки. Усилился и поиск единых основ этого бесконечного в своем разнообразии мира. Одним из направлений этого междисциплинарного поиска единства мира в его разнообразии служит эволюционистика (мегаистория). С другой стороны, уместен вопрос: а что лучше математики во все времена доказывало это единство мира? Вот почему мы считаем, что объединение в нашем ежегоднике мегаисторического и математического измерений более чем оправданно и осмысленно.

Ежегодник будет полезен как специалистам, так и широкому кругу читателей, интересующихся использованием точных методов в исторических исследованиях.

*Исследование выполнено в рамках программы Центра фундаментальных исследований НИУ ВШЭ.*

Издательство «Учитель»

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

Формат 60×90/16. Печ. л. 16. Заказ № 963тп.

Отпечатано в ОАО «Альянс «Югполиграфиздат». ООО «Т-Пресс».

400001, г. Волгоград, ул. КИМ, 6. Тел./факс: (8442) 26-60-10.

ISBN 978-5-7057- 5035-1

© Издательство «Учитель», 2016

# Оглавление

<i>Л. Е. Гринин,</i> <i>А. В. Коротаев</i>	Введение. От истории общества к Большой исто- рии . . . . .	<b>5</b>
---	--	----------

## Раздел I. От Большого взрыва до *Homo sapiens*

<i>Л. Е. Гринин</i>	А был ли Большой взрыв? . . . . .	<b>14</b>
<i>И. К. Гаршин</i>	О галактических циклах в истории Земли . . .	<b>22</b>
<i>В. Г. Редько</i>	Оценка скорости и эффективности эволюцион- ных процессов . . . . .	<b>63</b>
<i>Г. А. Савостьянов</i>	Как можно прогнозировать и измерять истори- ческое развитие социальных и биологических сообществ . . . . .	<b>79</b>

## Раздел II. Тренды Большой истории

<i>Э. Чейсон</i>	Энергетический тренд Большой истории . . . .	<b>112</b>
<i>А. Л. Гринин</i>	Саморегуляция как тренд Большой истории . . .	<b>128</b>
<i>А. Б. Савинов</i>	Теория активности систем и познание эволюции глобальных процессов . . . . .	<b>155</b>

## Раздел III. Социальные системы в прошлом и будущем

<i>С. Н. Гринченко,</i> <i>Ю. Л. Щапова</i>	Хронология и периодизация эволюции человече- ства (от первых гоминидов до человека совре- менного) как этапы Большой истории . . . . .	<b>173</b>
--	--	------------

<i>А. В. Коротаев,</i>	Опыт количественного анализа некоторых природ-	
<i>С. Э. Билюга,</i>	ных факторов исторических процессов . . . . .	181
<i>Д. А. Осипов,</i>		
<i>С. Ю. Малков,</i>		
<i>С. Г. Шульгин</i>		

<i>А. А. Фомин</i>	О синтезе двух математических методов описания исторического развития . . . . .	205
--------------------	--	-----

#### **Раздел IV. Рецензии и информация**

<i>Э. Харпер</i>	Великая дивергенция и Великая конвергенция: Глобальная перспектива. Рецензия на книгу Л. Гринина и А. Коротаева “Great Divergence and Great Convergence. A Global Perspective”. N. p.: Springer International Publishing, 2015 . . . . .	245
------------------	--	-----

<b>Сведения об авторах . . . . .</b>	<b>253</b>
--------------------------------------	------------

# ВВЕДЕНИЕ

## От истории общества к Большой истории

*Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев*

В нынешнем году наш ежегодник «История и Математика» отмечает свой десятилетний юбилей. В этой связи, во-первых, подчеркнем, что настоящий выпуск не совсем обычный, хотя и вполне релевантный для нашего направления (см. об этом ниже), а во-вторых, имеет смысл напомнить читателю те разнообразные аспекты, которые затрагивались в предшествующих выпусках.

В 2006 г. увидел свет первый выпуск альманаха под названием «Проблемы периодизации исторических процессов» (см.: Капица и др. 2006). Второй выпуск получил подзаголовок «Макроисторическая динамика общества и государства» (Малков и др. 2007). Третий был посвящен проблемам анализа и моделирования исторических процессов (Коротаев и др. 2007). В четвертом выпуске («Концептуальное пространство и направления поиска») анализировались важные общетеоретические и методологические проблемы применения математики в истории и социальных науках (Турчин и др. 2008). Пятый выпуск («Модели и теории») содержит материалы, представляющие объяснительные математические модели, а также концептуальные статьи на разнообразные темы (Гринин и др. 2008). В шестом выпуске («Процессы и модели») был проведен качественный и количественный анализ различных исторических, политических, экономических и демографических процессов (Малков и др. 2009). В седьмом выпуске, получившем соответствующее название, мы обратились к вопросам эволюционной исторической макродинамики (Малков и др. 2010). Восьмой выпуск альманаха стал необычным – по сути, он явился коллективной монографией, дискуссией о причинах Русской революции (Гринин и др. 2010). В том же году был опубликован девятый выпуск, посвященный анализу и моделированию глобальной динамики (Коротаев и др. 2010).

В 2014 г., после четырехлетнего перерыва, доказавший свою востребованность альманах вновь вышел в свет. Темой его очередного выпуска стали аспекты демографических и социально-экономических процессов (см.: Гринин, Коротаев 2014). В 2015 г. издание ежегодника продолжи-

*История и Математика: мегаисторические аспекты 2016 5–13*

лось сборником под названием «История и Математика: футурологические и методологические аспекты» (Гринин, Коротаев 2015).

Ежегодник, который вы держите в руках, имеет подзаголовок «Мега-исторические аспекты» и посвящен проблемам эволюционного развития мира. Но это не является отходом от того направления, которое мы обозначили для нашего ежегодника. Это лишь расширение объекта.

«Мы знаем одну-единственную науку, науку истории... историю природы и историю людей», – писали Карл Маркс и Фридрих Энгельс в «Немецкой идеологии» (Маркс, Энгельс 1955). С того времени история природы «удревнилась» на многие миллиарды лет, но подход не изменился. Напротив, идея историзма сегодня проникла почти во все науки. Неудивительно, что усилилось стремление (в том числе и среди астрофизиков) к тому, чтобы и реально создать единую Универсальную (Большую) историю. В своей статье, публикуемой в этом выпуске, американский астрофизик Эрик Чейсон пишет: «В XX веке практически одновременно несколько независимых исследователей – К. Саган (Sagan 1980), Э. Янч (Jantsch 1980), Г. Ривз (Reeves 1981) и Э. Чейсон (Chaisson 1981) – выдвинули идею о сложных системах, появляющихся естественным образом вместе с развитием естественной истории». В результате усилий ученых в разных странах появилась область исследования, которая в буквальном смысле объединила историю природы и людей. Это Большая (или Универсальная) история, которая исследует историю Вселенной и человечества от Большого взрыва до современности (включая и наше будущее)\*. По поводу этого подхода мы писали: «Одним из наиболее ярких проявлений эволюционного подхода к познанию является универсальный эволюционизм, рассматривающий процесс эволюции как непрерывный и единый процесс – от зарождения Вселенной до современного состояния человечества. Универсальный эволюционизм предполагает, что космический, химический, геологический, биологический и социальный типы макроэволюции имеют генетическую и структурную преемственность <...> Важность такого подхода, с одной стороны, максимально широкого, с другой – научно обоснованного, несомненна и велика. Он стремится охватить в едином теоретическом построении все наиболее крупные ступени изменений универсума от Большого взрыва до прогнозов на обозри-

\* В соответствии с рабочим определением Международной ассоциации Большой истории, «Большая история призвана осмыслить единую историю Космоса, Земли, жизни и человечества, используя наилучшие из имеющихся эмпирических доказательств и научных методов» (Grinin *et al.* 2014: 5). Таким образом, Большая история обобщает постоянно обновляемые данные различных научных дисциплин и объединяет их с умозрительным миром философии и гуманитарных наук. Также она обеспечивает связь между прошлым, настоящим и будущим. Большая история является невероятной и чрезвычайно разнородной областью исследования, охватывающей все формы существования и временные масштабы.

мое будущее, показать, что современное состояние человечества есть результат процесса самоорганизации материи» (Гринин и др. 2009: 8–9).

Таким образом, эволюционистика, которую мы развиваем в наших работах и ежегодниках («Эволюция» и “Evolution”) рассматривается нами как по определению междисциплинарное общее поле (как и задуманное нами объединение истории и математики), которое показывает единство мира в его разнообразии. А что лучше математики во все времена доказывало это единство мира? Вот почему мы считаем, что приложение тех или иных формальных методов к мегаэволюционным исследованиям в нашем формате более чем оправданно и осмысленно.

Ежегодник состоит из трех основных разделов.

**Первый раздел «От Большого взрыва до Homo sapiens»** объединяет статьи, охватывающие разные аспекты и проблемы космической, биологической и частично социальной эволюции.

Раздел открывается статьей, которая затрагивает, возможно, наиболее неясную тему о начале (или началах) нашего Универсума. Проблема начал, как известно, одна из самых сложных в эволюции и нередко в истории.

В статье Л. Е. Гринина «А был ли Большой взрыв?» дается анализ современных космологических взглядов на самое начало нашей Вселенной и указываются наиболее важные в них противоречия. Дело в том, что среди физиков и космологов нет единства мнений по проблемам первых стадий истории Универсума. Представление, распространившееся в 1970-х гг., что она появилась из сингулярности (то есть состояния неопределенно малой величины и неопределенно большой плотности материи) в результате необычайной силы Большого взрыва, хотя и разделяется до сих пор многими, устарело. В результате появления теории инфляции многие сложности теории Большого взрыва удалось устранить, однако вопрос о самом Большом взрыве (часто называемом горячим взрывом) оказался весьма запутанным терминологически и теоретически. Поэтому в современных исследованиях часто можно встретить только упоминания о Большом взрыве, но не ясное описание этого события. В результате такие упоминания среди физиков все чаще выглядят просто как дань традиции, которую те не осмеливаются нарушить, а потому они носят скорее ритуальный, чем наполненный конкретным содержанием, характер. В целом представляется, что начальная история Вселенной вполне может обойтись без использования понятия «Большой взрыв» с применением схемы: флуктуация (что бы ее ни вызвало) – инфляция – постинфляционный разогрев.

И. К. Гаршин в работе «О галактических циклах в истории Земли» устанавливает, что ключевые события истории Земли определяются кос-

мическими факторами, связанными с вращением Солнечной системы вокруг центра Галактики. Этот галактический год (далее – галацикл) равен примерно 200 млн лет. Большинство эонов, эр и докембрийских периодов кратны этой величине. Существуют астробиогеологические циклы около 200 млн лет и кратные им (400, 800 млн лет), а также более мелкие периоды (примерно по 50 млн лет). Хронология Луны, Марса и Меркурия подтверждает это, что говорит о едином космическом влиянии на эволюцию планет. Обнаружено, что на границах галациклов в истории земного шара происходили катастрофические события. Предполагаемая причина этих событий – падение крупных астероидов, возможно, внесолнечного происхождения. Эти бомбардировки приводили прямо или косвенно (через усилившуюся вулканическую деятельность) к запылению атмосферы. Из-за последующего снижения солнечной радиации климат «переохлаждался» и наступал ледниковый период. Попутным геологическим событием мог быть раскол древнего материка. Эти геологические катаклизмы приводили к биологическим катастрофам, когда погибало от 40 до 95 % всех видов. Автором предложена новая геохронологическая шкала, соответствующая галациклам. Каждый галацикл представлен геологической эрой и обычно характеризуется своей эпохой складчатости. Четыре эры объединяются в эон, которому соответствует эпоха образования и распада суперконтинента. Всего представлено 6 эонов и 24 эры, начиная с катархея. Четные эры являются гляциоэрами, нечетные – термоэрами. Каждая эра делится на 4 периода, которые представляют собой фазы горообразования. Получается настоящая «периодическая система» геологического времени, позволяющая заранее определять древнейшие климаты и прогнозировать геологическую историю далекого будущего.

*В. Г. Редько* в статье «Оценка скорости и эффективности эволюционных процессов» задается вопросом, насколько эффективны эволюционные процессы. Для того чтобы ответить на него, по мнению автора, целесообразно оценить скорость эволюции в четких опорных моделях. В настоящей работе излагаются результаты оценок скорости и эффективности эволюции для такой опорной модели, как модель квазивидов, и для нескольких близких к ней моделей эволюции. Модель квазивидов предложил М. Эйген в 1970-х гг. В данной модели предполагается существование оптимальной особи, а эволюция популяции особей в ней приводит к отбору квазивида – такого распределения особей, в которое входит как оптимальная особь, так и близкие к ней, чьи геномы отличаются от генома оптимальной особи мутационными заменами. Полученные аналитические оценки показывают, что при эволюционном поиске оптимальный геном длины  $N$  может быть найден в течение  $N$  поколений, при этом в эволюционном процессе участвуют порядка  $N^2$  особей. Близкие оценки



справедливы и для других моделей, сходных с моделью квазивидов. Аналитические оценки проверены автором путем компьютерного моделирования.

В статье *Г. А. Савостьянова* «Как можно прогнозировать и измерять историческое развитие социальных и биологических сообществ» предложен формализованный подход для анализа процедуры разделения труда как основы развития различных сообществ. Введены понятия, правила и символика, необходимые для описания разделения труда в простейшем идеализированном сообществе. Для количественной характеристики этой процедуры использованы осмысленные и экспериментально определяемые параметры. С их помощью показано, что развитие сообществ подчиняется периодическому закону, а их классификация имеет вид периодической таблицы. Она учитывает два вида исторического развития – прогрессивное и девиантное, и отражает их основные закономерности: цикличность, направленность, конечность и параллелизмы. Таблица впервые дает объяснение причины, по которой креативными могут быть лишь некоторые члены сообщества. Кроме того, таблица позволяет прогнозировать состав и структуру сообществ в будущем развитии и дает возможность его измерять. Даны примеры такого измерения в истории и биологии. Таким образом, предлагаемый подход к количественному описанию разделения труда может оказаться полезным при построении предсказательной теории развития социальных и биологических сообществ и измерении их развития.

**Второй раздел «Тренды Большой истории»** открывает статья *Э. Чейсона* «Энергетический тренд Большой истории». В ней указывается, что эволюция стала значимым понятием, объединяющим все науки. В самом широком понимании космическая эволюция, включающая в себя предмет Большой истории, состоит из целостного описания бесчисленных изменений внутри и среди организованных систем, начиная с Большого взрыва и заканчивая человечеством. Этот междисциплинарный сценарий способен объединить физические, биологические и общественные науки, создавая таким образом в начале нового тысячелетия стабильные, объективные и обширные представления о материальной реальности для людей всех культур.

В статье *А. Л. Гринина* «Саморегуляция как тренд Большой истории» рассматривается понятие саморегуляции как универсальной способности систем к самосохранению и изменениям в меняющихся внешних условиях. Саморегуляция комбинирует в себе многие существующие понятия, присущие сложным системам и описанные в различных областях науки. Изучение саморегуляции дает возможность глубже понять многие эволюционные процессы на протяжении всей Большой истории, в том числе в

изучении социума и новых технологических укладов, а также использовать это понятие для прогнозов развития технологий и социальной жизни. Саморегуляция может быть прослежена на различных уровнях эволюции и на разных этапах мегаистории, при этом наблюдаются усиление и рост ее значимости на более высоких этапах, а также ее трансформация в управляемый процесс. Сначала автор показывает важные элементы саморегуляции в неживой природе, в частности на примере функционирования звезд; далее рассматривает саморегуляцию на более высоком уровне, как важнейший процесс существования объектов на уровне жизни. На протяжении всей статьи подчеркивается тесная связь саморегуляции с такими важными универсальными процессами в эволюции, как самоорганизация, самосохранение, а также управление. Понятие саморегуляции исследуется в аспекте как кибернетики, так и синергетики, автор стремится найти объединяющие моменты в данных аспектах.

*А. Б. Савинов* в работе «Теория активности систем и познание эволюции глобальных процессов» указывает на то, что рядом отечественных эволюционистов активность признана главным фактором эволюции систем, в том числе живых. Однако, несмотря на широчайшее использование в современной естественно-научной литературе, понятие «активность» не имеет корректного определения. Считается даже, что такое определение дать крайне затруднительно, а потому приемлемо чисто интуитивное понимание активности как всеохватывающей сущности организации и развития материальных систем. Для преодоления этой казусной ситуации автором было сформулировано определение понятия «активность» материальной системы (в том числе живой) – это характер и интенсивность взаимодействия системы с окружающей средой, то есть с другими системами, в единицу времени. Это определение было формализовано, то есть выражено математической формулой, с помощью которой произведена количественная оценка активности ряда групп живых организмов. Полученные данные характеризуют в информационном аспекте роль представителей продуцентов и консументов в функционировании и развитии экосистем и биосферы в целом.

**Третий раздел «Социальные системы в прошлом и будущем»** состоит из трех статей.

В работе *С. Н. Гринченко* и *Ю. Л. Шаповой* «Хронология и периодизация эволюции человечества (от первых гоминидов до человека современного) как этапы Большой истории» историческая эволюция и развитие человечества рассмотрены в контексте следующих модельных представлений: 1) информатико-кибернетических: человечество – самоуправляющаяся иерархическая система, в развитии которой выделены моменты системных личностно-интеллектуально-антропологических, информационно-комму-

никационных и производственно-технологических переворотов; 2) математических: длительность основных этапов археологической эпохи оценивается на базе исчисляемого в тысячах лет до н. э. и в обратном порядке ряда Фибоначчи. Эти модельные подходы объединены в единую модель, проведена ее верификация, количественные результаты расчетов сопоставлены с имеющимися эмпирическими данными. Как следствие такого синтеза обоснована концепция, которая позволяет возводить истоки современного человека не только к первым сапиенсам около «стотысячелетнего» возраста, но и вплоть до «четырехсотмиллионнолетней» цефализации позвоночных. Сделан вывод: археологическая эпоха является неотъемлемой частью Большой истории.

*А. В. Коротаев, С. Э. Билюга, Д. А. Осипов, С. Ю. Малков, С. Г. Шульгин* в статье «Опыт количественного анализа некоторых природных факторов исторических процессов» приводят дополнительные подтверждения гипотезы о том, что динамика солнечной активности может быть статистически значимым фактором социально-политической дестабилизации. В проведенном авторами исследовании базы данных CNTS за 1946–2012 гг. корреляция между уровнем солнечной активности, измеряемым при помощи чисел Вольфа, и интегральным индексом глобальной социально-политической дестабилизации оказалась статистически значимой на уровне 0,0025. Сила корреляции при этом составила 0,344 ( $R^2 = 0,118$ ). Сохраняющееся до сих пор настороженное отношение к солнечной активности как к фактору социально-политической дестабилизации объясняется в высокой степени тем обстоятельством, что первое поколение исследователей этого фактора было склонно преувеличивать его значимость, рассматривая всплески солнечной активности как едва ли не главный фактор, генерирующий революции. Правда и в этом случае, похоже, оказывается посередине: приведенное исследование подтверждает, что солнечная активность – статистически значимый фактор, но при этом сила действия данного фактора достаточно слаба. В тесте он объясняет около 12 % всей вариации интегрального индекса глобальной социально-политической дестабилизации. При этом достаточно примечательно то, что уровень солнечной активности продемонстрировал статистически значимую корреляцию с массовыми беспорядками, а не с мирными демонстрациями. Таким образом, объяснять начало революций ростом солнечной активности, конечно, нельзя. Но учитывать этот фактор при планировании практической политической протестной деятельности, по всей видимости, нужно.

В статье *А. А. Фомина* «О синтезе двух математических методов описания исторического развития» обосновывается возможность использования типичной для финансовых рынков логостепенной закономерности для

математического описания глобальных эволюционных процессов. Это открывает новые теоретические и прикладные возможности для понимания и осмысления причин глобальной эволюции, в частности прогнозирования.

В четвертом разделе «Рецензии и информация» представлена рецензия Э. Харпера на книгу Л. Е. Гринина и А. В. Коротаева “Great Divergence and Great Convergence”. Автор озаглавил ее «Великая дивергенция и Великая конвергенция: Глобальная перспектива».

### Библиография

- Гринин Л. Е., Коротаев А. В. (ред.). 2014. *История и Математика: Аспекты демографических и социально-экономических процессов*. Волгоград: Учитель.
- Гринин Л. Е., Коротаев А. В. (ред.). 2015. *История и Математика: Футурологические и методологические аспекты*. Волгоград: Учитель.
- Гринин Л. Е., Коротаев А. В., Малков С. Ю. (ред.). 2008. *История и Математика: Модели и теории*. М.: ЛКИ.
- Гринин Л. Е., Коротаев А. В., Малков С. Ю. (ред.). 2010. *История и Математика: О причинах Русской революции*. М.: ЛКИ.
- Гринин Л. Е., Марков А. В., Коротаев А. В., Панов А. Д. 2009. Эволюционная мегапарадигма: возможности, проблемы, перспективы. Введение. *Эволюция: Космическая, биологическая, социальная* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Марков, А. В. Коротаев, с. 5–43. М.: ЛИБРОКОМ.
- Капица С. П., Панов А. Д., Гринченко С. Н., Гринин Л. Е., Малков С. Ю., Коротаев А. В. 2006. *История и Математика: Проблемы периодизации исторических макропроцессов*. М.: КомКнига.
- Коротаев А. В., Малков С. Ю., Гринин Л. Е. (ред.). 2007. *История и Математика: Анализ и моделирование социально-исторических процессов*. М.: КомКнига.
- Коротаев А. В., Малков С. Ю., Гринин Л. Е. (ред.). 2010. *История и Математика: Анализ и моделирование глобальной динамики*. М.: ЛИБРОКОМ.
- Малков С. Ю., Гринин Л. Е., Коротаев А. В. (ред.). 2007. *История и Математика: Макроисторическая динамика общества и государства*. М.: КомКнига.
- Малков С. Ю., Гринин Л. Е., Коротаев А. В. (ред.) 2009. *История и Математика: Процессы и модели*. М.: ЛИБРОКОМ.
- Малков С. Ю., Гринин Л. Е., Коротаев А. В. (ред.) 2010. *История и Математика: Эволюционная историческая макродинамика*. М.: ЛИБРОКОМ.
- Маркс К., Энгельс Ф. 1955. *Немецкая идеология*. В: Маркс К., Энгельс Ф., Соч. 2-е изд. Т. 3. М.: Политиздат.
- Турчин П. В., Гринин Л. Е., Малков С. Ю., Коротаев А. В. (ред.) 2008. *История и Математика: Концептуальное пространство и направления поиска*. М.: ЛКИ.

- 
- Chaisson E. J. 1981.** *Cosmic Dawn: The Origins of Matter and Life*. Boston, MA: Little Brown.
- Grinin L. E., Baker D., Quaedackers E., Korotayev A. V. 2014.** Introduction. Big History's Big Potential. *Teaching & Researching Big History: Exploring a New Scholarly Field* / Ed. by L. E. Grinin, D. Baker, E. Quaedackers, A. V. Korotayev, pp. 7–18. Volgograd: 'Uchitel' Publishing House.
- Jantsch E. 1980.** *Self-organizing Universe*. Oxford: Pergamon.
- Reeves H. 1981.** *Patience dans l'Azur: l'évolution cosmique*. Paris: Editions du Seuil.
- Sagan C. 1980.** *Cosmos*. New York, NY: Random House.

# **I. ОТ БОЛЬШОГО ВЗРЫВА ДО НОМО SAPIENS**

## **1**

### **А был ли Большой взрыв?**

*Л. Е. Гринин*

*Среди физиков и космологов нет единства мнений по проблемам первых стадий истории Универсума. Предполагается, что наша Вселенная появилась примерно 13,82 млрд лет назад из неизвестного состояния. Представление, распространившееся в 1970-х гг., что она появилась из сингулярности (то есть состояния неопределенно малой величины и неопределенно большой плотности материи) в результате необычайной силы Большого взрыва, хотя и разделяется до сих пор многими, устарело. В результате появления теории инфляции многие сложности теории Большого взрыва удалось устранить, однако вопрос о самом Большом взрыве (часто называемом горячим взрывом) оказался весьма запутан терминологически и теоретически. Поэтому в современных исследованиях часто можно встретить только упоминания о Большом взрыве, но не ясное описание этого события.*

*В современной литературе описание стадии горячего Большого взрыва после стадии разогрева обычно не дается. Но следует иметь в виду, что, добавив в понятие «Большой взрыв» детерминатив «горячий», нередко подразумевают, что был еще один Большой взрыв – доинфляционный, который то ли предшествовал начальной квантовой флуктуации, то ли явился началом инфляции. Однако его описание и характеристики являются еще более неясными, чем горячего Большого взрыва. В результате такой терминологической и теоретической путаницы упоминания о Большом взрыве среди физиков все чаще выглядят просто как дань традиции, которую они не осмеливаются нарушить, а потому такие упоминания носят скорее ритуальный, чем наполненный конкретным содержанием характер. В целом представляется, что самая начальная история Вселенной вполне может обойтись без использования понятия «Большой взрыв» с применением схемы: флуктуация (что бы ее ни вызвало) – инфляция – постинфляционный разогрев. В статье дается анализ современных космологических взглядов на самое начало нашей Вселенной и указываются наиболее важные в них противоречия.*

*Ключевые слова:* Большой взрыв, горячий Большой взрыв, инфляция, Вселенная, инфлатон, ложный вакуум.

**Недостатки теории Большого взрыва и теория инфляции.** История Вселенной, особенно ее начальных этапов, является научной реконструкцией, в которой многие моменты все еще являются более или менее правдоподобными научными гипотезами.

Среди физиков и космологов нет единства мнений по проблемам первых стадий истории Универсума. Предполагается, что наша Вселенная появилась примерно 13,82 млрд лет назад из неизвестного состояния. Распространившееся в 1970-х гг. представление, что она возникла из сингулярности (то есть состояния неопределенно малой величины и неопределенно большой плотности материи) в результате необычайной силы Большого взрыва, хотя и разделяется до сих пор многими, устарело. Более современной выглядит теория инфляции, развивающаяся с конца 1970-х гг. Исторически первая разработанная в деталях модель инфляции – модель А. А. Старобинского. Но в наиболее известном виде теория инфляции впервые была сформулирована в 1981 г. в знаменитой статье Алана Гуса (в другой транскрипции – Гута), который продолжает активно ее пропагандировать.

Главная причина появления теории инфляции заключалась в том, что существовавшая до нее теория БВ не могла удовлетворительно объяснить ряд современных параметров Вселенной. «В теории горячего Большого взрыва нет ответов на вопросы о том, почему Вселенная такая однородная, изотропная, “большая” (пространственно-плоская) и горячая. Наоборот. В рамках этой теории указанные фундаментальные свойства нашей Вселенной выглядят как следствия чрезвычайно неестественных начальных условий» (Горбунов, Рубаков 2010: 341; Guth 2002; 2004).

В результате появления теории инфляции многие сложности теории Большого взрыва удалось устранить, стали архаичными все еще очень распространенные взгляды, согласно которым история Вселенной начинается с Большого взрыва и сингулярности. Теория инфляции делает Большой взрыв только одной, причем не начальной, фазой развития. Однако сегодня, говоря о Большом взрыве, надо уточнять, о каком именно взрыве идет речь. Дело в том, что в физике и космологии, которые исследуют процессы в ранней Вселенной, единой терминологии в отношении Большого взрыва не сложилось: здесь существует серьезная путаница.

**Вселенная до горячего Большого взрыва.** Относительно начала нашей Вселенной существуют различные точки зрения. Весьма распространенная гипотеза заключается в том, что Вселенная возникла в результате квантовой флуктуации (то есть ничтожно малого, но все же имеющего определенные пространственные параметры колебания). Эта флуктуа-

ция привела в движение силы так называемого ложного вакуума (часто называемого *инфлатоном*). Ложный вакуум – это гипотетическое состояние материи, при котором благодаря отрицательному давлению происходит отталкивание материи и расширение пространства. Вот почему данная стадия называется *стадией инфляции* (то есть «раздувания» Вселенной). За мельчайшие доли секунды Вселенная достигла огромных размеров. Ложный вакуум – неустойчивое состояние материи, поэтому он стал быстро распадаться, и Вселенная перешла в *стадию постинфляционного разогрева*, в которой температура достигает огромной величины. Разогрев завершается *горячим* Большим взрывом, который дополнительно разгоняет расширение Вселенной.

Но в современной литературе описания стадии горячего Большого взрыва после стадии разогрева обычно не дается. Говоря словами А. Гуса, не поясняется, что «взорвалось», как «взорвалось» и что послужило причиной «взрыва» (Виленкин 2010).

**Основная идея теории инфляции**, таким образом, заключается в том, что *Большой взрыв не был началом и моментом рождения Вселенной, а ему предшествовали по меньшей мере две эпохи: инфляции и постинфляционного разогрева*. То есть горячий Большой взрыв – это только фазовый переход от состояния холодной инфляции к горячей фазе.

В этой связи теперь Большой взрыв нередко именуется *горячим* Большим взрывом, поскольку если он и имел место, то уже после разогрева.

Так как теория инфляции еще относительно молода, подобный взгляд у физиков не является общепринятым. Среди них еще немало тех, кто считает Большой взрыв началом Вселенной, а инфляцию – фазой, которая за ним последовала. Но такое расхождение во мнениях едва ли не в основной мере объясняется именно путаницей в терминологии. Дело в том, что когда говорят о Большом взрыве как о событии, которое предшествовало началу инфляции, часто подразумевают не горячий Большой взрыв (то есть классический БВ), а другой – *предынфляционный* Большой взрыв.

**Путаница с Большими взрывами.** Но описание и характеристики предынфляционного БВ являются еще более неясными, чем горячего Большого взрыва. Он также не имеет какого-то общепринятого названия, встречаются упоминания о планковской эпохе БВ, ранней стадии БВ, истинном БВ и т. п. В результате такой терминологической и теоретической путаницы крайне сложно понять, об одном или о двух взрывах идет речь, равно как нелегко описать реальную последовательность стадий. Если имели место два Больших взрыва, тогда схема рождения Вселенной должна была бы выглядеть таким образом: доинфляционный Большой взрыв – инфляция (расширение Вселенной) – постинфляционный разогрев Вселенной – горячий Большой взрыв. Но такой реконструкции нигде не приводится, возможно, потому, что проще обходить этот весьма сложный



момент. Все чаще упоминания о Большом взрыве среди физиков выглядят просто как дань традиции, которую они не осмеливаются нарушить, а потому такие упоминания носят скорее ритуальный, чем наполненный конкретным содержанием характер.

Таким образом, в литературе иногда говорят просто о Большом взрыве, иногда о горячем Большом взрыве; порой, упоминая о нем, подразумевают два больших взрыва: один (непонятной природы) – перед инфляцией, другой – после нее (горячий Большой взрыв). При этом не уточняется, был ли «истинный» Большой взрыв толчком для квантовой флуктуации (о которой см. ниже) либо это просто начало стадии инфляции.

В теориях, рассматривающих нашу Вселенную как одну из мириад вселенных Мультиверса, Большие взрывы имеют причины, отличные от классической теории БВ.

И такая путаница укрепляет подозрения, что понятие Большого взрыва в принципе стало лишним после появления теории инфляции. Неудивительно, что трудно найти сколько-нибудь четкое, ясное описание горячего Большого взрыва, тем более истинного БВ.

Сама идея Большого взрыва потеряла не только свою субстанциальность и уникальность, но и в целом необходимость. По сути, теория инфляции может обойтись без БВ, употребляя вместо него понятие разогрева и перехода в новое состояние радиации при высоких энергиях. Термин «Большой взрыв» остается скорее по традиции. У некоторых исследователей, хотя и нечасто, такая мысль вполне прослеживается. «Иначе говоря, происходит нагрев Вселенной. Как раз этот момент и называется сегодня Большим взрывом» (Постнов 2001). «Хотя его (БВ. – Л. Г.) в том виде, в котором мы себе раньше представляли Большой Взрыв, скорее всего, и не было» (Муханова, Орлова 2006). То есть это уже не совсем определенный момент: так как идет разогрев вселенной, фактически понятие взрыва становится достаточно условным.

При этом большинство исходных начальных условий, которые определяют важнейшие характеристики современной Вселенной, также относятся к стадии инфляции, а не горячего Большого взрыва.

**Постулаты инфляционной теории.** Итак, согласно современным представлениям, по пока абсолютно непонятным причинам возникла квантовая флуктуация, в результате чего из некоего крошечного (но все же измеряемого) объема появился прообраз нашей Вселенной. Это, по сути, и есть первый постулат инфляционной теории (идея о квантовых изначальных размерах будущей Вселенной). Вторым постулатом является идея о том, что этот объем был заполнен особой – реально никогда не наблюдаемой, то есть гипотетической – субстанцией. Она называется фальшивым, или ложным, вакуумом с отрицательным давлением, то есть вакуумом, который не притягивал, как гравитация, а отталкивал. В ре-

зультате отрицательного давления этой субстанции Вселенная стала необычайно быстро (с ускорением) расширяться (на многие порядки), пока не достигла очень большого объема. Это расширение, согласно теории, и порождает закон Хаббла.

Вакуумоподобную энергию с отрицательным давлением и постоянной температурой, которая вызвала расширение (инфляцию), теперь часто называют *инфлатоном*.

**Завершение стадии инфляции, постинфляционный разогрев.** Период инфляции (как и все начальные стадии ранней Вселенной) был очень коротким, тем не менее для теории важно, чтобы он не был короче определенной длительности, измеряемой в кратчайших единицах, так называемых планковских временах (от 70 до 100 таких времен, укладывающихся в ничтожнейшие доли секунды)<sup>1</sup>. Такая длительность в терминах теории инфляции получила название медленного скатывания скалярного (инфлатонного) поля. Во время данного процесса потенциальная энергия этого поля уменьшалась, переходя в кинетическую. Предполагается, что это приводит к образованию так называемого бозонного конденсата. В конце концов к определенному моменту потенциальная энергия инфлатона (инфлатонного поля) достигает минимума. Это означает, что условия, необходимые для экспоненциального расширения, нарушаются, и инфляционная стадия заканчивается.

Это приводит к довольно быстрому разогреву Вселенной. Наступает стадия постинфляционного разогрева, в которой происходит распад бозонного конденсата за счет колебаний (осцилляции) инфлатонного поля, достигшего минимума своей энергии. В процессе колебаний инфлатонного поля начинается образование различных частиц, о природе которых имеются различные предположения. Энергия инфлатона переходит в энергию рождающихся частиц в результате их взаимодействия с быстро меняющимся инфлатонным полем (образно говоря, происходят «откачка» энергии и разогрев за счет этого). Это привело к быстрому разогреву Вселенной (иными словами, резко возросла энтропия, которая ранее в инфлатоне – ложном вакууме – была небольшой) и образованию элементарных частиц обычного вещества. При этом постоянно происходило быстрое расширение Вселенной. А инфлатонное уравнение состояния материи переходит в пылевидное. И позже, когда разогрев достигает пика, пылевидное уравнение состояния переходит в радиационно-доминированное. Иначе говоря, достигнув сверхвысокой температуры, материя перешла в состояние «сверхгорячей плазмы, состоящей из свободных кварков, глюонов, лептонов и высокоэнергетичных квантов электромагнитного излу-

---

<sup>1</sup> 100 планковских характерных времен – это нечто вроде промежутка времени от  $5 \times 10^{-44}$  –  $5 \times 10^{-42}$  с.

чения» (Левин 2010). *Значит, в течение долей секунды последовательно имели место уравнивания состояния фальшивого вакуума – пылевидное – радиационно-доминирующее.*

**Собственно горячий Большой взрыв.** Идут дискуссии вокруг того, какой температуры в результате этих процессов достигает постинфляционная Вселенная. В любом случае она была очень велика<sup>2</sup>, хотя, скорее всего, ниже, чем предполагалось в теории БВ. По мнению космологов и физиков, это приводит к своего рода «вскипанию» вакуума, который, отметим, к этому моменту уже занимал огромный объем. Как мы видим, взрыв здесь имеет уже весьма далекий вид от той картины, которая имела место ранее. В ходе «взрыва» вакуум «вскипел» и возникло обычное вещество, правда, в состоянии горячей плазмы, оставаясь в нем в течение сотен тысяч лет. Повторим, что в теории инфляции место Большого взрыва не кажется достаточно определенным. Иногда Большим взрывом называют разогрев Вселенной (см. ниже), но разогрев, как мы видели, не был одномоментным. Напротив, речь идет о целой фазе разогрева, и не совсем понятно, в какой именно момент и в какой именно форме она заканчивается. К. А. Постнов так и говорит, что стадия инфляции за время  $10^{-34}$  с. «готовит» первичное очень горячее вещество в очень небольшой области, оно расширяется по инерции. Это и есть не что иное, как модель горячей Вселенной (Большого взрыва).

*Теперь ясно, что роль «взрыва» играла стадия инфляции* (Постнов 2001). Согласно комментарию А. Виленкина (2010), момент распада инфлатона отмечает конец инфляции **и в этой теории играет роль Большого взрыва**. Отметим, кстати, что и стадия постинфляционного разогрева выделяется не всеми исследователями. Практически нет исследователей, которые бы определенно отвергали Большой взрыв, зато все больше таких, которые используют это понятие как нечто конвенциональное, но неопределенное. Может быть, потому, что прямое отрицание взрыва вызывает сложности, которых проще избежать с помощью невнятного упоминания этого момента. Большой взрыв, кажется, становится некой метафорой, показателем верности мейнстриму, играя роль, подобную непонятному богу в учениях деистов. Напомним, что ситуацию очень осложняет неявное предположение о том, что могло быть два Больших взрыва, один из которых предшествовал инфляции, а другой следовал за ней.

**Значение теории инфляции. Физический фатализм.** Для современных космологических и космофизических концепций эпоха инфляции

---

<sup>2</sup> Хотя прямых экспериментальных указаний, что во Вселенной существовали температуры выше нескольких МэВ (то есть нескольких десятков миллиардов градусов), пока не существует (Горбунов, Рубаков 2012).

является очень важной. Фактически ее «сделали ответственной» не только за вышеприведенные характеристики нашей Вселенной, но и за возникновение закона Хаббла. «Инфляция – это не просто теория исходного (предельного) начала, но теория эволюции, которая объясняет, по существу, все, что мы видим вокруг нас, начавшись почти из ничего», – с восторгом поясняет А. Гус (Guth 2002). К слову сказать, более раннюю его работу редакторы снабдили очень характерной аннотацией: «Через две тысячи лет после того, как Лукреций провозгласил, что ничто не может возникнуть из ничего, инфляционная теория утверждает, что он был неправ» (*Idem* 1997).

Нужно ясно понимать, что появление теории инфляции – это результат поиска таких физических условий, при которых можно было бы объяснить характеристики современной Вселенной. Для моделирования таких изначальных условий вводятся соответственно гипотетические состояния вещества и энергии. Поэтому абсолютно естественно, что существуют десятки конкурирующих моделей стадии инфляции, а также то, что практически по всем параметрам этой стадии много неясного. Удивительно, что наука вообще может выдвигать достаточно стройные и аргументированные гипотезы о столь отдаленных и кратких периодах (о Большом взрыве, теории инфляции, начальных фазах истории Вселенной см. Гринин 2013).

**Физический фатализм.** В целом и теория БВ, и теория инфляции исходят из того, что они должны объяснить сегодняшние наблюдаемые состояния Вселенной, включая закон Хаббла, пространственную однородность Вселенной, ее плоскостность и т. д. Почему эти состояния должны объясняться самыми начальными условиями? Почему они не могли возникнуть позже под воздействием каких-либо факторов? Видимо, это связано как со стремлением космологов и физиков к некоей завершенной картине, которая в главном бы все объясняла, так и с тем, что в противном случае, если теория начала Вселенной не объясняет сегодня наблюдаемые состояния, то она легко опровергается и, собственно, даже не рассматривается. В результате в теорию инфляции закладывается возникновение закона Хаббла, хотя почему бы этому расширению (если красное смещение вообще не будет позже объяснено иным моментом) не возникнуть позже? Расширение Вселенной, возникнув в самый первый момент, не меняется по инерции. Такой взгляд представляется довольно фаталистичным. Мало того, получается, что и вся последующая крупномасштабная структура Вселенной была предопределена мельчайшими флуктуациями плотности, возникшими уже на стадии инфляции в чрезвычайно короткие доли миллисекунд. Довольно грустно осознавать, что все было решено в такое кратчайшее время и в таком небольшом объеме (от планковского размера до  $1\text{ см}^3$ ). Хотя теория инфляции и стремится отойти от понятия

сингулярности с его полной неопределенностью в физическом плане, тем не менее изначальные размеры трудны для восприятия. Безусловно, квантовые размеры изначальной Вселенной по сравнению с сингулярностью с точки зрения физики – это принципиально иное состояние, так как оно позволяет оперировать уже известными или хотя бы сформулированными гипотетическими законами и силами. Но с точки зрения идей эволюции между сингулярностью и квантовыми (тем более планковскими) размерами различия невелики.

### Библиография

- Виленкин А. 2010.** *Мир многих миров. Физики в поисках иных вселенных.* М.: Астрель.
- Горбунов Д. С., Рубаков С. А. 2010.** *Введение в теорию ранней Вселенной. Космологические возмущения. Инфляционная теория.* М.: УРСС.
- Горбунов Д. С., Рубаков С. А. 2012.** *Введение в теорию ранней Вселенной. Теория горячего Большого взрыва.* 2-е изд. М.: ЛКИ.
- Гринин Л. Е. 2013.** *Большая история развития мира: Космическая эволюция.* Волгоград: Учитель.
- Левин А. 2010.** За триллион лет до Большого взрыва. *Популярная механика* 6. URL: [http://elementry.ru/lib/431131?page\\_design=print](http://elementry.ru/lib/431131?page_design=print).
- Муханова В. Ф., Орлова О. 2006.** Большой взрыв стал жертвой инфляции. URL: <http://polit.ru/article/2006/12/19/vzryv>.
- Постнов К. А. 2001.** Лекции об общей астрофизике для физиков. М.: Изд-во МГУ.
- Guth A. 1997.** Was Cosmic Inflation the ‘Bang’ of the Big Bang? *Beem Line* 27(3).
- Guth A. 2002.** The Inflationary Universe. URL: <http://www.edge.org/conversation/the-inflationary-universe-alan-guth>.
- Guth A. 2004.** Inflation. *Carnegie Observatories Astrophysics. Series 2: Measuring and Modeling the Universe* / Ed. by W. L. Freedman. Cambridge: Cambridge University Press. URL: <http://www.astro.caltech.edu/~george/ay21/readings/guth.pdf>.

## 2

# О галактических циклах в истории Земли

И. К. Гаршин

*Установлено, что ключевые события истории Земли определяются космическими факторами, связанными с вращением Солнечной системы вокруг центра Галактики. Этот галактический год (далее – галацикл) равен примерно 200 млн лет. Большинство эонов, эр и докембрийских периодов кратны этой величине. Существуют астробиогеологические циклы около 200 млн лет и кратные им (400, 800 млн лет), а также более мелкие периоды (примерно по 50 млн лет). Хронология Луны, Марса и Меркурия подтверждает это, что говорит о едином космическом влиянии на эволюцию планет.*

*Обнаружено, что на границах галациклов происходили катастрофические события в истории земного шара. Предполагаемая причина этих событий – падение крупных астероидов, возможно, внесолнечного происхождения. Эти бомбардировки приводили прямо или косвенно (через усилившуюся вулканическую деятельность) к запылению атмосферы. Из-за последующего снижения солнечной радиации климат «переохлаждался» и наступал ледниковый период. Попутным геологическим событием мог быть раскол древнего материка. Эти геологические катаклизмы приводили к биологическим катастрофам, когда погибало от 40 до 95 % всех видов.*

*Предложена новая геохронологическая шкала, соответствующая галациклам. Каждый галацикл представлен геологической эрой и обычно характеризуется своей эпохой складчатости. Четыре эры объединяются в эон, которому соответствует эпоха образования и распада суперконтинента. Всего представлено 6 эонов и 24 эры, начиная с катархея. Четные эры являются гляцио-эрами, нечетные – термозрами. Каждая эра делится на 4 периода, которые представляют собой фазы горообразования. Получается настоящая «периодическая система» геологического времени, позволяющая заранее определять древнейшие климаты и прогнозировать геологическую историю далекого будущего.*

**Ключевые слова:** геохронология, геохронологическая шкала, геологическое время, история Земли, орбита Солнечной системы, период вращения Галактики, планетарные катаклизмы, биологическая катастрофа, вымирание видов, ледниковая эпоха, древние ме-

*теориты, суперконтиненты, циклы горообразования, ритмы осадконакопления, космические факторы эволюции, колебания орбитальных величин, селенохронология, галактический оборот.*

## 1. Введение в проблему

В начале XX в. геологи А. Пенк и Э. Брикнер исследовали альпийские оледенения и установили относительную хронологию послеледниковой и межледниковых эпох четвертичной истории Альп (Герасимов, Марков 1939). Затем им удалось получить численное выражение интенсивности климатических изменений и продолжительности межледниковых эпох. Откладывая по оси абсцисс время, а по оси ординат – величину перемещения снеговой линии, они получили ломаную линию, которую называют *климатической кривой Пенка – Брикнера*.

В. Кёппен, А. Вегенер и М. Миланкович (1924) (Большаков 2011: 77–80; Герасимов, Марков 1939) увидели причину этих изменений в колебаниях величины солнечного тепла – главного фактора, определяющего климат нашей планеты. То количество тепла, которое получает земная поверхность, зависит при неизменной величине солнечного излучения от трех периодически меняющихся величин (Рис. 1):

1) наклона эклиптики, меняющейся с периодом около 40 000 лет, – чем меньше наклон, тем мягче и равномернее климат;

2) эксцентриситета земной орбиты, меняющегося с периодом примерно 90 000 лет;

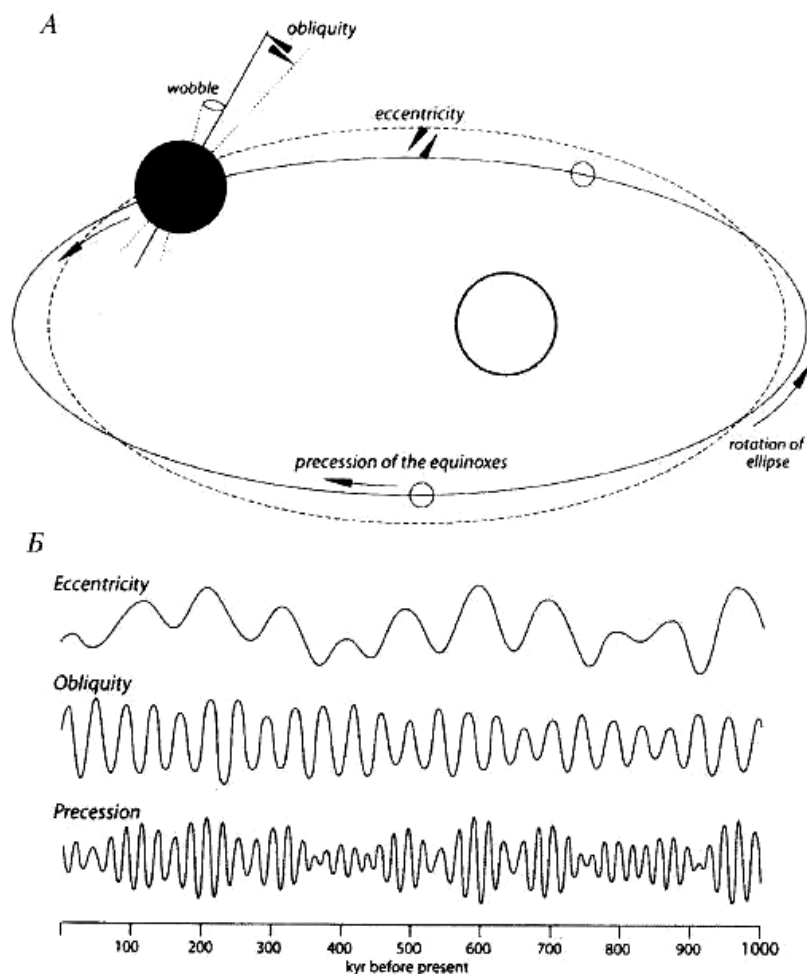
3) предварения равноденствия из-за прецессии земной оси, которая периодически меняется примерно каждые 26 000 лет и определяет сезон, на который в данном полушарии приходится перигелий или афелий.

Эти три изменения движения зависят от притяжения Земли планетами Солнечной системы.

М. Миланкович подсчитал, каковы действительные сочетания этих трех изменений. Он построил кривую, которую назвал «Солнечная радиация летней половины года в высоких широтах в четвертичное время за 650 тысяч лет». Изменение величины солнечной радиации по оси ординат показано как изменение широты места. Кривая не учитывает влияния земной атмосферы и географических факторов (например, наличия значительных континентальных масс к северу от экватора).

В. Кёппен в 1924 г. отметил поразительное сходство кривых Пенка – Брикнера и Миланковича. А Б. Эберл, проведя детализацию истории ледникового периода Альп, построил свою кривую, чьи выступы также совпали с выступами кривых Пенка – Брикнера и Миланковича. Поскольку Эберл указывал следы еще более древних ледниковых эпох, он попросил Миланковича продолжить кривую, вычисленную вначале для 650 000 лет, на отрезок времени в 1 миллион лет. Сопоставление новых более древних

участков кривых Эберла и Миланковича снова обнаружило их поразительное сходство.



**Рис. 1.** Астрономические переменные, контролирующие солнечную инсоляцию, определяемую вращением Земли вокруг Солнца и своей оси (А). Астрономические факторы образования ритмической последовательности в осадочных толщах (Б). Значения эксцентриситета, наклона оси и прецессии в течение последнего миллиона лет (Strasser *et al.* 2006: figs 1, 3; Корень 2009)



Впоследствии было признано, что влияние географических факторов на климат намного больше, чем астрономических. Но в наше время опять пришли к выводу (Корень 2009), что квазипериодические осцилляции земной орбиты (прецессия и эксцентриситет) и наклона оси были главным фактором климатических изменений прошлого, которые запечатлены в осадочных последовательностях.

Такие попытки удовлетворительного объяснения климатических изменений на Земле воздействием космических причин побуждают к дальнейшим исследованиям в этой области по всем геологическим эпохам. Если на земной климат влияют планеты Солнечной системы, то, может быть, и далекие космические факторы каким-то образом действуют на Землю и Солнце? Многие исследователи (Большаков 2011: 77–80; Вылцан и др. 2008; Джон и др. 1982; Епифанов 2009: 101–104; Свиточ и др. 2004) изучали и изучают влияние окружающих звезд, структур и процессов Галактики на Солнечную систему. И многие отмечали периодичность геологических событий (в том числе гляциоз – Г. Ф. Лунгерсгаузен и др.) в интервале от 180 до 250 миллионов лет, что примерно соответствует галактическому году – периоду обращения Солнца вокруг центра Млечного Пути (Астрономия... 2008).

Сторонник модели пульсирующей и кристаллоподобной Земли В. А. Епифанов (2007а: 120–123; 2007б: 119–128) графически и математически рассчитал время, пространство и характер проявления пульсации Земли. Он связал вместе этапы щелочного магматизма, формирования нафтидов и алмазов, локализовав их в соответствующих местах икосаэдрической кристаллоформы Земли (см. раздел 2.7). Причину оледенений он видит в массовой напорной дегазации при периодическом глобальном сжатии земной коры (Он же 2006: 81–90).

Автор статьи, не являясь профессиональным геологом, биологом или астрономом, но будучи физиком по образованию и аналитиком по профессии, предпринял собственное расследование взаимосвязи важнейших геологических и биологических событий Земли.

## 2. Предмет и метод исследований

**Предмет** исследований – ключевые события геосферы и биосферы. **Цель** – поиск их периодичности и возможной взаимосвязи. **Метод** – хронологические сравнения этих событий между собой.

Исследоваться будут следующие процессы и ключевые события:

- 1) распад и образование материков;
- 2) смены эпох горообразования;
- 3) наступление и окончание ледниковых периодов;
- 4) колебания уровня Мирового океана;
- 5) расцвет и вымирание биологических видов;
- 6) падение очень крупных метеоритов;
- 7) другие геологические события и циклы.

Все виды этих событий будут представлены хронологическими списками с последующим выявлением в них закономерностей. Затем эти сведения будут объединены в общей хронологической таблице. Кроме того, мы сравним хронологические шкалы Земли, Луны и других планет Солнечной системы.

### 2.1. Тектоника древних континентов (циклы Уилсона)

В науке обсуждается различный состав древних суперматериков (Свиточ и др. 2004; Старостин, Игнатов 2006; Ушаков, Ясаманов 1984; Хаин, Халилов 2009). Не все из них общепризнанны, неясна хронология самых древних. Приведем их наименования и временные границы (в млн л. н. – миллионах лет назад) по версиям различных исследователей (\* – гипотетические).

**Табл.** Наименования и временные границы древних суперматериков по версиям различных исследователей

№	В. Е. Хаин, Н. А. Божко	О. Г. Сорохтин, С. А. Ушаков	В. Е. Хаин, Н. А. Ясаманов	Н. А. Божко (кульминации)	Современная концепция	Р. Р. Табдуллин	Авторская концепция
1	2	3	4	5	6	7	8
1		Пангея (230 ± 10)	Пангея (435–220)	230	Пангея (300–200; 360–230?)	250	Пангея (300–200)
2				625	Паннотия (600)	625	Мезогей (~700?)
3	Пангея 2 (1000)	Мезогей (1000 ± 70)	Палеогей (1080–865)	1020	Родиния (1050–750; 1000–850)	1000	Палеогей (1100–900)
4				1415		*1375	Эогей (~1500?)
5	Пангея 1 (1650)	Мегагей (1800 ± 100)	Мегагей (1725–1510)	1800	Колумбия / Нуна / Хадсонленд (1800–1500)	1750	Мегагей (1900–1700)
6			Протогей (2370–2155)	2215		*2125	Протогей (~2300?)
7	Пангея 0 (2500)	Моногей (2600±100)		2610	Кенорленд (2800–2100; 2500–2300?)	2500	Моногей (2700–2600)
8			Прогей (3015–2800)	3005	Ур (3000)		Прогей (~3100?)

Окончание табл.

1	2	3	4	5	6	7	8
9			Археогейя (3660–3445)	*3400	Ваальбара (3600–2800; 3600–3100?)		Археогейя (3500–3300)
10				*3795			Дейтерогейя (~3900)
11				*4190			Матригейя (~4300)

Видно, что древние сверхматерики формировались примерно каждые 700–800 млн лет. По В. Е. Хаину и Н. А. Божко, средний интервал между их Пангеями – 750 млн лет (им противостояли суперокеаны Панталасса, Мировия, потом Прототетис). О. Г. Сорохтин и С. А. Ушаков (Свиточ и др. 2004) связали время образования суперконтинентов с рядом тектонических эр, получив интервал 800 млн лет (кроме 770 млн лет между Пангеей и Мезогеей). В. Е. Хаин и Н. А. Ясаманов принимают значение 645 млн лет. По отдельной концепции Н. А. Божко (Хаин, Халилов 2009) интервал между слиянием материков (с учетом промежуточных) – 395 лет.

Рассмотрим современную концепцию:

1) интервал между образованиями Пангеи (300 млн л. н.) и Родинии (1050 млн л. н.) – 750 млн лет;

2) между образованиями Родинии (1050 млн л. н.) и Колумбии (1800 млн л. н.) – 750 млн лет;

3) между образованиями Колумбии (1800 млн л. н.) и Кенорленда (2800 млн л. н.) – 1000 млн лет;

4) между образованиями Кенорленда (2800 млн л. н.) и Ваальбары (3600 млн л. н.) – 800 млн лет.

Здесь средний интервал – 830 миллионов лет.

Р. Р. Габдуллин приводит современный взгляд на сверхматерики (включая гипотетические временные) в усредненной форме с интервалом 375 лет (см.: Габдуллин и др. 2011).

Значит, период эволюции литосферы (геодинамический цикл Уилсона), в рамках которого происходят «сборка» и разъединение сверхматериков, составляет около 800 млн лет. Этот отрезок примерно равен 4 галактическим оборотам. Обычно считается, что блоки континентальной коры собираются в единый суперконтинент с периодом около 500–600 млн лет, но это потому, что учитываются эпизодические и долгоживущие временные континенты, такие как, например, Паннотия или Ур. Что касается Паннотии, то этот суперматерик, по гипотезе, временно возник уже через 150 млн лет после распада Родинии (600 млн лет назад) из ее «обломков». Последующее его раздробление породило фрагменты, которые вновь соединились с образованием Пангеи. Таким же временным суперматериком,

видимо, был Ур, чья хронология входит в широкие временные рамки Вальбары. Можно предположить, что 1 раз в 800 млн лет возникают относительно устойчивые сверхматериковые образования, а между ними – «временные сверхматерики». Таким образом, суперконтиненты (разной степени стабильности) образуются 1 раз в 400 млн лет (в среднем). Это согласуется с периодом глобального колебания уровня моря (400 млн лет), как показывает В. А. Епифанов (2007а: 120–123; 2007б: 119–128) (см. раздел 2.7).

Проведем мысленный эксперимент. Пусть в некотором месте Земли (положим, на одном из полюсов) собрались материковые массы, сформировав суперконтинент. После динамической и термической стабилизации начинается I фаза геодинамического цикла – континентальный рифтогенез (кора материка раскалывается над мантийной струей). Части разделенного суперконтинента разъезжаются в противоположных направлениях (полагают, под действием мантийных потоков). Но «Земля – круглая», и рано или поздно они соберутся вместе на ее противоположной стороне. Если считать скорость дрейфа 5 см/г, то путь в 20 000 км дрейфующие плиты покроют за 400 млн лет. Геомобильный процесс не так прост, но полученная величина косвенно говорит в пользу периода цикла в 400 млн лет.

Учитывая возможное существование временных сверхматериков, автор предлагает свою хронологическую версию суперконтинентального цикла (правая колонка Табл.). За точку отсчета взято время образования Пангеи – 300 млн лет назад. Время образования более древних суперконтинентов получено как период в 800 и 400 млн лет для «стабильных» и «временных» сверхматериков соответственно. Используются названия Мезогей, Мегагея, Моногея и подобные им, как легче произносимые и терминологически более последовательные, хоть и «устаревшие».

Заметим, что Родиния распалась в конце тонийского геологического периода, название которого как раз и означает «растяжение». За 400 млн лет до этого был эктазийский период, название которого тоже означает «растяжение». Это время, по гипотезе автора, совпадает с временем распада Эогей.

**Вывод:** продолжительность полного суперконтинентального цикла – около 800 млн лет, причем в полцикле (примерно через 400 млн лет) образуются непродолжительные сверхматерики.

## 2.2. Тектоно-магматические эпохи (циклы Бертрана)

В истории Земли выделяются около 20 тектоно-магматических эпох (Ковалев 2010), каждая из которых характеризуется своеобразной магматической и тектонической активностью и составом возникших горных пород. Перечислим эти эпохи *складчатости*, или *циклы Бертрана*, от поздних к ранним:

1. **Альпийская:** 50–0 млн лет – через 210 млн лет после начала герцинской.
2. **Киммерийская (мезозойская):** 90–50 млн лет.
3. **Герцинская (варийская):** 260–90 млн лет – через 390 млн лет после начала кадомской. Формирование суперматерика **Пангеи**.
4. **Каледонская:** 410–260 млн лет.
5. **Салаирская (позднебайкальская):** 520–410 млн лет. Расцвет биоса.
6. **Кадомская (катангинская):** 650–520 млн лет – через 210 млн лет после начала дельйской.
7. **Дельйская:** 860–650 млн лет – через 230 млн лет после начала гренвилльской.
8. **Байкальская:** 930–860 млн лет.
9. **Гренвилльская:** 1090–930 млн лет – через 400 млн лет после начала лаксфордской. Формирование суперматерика **Родинии**.
10. **Эльсонская:** 1210–1090 млн лет.
11. **Готская (кибарская):** 1360–1210 млн лет.
12. **Лаксфордская:** 1490–1360 млн лет – через 180 млн лет после начала гуронской.
13. **Гуронская:** 1670–1490 млн лет – через 160 млн лет после начала гудзонской.
14. **Гудзонская (свекофенская):** 1830–1670 млн лет – через 400 млн лет после начала карельской. Формирование суперматерика **Колумбии**.
15. **Балтийская:** 1980–1830 млн лет.
16. **Карельская (раннекарельская):** 2230–1980 млн лет – через 270 млн лет после начала альгонкской.
17. **Альгонкская:** 2500–2230 млн лет – через 200 млн лет после начала беломорской.
18. **Беломорская (кенорская):** 2700–2500 млн лет – через 350 млн лет после начала кольской. Формирование суперматерика **Кенорленд** и настоящей континентальной коры.
19. **Кольская (саамская):** 3050–2700 млн лет – через 450 млн лет после начала белозерской.
20. **Белозерская:** 3500–3050 млн лет. Формирование праматерика **Ваальбары** из древнейших протоконтинентов (кратонов) Каапваль и Пилбара, которые образовались, возможно, под влиянием мощнейших астероидных ударов.

**Итого:** за 3,45 миллиарда лет произошло 19 циклов тектогенеза – в среднем один за 182 млн лет. Альпийский тектогенез не учитываем: он еще продолжается. Краткий киммерийский тектогенез является, вероятно, продолжением герцинского – в сумме 210 млн лет. Как видим, периодичность тектогенеза примерно равна галактическому году. Продолжитель-

ность двух самых древних эпох (кольская – 350, белозерская – 450 млн лет) составляет около 2 галактических лет. Возможно, каждая из них на самом деле состояла из двух эпох.

Циклы Бертрана находят подтверждение в трансгрессивно-регрессивной цикличности, в периодических изменениях интенсивности островодужного вулканизма, гранитообразования и регионального метаморфизма.

**Вывод:** средняя длительность циклов тектогенеза – около 200 млн лет (или кратна этой величине).

### 2.3. Древние оледенения Земли

В истории Земли имелись регулярные ледниковые эпохи (Джон и др. 1982; Климат... 2004; Свиточ 2008: 47–52; Серебрянный 1980; Хаин, Халилов 2009). Самые обширные из них:

1. **Кайнозойская** (началась 30–40 млн лет назад с появлением ледникового покрова Антарктиды);

2. **Гондванская** (340–240 млн лет назад), или позднекарбонская (пермско-каменноугольная);

3. **Девонская** (370–355 млн л. н.), или позднедевонская (ограниченно в Гондване);

4. **Ордовикская** (460–420 млн лет назад);

5. **Варангская** (680–570 млн назад), или вендская, **лапландская** – началась в конце криогения и захватила следующий эдиакарий (в середине – **мариноанское** оледенение);

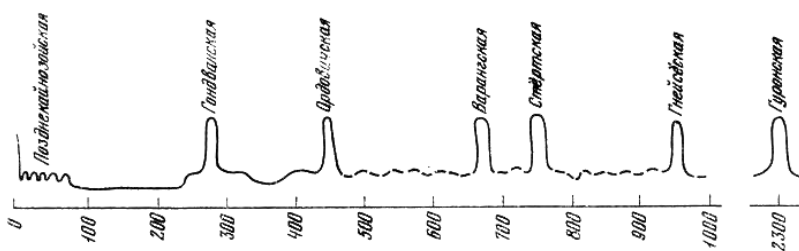
6. **Стертская** (780–710 млн назад), или неопротерозойская – одна из нескольких ледовых эпох в криогении. И сама она включала другие оледенения (в начале – **кайгасское**);

7. **Гнейсеская** (950–900 млн лет назад) – в тонийском периоде, предшествующим криогенскому;

8. **Среднепротерозойская** (1,2–1,0 млрд лет назад) – однако выявленная недостаточно надежно;

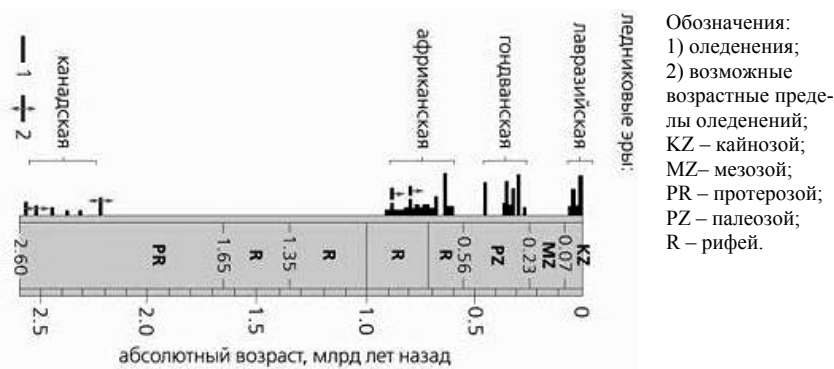
9. **Гуронская** (по одной из оценок – 2,4–2,1 млрд лет назад).

Как мы видим из Рис. 2, за последний 1 млрд лет на Земле было 6 пиков похолоданий и 5 межледниковий. То есть в среднем оледенения повторялись каждые 200 млн лет, что соответствует галактическому году.



**Рис. 2.** Ледниковые эпохи в истории Земли по Тарлингу (по оси абсцисс – возраст в млн лет)

Ледниковые эпохи на Земле группируются в ледниковые эры (гляциоэры, или криоэры), между которыми наступают теплые эпохи (термоэры), см. Рис. 3 (Свиточ 2008: 47–52).



**Рис. 3.** Ледниковые эры в истории Земли

Длина линий на графике пропорциональна числу материков с известными ледниковыми отложениями.

Рассмотрим продолжительность криоэр и термоэр.

1. В **лавразийскую** гляциоэру около 30 млн лет назад в Антарктиде началось **кайнозойское** оледенение Земли. Максимальное распространение оно получило в последний миллион лет.

2. Между лавразийской и предыдущей гондванской гляциоэрами была термоэра длительностью ровно 200 млн лет (230–30 млн лет назад). Она включала пермско-триасовый аридно-геократический (триасовое потепление), мезозойский термофильный и мел-палеогеновый талассократический (меловое потепление) периоды.

3. В **гондванскую** гляциоэру в позднем палеозое макроматерик Гондвана (объединявший Африку, Южную Америку, Индию, Австралию и Антарктиду) расположился в полярных областях Южного полушария и испытал обширное оледенение продолжительностью 100 млн лет. Особенно сильным оно было 310–270 млн лет назад.

4. **Ордовикский** ледниковый период в раннем палеозое открыт в Сахаре по найденным тиллитам. Затем его следы были выявлены в Южной Африке, Южной Америке, Западной Европе и Аравии. Он развивался стадийно (от 3 до 20 ледниковых эпох) и, возможно, охватывал не только поздний ордовик, но и ранний силур, достигнув максимума около 450 млн лет назад. Его также относят к **гондванской** гляциоэре, общая длительность которой, таким образом, становится 200 млн лет (450–250 млн лет назад). Тем не менее между гондванской и ордовикской криоэрами был среднепалеозойский термофильный период (девонское потепление) длиной около 100 млн лет.

5. Между ордовикской и предыдущей африканской гляциоэрами была термоэра длительностью около 150 млн лет (600–450 млн лет назад) – кембрийское потепление, или раннепалеозойский термофильный талассократический период (Свиточ и др. 2004). Однако и в нем, на границе венда и кембрия, зафиксировано **байконурское** оледенение в Сибири и Казахстане (~540 млн лет назад) (Климат... 2004).

6. К **африканской** гляциоэре относят следы трех крупных позднепротерозойских ледниковых эпох: **конголезской** (900–800 млн лет назад), **стертской** (780–720 млн лет назад) и **варангской** (680–570 млн лет назад). Они отмечаются практически на всех материках, кроме Антарктиды. К африканской криоэре примыкает **гнейсеский** ледниковый период (950–900 млн лет назад). Все они относятся к криогению или смежным периодам рядом с его границами. Это самая продолжительная криоэра (более 400 млн лет) с обширными оледенениями даже в тропиках. Причиной такой исключительной ледниковой эры явилось расположение континентальных масс в экваториальных областях и возникновение резко континентального климата.

7. Между этой позднепротерозойской и предыдущей раннепротерозойской ледниковыми эрами имеется продолжительный интервал в 1,7 млрд лет (2,2–0,9 млрд лет), за время которого пока не отмечено других криоэр. Однако в Шотландии в группе Стоэр возрастом 1199 млн лет давно известны тиллоиды, которые одними исследователями рассматриваются как ледниковые, а другими – как отложения теплого аридного климата (Там же). К этому же времени относится **тимискаминское** оледенение (1,2 млрд лет назад), обнаруженное в Северной Америке. Имеются указания на проявление оледенений возрастом 1,1–1,0 млрд лет на Канадском щите



и в Западной, а возможно, и в Центральной Африке (Хаин, Халилов 2009), но они считаются малодостоверными.

8. К **канадской** гляциоэре относят достоверные следы покровных оледенений палеопротерозоя и неоархея. Они отмечаются в интервалах 2,5–2,3 и 2,2–2,0 млрд лет назад (на графике отмечены с 2,6 по 2,2 млрд лет назад). Первое из них – **неоархейское** (около 2,65 млрд лет назад). 250 млн лет спустя началось **гуронское** (2,4–2,2 млрд лет назад), первые признаки которого проявились уже 2,5 млрд лет назад. Считается, что его причиной была кислородная катастрофа. За гуронским оледенением сразу последовала **даспортская** ледниковая эпоха (2,2–1,95 млрд лет назад).

9. Достоверных данных о ледниковых эпохах ранее неоархея нет. Однако первые следы оледенений (редкие и ограниченные) возрастом 2,9 млрд лет известны на небольшом кратоне **Каапваал** в ЮАР. Это тиллиты надгруппы Витватерсранд и группы Мозоан. Оледенение Мозоан было покровным, а Витватерсранд – горным (Там же).

Таким образом, гляциоэры имеют длительность 200–400 млн лет, а термоэры – 150–250 млн лет. Сами гляциоэры состояли из чередующихся ледниковых периодов и межледниковий.

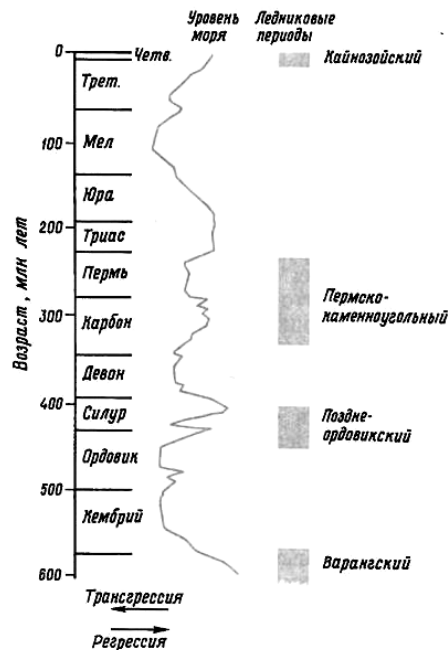
Зависимость оледенений от геодинамических процессов может быть и опосредствованной. Большие континентальные массы привлекают к себе метеориты, падения которых запыляют атмосферу, что ведет к похолоданию. Во время дезинтеграции суши метеориты падают чаще в океан, так как он занимает 70 % земной поверхности. Это приводит, наоборот, к потеплению. Моделирование падения в океан астероида диаметром 10 км (Баренбаум 2011: 54–57) показало, что при этом испаряется огромная масса воды, которая начинает циркулировать в тропопause (выше 14–20 км) в виде пара тысячи лет. Сразу после падения начинаются ливни, которые длятся около 100 лет. Причем в первые 10 лет происходит общее охлаждение Земли и вместо дождя падает снег. В дальнейшем за счет развития парникового эффекта температуры повышаются, и на протяжении последующих ста лет климат становится влажным и теплым.

**Вывод:** средняя длительность гляциоэр и термоэр – около 200 млн лет (или кратна этой величине).

#### 2.4. Трансгрессии и регрессии Мирового океана

Как правило, климатические эры влияют на глобальные колебания уровня моря (Рис. 4). В термоэры он повышается, в гляциоэры – понижается, и это понятно: когда тают ледниковые щиты, наступает трансгрессия, когда лед связывает воду – регрессия. Но колебания уровня Мирового океана не только напрямую зависят от ледниковых периодов: оба процесса имеют общую причину – этапы развития суперконтинентов и их географическое положение. Во время максимальной «сборки» суперматериков

усиливается континентальность климата, что провоцирует начало оледенения. Если суперматериковый массив образуется в тропиках, то криозера может быть дольше обычных, как было в криогении. Кроме того, во время слияния материков повышается их уровень и понижается уровень моря (Елифанов 2007а: 120–123; 2007б: 119–128).

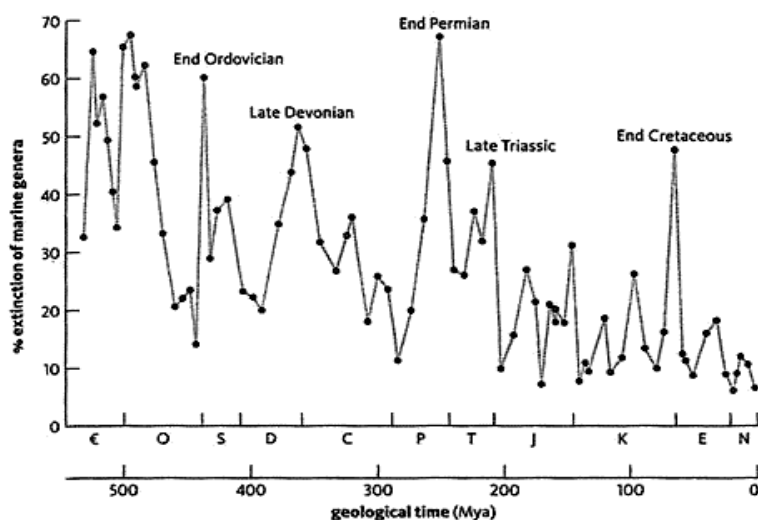


**Рис. 4.** Совпадение крупных ледниковых периодов и периодов регрессии моря на Земле

Отметим также, что в геологической летописи представлено много других регрессивных периодов, не совпадающих по времени с ледниковыми.

## 2.5. Биологические катастрофы

Сейчас известно более 10 биологических катастроф (Ипатов 2010; Михайлова, Бондаренко 2006; Свиточ и др. 2004; Черепанов, Иванов 2007).



**Рис. 5.** Процент вымерших морских родов на протяжении фанерозоя (по оси абсцисс – геологическое время в млн лет)

За последние полмиллиарда лет (в фанерозое) произошло 6 самых крупных биокатастроф (Рис. 5):

1. **Четвертичная** катастрофа в конце плейстоцена (12–10 тыс. лет назад). Вымерли мамонты и большинство крупных животных Америки. Время катастрофы совпадает с окончанием ледникового периода. Возможные причины: изменение ландшафта, истребление людьми, падение астероида в Гудзонов залив (Баренбаум 2011: 54–57).

2. **Меловая** катастрофа на границе мелового и палеогенового периодов (65 млн лет назад). Вымерло 16 % семейств, 50 % родов и 67 % всех биологических видов (в том числе все динозавры) (Солнечная... 2009; Черепанов, Иванов 2007).

3. **Триасовая** катастрофа в конце триасового периода (210 млн лет назад). Вымерло 22 % семейств морской фауны и 52 % морской флоры. Ее связывают с падением астероида.

4. **Пермская** катастрофа, или «Большая смерть», в конце перми (251 млн лет назад) – самая масштабная: погибло 95 % всех живых существ, причем только морская фауна потеряла 40–50 % семейств и около 70 % родов (Черепанов, Иванов 2007). Ее связывают с ледниковым периодом между триасом и пермью, а также с последовавшими вулканизмом и глобальным потеплением. Возможно, причиной тоже было падение астероида.

5. **Девонская катастрофа** на исходе девонского периода (364 млн лет назад). В короткий срок погибло до 85 % тогдашних живых видов. Ее связывают с позднедевонским ледниковым периодом и/или падением астероида.

6. **Ордовикская катастрофа** в конце ордовика (450 млн лет назад). Исчезло 25 % семейств морских животных (всего 60 % морских беспозвоночных). Ее связывают с ледниковым периодом между ордовиком и силуrom.

Известны также не такие катастрофические, но тоже массовые вымирания на границах среднего – позднего кембрия (500 млн лет назад), силура – девона (420 млн лет назад) (Михайлова, Бондаренко 2006) и юры – мела (145 млн лет назад) (Епифанов 2007а: 120–123).

Всего за последние 250 млн лет произошло 9 вымираний организмов со средним временным интервалом 30 млн лет (Ипатов 2010). Все это хорошо видно на схеме (Рис. 5). Похожую диаграмму вымираний и расцвета семейств животных приводит Н. Ньювелл (Ушаков, Ясаманов 1984).

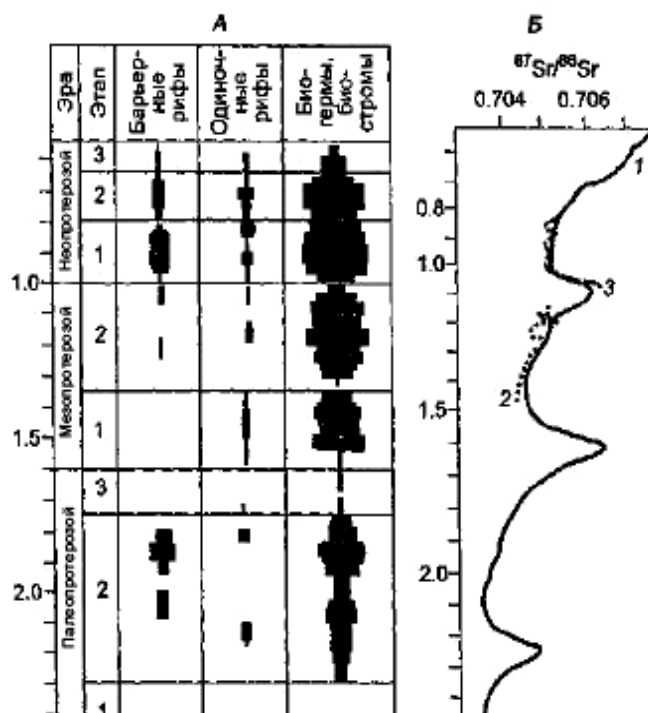
Докембрийские биологические катастрофы определяются в основном по резкому сокращению строматолитов – цианобактериальных матов того времени. Обычно это связано с похолоданиями. М. А. Семихатов и М. Е. Раабен выявили в протерозое три резких спада строматолитов (Семихатов, Раабен 1996: 26–54; 1994: 10–32), что описано и графически показано (Рис. 6) Е. М. Хабаровым (2011: 1447–1465).

Из докембрийских известны не менее четырех самых значительных биотических кризисов (Рис. 6). Все они произошли в протерозое.

1. **Вендская катастрофа** в эдиакарии (в приблизительном диапазоне 540–650 млн лет назад). Какая-то глобальная стихия похоронила мириады мягкотелых придонных организмов под толщей осадочных пород. Некоторые связывают ее с варангским оледенением (680–570 млн лет назад) или его окончанием. Либо это было мощное вытеснение бесскелетной фауны скелетообразующими организмами в пору так называемого Кембрийского взрыва (542 млн лет назад). Причем генетической связи между эдиакарской и кембрийской фаунами не наблюдается. В это же время (около 550 млн лет назад) фиксируется кратковременный спад строматолитов (Рис. 4). Начало вендского биокризиса совпадает с началом кадомского тектогенеза (650 млн лет назад).

2. **Третий спад строматолитов** (около 850 млн лет назад). Связан с началом длительного ледникового периода в криогении. Он характеризовался чередой мощных покровных оледенений (не менее четырех), в результате которых лед доходил даже до экватора, чего не было ни за прошедшие 1,2 млрд лет, ни после. Время сокращения биомассы цианобионтов совпадает с началом дельийского тектогенеза (860–650 млн лет назад).

3. Судя по диаграмме (Рис. 6), некоторый **спад строматолитов** наблюдается и **в конце мезопротерозоя** (1050–1000 млн лет назад). Он, видимо, связан с гнейсским ледниковым периодом (950–900 млн л. н.), который, возможно, также связан с началом гренвильского тектогенеза (1090–930 млн лет назад). Имеется и более значительный спад строматолитов в эктазийском периоде (1350 млн лет назад) – в начале готского тектогенеза (1360–1210 млн лет назад).



**Рис. 6.** Этапы формирования строматолитовых построек (А) и кривые изменения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  морской воды (Б) в докембрии

4. **Второй спад строматолитов** (1,75–1,6 млрд лет назад). «Конец палеопротерозоя фиксирует новую эпоху интенсивной редукции строматолитов, связанной с деструкцией основной массы морских седиментационных бассейнов, возрастанием вулканогенно-обломочной седиментации во время заключительной стадии формирования нового суперконтинента» (Колумбии) (Хабаров 2011: 1447–1465). Это время примерно совпадает с началом гудзонского тектогенеза (1,83–1,67 млрд лет назад).

5. **Кислородная катастрофа**, или революция (2,4–2,5 млрд лет назад) (Михайлова, Бондаренко 2006; Свиточ и др. 2004). За счет предшествующей деятельности цианобактерий концентрация кислорода в атмосфере Земли достигла точки Пастера (1 % от современного уровня), что привело к массовому вымиранию анаэробных организмов в начале протерозоя. Предположение о кислородной катастрофе было сделано на основе изучения резкого изменения характера осадконакопления.

6. **Первый спад строматолитов** (2,4–2,3 млрд лет назад). Кроме вышеуказанного смертельного удара по анаэробной части биомассы примерно в это же время произошло резкое сокращение ее фотосинтезирующей части, связанное с гуронским оледенением (2,4–2,1 млрд лет назад) и началом альгонкского тектогенеза (2,5–2,2 млрд лет назад). В это время отмечаются лишь единичные находки простых строматолитовых построек, причем в Индии и Африке они не обнаружены вообще. На эти катаклизмы повлияли образование железного ядра Земли 2,6 млрд лет назад и предшествующая «сборка» праматерика Кенорленд 2,8 млрд лет назад. На спад строматолитов могло повлиять и падение крупного астероида, следы которого найдены в породах конца архея 2,5 млрд лет назад.

Заметим, что меловая биологическая катастрофа произошла через 196 млн лет после пермской. Пермская катастрофа произошла спустя 186 млн лет после ордовикской. Ордовикская катастрофа – примерно через 200 млн лет после вендской (если она пришлась на середину варангского оледенения). А от этого времени до третьего спада строматолитов – тоже приблизительно 200 млн лет. Между спадами строматолитов – 700–900 млн лет.

**Вывод:** средний интервал между кризисами биоценоза – около 200 млн лет (или кратен этой величине).

## 2.6. Падения сверхбольших метеоритов

Уже найдено много кратеров (и установлен их возраст), оставшихся от столкновения Земли с крупными метеоритами (Ипатов 2010; Солнечная... 2009; Лаборатория... б. г.). Заметим, что если в атмосферу Земли врывалась комета (между кометами и астероидами нет четкой границы), то она могла взорваться без образования кратера. Или кратер упавшего болида может быть еще не найден. Следы таких событий могут быть необычные минералы (например, фрагменты стекла естественного происхождения) или повышенная концентрация нетипичных для Земли элементов.

Вот неполный перечень коллизий, которые могли серьезно изменить климат и химию земных оболочек и стать катастрофическими для биосферы. Сведения взяты из указанных источников и научных новостных серверов. В скобках – возраст кратера или время падения.

1. **Гудзонская комета** (13 тыс. лет назад). Многие факты говорят о том, что около 11 тыс. лет до н. э. в район Гудзонова залива упала комета.

Кратер диаметром 480 км теперь находится на дне залива. Образовалась радиальная система кратерных воронок, залитых водой, и не исключено, что возникли сами Великие озера. В осадочных отложениях появился катастрофный слой, резко обогащенный радиоактивными и редкими химическими элементами, как в породах, синхронных меловой катастрофе. Вероятно, именно этот удар привел к «мезолитической катастрофе», когда вымерли мамонты и многие другие крупные млекопитающие, особенно в Северной Америке (Баренбаум 2011: 54–57).

2. **Аризонский** метеорит (50 тыс. лет назад). Также известен как кратер Бэрринджера, Енотовый холм, Каньон Дьявола. Это пока самый молодой кратер. Его диаметр – 1200 метров, глубина – 185 метров. Вес упавшего астероида был около 10 тысяч тонн, его поперечник – 30–60 м. С его падением закончился ледниковый максимум антропогена.

3. **Египетский** болид упал 100–200 тыс. лет назад в районе Западной пустыни Египта. Он не оставил кратера, но определился по стеклообразным минералам. Скорее всего, это было ядро кометы, которая взорвалась в атмосфере.

4. **Антарктические** метеоритные кратеры (780 тыс. лет). Самый мощный из этих ударов пробил в антарктическом льду отверстие диаметром 322 км. Это привело к таянию 1 % антарктического льда и подъему уровня Мирового океана на 60 см. Время падения болида совпадает с окончанием эоплейстоцена и началом гляциоплейстоцена. А через 30 тыс. лет начался ледниковый максимум, продолжавшийся 700 тыс. лет.

5. **Эльтанинский** кратер (2,5 млн лет). Образовался на морском дне между Южной Америкой и Антарктидой. Последствия были грандиозными (километровые цунами забрасывали морскую фауну вглубь суши), но считается, что никаких вымираний в это время не было. Тем не менее это падение знаменует начало четвертичного периода (2,5 млн лет назад). Примерно к этому же времени относится и железный метеорит Klondike, оба экземпляра которого были найдены в плиоценовых (1,6–5,3 млн лет назад) отложениях Канады.

6. **Азовский** железокремниевый болид (25 млн лет назад). Следы его (ферросилициды) были найдены в скважинах Северного Приазовья на глубине 30–40 м в эллипсе 2×4 км. Болид не оставил кратера. Он не принадлежит ни к одному из известных типов метеоритов, отличаясь отсутствием как кислорода, так и никеля. Не исключены другие ударные события этого времени. 25 млн лет назад произошло временное сокращение антарктического ледникового покрова.

7. **Чесапикский** и **Попигайский** кратеры (около 35 млн лет). По версии, эти кратеры образованы двумя частями более крупного астероида. Первый кратер диаметром 85 км стал Чесапикской бухтой в штате Мэриленд, США (размер астероида оценивается в 3 км). Второй кратер диамет-

ром 100 км образовался на севере Сибири 36–37 млн лет назад (Ипатов 2010) (этот астероид имел диаметр 5 км). Время падений совпадает с началом глобального похолодания в палеогене (примерно 34 млн лет назад, когда зародился ледниковый покров Антарктиды). Отмечается также гибель биоты 30 млн лет назад (Рис. 7, столбец 7) – достаточно массовой, хоть и не «катастрофической». Возможно, в эту же серию болидных атак входит железный метеорит, обнаруженный в эоценовых (36,6–57,8 млн лет назад) породах при проведении буровых работ по поиску нефти в штате Техас (США), а также метеорит, образовавший канадский 7,5-километровый кратер **Уанапитей** возрастом  $37 \pm 2$  млн лет.

8. **Чиксулубский** кратер (65,2 млн лет) образовался в Мексиканском заливе и на полуострове Юкатан (Мексика) диаметром 175 км (поперечник астероида – около 10 км). Мощность взрыва оценивается в 100 млн мегатонн (Ипатов 2010). Считается, что от этого удара и запыления атмосферы вымерли динозавры, так как «ядерная зима» продолжалась полгода (Солнечная... 2009). Не исключено, что была серия ударов как до, так и после Меловой катастрофы (вокруг «К/Т границы»).

9. **Карская** астроблема (70 млн лет) находится в России, ее диаметр – 65 км. Относится к той же эпохе «бомбардировки динозавров» в конце мелового периода. Отметим также ископаемый метеорит в пограничных мел-палеогеновых (66,4 млн лет) отложениях Северной Атлантики, относящийся к той же серии метеоритных атак.

10. **Болтышский** кратер (55–170, официально – 88 млн лет) диаметром около 25 км и глубиной около 550 м (Украина, Кировоградская обл.). Поскольку его возраст точно не определен, он может быть как одним из «убийц» динозавров, так и частью Пучеж-Катунского болида.

11. Кратер **Госсес Блафф** (144–130 млн лет) в центре Австралии возник в начале мелового периода. Воронка кратера диаметром 4 км окаймлена кольцом обломков диаметром 14 км. При ударе выделилась энергия в сотни тысяч атомных бомб, и болид, разрушив земную кору на 4 км вглубь, бесследно испарился. Возраст кратера совпадает с одним из резких биотических спадов (Рис. 5).

12. **Пучеж-Катунский** кратер (около 170 млн лет) образовался в России (Нижегородская и Ивановская обл.), его диаметр 80 км. Эпоха распада Гондваны (190–120) и Лавразии (200–135) в юрском периоде.

13. Гипотетический «убийца» архаичных рептилий (210 млн лет назад), упавший за 50 000 лет до появления гигантских динозавров. Предполагается по следам иридия. Кратер ищут в Канаде и Австралии. Возможно, им является **Маникуаганский** кратер диаметром 71 км (сначала было 100 км) в центре канадской провинции Квебек. По оценке, этот астероид поперечником 5 км упал 214 млн лет назад. Это пятый по величине известный кратер на Земле.



14. **Австралийские** астероиды (251 млн лет назад), оставившие следующие импактные структуры, считаются причиной «Великого вымирания» на границе перми и триаса: а) 500-километровая воронка под километром льда в Восточной Антарктике (Земля Уилкса к югу от Австралии); по версии, удар был такой силы, что Австралия откололась от Гондванской части Пангеи и отодвинулась к северу; б) ударный кратер Bedout на дне океана близ побережья Северо-Западной Австралии, который оставил астероид поперечником 6,4–11,2 км (возможно, это был кусок первого). Другими признаками такого грандиозного импакта были обнаруженные японскими геологами в пермском грунте южного Китая значительные количества серы и изотопов стронция.

15. Кратер **Вудлей** (по оценкам, 360 млн лет) диаметром примерно 120 км (Западная Австралия) и поперечником астероида, вероятно, 5 км. В окружающем граните найдены богатые вкрапления ценных элементов вроде никеля, хрома, меди и т. п. Время падения метеорита, образовавшего этот кратер, почти совпадает с девонским вымиранием (около 364 млн лет назад).

16. **Ордовикская** метеоритная атака (470 млн лет назад). В конце ордовикского периода в космосе столкнулись два астероида размерами около 1000 км. Метеориты-обломки (до 1 км в поперечнике) достигли Земли 470 млн лет назад и могли стать отдаленной причиной Ордовикского биокризиса (450 млн лет назад). Следы бомбардировки (редкие изотопы хрома и осмия) видны в породах того периода. Эта атака могла спровоцировать и наступление Позднеордовикской ледниковой эпохи (460–420 млн лет назад). Обломки столкновения (L-хондриты) до сих пор выпадают на Землю, составляя 20 % падающих метеоритов. Кроме них также найден ископаемый метеорит в ордовикских (438–505 млн лет) отложениях Брунфло (Швеция).

17. Кольцевая структура **Ришат** (500–600 млн лет) в Сахаре (Мавритания) диаметром 50 км внутри синеклизы Таудени. Происхождение неизвестно – и метеоритная, и вулканическая версия имеют противоречия. Время возникновения находится у границы фанерозоя. Возможно, образование структуры является причиной вендского или позднекембрийского вымирания.

18. **Акраманская** астроблема (0,57 или 1,6 млрд лет) – самая крупная импактная структура в Австралии (хр. Голер) диаметром 85 км, вызванная падением тела поперечником 4 км и плотностью 3 г/см<sup>3</sup> при скорости 25 км/с. Взрыв привел к распространению обломков на расстояние до 450 км. Возраст горизонта выбросов – 600 млн лет, возраст вулканического стекла и обломков – 1575 млн лет. Горизонт аномально богат иридием, золотом, платиной, палладием, хромом и рутением.

19. **Садберийский** кратер (1,9 млрд лет) образовался в Канаде (провинция Онтарио), диаметр – 248 км (поперечник астероида – около 10 км). По периметру кратера найдены крупнейшие залежи никелевой и медной руды.

20. Кратер **Вредефорт** в ЮАР (2,0 млрд лет) диаметром более 300 км (поперечник астероида – около 10 км). По времени образования совпадает с окончанием Гуронского оледенения. Если не считать 500-километровый кратер в Восточной Антарктике, Садберийская и Вредефортская астроблемы – крупнейшие на Земле. Обе возникли в орозирийском периоде палеопротерозойской эры, и вторая половина этого периода отмечена интенсивным горообразованием практически на всех континентах (Балтийский тектогенез 1,98–1,83 млрд лет назад).

21. Кратер **Суавьярви** в Карелии (2,4 млрд лет назад) диаметром 16 км совпадает по времени с первым спадом строматолитов (2,4 млрд лет назад) и началом Гуронского оледенения (примерно 2,5–2,0 млрд лет назад) в палеопротерозое.

22. Также найдены следы падения крупного астероида в конце архея (2,5 млрд лет назад). В пластах того времени обнаружены сферулы (полые стеклообразные капли) – такие же, как от Чиксулубского суперметеорита. Это совпадает с началом альгонкского тектогенеза и «кислородной катастрофы» (2,5 млрд лет назад).

23. Середина архея (рубеж палеоархея и мезоархея 3,24 млрд лет назад) отмечена падением трех крупных астероидов (поперечником от 20 до 50 км), радикально изменивших строение земной поверхности. Они тоже определены по остаткам сферул. Следы первых двух импактов найдены в Барбертонских горах Австралии на территории древнего кратона **Пилбара**, а следы третьего – в Южной Африке на территории древнего кратона **Капвааль** (Симпсон 2010: 24–31). Эта астероидная атака изменила конвекцию мантии и привела к образованию данных древнейших кратонов, сформировавших впоследствии первый суперконтинент **Ваальбару**.

24. На рубеже между катархеем и археем (3,9 млрд лет назад) произошла массовая бомбардировка метеоритами, в результате которой Земля обогатилась фосфором и появились условия существования жизни на основе РНК. Эту астероидную атаку, длившуюся от 20 до 200 млн лет и испещрившую кратерами также лунную поверхность, называют «лунным катаклизмом».

Возможно, это совпадение, но видно, что Земля испытывает не только эпизодические столкновения с крупными болидами, но и их «серийные нападения» (0,78; 34–37; 65–70; 251; 470; 1900–2000; 2400–2500; 3240 млн лет назад). Результатами таких массированных атак являются, как правило, биотические кризисы (30, 65, 210, 251, 364, 450, 2400 млн лет назад –

см. раздел 2.5) или резкие похолодания (34, 460, 2500 – см. раздел 2.3), либо тектонические события (49, 251, 1980, 3240 млн лет назад).

Последний случай можно назвать астерогенным тектонизмом, вызывающим многочисленные последствия. Серийные падения крупных астероидов активизируют движение мантии, вулканизм, горообразование и дрейф литосферных плит. В местах падений возникают разломы (и даже, возможно, откалывание частей материков). В то же время за счет падающих болидов происходит наращивание континентальных масс и появление на них компактных залежей полезных ископаемых.

## **2.7. Другие периодически повторяющиеся события в развитии Земли**

На Земле существует много других периодических явлений длительностью в десятки и сотни миллионов лет: ритмы осадконакопления, циклы образования полезных ископаемых и пр. Например, на Рис. 1 мы можем увидеть, что периоды интенсивного осадконакопления повторялись примерно каждые 100 млн лет с максимальными значениями приблизительно каждые 400 млн лет.

Глубоко и многосторонне изучил связь геологических и космических процессов Владимир Александрович Епифанов (ФГУП «СНИИГГиМС», г. Новосибирск). Он исследовал взаимосвязь периодичности изменения климата, колебания уровня моря, тектонической активности, внедрения якутских кимберлитов и накопления нефти (Епифанов 2007а; 2007б). Как сторонник пульсационной концепции, Епифанов связывает эти процессы с периодическими глобальными пульсациями земного шара, причиной которых он считает циклические факторы при движении Солнечной системы вокруг центра Галактики.

В. А. Епифанов выявил следующие геогалактические циклы (Рис. 7):

1. **216 млн лет** (1 галактический оборот): 1) массовые вымирания органического мира (строка 7); 2) период нефтенакопления (строка 5).

2. **432 млн лет** (2 галактических оборота), «трицикл тектогенеза»: 1) колебания уровня Мирового океана (строка 7) (Свиточ и др. 2004; Ушаков, Ясаманов 1984); 2) динамика активности рифтогенеза и спрединга (строка 4); 3) чередование холодных и теплых климатических эр (строка 6) (Свиточ и др. 2004). В первую половину этого цикла начинается и завершается глобальное расширение Земли, а во вторую – ее сжатие, во время которого формируются суперконтиненты. Ледниковые периоды группируются в гляциоэры, которые совпадают с глобальным сжатием планеты, что может быть отчасти объяснено континентализацией Земли. А при каждом расширении планеты наступает термоэра.

3. **864 млн лет** (4 галактических оборота), «мегацикл геогенеза»: чередование океанизации (преобладающего спрединга) в Северном и

Южном полушариях указывает на необходимость объединения двух «трициклов тектогенеза» в единый мегацикл геогенеза. В его рамках в первую глобальную пульсацию (1-й трицикл тектогенеза) в фазу расширения Земли в основном «раздувается» Южное полушарие, вследствие чего материки оттесняются в район Северного полюса, где они в фазу сжатия планеты формируют суперконтинент. Во вторую глобальную пульсацию (2-й трицикл) наблюдается обратное: в фазу расширения радиус Земли растет за счет распада суперконтинента и океанизации в Северном полушарии, а в фазу глобального сжатия на юге формируется новый суперконтинент.

4. **144 млн лет** ( $2/3$  галактических оборота): цикл тектогенеза. В. А. Епифанов полагает, что за 432 млн лет происходит 3 цикла тектогенеза (строка 2). Поэтому период в 2 галактических оборота он называет «трициклом тектогенеза».

5. **86,4 млн лет** ( $2/5$  галактических оборота): «драконический период». В. А. Епифанов считает, что этот цикл (строка 3) представляет собой ритм синусоидального пересечения Солнечной системой плоскости Галактики. Полупериоды этих ритмов (выделено квадратами) хорошо согласуются с ломаной кривой активизации рифтогенеза и спрединга и контролируют время формирования и распада Пангеи, а также закономерно сочетаются с трициклом тектогенеза (5 полупериодов по 43,2 млн лет). (Хотя, на взгляд автора статьи, расстояния между максимумами и минимумами динамической кривой кратны периоду приблизительно в 50 млн лет.) Также этот цикл является вторым шагом в периодичности массовых вымираний.

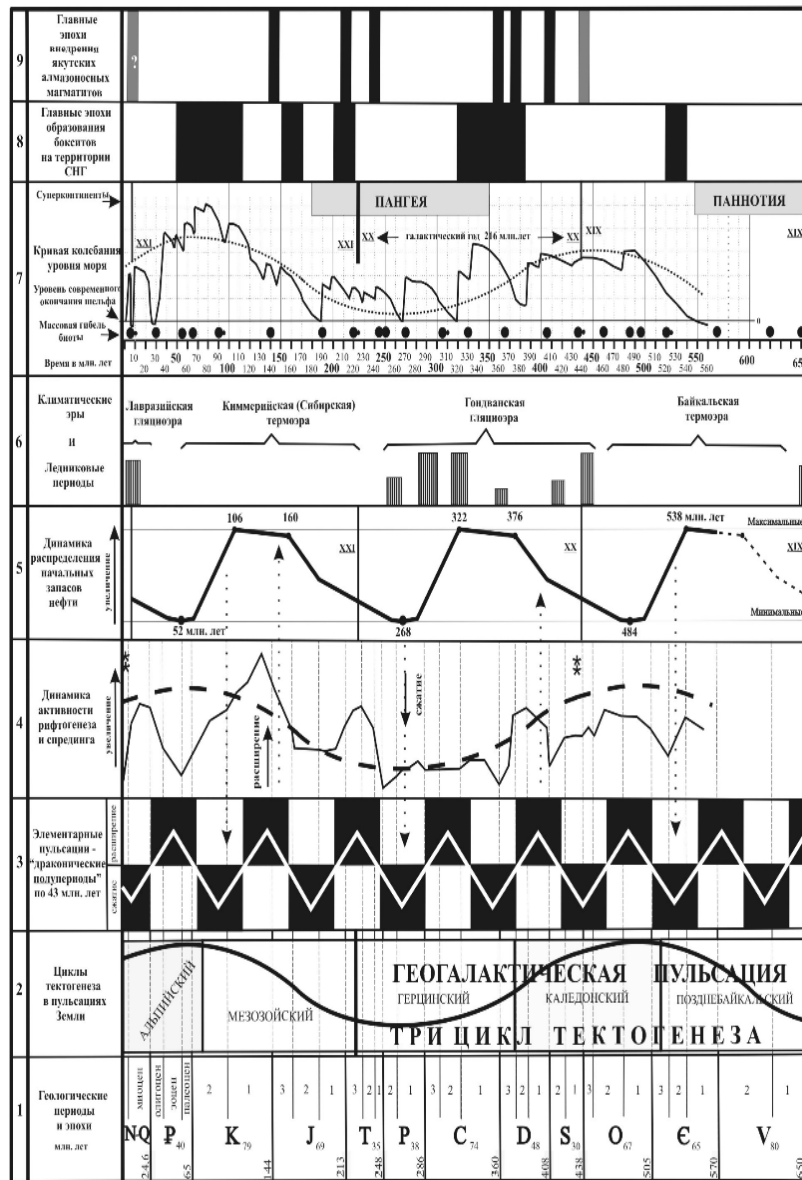


Рис. 7. Единство геологических циклов и галактических пульсаций по В. А. Епифанову

Заметим также, что спады нефтенакопления (строка 5 диаграммы) почти совпадают по времени с меловой, пермской и ордовикской биологическими катастрофами (см. раздел 2.5), которые произошли соответственно 65, 251 и 450 млн лет назад.

### 3. Хронологические сравнения

Сведем теперь воедино все эти ключевые события на основе геохронологической шкалы.

#### 3.1. Сравнение этапов истории Земли с периодами вращения Галактики

При просмотре геохронологической шкалы (Корень 2009) можно заметить, что все геологические эры (кроме еще продолжающейся кайнозойской) приблизительно кратны 200 млн лет, что примерно совпадает с галактическим годом (галактиком):

- 1) мезозой – 185 млн лет (около 1 галактика);
- 2) палеозой с эдиакарием – 385 млн лет (почти 2 галактика);
- 3) неопротерозой без эдиакария – 365 млн лет (тоже около 2 галактиков);
- 4) мезопротерозой – 600 млн лет (3 галактика);
- 5) палеопротерозой – 900 млн лет (4–5 галактиков);
- 6) неоархей – 300 млн лет (1–2 галактика);
- 7) мезоархей – 400 млн лет (2 галактика);
- 8) палеоархей – 400 млн лет (2 галактика);
- 9) эоархей – 400 млн лет (2 галактика);
- 10) катархей – 600 млн лет (3 галактика).

Солнечная система за 180–250 млн лет (сейчас считается – 220 млн лет) делает полный оборот вокруг центра Галактики (Астрономия... 2008). За это время, возможно, наша планетная система испытывает периодическое гравитационное или радиационное влияние каких-либо скоплений материи или соседней галактики. Для ориентировочных расчетов будем использовать значение 200 млн лет.

Рассмотрим геохронологическую таблицу, в которой геологические отрезки времени приведены в соответствие с галактическими годами. Расположим в ней ключевые события истории Земли и проанализируем их взаимосвязь (см. Приложение, Табл. 1).

Хронология в таблице дана в миллионах лет – по данным 2009 г. (Корень 2009). Ниже – названия каждого временного отрезка, в скобках – их продолжительность. По каждому периоду приведены важнейшие события в истории Земли – геологические и биологические.

Результаты сравнения приведены в разделе 4.

### 3.2. Сравнение между собой поздних этапов истории Земли, равных галактику

В данном сравнении (см. *Приложение*, Табл. 2) палеозойская эра разделена на 2 части – неопалеозойская (от перми до силура) и эопалеозойская (ордовик, кембрий и эдиакарий из верхнего протерозоя). Каждая из этих частей соответствует одному галактическому обороту. При этом верхний и нижний мел считаются отдельными периодами, а из эдиакарского периода выделен лапландский. Это сделано потому, что длина мелового и эдиакарского периода примерно в 2 раза больше средней длины других геологических периодов. Длительность этапов дана в миллионах лет.

Для будущих периодов кайнозойской эры (после палеогена) предложены названия:

1. Тетратогеновый («четвертый», считая от палеогена), или акрогеновый («крайний») период.

2. Тритогеновый («третий»), или диадохогеновый («сменяющий») период. Встречается также название «футуроген».

3. Дейтерогеновый («второй»), или нуногеновый («нынешний») период, – включает неогеновый с антропогеновым и закончится примерно через 25 млн лет.

По аналогии с этими названиями палеогеновый период тоже можно назвать протогеновым («первым»).

Таким образом, каждая эра (соответствующая одному галактическому обороту) делится на 4 периода продолжительностью около 50 миллионов лет. Этот период контролирует динамику рифтогенеза и спрединга, что хорошо видно в третьей строке диаграммы В. А. Епифанова (Рис. 7).

Вышеприведенные 4 эры составляют один фанерозойский зон. Как мы видели в разделе 2.1, цикл формирования суперконтинентов составляет примерно 800 млн лет. На основании этого можно и докембрийские эры объединять по 4 в один зон.

### 3.3. Сравнение хронологий Земли, Луны и ряда планет Солнечной системы

Для сравнения с геохронологической шкалой Земли автору пока доступны сведения о периодизации истории Луны (Wilhelms 1987), Марса (Carr, Head 2010: 185–203) и Меркурия (Spudis, Guest 2001) (можно надеяться, что имеется и геохронология Венеры). В Табл. 3 (см. *Приложение*) приведены этапы развития этих планет для сравнения. Временные рамки и продолжительность (в скобках) эпох указаны в миллионах лет.

В данной таблице мы видим, что геологические истории Луны и Меркурия имеют схожую периодичность. Причем все периоды Луны (кроме Имбрийского) и эры Меркурия (кроме Позднекалорской) начинаются вместе с современными им эрами Земли. Границы трех эпох Марса также

совпадают с границами эр Земли (того же возраста). И все они примерно кратны галактическим циклам.

Еще заметим, что аналоги земного катархейского (доархейского) зона длительностью около полумиллиарда лет также имеются у всех рассмотренных космических тел.

#### 4. Результаты сравнения и дальнейшие задачи

Из хронологического анализа геологических и биологических событий можно увидеть следующее:

1. 9 из 24 галактических циклов начинались с оледенения (34, 460–420, 680–570, 780–710, 950–900, 1200, 2400–2100, 2650, 2900 млн лет назад). От современной кайнозойской эры до начала мезопротерозойской эры это правило выполняется без исключений. О более древних эпохах мы, вероятно, не располагаем полными сведениями.

2. В области границ галактических – как правило, вымирание (тоже в 9 случаях из 24: 65, 251, 450, 600, 850, 1050–1000, 1350, 1800–1600, 2400 млн лет назад).

3. Вымирание вызвано обычно переохлаждением климата (почти каждое оледенение вело к вымиранию). Иногда предполагают перегревание за счет вулканической деятельности.

4. Вымирание часто связано с падением гигантских астероидов (0,01; 65; 210; 251; 360; 470; 2400 млн лет назад). Обычно это ведет к «ядерной зиме» (концепция Г. Ф. Лунгерсгаузена), а также, возможно, к усилению вулканизма – поэтому иногда предполагают перегревание, а на самом деле вначале происходит переохлаждение.

5. Девонское оледенение, возможно, вызвано падением астероида (или астероидов). Для гнейсеского оледенения и тонии также предполагают астероидную атаку (в это же время начал раскалываться суперконтинент Родиния). Метеоритная активность не обязательно ведет к началу ледникового периода – эти процессы могут иметь общую (внешнюю) причину.

6. Не исключено, что раскол некоторых материков (Симпсон 2010: 24–31) вызывается именно падением гигантских астероидов (такие события редко рассматриваются при исследовании тектоники праматериков).

7. По-видимому, на границе галактических в Солнечной системе усиливается метеоритный поток, либо это связано с гравитационными возмущениями различных астероидных зон, либо эти астероиды экстрасолнечного происхождения.

8. Также заметим, что каждый галактический цикл характеризуется, как правило, собственной эпохой тектогенеза.

А. А. Баренбаум считает, что «основные события геологического прошлого, положенные в основу рубрикации современной стратиграфии-



ческой шкалы, отражают не только эндогенную эволюцию Земли, но и являются индикаторами мощных космических воздействий, которым она подвергалась с момента образования. На протяжении всей геологической истории Земли характер этих воздействий не менялся и фактически сводился к падению на нашу планету крупных космических тел: астероидов и комет. Поэтому данная шкала, построенная в виде системы вложенных друг в друга циклов разной длительности, представляет собой эмпирическую классификацию реакций на такие воздействия отдельных подсистем Земли... Границы шкалы на уровне эонотем определяются эпохами массового падения на Землю тел астероидного пояса при взаимодействиях Солнца с другими звездами Галактики. Стратоны ранга систем и отделов – это времена бомбардировок Земли галактическими кометами в эпохи попадания Солнца в струйные потоки и спиральные рукава Галактики. А подразделения шкалы начиная с ярусов и мельче – это моменты падения на Землю крупных одиночных космических тел» (Баренбаум 2011: 54–57).

Определение природы регулярного галактического воздействия на развитие Земли – тема отдельной статьи, в которой могут исследоваться, например, такие причины:

- 1) периодические изменения орбитальных величин Солнечной системы;
- 2) радиационное воздействие от вспышки соседней сверхновой звезды;
- 3) возмущение малых космических тел Солнечной системы пролетающей рядом звездой, обмен с ней планетами;
- 4) регулярное пересечение спиральных рукавов Галактики;
- 5) возмущение астероидного пояса или кометного облака гиперскоростными беглыми планетами или звездами;
- 6) воздействие срывающихся сферических оболочек из центра Галактики;
- 7) воздействие высокоскоростных потоков вещества от разрушенных карликовых галактик;
- 8) влияние галактик-спутников.

## 5. Реформа геохронологической шкалы

Целесообразно привести существующую геохронологическую шкалу в соответствие с галактическими циклами. Назовем эрой период времени в 1 галактик, который, как замечено выше, характеризуется собственной эпохой тектогенеза. Поскольку циклы образования материков занимают 4 галактических оборота (см. раздел 2.1), объединим каждые 4 эры в один эон. Получится хронологическая система, состоящая из 24 эр и 6 эонов по 4 эры (см. *Приложение*, Табл. 4).

Здесь сидерий из протерозоя переведен в архей, а ранняя часть эоархея – в катархей. Катархей полностью соответствует лунному периоду по

геосинклинальной концепции В. И. Смирнова (Старостин, Игнатов 2006), а нижний архей – нуклеарному периоду.

Галациклы, при которых на Земле был холодный климат, выделены светло-серым фоном, теплый климат – темно-серым.

Кайнозой, по изложенным оценкам, будет продолжаться еще около 120–130 миллионов лет, и в его конце (позднем тетратогене) возможны катастрофические события и глобальное изменение климата. Скорее всего, это будут бомбардировка крупными астероидами, масштабный ледниковый период и, возможно, раскол каких-то материков.

В течение каждого эона формировался свой суперконтинент (максимальная «сборка» – ровно в середине эона на границе двух внутренних эр). Поэтому называть эоны можно по этим суперматерикам, например:

1. Фанерозой – Пангеазой (эпоха жизни на суперматерике Пангея и ее частях).

2. Верхний протерозой – Мезогеазой (эпоха жизни на Мезогее, или Родинии), либо Родиниан. Примерно соответствует Рифею старой хроностратиграфической шкалы.

3. Нижний протерозой – Мегатгеазой (эпоха жизни на Мегатгее, или Колумбии), либо Колумбиан. Примерно соответствует Афебию (Карелию) старой хроностратиграфической шкалы.

4. Верхний архей – Моногеазой (эпоха жизни на Моногее, или Кенорленде), либо Кенорлендий.

5. Нижний архей – Археогеазой (эпоха жизни на Археогее, если так назвать первый суперконтинент Ваальбару), либо Ваальбарий.

6. Катархей – Прекратоний («доплатформенный»), или Лунарий. Можно было бы оживить старое название – Гадей («адский»), но вряд ли это научно верно. Все больше данных свидетельствует о том, что климатические и геохимические условия в ту пору были отнюдь не адскими для возможной жизни. Скорее всего, уже в раннем катархее «безвидная и пустая Земля» была покрыта сетью морей, где процветала еще не «зеленая», а «красная» нанобактериальная жизнь, основанная на реакциях с железом (Воробьева 2007), как было на Марсе.

Через 200–300 млн лет на Земле сформируется новый суперконтинент. Его называют Пангея Ультима, Неопангея, Амазия. Если использовать более короткое и легкопроизносимое название Амазия, то новый эон после Фанерозоя можно назвать Амазиазоем, или Амазианием.

## 6. Заключение

В заключение приходим к следующим выводам:

1. В результате сравнения хронологических шкал Земли и Луны обнаружена их согласованность и кратность периодам по 200 млн лет (приблизительно). Причиной здесь может служить не внутренний планетарный,

а космический фактор. Предполагается, что им является вращение самой нашей галактики с тем же периодом около 200 млн лет («галактикл»).

2. Это явление должно наблюдаться и при хронологическом исследовании других планет – как Солнечной системы, так и экстрасолнечных планет (экзопланет) в звездных системах Млечного Пути.

3. Вращение Галактики определяет наиболее крупные эпохи эволюции планет, начало которых связано с драматическими, как правило, катастрофическими событиями. Эти эпохи можно назвать истинными эрами.

4. В течение четырех галактиков происходит формирование своего суперконтинента, поэтому 4 геологические эры можно объединить в 1 эон, соответствующий полному циклу Уилсона.

5. Максимальная «сборка» суперконтинента происходит ровно в середине эона на границах его 2-й и 3-й эр. Кроме этих долговременных суперконтинентов могут образовываться временные. Трансгрессия Мирового океана асинхронна формированию этих сверхматериков.

6. Каждая эра представлена, как правило, собственной орогенной эпохой, то есть соответствует отдельному циклу Бертрана.

7. Криозеры и термоэры чередуются: каждая четная эра является холодной, каждая нечетная – теплой (независимо от оледенений на их границах или в их начале). Это показано В. А. Епифановым (см. раздел 2.6).

8. В середине каждой эры происходит расцвет биоты (даже в гляциоэрах) и максимум нефтенакопления, на границах эр – массовые вымирания и минимум нефтенакопления.

Таким образом, геохронологическая шкала обретает твердую физическую основу.

### Благодарности

Автор статьи выражает огромную благодарность главному научному сотруднику ФГУП «СНИИГГиМС» доктору геолого-минералогических наук Г. Н. Черкасову за предоставленные интереснейшие статьи В. А. Епифанова.

### Библиография

**Астрономия:** век XXI / Ред.-сост. В. Г. Сурдин. 2-е изд., испр. и доп. Фрязино: Век 2, 2008.

**Баренбаум А. А. 2011.** О причинах двух наиболее значимых событий голоцена. *Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Материалы VII Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода* (г. Апатиты, 12–17 сентября 2011 г.): в 2 т. / Отв. ред. О. П. Корсакова, В. В. Колька, с. 54–57. 2011. Т. 1. (А–К). Апатиты; СПб.

- Большаков В. А. 2011.** Что такое «теория Миланковича»? *Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Материалы VII Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода* (г. Апатиты, 12–17 сентября 2011 г.); в 2 т. / Отв. ред. О. П. Корсакова, В. В. Колька, с. 77–80. Т. 1 (А–К). Апатиты; СПб.
- Воробьева Л. И. 2007.** *Археи*. М.: Академкнига.
- Вылцан И. А., Беженцев А. Ф., Беженцев С. А. 2008.** Основы ритмостратиграфического, фашиально-циклического и формационного анализа. *Вестник Томского государственного университета* 307 (февраль). *Науки о Земле*.
- Габдуллин Р. Р., Ильин И. В., Иванов А. В. 2011.** *Введение в палеоглобалистику*: уч. пособ. М.: Изд-во МГУ.
- Герасимов И. П., Марков К. К. 1939.** *Четвертичная геология (Палеогеография четвертичного периода)*. М.: ГУПИ Наркомпроса РСФСР.
- Джон Б., Дербшир Э., Янг Г., Фейрбридж Р., Эндрюс Дж. 1982.** *Зимы нашей планеты: Земля подо льдом*. М.: Мир, Ред. лит-ры по геологии.
- Епифанов В. А. 2006.** Дегазационная гипотеза возникновения глобальных оледенений. *Вопросы географии Сибири* 26: 81–90.
- Епифанов В. А. 2007а.** Геологические циклы и геохронологическая шкала в системе галактических пульсаций Земли. *Новые идеи в науках о Земле: Материалы VIII Международной конференции*. Т. 1, с. 120–123. М.
- Епифанов В. А. 2007б.** Цикличность нефтенакопления в пульсациях Земли, астрогеологический контроль генезиса углеводородов и биопоэз. *Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы нефтегазовой геологии»*: сб. материалов, с. 119–128. СПб.: ВНИГРИ.
- Епифанов В. А. 2009.** Вклад Томской геологической школы в идею пульсационного развития Земли. *Известия Томского политехнического университета* 314(1): 101–104.
- Ипатов С. И. 2010.** *Миграция небесных тел в Солнечной системе*. М.: Физматлит.
- Климат в эпохи крупных биосферных перестроек** / Гл. ред. М. А. Семихатов, Н. М. Чумаков. *Труды ГИН РАН*. Вып. 550. М.: Наука, 2004.
- Ковалев С. Г. 2010.** *Основы исторической геологии*. Уфа.
- Корень Т. Н. 2009.** *Международная стратиграфическая шкала докембрия и фанерозоя: принципы построения и современное состояние*. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ.
- Михайлова И. А., Бондаренко О. Б. 2006.** *Палеонтология*. М.: Изд-во МГУ.
- Лаборатория метеоритики. Б. г.** Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского (Геохим РАН). URL: [www.meteorites.ru](http://www.meteorites.ru).
- Свиточ А. А. 2008.** Ледниковые пустыни в истории Земли. *Природа* 3: 47–52.
- Свиточ А. А., Сорохтин О. Г., Ушаков С. А. 2004.** *Палеогеография: учебник*. М.: Академия.

- Семихатов М. А., Раабен М. Е. 1994.** Динамика глобального разнообразия строматолитов протерозоя. Ст. 1. Северная Евразия, Китай, Индия. *Стратиграфия. Геологическая корреляция* 2(6): 10–32.
- Семихатов М. А., Раабен М. Е. 1996.** Динамика глобального разнообразия строматолитов протерозоя. Ст. 2. Африка, Австралия, Северная Америка и общий синтез. *Стратиграфия. Геологическая корреляция* 4(1): 26–54.
- Серебрянный Л. Р. 1980.** *Древнее оледенение и жизнь*. М.: Наука.
- Симпсон С. 2010.** Бурное рождение континентов. Удары астероидов по молодой Земле создали первые фрагменты современных материков? *В мире науки* 3: 24–31.
- Солнечная система / Ред.-сост. В. Сурдин. М.: Физматлит, 2009.**
- Старостин В. И., Игнатов П. А. 2006.** *Геология полезных ископаемых*. М.: Академический Проект; Фонд «Мир».
- Ушаков С. А., Ясаманов Н. А. 1984.** *Дрейф материков и климаты Земли*. М.: Мысль.
- Хабаров Е. М. 2011.** Карбонатная седиментация в мезонеопротерозойских бассейнах юга Восточной Сибири и некоторые вопросы эволюции рифообразования в докембрии. *Геология и геофизика* 52(10): 1447–1465.
- Ханн В. Е., Халилов Э. Н. 2009.** *Цикличность геодинамических процессов: ее возможная природа*. М.: Научный мир.
- Черепанов Г. О., Иванов А. О. 2007.** *Палеозоология позвоночных*. М.: Академия.
- Carr M. H., Head J. W. 2010.** Geologic History of Mars. *Earth and Planetary Science Letters* 294: 185–203. URL: <http://www.planetary.brown.edu/pdfs/3438.pdf> (7. Relative Ages).
- Spudis P. D., Guest J. E. 2001.** *Stratigraphy and Geologic History of Mercury*. Lunar and Planetary Institute, 3600 Bay Area Blvd., Houston TX 77058. Page 138, Table I – Mercurian Chronostratigraphic Scheme. Mercury: Space Environment, Surface, and Interior. URL: <http://www.uapress.arizona.edu/onlinebks/Mercury/MercuryCh7.pdf> (III. Stratigraphy).
- Strasser A., Hilgen F. J., Heckel P. H. 2006.** Cyclostratigraphy – Concepts, Definitions, and Applications. *Newsletters on Stratigraphy* 42: 75–114.
- Wilhelms D. E. 1987.** *The Geologic History of the Moon*. U.S. Geological Survey Professional Paper 1348. U.S. Government Printing Office, Washington. P. 130, Table 7.3 – Stratigraphic Criteria for Lunar Time-stratigraphic Units. URL: [http://ser.sese.asu.edu/GHM/ghm\\_07txt.pdf](http://ser.sese.asu.edu/GHM/ghm_07txt.pdf) (7. Relative Ages).

### Приложение

**Табл. 1.** Ключевые космические, геологические, биологические события Земли

История Земли					Обращение Галактики	
Эоны	Эры	Периоды	Начало	Астрогеобиологические события	Галактиклы	Начало
Фанерозой (542)	Кайнозой (66)	Антропоген (2,6)	2,6	Эльтанинский астероид (2,5). Появление человека (2,5). Ледниковый период (1–0,01). Гудзонская комета (0,011). Вымирание крупных зверей (0,01)	Современный 24-й галактикл (66). Начался с похолодания и массового вымирания.	66
		Неоген (20)	23	Антарктида покрылась льдом. Азовский астероид (25)		
		Палеоген (43)	65,5 ± 0,3	Альпийский тектогенез (50–0). Чесапикский и др. астероиды (35). Глобальное похолодание (34) (льды Альп, Антарктиды; астероид)	Совпадает с Лавразийской гляциоэрой	
	Мезозой (185)	Мел (80)	145,5 ± 0,4	Киммерийский тектогенез (90–50). Чиксулубский и др. астероиды (65). Вымерло 2/3 видов (в том числе динозавры) (65). Кратер Госсес Блафф (144–130)	23-й галактикл (185). Начался с вымирания. Совпадает с Сибирской термоэрой	251
		Юра (54)	199,6 ± 0,6	Распад Гондваны (190–120?). Распад Лавразии (200–135). Пучеж-Катунский астероид (175)		
		Триас (51)	251,0 ± 0,4	Распад Пангеи (220–150). Исчезла половина видов (210). Маникуаганский кратер (214)		

Продолжение табл. 1

	Палеозой (291)	Пермь (48)	299,0 ±0,8	Образование Пангеи (300). Герцинский тектогенез (260–90). Австралийские астероиды (251). Вымерло 95 % видов (251)	22-й галактик (193). Начался с оледенения и вымирания. Совпадает с Гондванской гляциоэрой	444
		Карбон (60)	359,2 ±2,8	Гондванское оледенение (340–240, макс. 280)		
		Девон (57)	416,0 ±2,5	Каледонский тектогенез (410–260). Оледенение (370–350). Вымерло 85 % видов (364). Кратер Вудлей (360)		
		Силур (28)	443,7 ±1,5	Выход на сушу растений и животных. Силур-девонское вымирание (~420)		
		Ордовик (44)	488,3 ±1,7	Объединение материков: на севере – Лавразия, на юге – Гондвана. Ледниковый период (460–420). Гибель 25 % морских семейств (450). Астероидная атака (470)	21-й галактик (191). Начался с оледенения и вымирания. Совпадает с Балтийской термоэрой	635
		Кембрий (54)	542,0 ±1,0	7 материков-платформ. Салаирский тектогенез (520–410). Взрыв видообразования (540–530). Байконурское оледенение (540). Позднекембрийское вымирание (500). Кольцевая структура Ришат (500–600)		
Протерозой (1958)	Неопротерозой (458)	Эдиакарий (93)	635	Начало распада Лавразии. Кадомский тектогенез (650–520). Вендское вымирание (~600). Варангское оледенение (680–570)		

Продолжение табл. 1

		Криогений (215)	850	Распад Родинии (750). Делийский тектогенез (860–650). Эпоха «Земля-снежок» с чередой глобальных оледенений. Среди них – Стертская ледниковая эпоха (810–710). Спад строматолитов (850)	20-й галактикл (215). В начале – оледенение и вымирание. В конце – оледенение. Африканская гляциоэра – самая масштабная	850
		Тоний (150)	1000	Начало распада Родинии (850). Байкальский тектогенез (930–860). Гнейсеское оледенение (950–900). Спад строматолитов (1050–1000). Астероидная атака?	19-й галактикл (150). Начался с оледенения и вымирания	1000
	Мезо-протерозой (600)	Стений (200)	1200	Возник суперматерик Родиния. Эльсонский тектогенез (1210–1090). Гренвильский тектогенез (1090–930). Тимискаминское оледенение (1200)	18-й галактикл (200). Начался с оледенения	1200
		Эктазий (200)	1400	Лаксфордский тектогенез (1490–1360). Готский тектогенез (1360–1210). Спад строматолитов (1350)	17-й галактикл (200). Начался со спада циано-бионтов	1400
		Калимий (200)	1600	Гуронский тектогенез (1670–1490). Первые находки эукариот. Акраманская астроблема (1575)	16-й галактикл (200)	1600
	Палео-протерозой (900)	Статерий (200)	1800	Максимальная «сборка» суперматерика Колумбия. Гудзонский тектогенез (1830–1670). Спад строматолитов (1800–1600). Уровень кислорода стал современным	15-й галактикл (200). Спад циано-бионтов	1800



Окончание табл. 1

		Орозирий (250)	2050	Балтийский тектогенез (1980–1830). Садберийский астероид (1900). Вредефортский астероид (2000)	14-й галацикл (250)	2050
		Риасий (250)	2300	Карельский тектогенез (2230–1980)	13-й галацикл (250)	2300
		Сидерий (200)	2500	Альгонкский тектогенез (2500–2230). Кислородная катастрофа (2400). Суавьярвийский астероид (2400). Гуронское оледенение (2400–2100). Исчез парниковый эффект. Облачность, ливни, снегопады. Спад строматолитов (2500–2400).	12-й галацикл (200). Начался с оледенения и вымирания. Канадская гляциоэра (2500–2000)	2500
Архей (1500)	Неоархей (300)		2800	Макс. «сборка» праматерика Кенорленд. Беломорский тектогенез (2700–2500). Образование плотного ядра Земли (2600). Неоархейское оледенение (2650). Древнейшие следы присутствия эукариот	10-й и 11-й галациклы (между ними оледенение)	(2650) (2800)
	Мезоархей (400)		3200	Кольский тектогенез (3050–2700). Оледенение кратона Капваал (2900)	8-й и 9-й галациклы (между ними оледенение)	(3000) (3200)
	Палеоархей (400)		3600	Образование праматерика Ваальбара (3300 или раньше). Белозерский тектогенез (3500–3050). Падение 3 крупнейших астероидов (3240), преобразивших земную кору	6-й и 7-й галациклы	(3400) (3600)
	Эоархей (400)		4000	Древнейшие осадочные породы формации Исуа (3800) со следами фотосинтезирующих организмов. «Лунный катаклизм»	4-й и 5-й галациклы	(3800) (4000)
Катархей (600)			4600		1-й, 2-й и 3-й галациклы	(4200) (4400) (4600)

**Табл. 2.** Продолжительность геологических эр и периодов фанерозоя в сравнении

Кайнозойская эра (24-й галацикл)			Мезозойская эра (23-й галацикл)		
Период	Длина	Начало	Период	Длина	Начало
Тетратоген	~50	через ~100	Верхний мел	34?	100?
Тритоген	~50	через ~50	Нижний мел	46?	146
Дейтероген	пока 23	23	Юра	54	200
Палеоген	43	66	Триас	51	251

Неопалеозойская эра (22-й галацикл)			Эопалеозойская эра (21-й галацикл)		
Период	Длина	Начало	Период	Длина	Начало
Пермь	48	300	Ордовик	44	488
Карбон	60	359	Кембрий	54	542
Девон	57	416	Эдиакарий	47?	589
Силур	28	444	Лапландий	46?	635

**Табл. 3.** Сравнение хронологических шкал Земли и ближайших космических объектов

История Земли			История Луны		История Меркурия		История Марса		Обращение Галактики	
Эоны	Эры	Начало	Периоды	Начало	Эры	Начало	Эпохи	Начало	Галациклы	Начало
Фанерозой с эдиакарием (635)	Кайнозой (66)	66	Коперниковский (1100): геологически безактивный; молодые астроблемы (кратер Коперник)	1100	Койперская (1000): нет данных о вулканической и тектонической активности	1000	Амазонийская (2900–3300): очень мало ударных кратеров; лавовые потоки; ледниковая активность; выбросы воды	~3000	Современный 24-й галацикл (66)	66
	Мезозой (185)	251							23-й галацикл (185)	251
	Палеозой с эдиакарием (384)	635							21-й и 22-й галациклы (384)	635
Протерозой (1958)	Неопротерозой без эдиакария (365)	1000							19-й и 20-й галациклы (365)	1000

Продолжение табл. 3

Архей (1500)	Мезо-протерозой (600)	1600	Эратосфеновский (2100): затихание вулканов; снижение ударов; образование кратера Эратосфен	3200	Мансурская (~2000): снижение вулканической и тектонической активности	3000 – 3500		16-й, 17-й, 18-й галактики (600)	1600
	Палео-протерозой (900)	2500						12-й, 13-й, 14-й, 15-й галактики (900)	2500
	Неоархей (300)	2800						10 и 11-й галактики (300)	2800
	Мезоархей (400)	3200	Имбрийский (650): Позднеимбрийская (Архимедовская) эпоха – 3800 млн л. н.: макс. излияния лавы, заполнившие «моря»; большинство вулканических кратеров и вулканов; образование кратера Архимед и Восточного моря. Раннеимбрийская (Апеннинская) эпоха – 3850 млн л. н.: ударное образование моря Дождей и др. морей	3850	Поздняя калорская (~800): закончилось глобальное сжатие	3800	Гесперийская (200–600): огромные лавовые поля; мощные потоки воды	8 и 9-й галактики (400)	3200
	Палеоархей (400)	3600						6 и 7-й галактики (400)	3600
	Эоархей (400)	3800						Ноачианская (400): образование самой старой поверхности (из сохранившихся); много крупных кратеров; обширная речная эрозия; возможно, были моря и океаны	4100
								5-й галактика (200)	3800

Окончание табл. 3

		4000	Нектарский / Птолемеевский (70): образование 10–12 основных бассейнов (в том числе моря Нектара) болидами до 860 км. «Лунный катаклизм» в начале периода	3920	Калорская (60): вулканические минералы равнины Жары. Толстовская (40): равнины и кратеры (в том числе от вулканов)	3900 – 4000		4-й галактикл (200)	4000	
Катархей (600)		4600	Донектарский / Гиппарховский (613): образование коры. Эра «9 групп бассейнов» (4172–3920 млн л. н.). Начало базальтового магматизма (4 млрд лет назад). Криптийская эра (4533–4172 млн л. н.)	4533	Дотолстовская (500–600): интенсивная бомбардировка; кратеры и обширные межкратерные равнины	4500	Доноачианская (400–600): от планетной аккреции и дифференциации до образования ударной впадины Эллады (почти все стерто эрозией и метеоритами)	4500	1, 2 и 3-й галактиклы (600)	4600

Табл. 4. Реформированная версия геохронологической шкалы

Эоны	Эры	Периоды	Нача- ло	Галактиклы	Эпохи тектоге- неза
6. Фанерозой (635) – эпоха праматерика Пангеи	Кайнозой (66)	Тетратоген (50?)	Еще не насту- пили	Современ- ный 24-й гала- цикл (66)	Альпийский (50–0)
		Тритоген (50?)			
		Дейтероген (50?): неоген (20) и антропоген (2,6 ... 30?)	23		
		Палеоген (43)	66		

Продолжение табл. 4

	Мезозой (185)	Верхний мел (34?)	100?	23-й гала-цикл (185)	Герцинский (260–90) и Киммерийский (90–50)
		Нижний мел (46?)	146		
		Юра (54)	200		
		Триас (51)	251		
	Неопалеозой (193)	Пермь (48)	299	22-й гала-цикл (193)	Каледонский (410–260)
		Карбон (60)	359		
		Девон (57)	416		
		Силур (28)	444		
	Эопалеозой (191)	Ордовик (44)	488	21-й гала-цикл (191)	Кадомский (650–520) и Салаирский (520–410)
		Кембрий (54)	542		
		Эдиакарий (47?)	589		
		Лапландий (46?)	635		
5. Верхний протерозой (765) – эпоха праматерика Родинии (Родинианий)	Криогений (215)		850	20-й гала-цикл (215)	Делийский (860–650)
	Тоний (150)		1000	19-й гала-цикл (150)	Байкальский (930–860)
	Стений (200)		1200	18-й гала-цикл (200)	Эльсонский (1210–1090) и Гренвильский (1090–930)
	Эктазий (200)		1400	17-й гала-цикл (200)	Лаксфордский (1490–1360) и Готский (1360–1210)
4. Нижний протерозой (900) – эпоха праматерика Колумбии (Колумбианий)	Калимий (200)		1600	16-й гала-цикл (200)	Гуронский (1670–1490)
	Статерий (200)		1800	15-й гала-цикл (200)	Гудзонский (1830–1670)
	Орозирий (250)		2050	14-й гала-цикл (250)	Балтийский (1980–1830)
	Риасий (250)		2300	13-й гала-цикл (250)	Карельский (2230–1980)
3. Верхний архей (900) – эпоха праматерика Кенорленда (Кенорлендий)	Сидерий (200) (Неокенорлендий)		2500	12-й гала-цикл (200)	Альгонкский (2500–2230)
	Поздний нео-архей (150?) (Мезокенорлендий)		2650?	11-й гала-цикл (150?)	Беломорский (2700–2500)

Окончание табл. 4

	Ранний неоархей (150?) (Палеокенорлендий)		2800	10-й галактик (150?)	Кольский (3050–2700)
	Поздний мезоархей (200) (Эокенорлендий)		3000?	9-й галактик (200?)	
2. Нижний архей (800) – эпоха праматерика Ваальбары (Ваальбарий, Нуклеарий)	Ранний мезоархей (200) (Неоваальбарий)		3200	8-й галактик (200?)	Белозерский (3500–3050)
	Поздний палеоархей (200) (Мезоваальбарий)		3400?	7-й галактик (200?)	
	Ранний палеоархей (200) (Палеоваальбарий)		3600	6-й галактик (200?)	
	Поздний эоархей (200) (Эоваальбарий)		3800?	5-й галактик (200?)	
1. Катархей (800) – доплатформенная эпоха (Лунарий)	Ранний эоархей (200) (Неолунарий)		4000	4-й галактик (200?)	
	Неокатархей (200?) (Мезолунарий)		4200?	3-й галактик (200?)	
	Мезокатархей (200?) (Палеолунарий)		4400?	2-й галактик (200?)	
	Палеокатархей (200?) (Эолунарий)		4600	1-й галактик (200?)	

### 3

## Оценка скорости и эффективности эволюционных процессов\*

В. Г. Редько

*Насколько эффективны эволюционные процессы? Для того чтобы ответить на этот вопрос, целесообразно оценить скорость эволюции в четких опорных моделях. В настоящей работе излагаются результаты оценок скорости и эффективности эволюции для такой опорной модели, как модель квазивидов, и для нескольких близких к ней моделей эволюции. Модель квазивидов предложил Манфред Эйген в 1970-х гг. В этой модели предполагается существование оптимальной особи, а эволюция популяции особей в ней приводит к отбору квазивида – такого распределения особей, в которое входит как оптимальная особь, так и близкие к ней, чьи геномы отличаются от генома оптимальной особи мутационными заменами. Полученные аналитические оценки показывают, что при эволюционном поиске оптимальный геном длины  $N$  может быть найден в течение  $N$  поколений, при этом в эволюционном процессе участвуют порядка  $N^2$  особей. Близкие оценки справедливы и для других моделей, сходных с моделью квазивидов. Аналитические оценки проверены путем компьютерного моделирования.*

**Ключевые слова:** эволюция, геном, модель квазивидов, рулеточный отбор, нейтральный отбор, мутации, эволюционная модель.

### 1. Введение

Оценки скорости сходимости и эффективности эволюционных процессов целесообразно провести для четких опорных примеров. В данной работе мы отталкиваемся от модели квазивидов, введенной лауреатом Нобелевской премии М. Эйгеном при изучении процессов предбиологической эволюции (Эйген 1973). Данная статья подводит итог цикла работ (Редько 1986; 1990; 2005; Редько, Цой 2005; Red'ko, Tsoy 2006), посвященных исследованию скорости сходимости простых моделей эволюции.

Оценки сделаны для метода рулеточного отбора, что позволяет использовать их при интерпретации биологических эволюционных процессов. Рулеточный отбор вероятностный, при таком важно учитывать роль нейтрального отбора, то есть возможность случайной фиксации особей, не

---

\* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 13-01-00399).

зависящей от их приспособленности. Учет нейтрального отбора подчеркивает важность рассмотрения численности популяции: при малой численности вероятность случайной фиксации особей возрастает. Для того чтобы нейтральный отбор не сказывался, необходимо, чтобы численность популяции была достаточно большой, и это явно учитывается в сделанных оценках.

В основной рассматриваемой модели эволюционного процесса (то есть для простого варианта модели квазивидов) предполагается, что имеется единственный максимум приспособленности. Также анализируются другие модели, близкие к основной: модель узкого канала, мажорирующая модель, для которых скорость эволюции постоянна, и модель эволюционного поиска минимумов энергии спинового стекла, для которой число локальных максимумов приспособленности экспоненциально растет с ростом длины генома.

Статья организована следующим образом. В разделе 2 изложена модель квазивидов. Раздел 3 характеризует качественную картину эволюции в этой модели. Роль нейтрального отбора в популяциях конечной численности представлена в разделе 4. Аналитические оценки скорости и эффективности эволюции в модели квазивидов сделаны в разделе 5, здесь же резюмируются основные принципы, которые заложены в метод получения оценок. Результаты компьютерных расчетов в рамках модели квазивидов приведены в разделе 6, компьютерные расчеты подтверждают полученные аналитические оценки. Модель узкого канала и близкая к ней мажорирующая модель излагаются в разделе 7. Модель эволюционного поиска минимумов энергии спинового стекла характеризуется в разделе 8. Раздел 9 заключает статью.

## **2. Модель квазивидов**

Модель квазивидов была введена М. Эйгеном при изучении процессов предбиологической эволюции (Эйген 1973; Эйген, Шустер 1982). Содержательно эта модель описывает возможный процесс того, как могли бы эволюционно возникнуть простейшие макромолекулы, кодирующие наследственную информацию. В ней рассматривается эволюция популяции цепочек РНК. При наличии притока энергии в виде богатых энергией молекул типа АТФ цепочки РНК могут реплицироваться, то есть размножаться путем саморепликации или репликации с помощью простейших ферментных систем. При размножении происходит копирование наследуемой информации. Ошибки в процессе копирования приводят к мутациям РНК. Эволюция популяции приводит к отбору квазивида – такого распределения цепочек РНК, в которое входит как «наилучшая РНК» (размножающаяся с максимальной скоростью), так и близкие к ней цепочки, отличающиеся от этой наилучшей мутационными заменами.

Опишем формально модель квазивидов. Рассматриваем дарвиновскую эволюцию популяции модельных особей. Геномы особей представ-



ляют собой информационные последовательности  $S_k$ , для основного варианта модели будем считать, что символы последовательностей  $S_{ki}$  принимают два значения:  $S_{ki} = +1$  либо  $S_{ki} = -1$ ;  $k$  – номер особи;  $i$  – номер символа;  $i = 1, 2, \dots, N$ ;  $k = 1, 2, \dots, n$ ;  $N$  – длина последовательностей;  $n$  – численность популяции. Эволюция включает отбор особей  $S$  в соответствии с их приспособленностями  $f(S)$  и мутации – равновероятные замены символов  $S_{ki}$ . Считаем, что  $N$  и  $n$  в процессе отдельного эволюционного процесса не меняются, они велики:  $N, n \gg 1$ . Для основного варианта модели считаем, что функция приспособленности  $f(S)$  простая: имеется оптимальная особь  $S_m$  с максимальной приспособленностью, а приспособленность произвольной особи  $S$  экспоненциально уменьшается с ростом расстояния по Хеммингу (числа несовпадающих символов в соответствующих позициях последовательностей)  $\rho(S, S_m)$  между  $S$  и  $S_m$ :

$$f(S) = \exp[-\beta \rho(S, S_m)], \quad (1)$$

где  $\beta$  – параметр интенсивности отбора. Это означает, что чем ближе геном рассматриваемой особи  $S$  к геному оптимальной особи  $S_m$ , тем больше приспособленность особи  $S$ . Понятие расстояния по Хеммингу иллюстрируется приведенными ниже примерами:

$$S_m = (-1, 1, 1, -1, 1), \quad S_1 = (-1, -1, 1, 1, -1), \quad \rho(S_1, S_m) = 3.$$

$$S_2 = (1, 1, 1, 1, 1), \quad \rho(S_2, S_m) = 2.$$

Эволюция приводит к формированию *квазивидов* – популяции, в которую входит как оптимальная последовательность, так и отличающиеся от нее мутационными заменами.

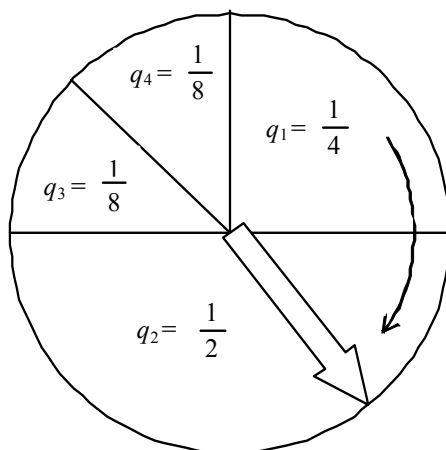
Формальная схема эволюции в модели квазивидов представлена в Табл. 1.

**Табл. 1.** Схема эволюции в модели квазивидов

Шаг 0. <i>Формирование начальной популяции</i> $\{S_k(0)\}$ . Для всех $k = 1, 2, \dots, n$ , $i = 1, 2, \dots, N$ выбираем символ $S_{ki}$ случайно, полагая $S_{ki} = +1$ либо $S_{ki} = -1$
Шаг 1. <i>Отбор</i>
Подшаг 1.1. <i>Расчет приспособленностей особей</i> . Для каждого $k = 1, 2, \dots, n$ вычисляем величину $f(S_k)$ согласно выражению (1)
Подшаг 1.2. <i>Формирование новой популяции</i> $\{S_k(t+1)\}$ . Отбираем $n$ особей в новую популяцию $\{S_k(t+1)\}$ с вероятностями, пропорциональными $f(S_k)$
Шаг 2. <i>Мутации</i> . Для $k = 1, 2, \dots, n$ ; $i = 1, 2, \dots, N$ меняем знак $S_{ki}(t+1)$ на противоположный с вероятностью $P$ ; $P$ – параметр интенсивности мутаций
<i>Организация последовательности поколений</i> . Повторяем шаги 1, 2 для $t = 1, 2, \dots$ ; $t$ – номер поколения

В этой схеме начальное распределение особей случайное, а затем в каждом поколении происходят отбор и мутации особей.

Подшаг 1.2 требует пояснения. На нем происходит вероятностный отбор особей в следующее поколение рулеточным методом. Формирование новой популяции происходит следующим образом. Представим, что имеется рулетка. Для каждого поколения размечаем рулетку на  $n$  секторов, долю  $k$ -го сектора (отнесенную ко всей площади круга) полагаем равной  $q_k = f_k / [\sum_i f_i]$  (см. Рис. 1);  $f_k = f(S_k)$ . Далее  $n$  раз крутится рулетка, каждый раз определяется номер сектора, на котором останавливается стрелка рулетки, и соответствующая этому номеру особь выбирается в популяцию следующего поколения. Таким образом, в следующее поколение будут отобраны ровно  $n$  особей. При этом для каждого вращения рулетки вероятность  $k$ -й особи попасть в следующее поколение равна  $q_k$ , то есть пропорциональна ее приспособленности  $f_k$ . Некоторые особи могут быть отобраны в новое поколение несколько раз, это означает, что в новой популяции будет несколько потомков данной особи.



**Рис. 1.** Схема рулеточного отбора, при котором особи выбираются в популяцию нового поколения с вероятностями  $q_k$ , пропорциональными их приспособленностям  $f_k$ . Показан пример, для которого  $n = 4$ ,  $f_1 = 2$ ,  $f_2 = 4$ ,  $f_3 = 1$ ,  $f_4 = 1$

### 3. Качественная картина эволюции

В работах (Редько 1986; Редько, Цой 2005) был приведен цикл компьютерных расчетов в рамках рассматриваемой модели квазивидов с хемминговой мерой близости между последовательностями. Результаты расчетов демонстрируют, что при достаточно естественно выбранных параметрах

( $N, n \gg 1$ ,  $\beta \geq PN$ ,  $PN \leq 1$ , то есть когда интенсивность отбора достаточно велика, а интенсивность мутаций ограничена) эволюцию можно охарактеризовать следующим образом (пример расчета представлен на Рис. 2):

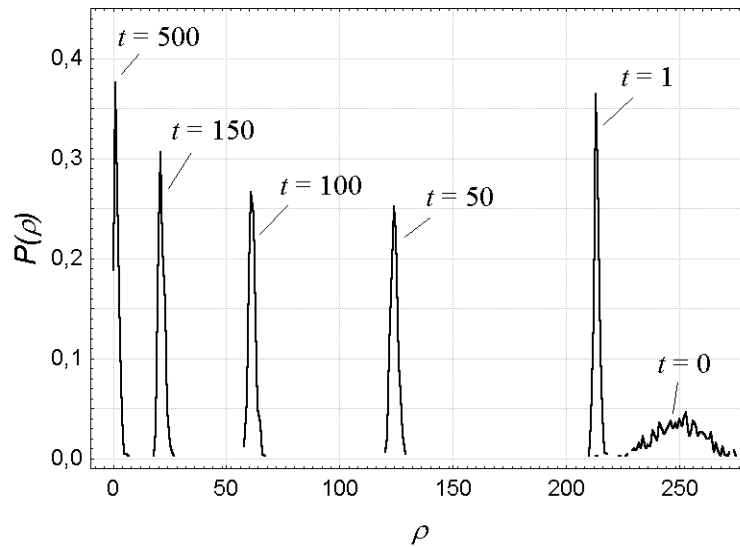
- начальное случайное распределение по  $\rho$  в популяции близко к нормальному распределению со средним  $\langle \rho \rangle = N/2$  и дисперсией  $N/4$  ( $\langle \rho \rangle$  – среднее по популяции расстояние по Хеммингу до оптимальной последовательности  $S_m$ );

- процесс эволюции можно характеризовать двумя стадиями: первой – быстрой и второй – медленной;

- на первой стадии происходит отбор особей, расположенных «на левом крыле» исходного распределения, и распределение сжимается (это происходит быстро за счет достаточно большой интенсивности отбора);

- на второй стадии появление новых особей в популяции ограничено мутациями, из-за этого ограничения скорость уменьшения  $\langle \rho \rangle$  значительно ниже, чем на первой стадии;

- окончательное распределение характеризует квазивид – распределение в окрестности оптимальной последовательности  $S_m$ .



**Рис. 2.** Эволюция распределения особей,  $N = 500$ ,  $n = N$ ,  $\beta = 1$ ,  $P = 0,002$ . По оси ординат отложена доля особей  $P(\rho)$ , имеющих рассматриваемое значение  $\rho$ ,  $t$  – номер поколения

Отметим, что для представленного на Рис. 2 расчета первая стадия за счет достаточно интенсивного отбора ( $\beta = 1$ ) действительно проходит быстро,

она длится всего лишь одно поколение эволюции. Основное время эволюции занимает вторая стадия, на которой ее скорость существенно ограничена появлением новых особей в результате мутаций. Уменьшение величины  $\langle \rho \rangle$  со временем происходит неравномерно: в начале второй стадии скорость уменьшения  $\langle \rho \rangle$  выше, чем в дальнейшем, так как число благоприятных мутаций, приводящих к понижению  $\rho$ , постепенно уменьшается. Окончательное распределение (близкое к показанному при  $t = 500$ ) формируется в окрестности оптимальной последовательности  $S_m$ , для которой  $\rho = 0$ .

#### 4. Стохастический характер эволюционного процесса. Роль нейтрального отбора

Далее предполагается, что длина  $N$  последовательностей  $S$  (модельных ДНК) достаточно велика, так что  $2^N \gg n$ . Это неравенство означает, что общее число возможных видов особей  $S$ , равное  $2^N$ , значительно больше численности популяции. При этом число отдельных видов в популяции будет невелико, а многие виды в ней вообще будут отсутствовать (см., например, процесс, представленный на Рис. 2, для которого  $2^N \sim 10^{150}$ ,  $n = 500$ ). В силу ограниченности численности популяции существенны флуктуации числа видов, и рассматриваемые эволюционные процессы имеют стохастический характер. В частности, необходимо учитывать нейтральный отбор, то есть фиксацию особей, не зависящую от их приспособленностей (Кимура 1985; Редько 2005).

Для того чтобы продемонстрировать особенности нейтрального отбора явно, рассмотрим «чисто нейтральную» эволюционную игру, которую определим следующим образом.

Имеется популяция черных и белых шаров, общее количество шаров в популяции равно  $n$ . Эволюция состоит из последовательности поколений. Каждое поколение включает в себя два шага. На первом шаге дублируются все шары с сохранением их цвета: черный шар имеет два черных потомка, белый шар имеет два белых потомка. На втором шаге из популяции случайным образом удаляется ровно половина шаров, независимо от их цвета.

Подчеркнем, что отбор шаров в следующее поколение происходит совершенно нейтрально, независимо от цвета.

Считаем, что популяция находится в  $l$ -состоянии, если число черных и белых шаров для рассматриваемого поколения равны  $l$  и  $n - l$  соответственно. Будем характеризовать эволюцию вероятностями  $P_{lm}$  переходов из  $l$ -состояния в  $m$ -состояние в течение одного поколения. Используя простой комбинаторный расчет, можно определить значения  $P_{lm}$ :

$$P_{lm} = \begin{cases} \binom{2l}{m} \times \binom{2n-2l}{n-m} \bigg/ \binom{2n}{n}, & \text{если } 2l-n \leq m \leq 2l, \\ 0, & \text{если } m > 2l \text{ или } m < 2l-n, \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{где } \binom{a}{b} = \frac{a!}{(a-b)!b!}.$$

Матрица  $P_{lm}$  задает случайный марковский процесс, который может рассматриваться как пример простого стохастического эволюционного процесса (Карлин 1975). Используя общие методы анализа таких процессов, можно показать, что:

1) рассматриваемый процесс всегда сходится к одному из поглощающих состояний, а именно – к 0-состоянию (все шары белые) либо к  $n$ -состоянию (все шары черные);

2) при больших  $n$  характерное число поколений  $T_n$ , требуемое для сходимости к какому-либо из поглощающих состояний, равно  $2n$ :

$$T_n = 2n. \quad (3)$$

Таким образом, хотя данный эволюционный процесс чисто нейтральный (черные и белые шары имеют равные шансы «выжить»), однако в результате эволюции отбирается только один вид шаров. Величина  $T_n$  представляет собой оценку характерного времени (числа поколений) нейтрального отбора.

Итак, характерное число поколений, за которое происходит нейтральный отбор, порядка численности популяции  $n$ .

## 5. Оценка скорости и эффективности эволюционного процесса

Теперь, учитывая качественный характер эволюции и роль нейтрального отбора, оценим скорость и эффективность рассматриваемого эволюционного процесса в модели квазивидов с хемминговой мерой близости.

Предполагаем, что численность популяции  $n$  достаточно велика:

$$T_n \geq T, [1 - (1 - P)^N]^n \ll 1, \quad (4)$$

где  $T_n$  – характерное время (число поколений) нейтрального отбора;  $T$  – характерное время сходимости всего эволюционного процесса. Первое неравенство в формуле (4) означает, что мы считаем не слишком сильным влияние нейтрального отбора, так как характерное время всей эволюции меньше или порядка  $T_n$ . Отбор в соответствии с приспособленностями особей происходит быстрее (точнее, не медленнее), чем нейтральный отбор. Второе неравенство соответствует пренебрежению мутационными потерями уже найденных удачных особей в популяции.

При больших  $N$  величина  $T$  определяется второй (медленной) стадией эволюции, на которой эволюционный поиск происходит следующим образом. Для того чтобы появились новые особи с меньшими значениями  $\rho$ , должно произойти достаточное количество мутаций, а затем фиксация этих новых особей в результате отбора. Оценим характерное время  $t_{-1}$ , за которое  $\langle \rho \rangle$  уменьшается на 1. Оно составляет:  $t_{-1} \sim t_m + t_{от}$ , где  $t_m \sim (NP)^{-1}$  – характерное время, за которое особи популяции промутируют;  $t_{от} \sim \beta^{-1}$  – характерное время, за которое особи, для которых  $\rho = \langle \rho \rangle - 1$ , в результате отбора вытеснят из популяции особи, для которых  $\rho = \langle \rho \rangle$ . Оценим общее число поколений всего эволюционного процесса. Учтя, что за время всего эволюционного процесса  $\langle \rho \rangle$  должно уменьшиться на величину, приближенно равную  $N/2$ , полагаем  $T \sim t_{-1} N$  и имеем:

$$T \sim P^{-1} + N\beta^{-1}. \quad (5a)$$

Общее число особей, участвующих в эволюции, составляет  $n_{общ.} = nT$ . Оценим величину  $n_{общ.}$  для заданного  $N$  при некоторых достаточно разумно выбранных остальных параметрах  $\beta$ ,  $P$ ,  $n$ . Эти параметры выбираем таким образом, чтобы по возможности уменьшить величины  $T$  и  $n_{общ.}$ . Интенсивность отбора считаем достаточно большой:  $\beta \geq PN$ , тогда можно пренебречь вторым слагаемым в формуле (5a). Полагаем, что интенсивность мутаций  $P$  соответствует примерно одной мутации в каждой последовательности в каждом поколении,  $P \sim N^{-1}$ ; при такой частоте мутаций, с одной стороны, появление новых особей в популяции в результате мутаций происходит достаточно быстро, с другой – можно пренебречь мутационными потерями (выполняется второе неравенство в формуле (4)). С учетом сказанного имеем:

$$T \sim N. \quad (5b)$$

Также полагаем, что первое из неравенств (4) выполняется «на пределе» ( $T_n \sim T$ ), то есть для численности популяции имеем оценку:

$$n \sim T_n \sim T \sim N. \quad (6)$$

Оценки (6) предполагают минимальную допустимую численность популяции, при которой еще не очень существенны потери особей в результате нейтрального отбора. С учетом сделанных предположений получаем оценки характерного времени эволюции  $T$  и общего числа особей, участвующих в эволюции  $n_{общ.}$  ( $n_{общ.} = nT \sim NT \sim N^2$ ):

$$T \sim N, n_{общ.} \sim N^2. \quad (7)$$

Выражение (7) определяет оценки скорости сходимости всего эволюционного процесса (значение  $T$ ) и эффективности эволюционного поиска оптимальной особи  $S_m$  (значение  $n_{общ.}$ ).

Резюмируем наиболее существенные сделанные предположения и полученные оценки. Оценки сделаны в следующих предположениях:

- 1)  $\beta \geq 1$  – интенсивность отбора достаточно велика;
- 2)  $P \sim N^{-1}$  – мутации «оптимальны» (порядка одной мутации на геном);
- 3)  $n \sim N$  – условие пренебрежения нейтральным отбором выполняется «на пределе».

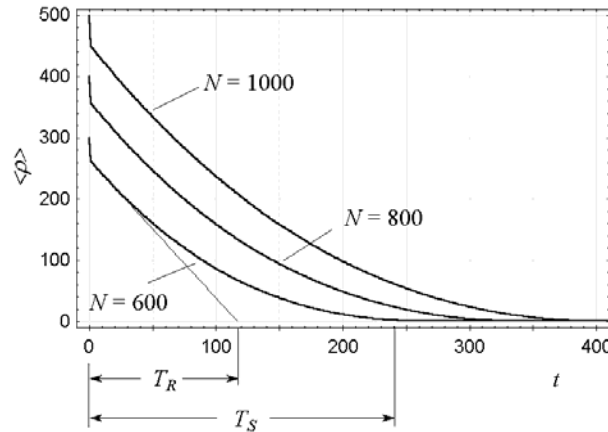
Результат оценок:

- 1) число поколений эволюции порядка длины генома:  $T \sim N$ ;
- 2) численность популяции также этого порядка:  $n \sim N$ ;
- 3) общее число особей, участвующих в эволюционном поиске, порядка квадрата длины генома:  $n_{\text{общ}} = nT \sim N^2$ .

## 6. Результаты численного моделирования

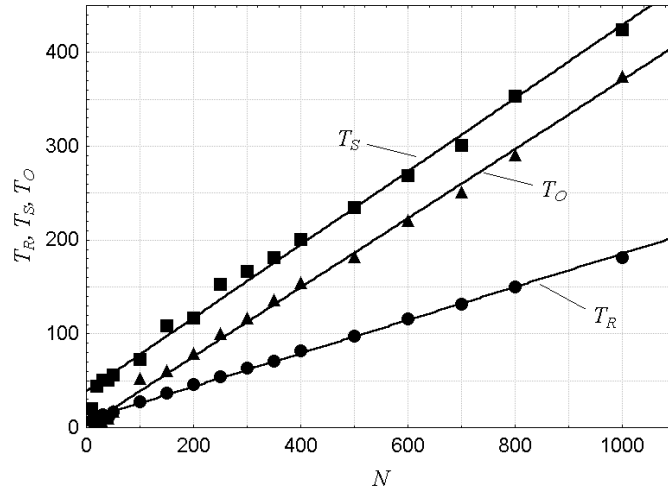
Приведенные оценки были получены при использовании ряда допущений. Поэтому данные оценки проверены путем компьютерного расчета (Редько, Цой 2005). Расчет проводился для соотношений между параметрами, которые соответствуют условиям получения оценок (7):  $n = N$ ,  $P = N^{-1}$ ,  $\beta = 1$ .

Расчет выполнялся следующим образом. Были получены зависимости среднего по популяции расстояния до оптимума от времени  $\langle \rho \rangle(t)$  для разных значений  $N$  (Рис. 3), и по этим зависимостям оценивалось характерное время сходимости эволюции  $T$  двумя способами: 1) рассчитывалось характерное время релаксации  $T_R$  в зависимостях  $\langle \rho \rangle(t)$  по начальному наклону этих кривых; 2) определялось время выхода  $T_S$  на стационарное значение  $\langle \rho \rangle$ , которое получается при больших  $t$  (см. Рис. 3).



**Рис. 3.** Зависимости  $\langle \rho \rangle(t)$  для разных значений  $N$ ;  $t$  – номер поколения. Показана схема оценки значений  $T_R$  и  $T_S$  для случая  $N = 600$ . Зависимости усреднены по 50 расчетам

Полученные в результате зависимости  $T_R(N)$  и  $T_S(N)$  представлены на Рис. 4. Кроме того, определялись значения времени  $T_O$  первого появления оптимальной особи  $S_m$  в популяции. Соответствующая зависимость  $T_O(N)$  также представлена на Рис. 4.



**Рис. 4.** Зависимость времени релаксации  $T_R$ , времени выхода на стационар  $T_S$  и времени нахождения оптимальной особи  $T_O$  от длины генома  $N$ . Приведенные результаты усреднены по 50 расчетам

Видно, что при достаточно больших  $N$  все три зависимости линейны:

$$T_R(N) = k_R N + T_{R0}, \quad T_S(N) = k_S N + T_{S0}, \quad T_O(N) = k_O N + T_{O0},$$

где  $k_R = 0,1772$ ;  $k_S = 0,3903$ ;  $k_O = 0,3685$ ;  $T_{R0} = 8,2709$ ;  $T_{S0} = 38,7356$ ;  $T_{O0} = 2,1288$ , что вполне согласуется с оценками (7). Значения  $k_R$ ,  $k_S$ ,  $k_O$  показывают, что оценки скорости сходимости эволюционных процессов были получены с некоторым «запасом», что неудивительно, так как в рассматриваемой модели перемещение к оптимальной последовательности  $S_m$  возможно разными способами за счет большого количества благоприятных мутаций, приводящих к уменьшению  $\rho$ ; эта возможность приводит к увеличению скорости уменьшения  $\langle \rho \rangle$  по сравнению со сделанными оценками. Отметим, что продемонстрированная компьютерными расчетами линейность зависимостей  $T_R(N)$ ,  $T_S(N)$ ,  $T_O(N)$  неочевидна и примечательна.

Итак, получены и проверены путем численного моделирования аналитические оценки скорости сходимости и эффективности эволюционных процессов для модели квазивидов с хемминговой мерой близости.



Сравним эволюционный метод оптимизации рассматриваемой функции приспособленности (1) с двумя простейшими методами: последовательный поиск и случайный перебор.

Последовательный поиск организуем следующим образом. Исходим из произвольной последовательности  $S$ , символы которой равны  $S_i = 1$  либо  $-1$ . Далее последовательно для каждого  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) меняем знак символа ( $S_i \rightarrow -S_i$ ) и при увеличении приспособленности  $f(S)$  со сменой знака принимаем новое значение символа, а при уменьшении  $f(S)$  – возвращаемся к старому. В результате после  $N$  испытаний найдем оптимальную последовательность  $S_m$ . Итак, для последовательного поиска имеем:  $n_{\text{общ.}} = N$ .

При случайном переборе для нахождения оптимальной последовательности необходимо испытать порядка  $2^N$  последовательностей:

$$n_{\text{общ.}} \sim 2^N.$$

Полученные оценки приведены в Табл. 2.

**Табл. 2.** Оценки эффективности методов поиска

Метод поиска	$n_{\text{общ.}}$	$n_{\text{общ.}}$ при $N = 1000$
Последовательный	$N$	1000
Эволюционный	$\sim N^2$	$\sim 10^6$
Случайный	$\sim 2^N$	$\sim 10^{300}$

Приведенные оценки показывают, что эволюционный процесс, как алгоритм поиска  $S_m$ , в рассмотренной модели в определенном смысле «суб-оптимален»: он не обеспечивает максимальную скорость поиска (например, для рассматриваемой задачи возможен более эффективный последовательный перебор), тем не менее он значительно эффективнее случайного поиска, при котором необходимо испытать порядка  $2^N$  последовательностей:  $n_{\text{общ.}} \sim 2^N$ .

Хотя оценки (7) характерного времени эволюции и общего числа особей, участвующих в ней, получены для модели квазивидов, в которой символы геномов бинарны, эта же методика получения оценок скорости и эффективности эволюции применима к нескольким близким эволюционным моделям.

В частности, в работе (Red'ko, Tsoy 2006) аналогичная методика была применена к модели квазивидов, в которой символы геномов  $S$  принимали  $\lambda$  различных значений ( $\lambda$  – небольшое целое число, например  $\lambda = 4$ ). Как и в изложенной выше модели, предполагается существование оптимальной особи  $S_m$  и то, что приспособленность произвольной особи  $S$  экспоненци-

ально уменьшается с ростом расстояния по Хеммингу  $\rho(S, S_m)$  между  $S$  и  $S_m$  (см. выражение (1)).

Поскольку для этого случая методика получения оценок и проверки их численным расчетом совершенно аналогична вышеизложенной, приведем соответствующий результат без вывода. При небольших целых  $\lambda$  вместо оценок (7) имеем: характерное время эволюции  $T$  и общее число особей, участвующих в эволюции  $n_{\text{общ.}}$ , определяются выражением:

$$T \sim (\lambda - 1)N, \quad n_{\text{общ.}} \sim [(\lambda - 1)N]^2. \quad (8)$$

Отметим, что формула (8) обобщает выражение (7): при  $\lambda = 2$  формула (8) переходит в выражение (7).

Далее рассмотрим эволюционные модели, близкие к изложенной модели квазивидов с хемминговой мерой близости.

## 7. Модель узкого канала и мажорирующая модель

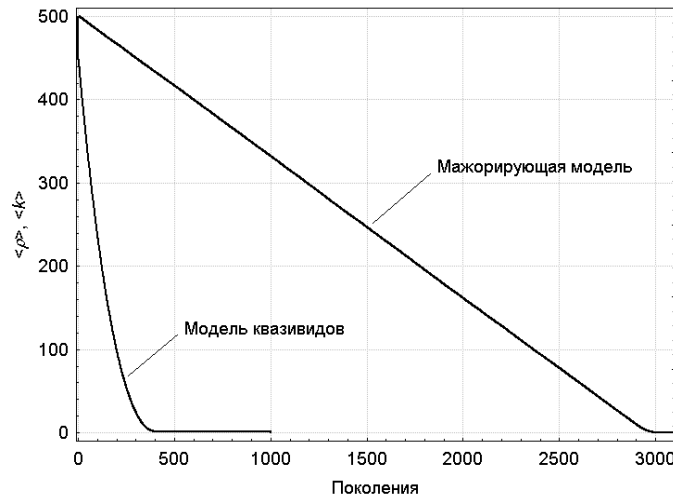
В настоящем разделе рассмотрим эволюционную модель узкого канала и близкую к ней мажорирующую модель.

В модели узкого канала предполагается эволюция популяции особей, геномы которых представляют собой последовательности  $S_k$ . Как и в модели с хемминговой мерой близости, символы последовательностей  $S_{ki}$  принимают два значения:  $S_{ki} = +1$  либо  $-1$ ;  $i = 1, 2, \dots, N$ ;  $k = 1, 2, \dots, n$ ;  $N$  — длина последовательностей;  $n$  — численность популяции. Также имеется оптимальная последовательность-особь  $S_m$ , приспособленность которой максимальна. Однако число последовательностей  $S_k$ , приспособленность которых отлична от нуля, ограничено. Имеется только  $N + 1$ , такая последовательность  $S_k$ ,  $k = 0, 1, 2, \dots, N$ , причем  $S_0 = S_m$ , число несовпадающих символов в  $S_k$  и  $S_m$  равно  $k$ , а приспособленность последовательности  $S_k$  равна  $f(S_k) = \exp(-\beta k)$ . При этом для того, чтобы перейти от последовательности  $S_k$  к  $S_{k-1}$ , нужно изменить знак только одного определенного символа. Следовательно, чтобы перейти от последовательности  $S_N$  к  $S_0$ , нужно поочередно изменить  $N$  символов в строго заданном порядке, то есть пройти по «узкому каналу». И в процессе эволюции мутации должны произойти именно в этом порядке. При «неправильных» мутациях будут появляться нежизнеспособные последовательности-особи с нулевой приспособленностью. Для наглядности приведем простой пример таких особей ( $N = 4$ ):  $S_4 = -1, -1, -1, -1$ ;  $S_3 = -1, -1, -1, 1$ ;  $S_2 = -1, -1, 1, 1$ ;  $S_1 = -1, 1, 1, 1$ ;  $S_0 = 1, 1, 1, 1$ . Все остальные последовательности имеют нулевую приспособленность. Видно, что для того, чтобы пройти от  $S_4$  к  $S_0$ , нужно идти по «узкому каналу», поочередно меняя символы в нужном порядке.

Было проведено компьютерное моделирование (Редько 1999) в рамках модели узкого канала. При компьютерных расчетах скорость сходимости эволюционного процесса была меньше, чем для модели с хеммин-

говой мерой близости, а величина скорости уменьшения среднего по популяции значения  $k$  была практически постоянна в течение всего эволюционного процесса. Скорость сходимости эволюции в модели узкого канала мажорирует скорости эволюции квазивидов (см. Рис. 2 лекции 4 в [Редько 1999]). Этот факт привел к построению более простой мажорирующей модели, скорость эволюции в которой мажорирует таковую в модели квазивидов, в ней можно не учитывать информационную структуру последовательностей-особей.

В мажорирующей модели предполагаем, что имеется всего  $N + 1$  типов особей:  $S_k$ ,  $k = 0, 1, \dots, N$ . Особь  $k$ -го типа может в результате мутации перейти в особь  $k - 1$ -го типа либо в особь  $k + 1$ -го типа. Вероятность любой из этих мутаций равна  $P_1$ . Другие мутации отсутствуют. Приспособленность особей  $k$ -го типа равна  $f_k = \exp(-\beta k)$ . Численность популяции равна  $n$ . Эволюционный процесс организуется так же, как и в модели квазивидов с хемминговой мерой близости. Были проведены компьютерные расчеты по данной модели. На Рис. 5 приведены зависимости средних по популяции значений от времени  $\langle \rho \rangle(t)$  (для модели квазивидов с хемминговой мерой близости) и  $\langle k \rangle(t)$  (для мажорирующей модели) при  $n = N = 1000$ ,  $P = P_1 = N^{-1}$ ,  $\beta = 1$ .



**Рис. 5.** Зависимости  $\langle \rho \rangle(t)$  и  $\langle k \rangle(t)$  при  $N = n = 1000$ ,  $P = P_1 = 0,001$ ,  $\beta = 1$ ;  $t$  – номер поколения. Результаты усреднены по 50 расчетам

Видно, что в мажорирующей модели скорость уменьшения  $\langle k \rangle$  практически постоянна и число поколений по порядку величины близко к  $N$ , хо-

тя и превышает это значение. Так как эволюционный процесс в данной модели, как и для основной модели, определяется мутациями и отбором, то для мажорирующей модели приближенно справедливы оценки скорости и эффективности эволюционного процесса (7).

Рассмотренные эволюционные модели соответствуют случаю единственного максимума приспособленности, что является их ограничением. В следующем разделе излагается «спин-стеклянная» модель эволюции (Редько 1990; 2005), в которой число максимумов приспособленности экспоненциально растет с ростом длины генома особи.

## 8. Модель эволюционного поиска минимумов энергии спинного стекла

Построим модель для многоэкстремальной функции приспособленности  $f(S)$ , используя известную модель спиновых стекол Шеррингтона – Киркпатрика. Эта модель (Sherrington, Kirkpatrick 1975; Kirkpatrick, Sherrington 1978) описывает систему попарно взаимодействующих спинов. Взаимодействия между спинами предполагаются случайными. Формально модель сводится к следующему.

1. Имеется система  $S$ , состоящая из  $N$  спинов:  $S = (S_1, S_2, \dots, S_N)$ ; число спинов предполагается большим,  $N \gg 1$ . Спины принимают значения 1 либо  $-1$ :  $S_i = 1, -1$ .

2. Взаимодействия между спинами случайны. Энергия спиновой системы есть:

$$E(S) = -\sum_{i < j} J_{ij} S_i S_j, \quad i, j = 1, \dots, N, \quad (9)$$

где  $J_{ij}$  – элементы матрицы случайных взаимодействий между спинами. Величины  $J_{ij}$  нормально распределены, плотность распределения  $P(J_{ij})$  определяется выражением:

$$P(J_{ij}) = (2\pi)^{-1/2} (N-1)^{1/2} \exp[-J_{ij}^2 (N-1)/2]. \quad (10)$$

Для модели (9), (10) известно, что число локальных минимумов энергии  $M$  экспоненциально растет с увеличением  $N$  (Tanaka, Edwards 1980):

$$M \sim \exp(\alpha N), \quad \alpha \approx 0,2. \quad (11)$$

Локальный минимум есть такое состояние системы спинов  $S_L$ , для которого переворот любого одного спина ( $S_i \rightarrow -S_i$ ) приводит к повышению энергии.

Глобальный минимум энергии  $E_0$  приближенно составляет величину  $-0,8N$  (Young, Kirkpatrick 1982):

$$E_0 \approx -0,8N. \quad (12)$$

Из формул (9), (10) следует, что среднее вариации энергии  $\Delta E$  при перевороте одного спина ( $S_i \rightarrow -S_i$ ) равно 2:

$$\langle \Delta E \rangle = 2. \quad (13)$$

Среднее значение энергии при случайной ориентации спинов согласно (9), (10) равно 0:

$$\langle E \rangle = 0. \quad (14)$$

Рассмотрим эволюцию популяции, в которой геномы модельных особей  $S$  представляют собой информационные последовательности  $N$  символов  $S = (S_1, S_2, \dots, S_N)$ . Приспособленность особи  $S_k$  определяем как:

$$f(S_k) = \exp[-\beta E(S_k)], \quad (15)$$

где  $E(S_k)$  – энергия спинового стекла. Локальные минимумы энергии  $E(S_k)$  соответствуют локальным максимумам приспособленности  $f(S_k)$ , число этих максимумов экспоненциально растет с ростом длины генома  $N$ .

Эволюционный процесс строим так же, как и в модели квазивидов с хемминговой мерой близости: исходная популяция состоит из случайных особей, отбор и мутации производятся в соответствии с Табл. 1.

Подчеркнем, что удаление средней энергии от глобального минимума в начальном поколении согласно выражениям (12), (14) порядка  $N$ . Вариация энергии при мутации  $S_i \rightarrow -S_i$  согласно формуле (13) порядка 1. Таким образом, эти величины, определяющие скорость эволюции, близки к таковым для модели квазивидов с хемминговой мерой близости. Поэтому и для спин-стекольной модели эволюции справедливы оценки скорости сходимости и эффективности эволюционного процесса, определяемые выражением (7).

Данные оценки согласуются с результатами компьютерных расчетов (Редько 1990; 1999; 2005). Эти расчеты также показали, что в спин-стекольной модели эволюции находится не единственный, а один из локальных (близкий по величине  $E$  к глобальному) минимумов энергии спинового стекла. То есть находится не единственный максимум приспособленности, а один из возможных локальных максимумов, достаточно близкий к глобальному максимуму.

## 9. Заключение

Итак, получены количественные оценки скорости сходимости и эффективности в нескольких сходных эволюционных моделях. Эти оценки таковы.

Общее число поколений эволюционного процесса, требуемого для нахождения оптимального генома, составляет величину порядка длины генома:  $T \sim N$ ; численность популяции имеет тот же порядок:  $n \sim N$ ; общее

число особей, участвующих в эволюционном поиске, составляет величину порядка квадрата длины генома:  $n_{\text{общ.}} = nT \sim N^2$ .

### Библиография

- Карлин С. 1975.** *Основы теории случайных процессов*. М.: Мир.
- Кимура М. 1985.** *Молекулярная эволюция: теория нейтральности*. М.: Мир.
- Редько В. Г. 1986.** Оценка скорости эволюции в моделях Эйгена и Куна. *Биофизика* 31(3): 511–516.
- Редько В. Г. 1990.** Спиновые стекла и эволюция. *Биофизика* 35(5): 831–834.
- Редько В. Г. 1999.** *Эволюционная кибернетика. Интернет-лекции*. URL: <http://www.keldysh.ru/pages/BioCyber/Lectures.html>; <http://www.keldysh.ru/pages/BioCyber/Lecture4.html>.
- Редько В. Г. 2005.** *Эволюция, нейронные сети, интеллект: Модели и концепции эволюционной кибернетики*. М.: КомКнига.
- Редько В. Г., Цой Ю. Р. 2005.** Оценка эффективности эволюционных алгоритмов. *Доклады АН* 404(3): 312–315.
- Эйген М. 1973.** *Самоорганизация материи и эволюция биологических макромолекул*. М.: Мир.
- Эйген М., Шустер П. 1982.** *Гиперцикл. Принципы самоорганизации макромолекул*. М.: Мир.
- Kirkpatrick S., Sherrington D. 1978.** Infinite Range Model of Spin-glass. *Physical Review B* 17(11): 4384–4403.
- Red'ko V. G., Tsoy Yu. R. 2006.** Estimation of the Evolution Speed for the Quasispecies Model: Arbitrary Alphabet Case. *Artificial Intelligence and Soft Computing – ICAISC 2006. 8<sup>th</sup> International Conference, Proceedings* / Ed. by L. Rutkowski et al. Zakopane, Poland: Springer. Pp. 460–469.
- Sherrington D., Kirkpatrick S. 1975.** Solvable Model of Spin-glass. *Physical Review Letters* 35(26): 1792–1796.
- Tanaka F., Edwards S. F. 1980.** Analytic Theory of the Ground State of a Spin Glass: 1. Ising Spin Glass. *Journal of Physics F: Metal Physics* 10(12): 2769–2778.
- Young A. P., Kirkpatrick S. 1982.** Low-temperature Behavior of the Infinite-range Ising Spin-glass: Exact Statistical Mechanics for Small Samples. *Physical Review B*. 25(1): 440–451.

## Как можно прогнозировать и измерять историческое развитие социальных и биологических сообществ

Г. А. Савостьянов

*Предложен формализованный подход для анализа процедуры разделения труда как основы развития различных сообществ. Введены понятия, правила и символика, необходимые для описания разделения труда в простейшем идеализированном сообществе. Для количественной характеристики этой процедуры использованы осмысленные и экспериментально определяемые параметры. С их помощью показано, что развитие сообществ подчиняется периодическому закону, а их классификация имеет вид периодической таблицы. Она учитывает два вида исторического развития – прогрессивное и девиантное, и отражает их основные закономерности: цикличность, направленность, конечность и параллелизмы. Таблица впервые дает объяснение причины, по которой креативными могут быть лишь некоторые члены сообщества. Кроме того, таблица позволяет прогнозировать состав и структуру сообществ в будущем развитии и дает возможность его измерять. Даны примеры такого измерения в истории и биологии. Таким образом, предлагаемый подход к количественному описанию разделения труда может оказаться полезным при построении предсказательной теории развития социальных и биологических сообществ и измерении их развития.*

**Ключевые слова:** элементарные единицы сообщества, синергоны, разделение труда, элементарные акты разделения, потенции, естественная система, периодическая таблица, прогрессивное развитие, девиантное развитие, измерение развития, прогнозирование развития, клиодинамика, моделирование.

### 1. Введение

Отвлекаясь от деталей историографии (истории правителей, войн и политики), можно сказать, что со времен А. Смита (2007), Г. Спенсера (1886) и Э. Дюркгейма (1991) одной из основ развития общества принято считать процессы специализации и интеграции, то есть разделения труда. При этом давно замечено, что для макроскопического развития общества в целом характерны несколько закономерностей. Это общий прогресс, в ре-

*История и Математика: мегаисторические аспекты 2016 79–111*

зультате которого общество переходит ко все более развитому состоянию. При этом развитие не монотонно – в нем есть не только постепенное движение, но и скачки. Благодаря этому развитие отдельных обществ в различных эпохах и регионах носит циклический характер: оно начинается от примитивного исходного состояния, достигает расцвета, склоняется к упадку и завершается гибелью. Другими словами, при общем прогрессе развитие общества характеризуется повторяемостью, направленностью, параллелизмом и конечностью, при этом скорость развития и уровень достигаемого прогресса могут заметно различаться. Кроме того, развитие неоднородно и не укладывается в линейный ряд последовательных стадий усложнения, ибо может осуществляться и регресс. Наконец, развитие может протекать и при неизменном уровне сложности. Сходные черты свойственны и биологическому развитию.

Сторонники теоретической истории и клиодинамики усматривают в этом свидетельство того, что количество возможных вариантов строения общества (цивилизаций, укладов, общественных формаций) ограничено некими законами исторического развития. Зная их, можно было бы вычислять эти варианты и прогнозировать развитие общества (Шпенглер 2009; Малинецкий, Ахромеева 2009; Малинецкий 2010). Кроме того, можно было бы находить параметры для построения естественных периодических систем общественных формаций, а с их помощью прогнозировать и количественно измерять развитие.

Однако до сих пор такие законы остаются неизвестными. Соответственно нет теории, способной прогнозировать развитие общества и выстраивать его однозначные естественные системы, нет и меры для количественной оценки развития. Аналогичная ситуация отмечается и в учении о биологической эволюции. Причина существующего положения может заключаться в следующем. Несмотря на то, что процессы разделения труда носят интердисциплинарный характер и определяют развитие систем различной природы (производственных объединений, многоклеточных организмов, социальных насекомых, экосистем и т. д.), до сих пор они исследуются в содержательных терминах различных дисциплин разрозненно и лишь качественно. Пока нет унифицированной методической платформы, которая могла бы использоваться во многих областях при изучении, измерении и прогнозировании развития различных сообществ, основанных на разделении труда. Это важный пробел в теории развития.

В поисках выхода из сложившегося положения в ряде работ нами был предложен формализованный язык для количественного описания разделения труда в минимальной идеализированной системе на примере развития элементарных единиц многоклеточности (Савостьянов 2005; 2010; 2012a). В рамках этого языка составлен и определен набор понятий и параметров, необходимых для вычисления состава и структуры сообществ



и их систематики, а также предложена мера для количественной оценки их развития. В данной статье предпринимается попытка показать, как можно использовать этот язык для описания исторического развития на примере идеализированного варианта сообщества.

## **2. На какие вопросы необходимо отвечать при описании разделения труда?**

Здесь будут перечислены вопросы, не получавшие до сих пор необходимого внимания при количественном описании разделения труда в истории.

### **2.1. Понятие о минимальной единице сообщества – синергоне**

Такие единицы возникают в результате разделения функций между участниками (исполнителями). Эти единицы можно рассматривать в качестве элементарных ячеек (своеобразных доменов или «молекул») сообщества и называть синергонами, соционами или кооперонами (последний термин применительно к экосистемам введен В. Ф. Левченко и В. А. Котолуповым [2010]). В отличие от семьи (элементарной генеалогической ячейки общества) синергоны служат элементарными производственными ячейками. Именно они могут стать удобной моделью для изучения закономерностей исторического развития.

### **2.2. Понятие о перечне $L$ различных видов труда и его исполнителях**

Исполнителями труда в пределе являются отдельные люди и их группы, которые и будут простейшими сообществами – синергонами. Они трудятся, чтобы жить (осуществлять жизненный цикл). Перечень  $L$  трудов, подлежащих разделению, служит важнейшей характеристикой или первым параметром синергона. Пока о таком перечне существуют лишь самые общие представления. Иногда он понимается слишком узко: в него включается лишь деятельность, связанная с производством материальных благ (собирательство, охота, скотоводство, земледелие, ремесла, торговля и т. д.). Однако для более полного отражения развития сообщества в этот перечень следует включать также нематериальную деятельность по осуществлению властных функций, созданию духовных (религиозных, художественных, юридических) ценностей, а также познавательную, управленческую, коммуникативную и прочую активность. Эти виды труда, исходно укрупненные, и вовлекаются в процесс разделения, в ходе которого дробятся на отдельные операции и являются источником дифференциации и специализации. По-видимому, любое занятие при наличии выраженного социального заказа может подвергнуться такой профессионализации (Александрова 2000).

Дробление трудов способствует их переводу в сферу машинного выполнения и появлению специализированных исполнителей. Вместе с тем в обществе происходит не только дробление и «измельчение» различных видов деятельности, но может происходить и их слияние, объединение. Поэтому установление перечня  $L$  трудов необходимо проводить для каждого сообщества.

### **2.3. Понятия о начале развития, режимах выполнения трудов и элементарных актах их разделения**

В сообществе, не вступившем в цикл развития, все виды труда выполняются неспециализированными исполнителями-универсалами в исходном укрупненном виде с помощью первобытных технологий и только для себя. Будем считать, что такое выполнение труда происходит в режиме автономного выживания (РАВ). В этом режиме еще отсутствуют технологии, допускающие разделение, нет и потенций к их разработке. Формально говоря, число видов труда, вовлеченных в разделение, у таких универсалов равно нулю. Этот предельный случай удобно считать начальной точкой развития. В данной точке сообщество может находиться неопределенно долго, если позволяют условия среды. Изменение этих условий и затруднение выполнения исходных видов труда (скажем, в результате истощения ресурсов) может вынудить сообщество вступить на путь развития, которое заключается в нейтрализации препятствий посредством разделения затрудняемых видов труда.

Такое разделение становится возможным благодаря осуществлению двух **элементарных актов развития**. Первый заключается в приобретении потенции к разделению, то есть скрытой возможности и способности труда к специализации. Потенции приобретаются в результате осуществления нововведений в виде открытий или крупных изобретений, создающих перспективу совершенствования технологии осуществления затрудняемых видов труда. Формально первый акт состоит в переводе труда из РАВ в режим, допускающий специализацию (РДС). В этом режиме все виды труда по-прежнему выполняются с помощью исходных технологий и только для себя. Однако теперь уже приобретены потенции к последующей дифференциации труда и совершенствованию технологий. Данные переводы по смыслу можно сопоставлять с **ароморфозами** (Гринин и др. 2009) и в дальнейшем называть этим термином.

Второй акт развития состоит в реализации потенций путем перевода видов труда из РДС в режим осуществленной специализации (РОС). Это приводит к их дифференциации («дроблению»), совершенствованию технологий и появлению узких специалистов – профессионалов. Данный акт развития можно сопоставить с биологическими **идиоадаптациями** и именовать их так в дальнейшем. По смыслу оба акта развития можно также сопоставить с принятием решений и их реализацией.

## 2.4. Основные детали приобретения потенций

### 2.4.1. Число видов труда, вовлеченных в разделение

Известно, что виды труда вовлекаются в развитие не все сразу, а постепенно, группами или по отдельности. Это определяется условиями среды и тем, насколько взаимосвязаны отдельные виды труда в технологических блоках. В случае полной их независимости они могут переходить в РДС и по одному, при этом число видов труда в РАВ соответственно уменьшается. Таким образом, вторым важным параметром синергона является число  $m$  видов труда, переведенных в результате ароморфозов в РДС и приобретших потенции к разделению. У разных сообществ это число возрастает по мере развития (один ароморфоз увеличивает его на единицу) и может быть различным. Как было сказано, одно его предельное значение равно нулю, второе определяется величиной  $L$  (когда в разделение вовлечены все виды труда и развитие путем ароморфозов закончено). Величина  $m$  может меняться в диапазоне между этими пределами (то есть  $0 \leq m \leq L$ ) и подлежит обязательному определению при количественном описании развития различных сообществ.

### 2.4.2. Последовательность вовлечения видов труда в разделение

Отметим, что параметр  $m$  показывает лишь общее количество видов труда, вовлеченных в разделение и приобретших потенции к развитию. Вместе с тем он ничего не говорит о качественном составе набора видов труда, переведенных в РДС, об очередности такого перевода и, стало быть, об историческом возрасте специализированных видов труда. А между тем при одинаковом значении  $m$  эти показатели могут сильно различаться в сообществах, обитающих в различных условиях: специальности, древние в одном случае, могут оказаться молодыми и даже не вовлеченными в разделение в другом. Для любого  $m$  предельное число возможных комбинаций труда в РДС равно числу сочетаний из  $L$  по  $m$ . Последовательность, в которой труд входит в такие комбинации, также может быть различной. Предельное число вариантов таких последовательностей равно числу перестановок  $m!$  (читается как  $m$  факториал). Это многообразие и позволяет сообществам быть столь разными. Поэтому для каждого сообщества важно устанавливать не только величину  $m$ , но и качественный состав видов труда, переведенных из РАВ в РДС, и последовательность такого перевода (тем самым определяя их исторический возраст).

Пример такой последовательности в общих чертах дает Т. Л. Александрова (2000). Она отмечает, что в развитии сообществ первыми выделялись профессии на базе не производственного, а социального разделения труда, связанного с обособлением функций умственного труда (врачи, священники, юристы, художники, скульпторы); функций управления и организации (чиновники, надсмотрщики); наконец, функций защиты от

внешнего и внутреннего врага (наемные воины, военачальники, тюремщики, полицейские). Эти профессии (в данном примере их 11) не были прямо связаны с производством, а обеспечивали общие условия функционирования общества. Позднее, с отделением ремесла от земледелия, начинается процесс выделения профессий на основе разделения производственного труда. Что касается сельского хозяйства, первичного сектора экономики, который на протяжении тысячелетий выступал основной сферой общественного производства, то здесь (в силу длительного отсутствия внутриродовой специализации) профессиональная дифференциация затянулась вплоть до XX столетия (Александрова 2000). В различных обществах эта последовательность может быть и иной, поэтому ее детальное определение (не хронологии, а именно очередности) является важной задачей.

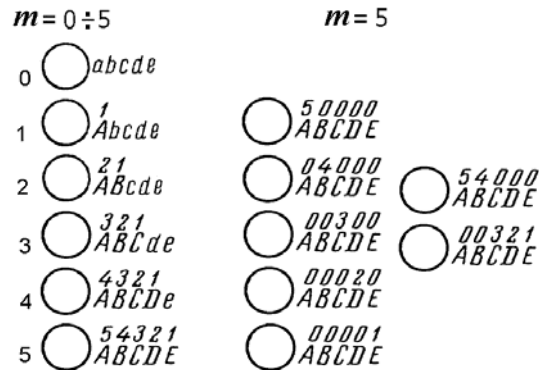
#### **2.4.3. Система счета и запоминания числа потенций, приобретаемых в развитии путем ароморфозов**

Поскольку последовательность перевода трудов из РАВ в РДС и приобретения ими потенций является столь важной характеристикой развития, в сообществах вырабатывается специальная система для запоминания этой последовательности. Такая система реализуется в виде приоритетных номеров, благодаря которым в каждом сообществе можно различать древние и новые виды труда, количественно оценивать их исторический возраст и число приобретенных потенций к развитию.

Работу этой системы можно показать на примере вышеприведенного списка профессий, предложенного Т. Л. Александровой, сократив его для удобства до пяти. Пусть в этот список  $L$  входят профессии врача, священника, юриста, художника и воина. Логично предположить, что данные профессии выделяются из первобытных навыков знахарства, шаманства, мудрости старейшин и опыта вождей, а также собирательства и охоты.

Исходно эти виды труда выполняются в РАВ и имеют одинаковый (нулевой) исторический возраст (см. Рис. 1, исполнитель с  $m = 0$  в левой верхней части рисунка). Обозначим виды труда в этом режиме строчными буквами  $a, b, c, d, e$ . Они и составляют список  $L$ . После первого ароморфоза и перевода в РДС одного вида труда он обозначается уже прописной буквой, над которой ставится единица (Рис. 1, исполнитель с  $m = 1$ ). Это означает, что исполнитель данного труда осуществил один акт развития и приобрел одну потенцию к специализации. Элементарным актом такого развития (элементарным ароморфозом) будет придание функции одной потенции к осуществлению одного акта специализации (см. ниже). Перевод в РДС каждого последующего труда записывается аналогичным образом. Но поскольку все виды труда, ранее уже переведенные в такой режим, при этом также развиваются (число их нововведений возрастает, что открывает перспективу доработки технологий до нового уровня), то и им всякий раз добавляется по единице (Рис. 1, исполнители с  $m$ , равным от

двух до пяти). Таким образом, **число потенций** у различных функций оказывается неодинаковым – оно связано с порядком их возникновения, то есть филогенетическим возрастом: у древних функций число потенций больше, у новых – меньше.



**Рис. 1.** Схематическое представление элементарных актов развития первого типа (путем ароморфозов): приобретение потенций и варианты их распределения.

В левом столбце рисунка сверху вниз показано возрастание числа  $m$  видов труда, вовлеченных в разделение, приобретение генеративных потенций и запоминание их последовательности с помощью приоритетных номеров (цифры над прописными буквами возле кружков). Исполнитель с  $m = 0$  – это исходный индивидуальный универсал, у исполнителя с  $m = 5$  все виды труда переведены в режим, допускающий специализацию. Все генеративные потенции этот исполнитель сосредоточил у себя. В среднем столбце рисунка показан случай, когда при  $m = 5$  потенции распределены по одной у пяти исполнителей. В правом столбце показано распределение потенций между двумя исполнителями

Такая система записи актов развития делает возможным ранжирование видов труда по «историческому возрасту» и позволяет измерять его числом осуществленных актов развития и приобретенных потенций. Назовем это число приоритетным номером каждого вида труда. Смысл такого номера состоит в том, что он указывает для каждого вида труда в РДС порядок его возникновения, число осуществленных актов развития, а также число приобретенных потенций к специализации. Например, в исполнителе с  $m = 5$  труд А первым вступил на путь развития, осуществил 5 его

актов (приобрел 5 потенций) и является самым древним, а труд Е осуществил лишь один акт, последним приобрел одну потенцию и потому является самым «молодым». Конкретные механизмы записи приоритетных номеров в разных системах различны и зависят от их природы. Например, в биологии это могут быть специальные гены, в развитии общества – памятники культуры, архивы, документы и т. д.

Важным формальным свойством приоритетных номеров является их аддитивность. Благодаря этому они позволяют определять не только число потенций каждого труда в отдельности, но и общее их число для синергона в целом. Это число складывается из количества потенций отдельных видов труда (подобно тому как доход семьи складывается из доходов ее членов). Так, показанный на Рис. 1 вверху исполнитель с  $m = 1$  приобрел только одну потенцию, исполнитель с  $m = 2$  приобрел  $2 + 1 = 3$  потенции, исполнитель с  $m = 5$  приобрел  $5 + 4 + 3 + 2 + 1 = 15$  потенций к развитию. Очевидно, что общее число таких потенций к разделению труда представляет собой сумму  $S$  членов арифметической прогрессии с разностью в единицу, которая в нашем случае имеет следующий вид:

$$S = \frac{(1+m)m}{2}, \quad (1)$$

где  $m$  – число видов труда в РДС (и соответственно число ароморфозов). Это же число служит приоритетным номером самого древнего труда и указывает число его потенций. Для нашего перечня из пяти трудов максимальное число осуществленных актов развития и приобретенных потенций в результате пяти ароморфозов оказалось равным 15. Очевидно, что это число можно легко находить и для более реалистичных перечней  $L$  любой величины.

#### 2.4.4. Распределение потенций

Кроме определения величины приоритетных номеров и числа потенций к развитию важно устанавливать и характер их распределения среди членов сообщества (ведь при одном и том же  $m$  это распределение может быть разным). Так, номера каждого труда могут сосредотачиваться у одного исполнителя или, наоборот, распределяться по одному у  $m$  исполнителей. Первый вариант, показанный в левой части Рис. 1, характерен для многоклеточных организмов, начинающих развитие с единого родоначальника – зиготы, второй вариант (показан в средней части рисунка) характерен для сообществ из членов с независимым происхождением (симбиозы, экосистемы, человеческие общества). Возможны и такие варианты распределения, когда одни исполнители имеют по несколько потенций, а другие – ни одной. Пример такого распределения показан в правой части Рис. 1. Эти варианты и определяют генеалогию возникновения и развития будущих специальностей, «родовитость» их основа-

телей. Смысл видов труда с нулевыми приоритетными номерами будет раскрыт ниже.

Итак, последовательность вовлечения видов труда в развитие, качественный состав их комбинаций и характер распределения приоритетных номеров (потенций) среди исполнителей лежат в основе цивилизационного своеобразия сообществ и их «генетической» памяти.

## **2.5. Основные детали реализации потенций**

Эта реализация происходит в виде следующих двух процессов.

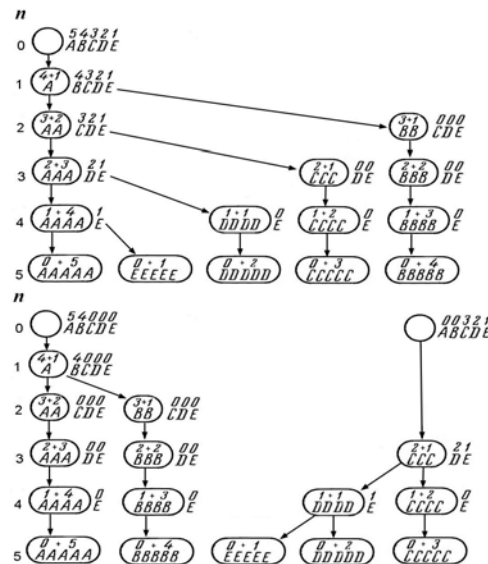
### **2.5.1. Получение необходимого множества исполнителей видов труда**

Начнем со случая, когда имеется единый исходный универсальный родоначальник (креативный умелец), у которого сосредоточены все потенции единым блоком. Эти потенции показаны цифрами над прописными буквами вне кружка (Рис. 2, верхняя часть). Поскольку родоначальник способен порождать потомков, назовем его потенции **генеративными**. В процессе развития начинается реализация потенций путем порождения возрастающего числа разнотипных потомков, способных специализироваться на выполнении различных видов труда. При этом единый прежде блок генеративных потенций начинает дробиться и вместе с видами труда в РДС передаваться по частям возникающим потомкам (Рис. 2, верхняя часть). Число  $n$  видов труда, переданных таким потомкам, является третьим важным параметром развития. Его значение может изменяться в пределах от 0 до  $m$ . Истощение генеративных потенций кладет предел росту числа разнотипных потомков.

Возможны также случаи распределения генеративных потенций среди нескольких исходных родоначальников с независимым происхождением (Рис. 2, нижняя часть), а также наделения такими потенциями отдельных потомков, как, скажем, исполнитель D в нижней части Рис. 2. В ограниченной степени такие потомки также являются родоначальниками.

### **2.5.2. Специализация потомков**

Наряду с получением генеративных потенций отдельными потомками все они получают также потенции другого рода, которые больше не являются генеративными и приобретают новое качество: начинают контролировать специализацию исполнителей на выполнение какого-либо труда, то есть их перевод из РДС в РОС. Специализируемые виды труда обозначим прописными буквами в кружках, а потенции таких видов – цифрами над соответствующими буквами. Поскольку эти потенции контролируют создание новых технологий и более совершенных производственных структур, назовем их **структурными**. Можно сказать, что структурные потенции возникают из генеративных. В биологии такое возникновение можно связать с коммитированием или детерминацией, в других сообществах – с предопределением направления последующей специализации.



**Рис. 2.** Схематическое представление элементарных актов развития второго типа (путем идиоадаптаций): реализация генеративных потенций, превращение их в структурные и генеалогия возникающих специалистов.

В верхней части рисунка приведен вариант, в котором все специалисты являются потомками единого родоначальника с  $m$ , равным пяти. Сверху вниз показаны этапы реализации его генеративных потенций путем порождения им других специалистов и превращения себя в узкоспециализированного специалиста по функции А (показано увеличением количества букв внутри кружков и овалов, что отражает рост энергидности). Аналогично, но с уменьшающимся числом актов протекает специализация исполнителей и по другим видам функций. Стрелками показана генеалогия возникающих специалистов. Правые и левые цифры над буквами в кружках означают реализованные и нереализованные структурные потенции.

В нижней части рисунка показана генеалогия различных специалистов на примере синергона с иным начальным распределением потенций, а именно: показан вариант, в котором исходно имеются два независимых родоначальника (как на Рис. 1 справа). Один порождает специалистов А и В, другой – С и D, в свою очередь D становится третьим родоначальником и порождает специалиста Е. Столбцы цифр в левой части рисунка показывают величину  $n$  и число типов специализированных исполнителей



Как показано в верхней части Рис. 2, исходный родоначальник не имеет специализируемых видов труда (переведенных в РОС), то есть его  $n = 0$ . Ниже показана последовательная реализация структурных потенций по специализации отдельных трудов. Элементарный акт такой специализации – придание труду способности обеспечить потребности одного партнера путем реализации одной структурной потенции. По мере развития параметр  $n$  увеличивается, при этом доля реализованных структурных потенций видов труда возрастает, а реализованных – падает вплоть до полного их исчерпания, и в целом баланс потенций сохраняется. В связи с этим будем различать **нереализованные** и **реализованные** структурные потенции (Рис. 2, левые и правые цифры над буквами в кружках).

В результате такого развития исполнители в левом столбце сосредотачиваются на труде А и становятся все более узкими, но производительными специалистами. (На Рис. 2 это показано увеличением числа букв в кружках.) В итоге увеличивается способность исполнителей обеспечивать возрастающее число партнеров вплоть до предела, положенного величиной  $m$ . Другими словами, растет степень специализации исполнителей. Мерой такой специализации также является величина  $n$ .

Аналогичным образом протекает специализация и по другим видам труда с той лишь разницей, что чем «моложе» труд, тем позже начинается его специализация и тем за меньшее число этапов она достигает завершения (Рис. 2 в средней и правой части рисунка). И поскольку виды труда вступают на путь специализации одновременно, число реализованных структурных потенций у них оказывается разным (см. Рис. 2, правые цифры над буквами в кружках). Общее число  $S_{стр-}$  – реализованных структурных потенций всех видов труда зависит только от  $n$ , и эта зависимость имеет следующий вид:

$$S_{стр-} = \frac{(1+n)n}{2}. \quad (2)$$

Как видно, эта зависимость аналогична показанной в (1).

В отличие от реализованных, число  $S_{стр+}$  нереализованных структурных потенций у специализирующихся видов труда для каждого  $n$  остается одинаковым (см. Рис. 2, левые цифры над буквами в кружках). Это число зависит уже от обоих параметров  $m$  и  $n$  и для отдельных видов труда равно разности  $m - n$ , а для всех видов труда в сумме равно:

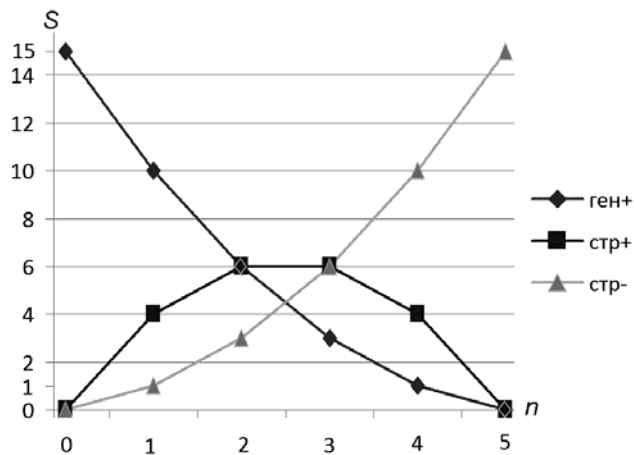
$$S_{стр+} = (m - n)n. \quad (3)$$

Из уже найденных выражений (2) и (3) можно найти и последний показатель: число нереализованных генеративных  $S_{ген+}$  потенций. Оно равно разности  $S - (S_{стр-} + S_{стр+})$ . Подставив значения этих величин и проведя простейшие преобразования, получаем, что  $S_{ген+}$  также зависит от  $m$  и  $n$ , и эта зависимость носит следующий характер:

$$S_{ген+} = \frac{(m-n)(m-n+1)}{2}. \quad (4)$$

Когда  $n$  достигнет значения  $m$  и все виды труда будут переданы специализированным исполнителям, нереализованные потенции будут исчерпаны и развитие с помощью специализаций будет завершено. Например, в результате развития сообщества с  $m$ , равным пяти, возникнут пять специализированных исполнителей, при этом будут реализованы все 15 потенций.

Таким образом, параметры  $m$  и  $n$  позволяют не только определить общий пул приобретаемых потенций, но и разделить их на отдельные виды и тем самым говорить о структуре этого пула и характеризовать ее изменения в развитии. В наглядной форме это показано на Рис. 3.



**Рис. 3.** Графическое представление изменения количества генеративных и структурных потенций в развитии синергонов с  $m = 5$ . По оси абсцисс отложена величина  $n$ , а по оси ординат – количества  $S$  различных потенций. Ген+ – это общее число нереализованных генеративных потенций, стр– – число реализованных структурных потенций, стр+ – число нереализованных структурных потенций

### 2.5.3. Последовательность развития с помощью идиоадаптаций

В этом случае также важна последовательность перевода видов труда в РОС и возникновения их специализированных исполнителей. Естественно полагать, что эта последовательность повторяет последовательность ароморфозов, то есть перевода видов труда из РАВ в РДС. Мы назвали это правилом повторения (Савостьянов 2012а). В соответствии

с ним первыми будут специализироваться виды труда с наибольшим, а последними – с наименьшим приоритетным номером (в биологии на этот случай есть специальный закон Бэра). Такой порядок можно называть **главной последовательностью специализаций**. Но поскольку от нее возможны отступления, важно определять ее для каждого реального общества.

#### **2.5.4. Характер специализации исполнителей**

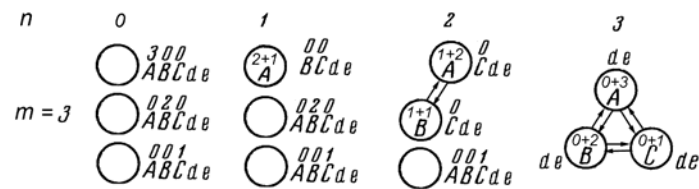
Важно также устанавливать количество видов труда, на которые могут специализироваться исполнители, то есть действует ли в сообществе принцип: один исполнитель – один вид труда, или каждый исполнитель может специализироваться сразу на нескольких видах труда? Ранее мы рассмотрели формальные примеры таких случаев (Савостьянов 2005; 2012a). Как обстоят дела в реальном развитии, необходимо определять для каждого общества.

В заключение отметим, что генеалогия ничего не говорит о том, в какие взаимосвязи возникающие специалисты вступают с партнерами, что является существенным пробелом. Для его восполнения рассмотрим очередную акт развития.

#### **2.6. Интеграция специалистов в синергоны**

Возникающие специалисты уже не выполняют полного набора видов труда. Поэтому для выживания они осуществляют кооперацию с партнерами и интегрируются в синергоны путем обмена товарами и услугами. Вначале этот обмен носит непосредственный характер, а затем осуществляется с помощью различных посредников (например, купцов). В итоге возникает множество синергонов различного состава и структуры с разделением как властей, так и производства духовных и материальных ценностей. Применительно к синергону в целом параметр  $n$  определяет число специализированных видов труда и их исполнителей, а также степень специализации последних.

Для описания состава и структуры синергонов предложена специальная символика (Рис. 4). В ней исполнители обозначаются кружками, труды в РАВ – строчными буквами при кружках, труды в РДС – прописными буквами при кружках, труды в РОС – прописными буквами в кружках, приоритетные номера (различные потенциалы) – цифрами над прописными буквами; состав и структура синергонов описываются с помощью графов, в которых стрелки обозначают кооперацию специалистов. На рисунке показан случай формирования синергона из членов, имеющих независимое происхождение.



**Рис. 4.** Схематическое представление этапов интеграции специалистов, имеющих независимое происхождение, в трехчленный синергон с  $m$ , равным трем.

Слева – предельный случай полного отсутствия разделения труда ( $n = 0$ ) при наличии шести потенций, справа – полностью завершённое разделение труда с формированием трехчленного синергона ( $n = 3$ ), в середине – промежуточные этапы. Для упрощения символики здесь и далее специализированные труды в кружке обозначаются только одной буквой, над которой даются нереализованные и реализованные структурные потенции (левые и правые цифры в кружках)

## 2.7. Закон постоянства суммы приоритетных номеров (потенций) и генеалогические аспекты

Как показано на Рис. 2, в результате реализации потенций появляются все новые специалисты. В связи с этим возникает вопрос: из каких исходных первобытных видов труда возникают специализированные и какова генеалогия возникающих специалистов? Этот вопрос важен в случаях, когда специалисты появляются от общего родоначальника. Для того чтобы разобраться в этом вопросе, вспомним, что в соответствии с (1) в любом сообществе **общее число  $S$  приоритетных номеров (потенций) меняется только с изменением  $m$  и при его постоянстве остается неизменным, меняется лишь соотношение генеративных и структурных, реализованных и нереализованных потенций**. Для процедуры разделения труда это положение имеет силу закона, действующего вне зависимости от характера распределения потенций. Из этого закона вытекает важное следствие: поскольку по мере развития число специалистов растет, а доля нереализованных генеративных потенций резко снижается, их на всех не хватает. Поэтому часть видов труда у возникающих специалистов остается без таких потенций (эти виды труда и обозначены нулями).

Тогда можно сказать, что в развитии синергонов новые специалисты порождаются только родоначальниками с генеративными потенциями. Такие родоначальники могут различаться набором и числом потенций. Исполнители же без генеративных потенций могут лишь увеличивать свою специализацию в соответствии со структурными потенциями, но быть ро-

дона начальниками новых специалистов они неспособны. Таким образом, закон сохранения потенциалов впервые дает простой и рациональный ответ на вопросы, почему все члены синергона не могут быть в равной степени креативными и почему у одних родоначальников набор потенциалов больше, чем у других. Этот же закон объясняет причину, по которой возникают креативное меньшинство в истории, пассионарии в этногенезе, неспециализированные предки в филогенезе или стволовые клетки в онтогенезе.

В связи со сказанным важно исследовать генеалогический аспект развития, а именно: как распределяются остающиеся генеративные потенциалы среди возрастающего числа исполнителей. Группируются ли потенциалы у немногих избранных родоначальников (в пределе – у одного) и передаются ли по наследству (как в верхней части Рис. 2), или распределяются по одной случайно подвернувшемуся исполнителем с независимым происхождением? Это распределение и определяет генеалогию специальностей и «родовитость» ее прародителей. Гипотетический пример генеалогии с двумя прародителями для  $L = 5$  показан в нижней части Рис. 2. Выявление характера реального распределения является важной задачей.

### 2.8. Интегральная мера $N$ развития синергона в целом

Важно, что параметры  $m$  и  $n$  (число ароморфозов и идиоадаптаций) являются первичными и экспериментально определяемыми величинами. Так, величина  $n$  определяется числом профессий и в завершённом цикле развития уравнивается с  $m$  (сколько трудов было вовлечено в развитие, столько и разделено). На основе этих параметров легко вычисляются все остальные: приоритетные номера, доля генеративных и структурных, нереализованных и реализованных потенциалов. А уже с их помощью можно найти и общее число  $N$  актов развития синергона, которое складывается из суммы  $S$  приоритетных номеров и числа  $n$  специализированных трудов:

$$N = S + n \quad \text{или} \quad N = \frac{(1 + m)m}{2} + n. \quad (5)$$

Таким образом, величина  $N$  служит интегральной мерой прогрессивного развития синергона в целом. Эта мера получена впервые. До сих пор ни биология, ни история не имели параметра для измерения развития. Его удалось получить лишь благодаря формализованному описанию разделения труда.

### 2.9. Законы развития

Разделение труда в реальных сообществах может регламентироваться различными наборами законов или правил. Приведем пример простейшего их набора для идеализированного синергона.

1. Исходными для развития являются автономные универсалы, выполняющие все виды труда только для себя.
2. В процессе развития состав набора видов труда  $L$  остается неизменным, меняются лишь режимы и технологии их осуществления.
3. Последовательность реализации потенций совпадает с последовательностью их приобретений. Это вышеупомянутое правило повторения, аналог известного в биологии закона Бэра.
4. Обеспеченность всех членов синергона полным набором видов труда  $L$  сохраняется, меняются лишь способы такой обеспеченности: путем автономного их выполнения или интеграции с комплементарными партнерами.
5. Общее число видов труда, выполняемых каждым исполнителем, остается постоянным, но их разнообразие по мере специализации уменьшается (см. Рис. 2).
6. Все специалисты обеспечивают по равному числу партнеров и тем самым вносят равный вклад в выживание синергона.
7. Каждый исполнитель может специализироваться на выполнении только одного какого-либо труда.
8. Интеграция происходит только с обоюдной выгодой (мутуализм).
9. Все специализированные виды труда технологически совместимы и могут свободно комбинироваться.
10. Исполнители интегрируются без посредников по принципу «ты – мне, я – тебе».
11. Приоритетные номера распределяются среди исполнителей, имеющих независимое происхождение.

Эти правила дают некоторое представление о том, какой характер могут иметь законы, регламентирующие разделение труда в любой системе независимо от ее природы. Кому-то эти правила могут не понравиться. Но все они приняты в явном виде и потому доступны для анализа и критики. Их можно модифицировать, уточнять и тем самым развивать теорию, адаптируя ее к различным частным случаям. Некоторые примеры такой модификации будут показаны ниже.

Рассмотрим теперь множество синергонов, возможных в рамках принятых правил.

### 3. Основные результаты

#### 3.1. Модель естественной системы синергонов

Оказалось, что состав и структура разрешенных синергонов характеризуются периодическим законом: **при монотонном росте общего числа  $N$  актов развития состав и структура синергонов периодически повторяются.** Вследствие этого синергоны и составляющие их специалисты

классифицируются в виде естественной системы в форме периодической таблицы (Рис. 5). Параметры этой таблицы имеют исторический, социальный и биологический смысл и пригодны для количественного описания прогрессивного развития. Так, номера ее строк равны числу  $m$  трудов, получивших потенции, номера столбцов – числу  $n$  трудов, реализовавших структурные потенции, номера синергонов (показаны в левом верхнем углу ячеек) равны величине  $N$ . Цифры в правой части ячеек показывают число различных потенций синергона. Каждая строка представляет цикл развития. При этом в рамках каждого цикла (периода) действует установленный выше закон сохранения общего числа потенций, а для каждого столбца – постоянство суммы реализованных структурных потенций. Каждый период начинается с полного потенций родоначальника с нулевым числом реализованных потенций и заканчивается их исчерпанием. Динамика потенций (на примере строки с  $m = 5$ ) показана на Рис. 3. Таким образом, в развитии регулярно повторяются этапы усложнения и упрощения.

Полученная периодическая таблица и является простейшей двухмерной моделью естественной системы синергонов. Ее двухмерность вызывается жесткостью принятых правил и, в частности, правилом № 3 (правилом повторения) и вытекающей из него главной последовательностью специализаций. В этих условиях порядковый номер  $N$  синергона показывает лишь общее число актов прогрессивного развития, однако ничего не говорит о возможном разнообразии качественного состава видов труда, вовлеченных в разделение. Другими словами, он не дает дифференциальной характеристики развития. Для ее учета необходимо смягчить правило повторения.

$m \backslash n$	0	1	2	3	4	5
0						
1						
2						
3						
4						
5						

**Рис. 5.** Периодическая таблица синергонов с различными вариантами разделения труда между специалистами, имеющими независимое происхождение.

В нулевой ячейке – исходный универсал, выполняющий все виды труда (обозначены строчными буквами) автономно и только для себя. Номера строк  $m$  показывают число видов труда, приобретших потенции к специализации, то есть переведенных в РДП. Номера столбцов  $n$  показывают число специализированных видов труда (буквы внутри кружков) и исполнителей. Цифры над буквами в кружках показывают число нереализованных и реализованных структурных потенций. Цифры в левом верхнем углу ячеек – порядковые номера  $N$  синергонов. Цифры в левом нижнем углу ячеек – число  $H$  изотопов, различающихся составом специализированных видов труда, но сохраняющих одинаковое значение  $N$ . Цифры в правой части ячеек показывают сверху вниз число нереализованных генеративных и структурных, а также реализованных структурных потенций.



### 3.2. Переход к трехмерной форме таблицы

Вспомним, что последовательность ароморфозов и вовлечение труда в разделение (перевод видов труда из РАВ в РДС) может быть различным. А если модифицировать набор правил, приведенных в разделе 2.9 (в частности, отменить правило № 3), то изменения последовательностей развития станут возможными и для идиоадаптаций. Такие изменения смогут происходить не только в начале строки, но и в других ее участках. Это означает, что в любой ячейке таблицы также возможны отступления от главной последовательности специализаций с перераспределением приоритетных номеров (потенций). В этом случае для каждой ячейки таблицы число  $H$  возможных комбинаций специализированных видов труда (выполняемых в РОС) будет равно числу сочетаний из  $m$  по  $n$ , то есть:

$$H = C_m^n. \quad (6)$$

Это означает, что в каждой ячейке таблицы содержится число  $H$  изотопов, различающихся составом специалистов, благодаря чему таблица становится трехмерной: в ней возникает изотопная координата. В каждой ячейке величина  $H$  указана в левом нижнем углу. Число изотопов максимально в середине и минимально в начале и конце каждой строки, при этом в строках с четным значением  $m$  максимум всегда один, а с нечетным – два. Нетрудно видеть, что формальной основой такой таблицы служит треугольник Паскаля, и, следовательно, общее число изотопов в каждой ее строке равно  $2^m$ .

Важно отметить, что с помощью приоритетных номеров номер изотопа также поддается количественному определению. Например, в ячейке № 12 возможны шесть изотопов с различным составом специализированных видов труда: АВ, АС, АД, ВС, ВД, СД. Их можно перенумеровать от одного до шести. К тому же для каждого из них возможны по два варианта перестановок приоритетных номеров.

Изотопы каждой ячейки можно объединять в группы, состоящие из одинакового числа членов. Критерием для выделения группы служит то, что все ее члены должны иметь несколько или хотя бы одну общую функцию в РОС. В последнем случае число таких групп задается величиной  $m$ , но и в остальных случаях их число также можно определять. Например, все изотопы, расположенные в ячейке № 12 периодической таблицы, можно объединить в 4 группы. Каждая из этих групп характеризуется одним общим для нее признаком (для наглядности последовательность букв в сочетаниях изменена): 1) АВ, АС, АД; 2) ВА, ВС, ВД; 3) СА, СВ, СД; 4) ДА, ДВ, ДС. Очевидно, что эти группы являются пересекающимися, при этом число членов в них всегда меньше общего числа изотопов.

Полученная периодическая таблица является более полной моделью естественной системы синергонов. Для нее характерны цикличность,

направленность, конечность, повторяемость и параллелизмы, что свойственно как для исторического, так и для биологического развития. Важно подчеркнуть, что таблица построена на простых, ясных и экспериментально определяемых параметрах, основные из которых –  $m$  и  $n$ . Это выгодно отличает ее от предпринимавшихся ранее многочисленных попыток построения периодических систем (Попов 2008). Положение синергона в ней задает все его свойства, что и должно быть характерно для естественных систем (Любичев 1982). Другие варианты периодических таблиц (с иным набором правил и распределением видов труда и потенциалов среди исполнителей) были рассмотрены ранее (Савостьянов 2012а). Там же было показано, как можно менять принятые правила и получать нетабличные множества синергонов.

### 3.3. О множестве возможных траекторий развития

Построенная таблица представляет собой статическую систему всех синергонов, возможных в рамках принятых правил. Другими словами, она отражает «пространство логических возможностей» и тем самым описывает состав и структуру синергонов не только настоящего, но также прошлого и будущего. Однако, несмотря на статичность, таблица может отражать и динамику развития.

#### 3.3.1. Прогрессивное развитие

Такое развитие в простейшем его варианте возможно тогда, когда действует правило № 3 (правило повторения) и таблица становится двухмерной. Тогда развитие будет **прогрессивным** и для него будет возможна единственная траектория, заключающаяся в последовательном увеличении числа трудов, вовлеченных в разделение (как на Рис. 1), возникновении специалистов в соответствии с главной последовательностью и реализации синергонов в соответствии с их порядковыми номерами  $N$ . В биологии такое развитие известно как анаболия.

Но при отмене правила № 3 становятся возможными и другие последовательности развития. В этом случае его можно представить как игру синергона со средой: последняя создает помехи (скажем, в виде дефицита ресурсов), а синергон опознает и нейтрализует эти помехи выбором и реализацией подходящего варианта разделения труда (здесь, кстати, встает важный вопрос о точности выбора вариантов и вероятности ошибок). Формально эта игра сводится к «пробеганию» синергоном строк и столбцов уже трехмерной таблицы по множеству различных траекторий.

Движение по столбцам – это выбор исходных видов труда из перечня  $L$  и придание им потенциалов к разделению (перевод из РАВ в РДС). Обычно это происходит в нулевом столбце (в наименее развитой зоне строки) и соответствует основанию нового цикла развития. Каждый выбор связан с изменением величины  $m$  и определением состава комбинаций труда.

При этом для любого  $m$  при ограниченном  $L$  предельное число возможных комбинаций всегда конечно и равно числу сочетаний из  $L$  по  $m$ . Например, для нашего перечня  $L \ni \langle a, b, c, d, e \rangle$  строка с  $m = 4$  может начинаться с пяти различных сочетаний видов труда в РДС: ABCD, ABCE, ABDE, ACDE, BCDE. Кроме того, в каждом сочетании последовательность вовлечения видов труда в разделение также может различаться. Например, в комбинации ABCD эта последовательность может оказаться обратной, и тогда труд А будет самым «молодым», а D – самым «древним»; соответственно будет происходить и перераспределение приоритетных номеров. Общее число вариантов перераспределения определяется числом перестановок из  $m$  и равно  $m!$  Для каждого сочетания из четырех видов труда оно составляет 24 варианта, а для всех пяти сочетаний – 120 вариантов. И все они могут лежать в начале различных направлений прогрессивного развития.

Описанное вычислимое многообразие возможностей и служит основой многовариантности развития путем ароморфозов. В итоге в начале строк может оказаться вычислимое множество универсальных, полных генеративных потенциалов родоначальников всех возможных синергонов.

Движение по строкам с изменением  $n$  есть реализация накопленных потенциалов и прогрессивное развитие в рамках каждого цикла. По мере движения вправо растет число специализированных членов синергонов и соответственно величина  $N$ . Это происходит вплоть до исчерпания потенциалов, после чего цикл развития заканчивается и цивилизация гибнет, оставляя после себя обломки (в биологии – массовые вымирания). Дальнейший рост  $N$  ведет к началу следующего цикла путем перехода синергона в левую часть очередной строки с утратой всех специализированных членов и возвращением в состояние универсала, после чего происходит пополнение запаса потенциалов, и затем все снова повторяется. Можно сказать, что конец цикла – это катастрофа, порождающая новый цикл. Сходные процессы усматриваются и в историческом развитии (Бадалян, Криворотов 2007). Они характерны также для биологической эволюции.

Возможен и регресс, то есть обратное движение синергонов влево по строке. Это может происходить под сильным, но непродолжительным воздействием среды (в результате мора, голода, стихийных бедствий и т. д.). Такой регресс – это травма и драма цивилизации, но не чрезмерная. Если все происходит в рамках принятых правил развития и, в частности, главной его последовательности, не вызывает перераспределения приоритетных номеров и не затрагивает «генетическую память» синергонов данной цивилизации, то такие изменения обратимы и в благоприятных условиях все может восстановиться (в биологии это соответствует регенерации или экологической сукцессии).

**3.3.2. Девиантное развитие**

Такое развитие возможно, когда происходят более серьезные события. Так, в результате резкого и длительного изменения условий среды (исчерпание ресурсов и необходимость освоения новых) может измениться принятый вначале состав и порядок вовлечения трудов в разделение (и соответственно характер распределения приоритетных номеров). Может измениться также и набор действующих правил развития. Другими словами, меняется «генетическая память» цивилизации. Когда это происходит в начале строк (в нулевом столбце), это означает начало радикально нового направления развития, новой цивилизации (в биологии – нового таксона). Возможное число таких направлений было указано выше. При этом величины  $m$ ,  $n$  и  $N$  этих направлений могут иметь те же значения, что и у исходного направления, но новые направления будут различаться качественным составом видов труда, вовлеченных в развитие. Такие изменения имеют место в биологическом развитии, где они называются архаллаксами; подобные изменения известны и историкам.

Если же резкое воздействие среды на синергон происходит не в начале строки, а на ее протяжении, то при отмене правила № 3 становятся возможными отклонения от главной последовательности специализаций. Это проявляется в том, что в рамках какой-либо ячейки прерывается прежнее направление и начинается реализация изотопных синергонов, число которых равно величине их группы, а при выходе за ее пределы – величине  $H$ . При этом значения величины  $m$ ,  $n$  и  $N$  могут и не меняться. В последнем случае это будет уже не прогрессивное, а девиантное развитие. В биологии такое развитие можно сопоставить с аллогенезом (алломорфозом), оно известно и историкам. Последовательность специализаций в каждом изотопе также может варьироваться (как, скажем, при педоморфозе в биологии). Это наиболее травматичные и трагические изменения сообществ, поскольку они связаны с перераспределением приоритетных номеров и ломкой «генетической памяти». Такие изменения приводят к изменению типа жизнеустройства, исчезновению прежних и возникновению новых сообществ, культур и цивилизаций, различающихся набором разделенных видов труда. Отметим, что оба варианта развития могут и комбинироваться.

**3.3.3. Направления самопроизвольно протекающего развития**

Рассмотрим возникновение и развитие синергонов, протекающее в благоприятной, умеренно вариабельной среде без экстремальных воздействий. Такое развитие естественным образом направлено в сторону уменьшения количества нереализованных генеративных потенций путем превращения их в структурные. Это уменьшение происходит максимально быстро в начале строк и минимально – в конце (см. Рис. 3). В связи с этим можно

сказать, что побудительная причина к реализации генеративных потенций по мере их исчерпания исчезает. С другой стороны, реализация структурных потенций происходит увеличивающимися шагами (Рис. 3). Растут и связанные с этим трудности (нужно создавать возрастающее число специалистов, налаживать их интеграцию и координацию и т. д.). Это создает усиливающееся сопротивление развитию синергонов и тенденцию к их распаду. В середине строки в диапазоне между  $n = 2$  и 3 данные факторы уравниваются, и происходит динамическая остановка развития: в этой точке возникновение синергонов уравнивается их распадом.

В рамках этого диапазона расположена зона адаптивного максимума, где специализация членов синергона уже достаточно выражена, но еще много нереализованных потенций и еще больше изотопов. В пределах этой зоны под влиянием среды точка равновесия может смещаться в обе стороны. Левее от этой зоны лежит участок малоразвитых, но полных потенций синергонов, составляющих эволюционный резерв и способных порождать новые направления развития, правее – участок бедных потенциями высокоразвитых синергонов. Они мало приспособляются к колебаниям среды, но весьма эффективны и могут перестраивать ее под себя. Конец строки – опасная зона, чреватая катастрофой и завершением данного направления развития.

Можно предположить, что завершение естественного развития синергонов в рамках каждой строки является компромиссным и не направлено на достижение предельных значений. Для сохранения способности к адаптивным перестройкам синергону выгоднее пребывать в границах зоны адаптивного максимума, осуществляя прогрессивные, регрессивные и девиантные маневры. И только экстремальные воздействия могут вынудить синергон двигаться по строке вправо до конца. Возникающие в этом случае высокоразвитые сообщества для выживания должны включать в свой состав не только предельно специализированных, но и богатых потенциями неспециализированных членов из левой части строки. Это обычно и происходит в действительности (например, в биологии – в виде образования камбиев, ростковых зон и т. д.).

#### **3.3.4. Теоретические итоги**

Таким образом, таблица отражает не только прогрессивное развитие с изменением  $m$ ,  $n$  и  $N$ , но и девиантное развитие с перебором изотопов по координате  $H$ . Можно модифицировать и другие правила развития. Например, допускать специализацию по нескольким видам труда (правило № 7), неравный вклад специалистов (правило № 6) или учитывать посредников и координаторов (правило № 10). Изменив правила № 4 и 8, можно учесть неравноправную интеграцию специалистов. Модифицировав правило № 11, можно учесть развитие многоклеточных организмов и т. д. Получаемые

множества синергонов являются моделями более сложных сообществ и отражают их развитие в различных условиях (Савостьянов 2005). Совокупность возможных траекторий развития образует сеть, в которой одинакового результата можно достичь из различных стартовых точек, и наоборот. В историческом развитии этому соответствуют конвергенции и дивергенции, в биологическом развитии – экви- и варифинальность. Возможно, это многообразие путей и лежит в основе альтернатив и вариантов социальной эволюции (Бондаренко и др. 2010).

Сетевая природа траекторий развития приводит к тому, что принятые сейчас генеалогические классификации сообществ (например, в виде филогенетических систем в биологии) обычно бывают неоднозначными, часто перестраиваются и малопригодны для измерения развития. Неоднократно высказывалась мысль о необходимости параметрических систем в виде периодических таблиц (Любищев 1982; Попов 2008). Но подхода к их построению на базе экспериментально определяемых параметров до сих пор не существовало. Теперь, используя предлагаемые параметры, можно строить естественные системы в виде периодических таблиц и избавиться от недостатков генеалогических (филогенетических) классификаций.

### 3.4. Об измерении развития сообществ

Параметры, на которых построена периодическая таблица, в принципе позволяют количественно измерять прогрессивное и девиантное развитие в различных догосударственных, государственных и биологических сообществах. Покажем это на простейших примерах. Начнем с прогрессивного развития. Все, что исходно нужно знать для его интегральной оценки, – это значения  $m$  и  $n$ , которые необходимо находить из опыта исследования сообществ. Но так как нахождение обоих параметров сразу не всегда легко, то для приблизительной оценки можно обойтись определением величины какого-либо одного из них. Зная, что в завершившем развитие цикле предельное  $n$  всегда равно  $m$ , всегда можно по одному известному параметру найти недостающий. Покажем это на двух примерах.

Пусть установлено, что в некоем сообществе осуществлено 50 ароморфозов, 45 идиоадаптаций и сформировано 45 специальностей, то есть его  $m$  и  $n$  равны 50 и 45 соответственно. Тогда в соответствии с (5) число  $N$  актов его прогрессивного развития равно 1320. При этом в рамках своего цикла он может осуществить еще 5 идиоадаптаций и довести число специализированных членов до 50, а общее число  $N$  актов развития – до 1325. Это будет означать достижение опасного состояния. Для отхода от него и достижения зоны адаптивного максимума величина  $n$  должна уменьшиться и принимать значения, близкие к 25. В этих случаях  $N$  будет равно 1300.

Макроскопически рассматривая историю как последовательное освоение геоклиматических зон, Л. Бадалян и В. Криворотов (2007) выделили 6 их вариантов, для освоения которых было осуществлено 6 ароморфозов в виде 6 «фундаментальных открытий» и, следовательно, достигнутая величина  $m$  равна 6. Интересно отметить, что в научно-техническом развитии общества также выделяются 6 технологических укладов (Каблов, Руденко 2010). Предполагаем, что под стать этому в результате 6 идиоадаптаций было осуществлено 6 фундаментальных специализаций. Тогда в соответствии с выражением (5) находим, что всего сообщество осуществило 27 фундаментальных актов прогрессивного развития.

Оценим теперь меру прогрессивного развития более детально охарактеризованного сообщества, сформировавшего 11 профессий в непроеизводственной сфере, но еще не приступившего к производственной (условный пример – из Т. Л. Александровой, см.: Александрова 2000: раздел 2.4.2). Поскольку величина  $n$  здесь равна 11, примем, что и  $m$  равна той же величине. Тогда в соответствии с формулой (5) число  $N$  актов прогрессивного развития этого сообщества равно 77. Сходным образом находим, что развитие сообщества с  $n$ , равным 100, будет составлять 5150. Для достижения зоны адаптивного максимума величина  $m$  должна иметь более высокое значение, равное, скажем, 22. В этом случае при  $n$ , равном 11, величина  $N$  будет равна 264.

Данный подход пригоден также для оценки развития и биологических сообществ, в частности многоклеточных организмов. Оценим меру прогрессивного развития организма человека. В составе его тела гистологи различают около 240 типов различно специализированных клеток (Альбертс и др. 1987). Это значит, что в предельном случае его  $m = n = 240$ . Тогда в соответствии с выражением (5) находим, что общее число  $N$  актов его прогрессивного развития равно 29 160. Из них 28 920 приходится на потенции, которые он получает по наследству при зачатии, и 240 осуществляются в онтогенезе самостоятельно. Для достижения широкой зоны адаптивного максимума величина  $m$  должна достичь значения 480. В этом случае величина  $N$  будет равна 115 440.

Аналогичным образом можно проводить измерение прогрессивного развития сообществ и с другими значениями  $n$ . Проблема в том, что сейчас в развитых обществах перечни специальностей измеряются многими тысячами, поскольку различные виды труда сильно раздроблены и дифференцированы. Это может давать завышенные значения  $N$ . Необходимо составление перечня как исходных первобытных, так и специализированных видов труда в разумно укрупненном, сгруппированном виде, а также перечня основных нововведений по этим трудам. При таком укрупнении может оказаться полезным и вышеупомянутое понятие о фундамен-

ном открытии, введенное Фрицем Гребнером (цит. по: Бадалян, Криворотов 2007), и соответственно о фундаментальной специализации. Тогда величина  $m$ , равно как и перечень  $n$  числа специализированных видов труда, значительно сократятся и с ними можно будет работать.

Завершая измерение прогрессивного развития, отметим, что возможно решение и обратной задачи, а именно: по заданному номеру  $N$  можно определять параметры  $m$  и  $n$  синергона и его структуру. Подход к такому измерению описан ранее (Савостьянов 2005; 2012a).

Обратимся теперь к дифференциальной оценке и количественному измерению непрогрессивного, то есть девиантного развития. Поскольку интегральная мера  $N$  ничего не говорит о таком развитии, то для того чтобы его оценка стала возможной, нужно знать качественный состав видов труда в РДС и РОС, последовательность их вовлечения в разделение и приоритетные номера. Тогда можно определять общее число  $H$  изотопов и их групп для каждого синергона. Например, для вышеупомянутого развития, макроскопически описанного Л. Бадалян и В. Криворотовым (2007), максимальное число  $H$  изотопов в соответствии с выражением (6) будет иметь сообщество, расположенное в середине шестой строки, и поскольку в данном случае  $m = 6$ , то есть четное, то максимум будет один. Он будет располагаться в столбце № 3 продолженной периодической таблицы, и его значение будет равно 20. Эти изотопы объединяются в 6 групп, и все они будут иметь одинаковую величину прогрессивного развития  $N$ , равную 24. Общее число возможных изотопов в строке равно  $2^6 = 64$ . Для другого рассмотренного выше сообщества с нечетным  $m = 11$  (случай Т. Л. Александровой) максимальное число изотопов, равное 462 и состоящее из 11 групп, будут иметь два вида сообществ, расположенных в середине одиннадцатой строки, в столбцах № 5 и 6. В соответствии с выражением (5) прогрессивное развитие  $N$  изотопов этих групп будет равно 71 и 72 соответственно. Общее число возможных изотопов в данной строке равно  $2^{11} = 2048$ . Аналогичным образом можно находить величину  $H$  и для других значений  $m$  и  $n$ .

Если коснуться частоты встречаемости этих изотопов в возможной реальности, то можно предполагать, что она будет крайне неравномерной: немногие изотопы будут встречаться часто и многие – весьма редко. В биологии такое явление описывается законом Виллиса, подобное отмечается и в других областях. Например, распределение элементов во Вселенной, частота встречаемости различных кристаллических решеток в реальных телах или частота употребления слов в языках также крайне неравномерны.

Можно определять не только общее число  $H$  изотопов и их групп, но и номер каждого из них по изотопной координате, то есть измерять девиантное развитие. Например, в ячейке № 12 периодической таблицы изо-



топ состава ВД будет иметь № 5, а в ячейке № 19 изотоп состава ВСЕ будет иметь № 2 и т. д. Сравнительно нетрудно получить формулу, позволяющую определять изотопный номер для любых значений  $m$  и  $n$ , но она слишком громоздкая и поэтому здесь не приводится.

В измерении девиантного развития также существует проблема, связанная с величиной перечня  $L$  и соответственно  $m$  и  $n$ . Так, при увеличении  $m$  всего лишь до трехзначных цифр (скажем, до 240, как у организма человека) значение  $H$  в середине последней строки таблицы становится абсурдно большим и характеризуется примерно шестидесятизначным числом. И это без учета перестановок! Такое огромное число никак не сопоставимо с количеством известных цивилизаций, число которых С. Хантингтон (2003) определял в пределах первых двух десятков, и в любом случае значительно меньше сотни (было бы интересно определить его точнее). Можно с уверенностью полагать, что при  $m$  и  $n$ , равных 240, величина  $H$  в середине строки на много порядков превосходит все организационное многообразие негосударственных и государственных обществ настоящего и прошлого. Наконец, эта величина несопоставима и с наблюдаемым биологическим разнообразием (даже с учетом вымерших видов). Таким образом, в действительности реализуется лишь малая доля теоретических возможностей.

Столь завышенное значение  $H$  получается в теории потому, что до сих пор мы разрешали свободное комбинирование всех специализированных видов труда, допустив их технологическую совместимость (приняли правило № 9). Однако это является сильной идеализацией. В реальности такое правило может и не выполняться за счет антагонизма отдельных видов труда или их агрегации в синергетические блоки. Кроме того, в различных реальных сообществах существуют бессмысленные и потому избегаемые последовательности и сочетания видов труда, что может выявляться при содержательном анализе. Наконец, известно, какую важную роль в различных сообществах играют всевозможные табу. В связи с этим необходимо выяснить, какие виды труда не подлежат разделению и могут выполняться только в РАВ (то есть автономно, свободно и исключительно для себя) или, наоборот, только в РОС (то есть специализированными исполнителями). Учет подобных запретов радикально уменьшает число возможных комбинаций специализированных видов труда, последовательностей их вовлечения в разделение и соответственно число разрешенных изотопов. Отметим, что уровню жесткости наложенных на комбинаторику ограничений также можно давать интегральную количественную оценку (Савостьянов 2005).

Итак, разница между различными сообществами заключается в величине их прогрессивного и девиантного развития, которое можно измерять.

Однако до сих пор единицы того и другого развития были у нас безымянными, что неудобно. Им необходимо дать наименование. Подобно уже привычным для нас вольтам, амперам и омам в знак уважения к античным отцам истории из Греции и Рима единицы прогрессивного развития можно называть геродотами, а девиантного – тацитами.

### 3.5. Что еще дают представления о синергонах

Понятие о синергонах дает ключ к созданию предсказательной теории строения социальных сетей. Было показано (Там же; Савостьянов 2012б), что применительно к биологическим тканям такие сети представляют собой одно-, двух- и трехмерные регулярные решетки. Использование моделей таких сетей в компьютерной реализации радикально повышает результативность изучения пространственной организации реальных клеточных пластов. Возможно, эти модели смогут оказаться полезными также при изучении социальных и экономических сетей.

### 3.6. Особенности нашего жизнеустройства

Как уже отмечалось, для характеристики развития, наряду с нахождением величин  $m$ ,  $n$  и  $N$ , весьма важно определение качественного состава видов труда, выполняемых в специализированном и автономном режимах, и последовательность их вовлечения в разделение. Сколько-нибудь детальное сравнение этих показателей в развитых западных сообществах и у нас (в России) – дело будущего. Пока же попробуем провести лишь приблизительное сравнение.

Во-первых, можно сказать, что параметр  $m$  на Западе явно больше. То есть больше трудов вовлечено в научно-техническое развитие: ведь в западных странах имеют место уже шестой технологический уклад и начало седьмого, а у нас пока преобладают третий и четвертый уклады... Это означает, что длина возможного цикла развития у них больше, а у нас – меньше, и кризисы по окончании циклов у нас должны повторяться чаще.

Во-вторых, в монопольном ведении государства на Западе сравнительно немного видов труда (таких как денежная эмиссия, оборона, правосудие и др.). Имеются также государственные и частные организации (RAND, DARPA и др.), способные вырабатывать необходимые национальные стратегии и осуществлять разумное руководство по их реализации. Однако гораздо больше видов труда, определяющих научно-технический прогресс, у них выполняется не государством, а креативными специалистами и созданными ими частными сообществами. Их высокая результативность объясняется тем, что многие вопросы, связанные с принятием решений и управлением, такие специалисты решают автономно (в РАВ и РДС) и, сле-

довательно, свободно (неподконтрольно чиновничеству). Эта свобода обеспечивается законодательно. Кроме того, на Западе развиты профессии по защите прав, свобод и собственности специалистов (юридическая служба, независимые суды). Все это в конечном счете основывается на выполнении правил № 4 и № 8 (раздел 2.9), гарантирующих специалистам соблюдение их интересов (хотя, разумеется, и на Западе есть проблемы). В итоге там существуют мотивация креативных специалистов и условия для их активности, что и делает западные общества более эффективными в научно-технической и гуманитарной сферах (хотя в принципе не отменяет циклической природы развития и связанных с этим кризисов).

Из всего сказанного следует, что величина  $n$  у государства как исполнителя трудов на Западе явно меньше  $m$ . Западные страны находятся ближе к середине длинных строк периодической таблицы в зоне адаптивного максимума, где количество изотопов и потенциалов больше. Из этого следует, что количество возможных направлений для развития и вариантов адаптации к обстоятельствам у них тоже больше, а катастрофа, связанная с завершением цикла развития, дальше и менее вероятна.

Обратимся к России. Поскольку мы отстаем по меньшей мере на два технологических уклада, величина наших  $m$  и  $N$  явно меньше. Кроме того, в нашем жизнеустройстве очевидно расширен список видов труда, выполняемых государством, и сокращен список видов труда, выполняемых автономно, то есть свободно. Государственная власть и бюрократия вместо решения главных стратегических задач стремятся контролировать все второстепенное (получая за это свою долю) – знаменитый «учет и контроль»! К тому же креативные специалисты и их сообщества не в полной мере обеспечены законодательной защитой своей самостоятельности, собственности и свободы. В недостаточной степени развиты юридическая служба и суды. Фактически не выполняются правила № 4 и № 8. Отсюда незащищенность креативных специалистов перед властью и их низкая мотивация.

Расширенная роль государства означает, что параметр  $n$  у нас больше, чем на Западе. Используя периодическую таблицу, можно заключить, что при меньшем значении  $m$  и большем значении  $n$  мы находимся в более короткой строке за пределами адаптивного максимума, ближе к ее концу, где число изотопов, потенциалов и возможных направлений для развития меньше, адаптивные способности сообщества ограничены, а катастрофа, связанная с завершением цикла развития, – ближе и вероятнее. Это угрожающее положение, от которого необходимо отойти (увеличив  $m$  и перейдя в нижележащие и более длинные строки таблицы, а также уменьшив  $n$  и сместившись ближе к их середине в зону адаптивного максимума). По составу видов труда, выполняемых в РАВ и РОС, и по структуре сообществ мы также отличаемся, то есть у нас имеются и изотопные раз-

личия: как было сказано, государство нередко занимается тем, что можно осуществлять в РАВ, и упускает действительно государственные дела.

Для уменьшения названной угрозы при разумной власти значительная доля государства в управлении экономической и политической жизнью страны могла бы быть приемлемой и на короткое время даже эффективной (как у «азиатских тигров» или в многоклеточных организмах). Но при нынешнем состоянии науки и техники государственного управления, а также низкой квалификации и алчности чиновничества выработка решений и стратегий, адекватных существующим вызовам и угрозам, в наших централизованных властных структурах маловероятна. Поэтому многочисленные призывы, понукания и непродуманные реформы сверху оказываются малоэффективными и порождают одну неудачу за другой. Результат – бегство креативных специалистов и денег из страны, безынициативность снизу и отставание общества в целом как в гуманитарной, так и в научно-технической сферах. В итоге все длится печальная констатация А. К. Толстого: «Страна наша богата, порядка в ней лишь нет».

Это можно принять как данность и считать своей отличительной чертой («у нас – свой путь»). Но, увы, его невеселый конец уже начинает просматриваться. И если не смиряться с тем, что есть, то путь к улучшению положения видится в том, чтобы изменить набор видов труда, выполняемых в РАВ и РОС. Нужно четко ограничиться лишь минимальным списком видов труда, которые могут выполняться только специализированными структурами государства. Наряду с традиционными видами (такими как печатание денег, оборона и др.) в этот список должны войти определение стратегических направлений развития и формирование госзаказов, направленных на увеличение  $m$  и существенное ускорение научно-технического развития. Ясно, что первейшим условием такого развития является хорошее состояние здравоохранения, образования и науки. Для оздоровления этих отраслей необходимо изменить государственные приоритеты, форсировать разработку научных основ и высоких технологий государственного управления, а также повысить управленческую квалификацию чиновничества.

С другой стороны, наряду с государственными должны быть также виды труда, выполняемые только свободными креативными гражданами. В этой связи многие виды деятельности, которые ныне курирует бюрократия, нужно законодательно вывести из-под ее контроля, перевести в автономный режим – РАВ и РДС, и передать самим специалистам. По сути это означает «распараллеливание» сложной задачи и передачу ее решения множеству инициативных исполнителей.

Названное перераспределение видов труда между «центром» и «периферией» – это банальная по смыслу, но серьезная и травматичная опе-

рация, затрагивающая вековые традиции жизнеустройства. И хотя это неотложное дело, не очень понятно, как его осуществлять (над этим следует подумать). При построении моделей желательных вариантов жизнеустройства можно использовать подход, развитый в настоящей статье. В итоге мы смогли бы избежать опасной близости к катастрофе (концу короткой строки таблицы), увеличить  $m$  и сместиться к середине более длинных строк в зону адаптивного максимума, а в итоге – выйти на научно-технологический уровень развитых стран. Кроме того, мы могли бы наконец приблизиться к ситуации, в которой мелочный «учет и контроль», нескончаемая отчетность прекратятся и креативные специалисты получают как квалифицированное стратегическое руководство, так и необходимую им тактическую автономию (свободу), самоорганизуются в эффективные объединения и станут инициативными в своих специализированных видах труда. Это послужит предпосылкой ускорения научно-технического прогресса, а также более качественной и эффективной жизни общества и его членов.

#### 4. Заключение

Итак, в статье предложен подход к формализованному описанию процедуры разделения труда, составляющей основу исторического развития различных сообществ. Введено понятие их элементарной репрезентативной единицы – синергона. Для количественной характеристики этой единицы использованы осмысленные и экспериментально определяемые параметры. На их основе построена естественная система синергонов в виде периодической таблицы. Она впервые дает объяснение причины, по которой члены синергона не могут быть равно креативными. Кроме того, таблица учитывает два вида исторического развития – прогрессивное и девиантное, и отражает их основные закономерности: цикличность, направленность, конечность и параллелизмы. Также таблица дает представление о предпочтительной зоне существования синергонов – «зоне адаптивного максимума». Наконец, она позволяет прогнозировать состав и структуру сообществ в будущем развитии и дает возможность его измерять. Предложенные параметры оказались применимыми и результативными при описании и измерении примеров реального исторического развития. Таким образом, предлагаемый подход к количественному описанию разделения труда может оказаться полезным для клиодинамики и перспективным для построения предсказательной теории развития социальных и биологических сообществ.

### Библиография

- Альбертс Б., Брей Д., Льюис Дж. и др. 1987. *Молекулярная биология клетки*: в 5 т. Т. 4. Приложение. Перечень клеток взрослого человеческого организма. М.: Мир.
- Александрова Т. Л. 2000. Методологические проблемы социологии профессий. *СоцИс* 8: 11–17.
- Бадалян Л. Г., Криворотов В. Ф. 2007. Эволюционная история: освоение последовательности геохимических зон. Прогнозы на будущее. *Экономические стратегии* 1: 34–40.
- Бондаренко Д. М., Гринин Л. Е., Коротаев А. В. 2010. Социальная эволюция: альтернативы и варианты (к постановке проблемы). *Эволюция: проблемы и дискуссии* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Марков, А. В. Коротаев, с. 120–159. М.: ЛКИ.
- Гринин Л. Е., Марков А. В., Коротаев А. В. 2009. *Макроэволюция в живой природе и обществе*. 2-е изд. М.: ЛКИ/URSS.
- Дюркгейм Э. 1991. *О разделении общественного труда: Метод социологии*. М.: Наука.
- Каблов Е., Руденко Б. 2010. Шестой технологический уклад. *Наука и жизнь* 4: 2–7.
- Левченко В. Ф., Котолупов В. А. 2010. Уровни организации живых систем: коопероны. *Журнал эволюционной биохимии и физиологии* 46(6): 84–92.
- Любищев А. А. 1982. О форме естественной системы организмов. *Проблемы формы, систематики и эволюции организмов*, с. 24–36. М.: Наука.
- Малинецкий Г. Г. 2010. Теоретическая история и математика. *История и математика: Эволюционная историческая макродинамика* / Отв. ред. С. Ю. Малков, Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, с. 8–22. М.: ЛИБРОКОМ.
- Малинецкий Г. Г., Ахромеева Т. С. 2009. Математическая история. Прошлое для будущего. *Проблемы математической истории: Основания, информационные ресурсы, анализ данных* / Отв. ред. Г. Г. Малинецкий, А. В. Коротаев, с. 32–52. М.: ЛИБРОКОМ.
- Попов И. Ю. 2008. *Периодические системы и периодический закон в биологии*. СПб.; М.: Т-во научн. изд. КМК.
- Савостьянов Г. А. 2005. *Основы структурной гистологии. Пространственная организация эпителиев*. СПб.: Наука.
- Савостьянов Г. А. 2010. Моделирование процессов специализации и интеграции как основы развития многоклеточности. *Журнал эволюционной биохимии и физиологии* 46(6): 514–521.
- Савостьянов Г. А. 2012a. Теоретический анализ и формализованное описание разделения труда как одного из инвариантов развития сообществ различной природы. *Эволюция: Аспекты современного эволюционизма* / Ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, А. В. Марков, с. 48–85. М.: ЛИБРОКОМ.

- Савостьянов Г. А. 2012б.** Возникновение элементарных единиц многоклеточности и формирование пространственной организации клеточных пластов. *Известия РАН. Серия биологическая* 2: 164–174.
- Смит А. 2007.** *Исследование о природе и причинах богатства народов.* М.: Эксмо.
- Спенсер Г. 1886.** *Основные начала.* СПб.: Издатель Ф. Иогансон.
- Хантингтон С. 2003.** *Столкновение цивилизаций.* М.: АСТ.
- Шпенглер О. 2009.** *Закат Европы. Очерки морфологии мировой истории.* Т. 1. *Образ и действительность.* Т. 2. *Всемирно-исторические перспективы.* Минск: Попурри.

## II. ТРЕНДЫ БОЛЬШОЙ ИСТОРИИ

### 5

#### Энергетический тренд Большой истории

Э. Чейсон

*Эволюция, подъем с изменением различных природных систем, стала значимым понятием, объединяющим все науки. В самом широком понимании космическая эволюция, которая включает предмет Большой истории, состоит из целостного описания бесчисленных изменений внутри и среди организованных систем, начиная с Большого взрыва и заканчивая человечеством. Этот междисциплинарный сценарий способен объединить физические, биологические и общественные науки, таким образом создавая для людей всех культур в начале нового тысячелетия стабильные, объективные и обширные представления о материальной реальности.*

**Ключевые слова:** эволюция, Большая история, космическая эволюция, плотность энергии.

#### Об историках

Несколько лет назад, обедая с коллегами в Гарварде, я услышал за соседним столиком спор ученых. Именитые историки выясняли отношения по пустячному вопросу своей многовековой уважаемой науки, а именно: кто из них дальше уходит в прошлое? Эксперт в области греко-римской истории утверждал, что его предмет изучает события, произошедшие по меньшей мере несколько тысяч лет назад. Египтолог сказала, что ее дисциплина исследует историю гораздо более раннюю, возможно, даже на тысячу или более лет предшествующую грекам. А специалист по Шумеру пытался козырнуть тем, что его предмет – события еще более древние, происходившие примерно 7 тыс. лет назад.

Они все более возбужденно перебрасывались аргументами, а я не смог удержаться и вмешался в их спор. Мое вторжение не было оценено по достоинству, так как с какой стати я, ученый-естественник, имею сказать хоть что-нибудь полезное или интересное для историков. Когда же я заявил, что, будучи астрофизиком, смотрю в космос и, следовательно, в глубь веков, и что я и есть «настоящий историк», чьи исследования уходят в прошлое практически к началу времен примерно 14 млрд лет назад,

*История и Математика: мегаисторические аспекты 2016 112–127*



коллеги очень расстроились. Их аргументы теперь оказались бессмысленными, а предмет изучения их науки – всего лишь минутой в масштабе всей истории. И с тех пор по крайней мере один из тех историков перестал со мной разговаривать.

### **Об ученых, занимающихся Большой историей**

Недавнее появление нового и интересного предмета – Большой истории – вывело на первый план плеяду доброжелательных и интересных ученых-историков. Их история вдохновляет, мировоззрение у них необычайно широкое, они открыты для новых идей, важнейших идей в областях, находящихся за пределами их собственной сферы деятельности. Ученые, занимающиеся проблемами Большой истории, помогают понять, что история в целом включает множество разнообразных, но все же взаимосвязанных событий, произошедших задолго до того, как они были описаны в письменной истории, и часто относящихся практически к началу времен. Это совсем не означает, что я согласен со всеми утверждениями и суждениями ученых, занимающихся Большой историей. Как ученый-естествоиспытатель я порой довольно прохладно отношусь к подобным субъективным исследованиям. Дело в том, что меня учили другим методам исследования, в которых особое значение имеет объективность. Моя научная работа должна быть подтверждена эмпирическими данными или, по крайней мере, основываться на утверждениях, которые можно проверить экспериментально или наблюдением. Скептицизм и беспристрастность – вот мои основные убеждения.

И тем не менее меня восхищает сам факт появления Большой истории, специалисты в этой области могут и готовы преодолевать междисциплинарные границы, а сам предмет назван просто, четко и непретенциозно. Изучая события прошлого, которые привели к появлению человечества на Земле, к появлению самой Земли среди звезд и галактик, ученые, занимающиеся Большой историей, обращаются к природе. Разумеется, Большая история вначале так и называлась – естественная (натуральная) история, и ее обычно определяли как «изучение естественных объектов и их эволюции, происхождения, характеристик и взаимодействия». И поскольку я всегда считал естественную историю в широком смысле длительным и продолжающимся нарративом от ранней Вселенной до наших дней, не только включающим происхождение и эволюцию широкого спектра систем и структур, но и объединяющим многие из них во всеобъемлющую интеллектуальную концепцию, интуитивно я положительно отношусь к важной работе в области Большой истории.

Вместе с тем исследования ученых даже в области Большой истории имеют определенные ограничения. Большая история, часто характеризующаяся как «история человечества в более широком контексте» (Christian

2004) или «подход, в рамках которого история человечества изучается в контексте космической истории» (Spier 2010), имеет дело главным образом с извилистыми космическими тропами, ведущими конкретно к людям на планете Земля. По сути, эта наука в основном занимается изменениями, которые (в обратном порядке) привели к появлению человечества, Земли и Солнца, Млечного Пути. Другим же галактикам, звездам или планетам на всем протяжении немислимо огромной Вселенной уделяется довольно мало внимания, поскольку цель Большой истории – представить человечество как таковое в более широкой космической перспективе. Более того, от специалистов в области Большой истории особенно и не требуется рассуждать о предметах, для которых в математической науке сегодня нет эмпирически подтвержденных данных (Penrose 2010; Greene 2011), например о множественности галактик в макромасштабах немислимо больших, чем те, которые осмыслены большинством физиков сегодня; о теории струн или дополнительных измерениях на микроуровне в двадцать раз меньшем, чем мы можем сегодня измерить; и меньше всего о том, что мы и все вокруг являемся киберпространственным воплощением в чужеродной компьютерной симуляции, управляющей бесконечными параллельными мирами и предполагающей, что все истории, которые только можно вообразить, уже где-то происходят и, возможно, даже повторяются повсеместно неограниченное число раз.

Этими оговорками я ни в коем случае не хочу преуменьшить роль Большой истории или критиковать коллег, предпочитающих размышлять о жизни и времени метасобытий за пределами нашей Вселенной возрастом 14 млрд лет. Скорее я хочу пояснить, что большинство естествоиспытателей и сейчас используют определение, согласно которому «Вселенная – это все, что существует: все множество известных или предполагаемых объектов и явлений, существовавших ранее, существующих сейчас или в будущем, рассматриваемое в целом». И поскольку специалистам в области Большой истории приходится прокладывать путь вперед, то чтобы быть действительно понятыми классическими историками, им следует по возможности основывать свои исследования на эмпирических фактах и проверенных идеях и сконцентрироваться на роли человечества в одной-единственной известной нам Вселенной.

### **Космическая эволюция**

Большая история не нова, хотя это вряд ли можно понять по соответствующей статье в Википедии: создается впечатление, что эта наука была изобретена чуть ли не двадцать лет назад традиционными историками, осознавшими, что история ушла далеко в прошлое – во времена задолго до зарождения цивилизаций. Начиная с эпохи Возрождения естествоиспытатели изучают и преподают натуральную историю в рамках широкого

междисциплинарного подхода, а отдельно взятая история от Большого взрыва до человечества, представляющая особый интерес для специалистов в области Большой истории, в последние десятилетия продвигается в основном космологами, которые мыслят, пожалуй, шире, чем кто-либо на нашей планете. В наши дни современные астрономы окрестили свою науку «космической эволюцией», но она также известна в других научных дисциплинах под иными названиями: макроэволюция, Универсальная история и история эволюции<sup>1</sup>.

*Космическая эволюция – это теория, изучающая всю совокупность многочисленных и разнообразных эволюционных изменений и перемен, происходящих в рамках одного поколения, в составе и структуре радиации, материи и жизни, имевших место в истории Вселенной.* Это физические, биологические и культурные изменения, которые в целом привели к формированию галактик, звезд, планет и форм жизни, главным образом принимая во внимание Большую историю с ее более ограниченным охватом Млечного Пути, Солнца, Земли и жизни на планете, особенно человечества. Результатом является всесторонний эволюционный синтез, объединяющий множество разных научных дисциплин – физику, астрономию, геологию, химию, биологию и антропологию – в истинно научный нарратив эпических масштабов, простирающийся от начала времен до наших дней, от Большого взрыва до появления человечества.

Обобщенное исследование изменений как таковых также не является чем-то новым, его сущность уходит по крайней мере на две с половиной тысячи лет назад к философу Гераклиту, сделавшему, пожалуй, самое лучшее наблюдение: «Все течет, все изменяется». Эта поразительно простая идея сегодня подтверждена современной научной аргументацией и большим количеством данных – действительно, в основе космической эволюции лежит понимание того, что изменение повсеместно распространено в природе. Многие ученые также обращались к проблемам жизни и сложности в космическом аспекте, среди них Р. Чемберс (Chambers 1844), который до Ч. Дарвина анонимно написал работу, используя широкий междисциплинарный подход, и Х. Шепли (Shapley 1930), ставший пионером космографии, которая классифицирует все известные структуры в соответствии с увеличивающимся числом измерений. Г. Спенсер (Spencer 1896) также поднимал вопрос о возрастающем уровне сложности в биологической и культурной эволюции. Л. Хендерсон (Henderson 1913) рассмат-

<sup>1</sup> Мое собственное толкование см.: Chaisson 1981; см. также переработанный вариант: *Idem* 2006; дополнительные математические выкладки см.: *Idem* 2001; недавнее краткое изложение и технический анализ можно посмотреть в: *Idem* 2009a; 2009b соответственно. Все источники перечислены в конце настоящей статьи. Большая часть моих недавних журнальных публикаций, включая перечисленные в списке литературы, доступна на персональной странице в Интернете: [http://www.tufts.edu/as/wright\\_center/eric/ericrsrch.html](http://www.tufts.edu/as/wright_center/eric/ericrsrch.html).

ривал в качестве единого весь эволюционный процесс, как физический, так и биологический. А. Уайтхед (Whitehead 1925) попытался расширить научное мышление своей «органической философией». Л. фон Берталанфи (Von Bertalanffy 1968) отстаивал теорию систем в отношении физических, биологических и социальных исследований. А. Шкловский и К. Сеган (Shklovskii, Sagan 1966) популяризировали идею о разумной жизни во Вселенной. Позже, в XX в., практически одновременно несколько независимых исследователей – К. Сеган (Sagan 1980), Э. Янч (Jantsch 1980), Г. Ривз (Reeves 1981) и Э. Чейсон (Chaisson 1981) – выдвинули идею о сложных системах, появляющихся непосредственным образом вместе с развитием естественной истории.

На Рис. 1 отмечены различные типы эволюции природы на так называемой «стреле времени». Эти три эволюционные подсистемы формируют единую космическую эволюцию: физическую → биологическую → культурную, в свою очередь, каждая из них описывает островки растущей сложности, появившиеся, чтобы стать впоследствии упорядоченными системами, будь то массивные звезды, яркие цветы или заселенные города. Независимо от формы или направленности такая стрела символизирует *последовательность* событий, которые изменили системы от простых к сложным, от неорганических – к органическим, от хаоса – к ранней Вселенной, к более позднему порядку. Эта последовательность хорошо соотносится с длинной и впечатляющей цепью знания, связывающей семь хронологически сменявшихся главных временных эпох (дисперсная, галактическая, звездная, планетарная, химическая, биологическая и культурная):

- от элементарных частиц к атомам;
- от атомов к галактикам и звездам;
- от звезд к тяжелым химическим элементам;
- от элементов к молекулам;
- от молекул к жизни;
- от жизни к разуму;
- от разума к культурной и технологической цивилизации.

Несмотря на чрезвычайную специализацию современной науки, эволюция не признает никаких дисциплинарных границ, а космическая эволюция – это действительно междисциплинарный предмет. Следовательно, наиболее известный тип эволюции – биологическая эволюция, или неodarвинизм, – есть одна, хотя и важная, подсистема из более широкого эволюционного сценария, простирающегося по всему пространству и во все времена. Иначе говоря, дарвиновские механизмы изменения растений и животных космическая эволюция стремится распространить на все объекты. И если дарвинизм осуществил революцию в понимании и помог нам

освободиться от антропоцентрического убеждения, что люди отличаются от других форм жизни на нашей планете, то космическая эволюция распространяет эту интеллектуальную революцию дальше, рассматривая материю на Земле и в наших телах наравне с материей далеких звезд и галактик.



**Рис. 1.** Космическая эволюция

Стрела времени не подразумевает и не предполагает антропоцентризма, стрела не указывает на человечество. Несмотря на антропные принципы, никакая логика не подтверждает предположения, что Вселенная задумана специально для того, чтобы произвести нас. Люди (человечество) не есть вершина или кульминация космического эволюционного сценария, также мы не являемся единственными технологически умелыми существами, которые появились в органически богатой Вселенной. Стрела времени просто представляет собой первичный символ, мастерски передающий создание структур растущей сложности, от спиральных галактик до мыслящих существ.

Наконец, отметим: стрела времени не подразумевает, что примитивные, «низшие» формы жизни с биологической точки зрения превратились непосредственно в продвинутые «высшие» организмы, как и галактики не обязательно физически превращались в звезды или звезды в планеты. Скорее всего в течение большого промежутка времени окружающие условия, подходящие для зарождения простых жизненных форм, сменились на благоприятные для зарождения и эволюции более сложных биологических организмов. Подобным же образом в ранней Вселенной эволюция физиче-

ских условий, благоприятных для формирования галактик, позднее, по-видимому, сменилась условиями, способствовавшими формированию звезд и планет. А сегодня, по крайней мере на Земле, доминирует культурная эволюция, так как наши биосферные условия однажды вновь изменились и стали благоприятствовать развитию значительной социальной сложности. Изменения в окружающей среде обычно предшествуют изменениям в организованных системах. Окончательным результатом для этих систем, выживших в природе в результате отбора, *в большинстве случаев* является тенденция к увеличению числа разнообразных структур и внутренней сложности.

Стрела времени символически представляет хронологическую смену главных эпох космической истории, от зарождения Вселенной ~14 млрд лет назад (в левой части Рис. 1) до настоящего времени (в правой части Рис. 1). В верхней части указаны три главных типа эволюции (физическая, биологическая и культурная), которые, в свою очередь, привели к росту сложности и количества измерений в материальных системах во Вселенной. Космическая эволюция как общий и всеобъемлющий термин включает все эти эволюционные подсистемы и временные фазы.

### Энергетические потоки и рост уровня сложности

Особый интерес для ученых в области Большой истории представляют происхождение и эволюция множества разнообразных систем, наполняющих сегодня Вселенную, особенно тех, что последовательно и при определенных условиях привели к возникновению человечества на Земле. Особенно интригующим является увеличивающаяся со временем сложность этих систем, на самом деле колоссально возросшая (за некоторыми исключениями) за последние 500 млн лет со времени кембрийского периода. И теория, и эксперименты, а также компьютерное моделирование позволяют предположить, что островки растущей сложности (а именно: открытые, неравновесные системы, включающие главным образом галактики, звезды, планеты и формы жизни) в числовом отношении более чем уравновешены океаном беспорядка, увеличивающимся повсеместно в окружающей эти системы среде. Все появляющиеся системы, включенные в космический эволюционный сценарий, количественно согласуются с принципами классической термодинамики, особенно ее вторым законом (Chaisson 2001)<sup>2</sup>. Однако что же привело к появлению систем и росту их

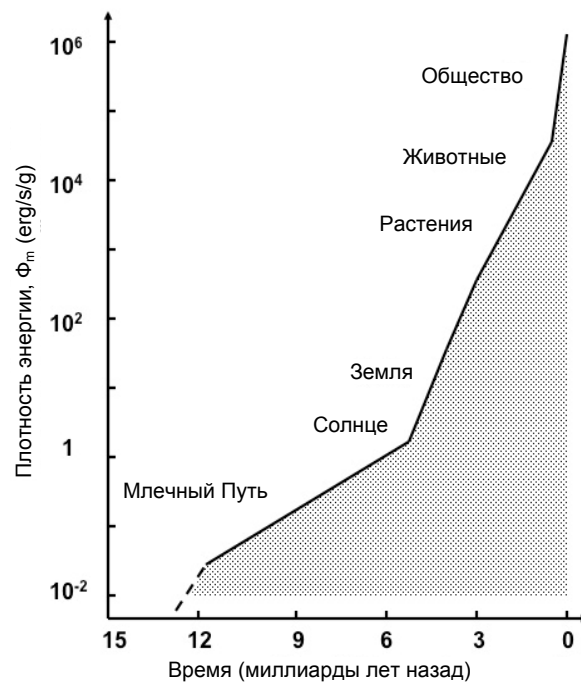
<sup>2</sup> Первый закон (или принцип, или начало) термодинамики заключается в том, что количество энергии в замкнутой системе сохраняется, то есть содержание энергии во Вселенной постоянно. А второй закон термодинамики говорит о направленности спонтанных изменений энергии от неравномерного ее распределения к равномерному распределению, то есть энергия перемещается от объекта с большей энергией к объекту с меньшим количеством энергии, или что энтропия Вселенной неуклонно возрастает. – *Прим. ред.*

сложности с течением времени от ранней Вселенной до современности? Существует ли основной принцип, общий закон или продолжающийся процесс, которые создают, организуют и поддерживают все сложные структуры во Вселенной?

Говоря кратко и с минимумом технических подробностей, около четверти века назад я предположил, что потоки энергии являются центральным звеном космической эволюции (Chaisson 1987; 2001; 2004). В частности, плотность потока энергии (то есть количество энергии в секунду на единицу массы) является удобным показателем сложности и потенциальным двигателем эволюции для всех конструктивных событий на протяжении всей истории Вселенной. Энергия оказывается общей «валютой» для всех таких упорядоченных структур, живых или неживых: все сложные системы получают, аккумулируют и отдают энергию. Энергетические потоки вполне могут быть процессом, помогающим объединить все науки и найти убедительное объяснение зарождения, существования и усложнения всего множества систем, а именно того, как они появились, достигали зрелости и прекращали свое существование в течение одной жизни или нескольких поколений.

Выбранный показатель, впрочем, не может быть энергией в чистом виде или просто потоком энергии. Жизнь на Земле несомненно сложнее, чем любая звезда или галактика, хотя последние используют в целом гораздо больше энергии, чем любое живое существо на нашей планете. Соответственно я упорядочил энергетические потоки в комплексных системах по их собственной массе, что позволило провести более унифицированный анализ и эффективно сравнивать практически все системы, встречающиеся в природе. Таким образом, моя основополагающая рабочая гипотеза космической эволюции заключается в следующем: упорядоченные по массе энергетические потоки, называемые удельной плотностью энергетического потока, обозначенной  $\Phi_m$ , вероятно, есть наиболее универсальный процесс, способный создавать структуры, системы и сложность повсеместно во Вселенной (*Idem* 2003).

На Рис. 2 суммированы последние исследования по данной теме (*Idem* 2010; 2011), показывающие, каким образом физический, биологический и культурный типы эволюций за 14 млрд лет превратили простейшую первичную материю в прогрессивные сложные и изощренные структуры (для отдельных единиц мощности W/kg поделить на  $10^4$ ). В графике указаны значения величины, характерные для общей категории, к которой относится та или иная система. Хотя, как и в любой эклектической унифицирующей теории, затрагивающей вопрос развития несовершенной Вселенной, особенно в такой, как космическая эволюция, стремящейся охватить всю природу, существуют варианты. И вполне вероятно, что именно эти варианты приводят к повсеместному возникновению грандиозного разнообразия сложных прогрессирующих систем.



**Рис. 2.** Значения плотности энергии,  $\Phi_m$ , для некоторых сложных систем, представляющих особый интерес для ученых в области Большой истории, нанесены здесь согласно полулогарифмической шкале в соответствии со временем своего появления и отчетливо демонстрируют увеличение на протяжении примерно 14 млрд лет истории Вселенной. Затемненная область включает огромное множество изменяющихся значений плотности энергии с появлением и усложнением мириад систем (данные взяты из: Chaisson 2010; 2011; 2012)

Продолжая изображенный на графике Рис. 2 тренд, относящийся к сложным системам, представляющим интерес для Большой истории, изучающей конкретные, наиболее вероятные эволюционные пути к появлению человеческого общества, я обнаружил системный рост плотности энергии (выраженный здесь в единицах плотности энергетического потока эрг/с/г на промежутках времени в миллиарды, миллионы и тысячи лет назад, соответственно Гуа, Муа и Куа).



*Для физической эволюции:*

- Млечный Путь появился из протогалактических сгустков  $> 12$  млрд лет назад ( $\Phi_m \approx 10^{-3}$  эрг/с/г), превращавшихся в широко распространенные карликовые галактики ( $\sim 10^{-2}$ ), затем он превратился в зрелую, нормальную галактику  $\sim 10$  млрд лет назад ( $\sim 0.05$ ) и наконец стал нашей сегодняшней галактикой ( $\sim 0.1$ ).

- Солнце появилось из протозвезды  $\sim 5$  млрд лет назад ( $\Phi_m \approx 1$  эрг/с/г), превратилось в нынешнюю звезду главной последовательности ( $\sim 2$ ), продолжит развиваться до звезды-субгиганта  $\sim 6$  млрд лет назад в будущем ( $\sim 4$ ) и, вероятно, закончит свое существование как старый красный гигант ( $\sim 10^2$ ).

*Для биологической эволюции:*

- Растения появились из микроскопических одноклеточных организмов  $> 470$  млн лет назад ( $\Phi_m \approx 10^3$  эрг/с/г), затем эволюционировали в древнейшие голосеменные  $\sim 350$  млн лет назад ( $\sim 5 \times 10^3$ ), далее в цветковые покрытосеменные  $\sim 125$  млн лет назад ( $\sim 7 \times 10^3$ ) и наконец в высокопродуктивные С4-растения  $\sim 30$  млн лет назад ( $\sim 10^4$ ).

- Эволюция животных началась с появления рыб и амфибий  $370$ – $500$  млн лет назад ( $\Phi_m \approx 4 \times 10^3$ ), затем холоднокровных рептилий  $\sim 320$  млн лет назад ( $\sim 3 \times 10^3$ ), теплокровных млекопитающих  $\sim 200$  млн лет назад ( $\sim 4 \times 10^4$ ) и летающих птиц  $\sim 125$  млн лет назад ( $\sim 9 \times 10^4$ ).

*Для культурной эволюции:*

- Человеческое общество развивалось от охотников-собирателей  $\sim 300$  тыс. лет назад ( $\Phi_m \approx 4 \times 10^4$  эрг/с/г) к земледельцам  $\sim 10$  тыс. лет назад ( $\sim 10^5$ ), индустриальному обществу  $\sim 200$  лет назад ( $\sim 5 \times 10^5$ ) и к современному постиндустриальному обществу ( $\sim 2 \times 10^6$ )<sup>3</sup>.

- Машины развивались от примитивных устройств  $\sim 150$  лет назад<sup>4</sup> ( $\Phi_m \approx 10^5$  эрг/с/г) к изобретению автомобилей  $\sim 100$  лет назад ( $\sim 10^6$ ), развитию авиации ( $\sim 10^7$ ) и к современным реактивным самолетам и компьютерам ( $\sim 5 \times 10^7$ ).

А для читателей, предпочитающих описание без цифр, простой «перевод» вышеизложенных технических обобщений предполагает ранжированный порядок систем растущей сложности во множестве последовательных фаз космической эволюции:

<sup>3</sup> Возможно, указывая дату 300 тыс. лет назад, автор имеет в виду появление неандертальцев, однако к охоте и собирательству древнейшие и древние люди перешли гораздо раньше, а люди, анатомически сходные с современными, появились не ранее 200 тыс. лет назад (см.: Марков 2012). – *Прим. ред.*

<sup>4</sup> Машины появились гораздо раньше. О некоторых машинах можно говорить применительно к периоду Античности, а в конце Средних веков и начале Нового времени (XIV–XVI вв.) о машинах можно говорить в полном смысле слова, и даже имелись уже системы машин (см.: Гринин 2012). – *Прим. ред.*

- зрелые галактики сложнее, чем их предшественники – карликовые галактики;
- красные гиганты сложнее, чем звезды главной последовательности;
- эукариоты сложнее прокариотов;
- растения сложнее одноклеточных;
- животные сложнее растений;
- млекопитающие сложнее рептилий;
- мозг сложнее, чем тело;
- общество сложнее индивида.

Соответствующие показатели, отличные от плотности энергии, вполне могут описывать каждую категорию систем в рамках более ограниченных областей физической, биологической и культурной эволюции, которые объединяются, чтобы создать великое единство космической эволюции, но никакой другой отдельный показатель, кажется, не способен столь единообразно описать их всех. Необходимо учитывать значимость изображения на графике одной величины для такого огромного разнообразия систем, наблюдаемых в природе. Я не знаю другой единой величины ( $\Phi_m$ ), которая характеризовала бы в таких огромных масштабах и столь единообразно такое количество различных сложных систем, охватывающих ~20 порядков величины в пространственном измерении и примерно столько же во временном.

Что особенно заманчиво, энергетические потоки как универсальный процесс помогают преодолеть энтропию в рамках все более упорядоченных, локализованных систем, появляющихся среди растущего беспорядка, расширяющихся внешних воздействий. Этот процесс действительно разумно управляет появлением и созреванием нашей Галактики, нашей звезды, нашей планеты и нас самих. Если это верно, энергия сама по себе есть механизм изменения в расширяющейся Вселенной. И плотность энергии – это точно выраженный, объективный показатель энергетического потока, позволяющий нам откалибровать подобным образом все сложные системы, а также изучить, как со временем некоторые системы эволюционируют до способности управления энергией и выживают, а другие, по-видимому, не смогли и не сделали этого.

Оптимизация подобных энергетических потоков вполне может быть движущей силой эволюции в широком понимании, таким образом воздействуя на каждый домен физической, биологической и культурной подсистем эволюции.

### **Как преподавать курс по космической эволюции**

Если исходить из общей концепции, основой моих исследований является эмпирический подход, источником данных – множество наблюдений,

а целью – синтез истории в непрерывное повествование, объединяющее большую часть того, что действительно существует в природе. Рис. 2 содержит огромный объем информации, расчеты, моделирование, подводя итог многолетним попыткам истолковать на количественном уровне мое собственное объяснение современного космического эволюционного сценария (Chaisson 1981). Космическая эволюция стала для меня естественным способом пересечь утратившие значение границы между науками и понять на определенном уровне, в хронологическом порядке и в некоторой унифицированной модели многие сложные формы организации в известной Вселенной. Честно говоря, это было мое личное интеллектуальное путешествие в поисках ответа на вопросы, кто я и откуда я пришел.

Мой интерес к междисциплинарной науке уходит корнями глубоко в начало моей карьеры несколько десятилетий назад, когда я впервые пришел в Гарвард как студент. Именно тогда я пытался попасть на курс, который мне всегда хотелось изучать, но оказалось, что такого курса не существует. Я искал широкий обзорный курс, который преодолевал бы границы всех естественных наук, не только потому, что не знал, в какой из наук позже захочу специализироваться, но также и потому, что искал всеобъемлющую, интегрированную картину мира. Я стремился понять смысл того, что видел вокруг в атмосфере, на Земле, в море и небесах, и особенно старался найти свое собственное место в большой картине природы вообще.

К сожалению, практически каждый, кого я встретил сорок лет назад, впрочем, как и сегодня, был погружен в свою собственную науку. Коллеги изучали узкие дисциплины, факультеты занимались исследованиями в определенной сфере, и очень немногие демонстрировали заметный интерес к другим областям знаний. То, что университеты не дают и не преподают универсальных знаний, стало в то время моим самым большим разочарованием и до сих пор им остается. В то время было всего несколько исключений: директор обсерватории Харлоу Шепли преподавал обзорный курс «Космография» с 1920-х по 1950-е гг. и (мой предшественник) Карл Саган преподавал «Жизнь во Вселенной» огромным аудиториям слушателей в 1960-е гг. Но к моменту начала моей учебы Шепли уже умер, Сагана уволили, и в учебном плане Гарварда не было никакого обзорного курса, который я так искал.

Меньше чем через десять лет, когда я был принят на факультет в Гарварде в середине 1970-х гг., мне удалось создать/воссоздать тот широкий обзорный курс совместно со старшим преподавателем Джорджем Филдом, который тоже долгое время хотел читать интегрированный курс наук. Мы назвали курс «Космическая эволюция» и специально решили наполнить его «всем понемногу», невзирая на ожидаемую критику. Это был действительно научный обзор событий от Большого взрыва до человечества –

междисциплинарный охват физики, астрономии, геологии, химии и биологии, сюда также были включены и общественные науки. Мы не были уверены, что среди студентов вообще появятся желающие изучать этот курс.

Спустя три года «Космическая эволюция» стала самым посещаемым научным курсом в Гарварде, ограниченным только размерами самого большого лекционного зала. Его немедленное принятие и быстрый рост популярности были частично обусловлены тем, что мы серьезно подошли к искусству преподавания, но главным образом тем, что студенты «проголосовали ногами». На наши вопросы студенты сразу отвечали, что они также искали более обширную картину, которая охватила бы большую часть изучаемого в колледже, и особенно стремились создать для себя общую систему понимания.

На сегодняшний день я преподаю курс «Космическая эволюция» в Гарварде 28 из 35 лет, прошедших с момента создания курса, практически все это время (как и сейчас) в одиночку. Первые несколько лет я приглашал многих лекторов, среди них были С. Дж. Гоулд, Э. О. Уилсон, Дж. Уолд и некоторые другие эксперты за пределами моей собственной компетенции в области физики. Лекции гостей были прекрасны в качестве единичных выступлений, но в целом не было образовательной преемственности. Поэтому, когда в 1980-е гг. я получил стипендию фонда Альфреда Слоана, то очень удивил своих коллег, взяв годичный отпуск и потратив эти деньги на собственное образование во всех тех дисциплинах, которые требовались для самостоятельного преподавания этого обширного курса. Сольное преподавание принесло гораздо больше личного удовлетворения, так как это вынудило меня быть в курсе прогрессивных идей во многих предметных областях, что обогатило меня гораздо больше в плане педагогики и преемственности, поскольку у студентов был один преподаватель для всего объемного содержания курса. Программа курса и мультимедийный сайт находятся в открытом доступе: [http://www.tufts.edu/as/wright\\_cen-ter/cosmic\\_evolution](http://www.tufts.edu/as/wright_cen-ter/cosmic_evolution).

Несколько лет назад после многочисленных неудачных попыток представить курс «Космическая эволюция» в Университете Тафтса (из-за обычной в этом случае борьбы за «место под солнцем» с членами специализированных факультетов) мне наконец удалось уговорить старшего научного сотрудника Дэвида Уолта при условии, что курс будет преподаваться командой из представителей всех научных кафедр. Сегодня курс «От Большого взрыва до человечества» – весьма популярный в Университете Тафтса, где я преподаю в сотрудничестве с химиком-органиком, специалистами в областях геологии ледниковых явлений, биологии развития и культурной антропологии. В таком совместном преподавании нет образовательной преемственности от лектора к лектору, но его решающее преимущество заключается в том, что студенты встречаются с целым ря-

дом ведущих исследователей, каждый из которых является серьезным экспертом в соответствующей дисциплине.

Главной причиной создания такого широкого обзорного курса в Университете Тафтса было то, что подавляющее большинство студентов изучают там естественные науки. И хотя около трети (вновь поступивших) абитуриентов ежегодно выбирают специализацию по математике/естественным наукам, менее 10 % выпускаются со степенью по этим дисциплинам. И подобная ситуация наблюдается во многих университетах по всей стране – американцы толпами уходят из науки. Моя точка зрения, к неудовольствию многих коллег, состоит в том, что главная проблема здесь – в научном факультете. Не надо винить в этом учителей начальной школы или программу средней школы, вероятнее всего, именно преподаватели высших учебных заведений уклоняются от своих обязанностей учить хорошо, широко; на самом деле они учат на начальном уровне и отказываются от обязанности распространять свою любовь и энтузиазм к нашим наукам.

При всем этом мы надеялись, что такой обзор, который охватывает и интегрирует многие научные дисциплины, вернет интерес студентов к науке – в основном так и получилось. Количество слушателей растет, студенты снова «голосуют ногами». И, как показал последний семестр, эта большая картина их очень вдохновляет. После моих лекций одна студентка оказала мне большую честь, сказав со слезами: «Спасибо за то, что помогли вспомнить, как я когда-то любила науку». Ради таких комплиментов стоит преподавать этот предмет на протяжении 35 лет!

### **Заключение**

Изучение космической эволюции было сутью всей моей научной карьеры. Это единственный предмет, который я знаю, хотя, к счастью, он охватывает многочисленные факты, идеи и предпосылки. В течение десятилетий в процессе построения курса в Гарварде (наряду с разработкой обширного набора дополнительных материалов онлайн) программа моих научных исследований постепенно смещалась с основных тенденций астрофизики к этой всеохватывающей междисциплинарной науке, и для научно-образовательной программы, которую я веду в научно-исследовательском центре Университета Тафтса, это стало интеллектуальной основой. То, что начиналось как поиск какого-то общего курса странствующим студентом, которым двигало вряд ли что-то большее, чем настойчивое любопытство, стало путешествием длиною в жизнь с целью понять наш мир, нашу Вселенную и самих себя.

Даже после десятилетий исследований, преподавания и научных работ на тему эволюционной эпопеи я все еще не уверен, что знаю, кто я или как в действительности вписываюсь в эту огромную схему явлений.

Но всю жизнь я получаю удовольствие от изучения сущности космической эволюции, публикуя данные точных наук, подкрепляющие историю от Большого взрыва до человечества, особенно делясь подробностями, своим волнением, значимостью этого фантастического рассказа со многими людьми, стремящимися найти свою собственную картину мира. Для меня это были и есть самые лучшие научные устремления: я эгоистично пытался разобраться в себе, но при этом, по-видимому, помог многим другим познать самих себя и смысл их существования в удивительном космосе.

*Перевод с английского Е. В. Емановой*

### Библиография

- Гринин Л. Е. 2012.** Глобальные технологические трансформации. *Универсальная и глобальная история. Эволюция Вселенной, Земли, жизни и общества* / Ред. Л. Е. Гринин, И. В. Ильин, А. В. Коротаев, с. 383–403. Волгоград: Учитель.
- Марков А. В. 2012.** Антропогенез – особая глава глобальной истории. *Универсальная и глобальная история. Эволюция Вселенной, Земли, жизни и общества* / Ред. Л. Е. Гринин, И. В. Ильин, А. В. Коротаев, с. 295–314. Волгоград: Учитель.
- Chaisson E. J. 1981.** *Cosmic Dawn: The Origins of Matter and Life*. Boston, MA: Little, Brown.
- Chaisson E. J. 1987.** *The Life Era*. New York: Atlantic Monthly Press.
- Chaisson E. J. 2001.** *Cosmic Evolution: The Rise of Complexity in Nature*. Cambridge; London: Harvard University Press.
- Chaisson E. J. 2003.** A Unifying Concept for Astrobiology. *International Journal of Astrobiology* 2: 91–101.
- Chaisson E. J. 2004.** Complexity: An Energetics Agenda. *Complexity* 9: 14–21.
- Chaisson E. J. 2006.** *Epic of Evolution: Seven Ages of the Cosmos*. New York: Columbia University Press.
- Chaisson E. J. 2009a.** Cosmic Evolution – State of the Science. *Cosmos and Culture* / Ed. by S. Dick, M. Lupisella, pp. 3–23. Washington: NASA Press.
- Chaisson E. J. 2009b.** Exobiology and Complexity. *Encyclopedia of Complexity and Systems Science* / Ed. by R. Meyers, pp. 3267–3284. Berlin: Springer.
- Chaisson E. J. 2010.** Energy Rate Density as a Complexity Metric and Evolutionary Driver. *Complexity* 16: 27–40. DOI: 10.1002/cplx.20323.
- Chaisson E. J. 2011.** Energy Rate Density II: Probing Further a New Complexity Metric. *Complexity* 17: 44–63. DOI: 10.1002/cplx.20373.
- Chaisson E. J. 2012.** *Using Complexity Science to Search for Unity in the Natural Sciences*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Chambers R. 1844.** *Vestiges of the Natural History of Creation*. London: J. Churchill.
- Christian D. 2004.** *Maps of Time*. Berkeley, CA: University of California Press.
- Greene B. 2011.** *The Hidden Reality: Parallel Universes and the Deep Laws of the Cosmos*. New York: Knopf.
- Henderson L. 1913.** *Fitness of the Environment*. New York: Macmillan.
- Jantsch E. 1980.** *The Self-organizing Universe*. Oxford: Pergamon Press.
- Penrose R. 2010.** *Cycles of Time*. London: Bodley Head.
- Reeves H. 1981.** *Patience dans l'Azur: l'évolution cosmique*. Paris: Editions du Seuil.
- Sagan C. 1980.** *Cosmos*. New York: Random House.
- Shapley H. 1930.** *Flights from Chaos*. New York: McGraw-Hill.
- Shklovskii I. S., Sagan C. 1966.** *Intelligent Life in the Universe*. San Francisco, CA: Holden-Day.
- Spencer H. 1896.** *A System of Synthetic Philosophy*. London: Williams and Norgate.
- Spier F. 2010.** *Big History and the Future of Humanity*. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Von Bertalanffy L. 1968.** *General System Theory*. New York: Braziller.
- Whitehead A. N. 1925.** *Science and the Modern World*. New York: Macmillan.

## 6

# Саморегуляция как тренд Большой истории

А. Л. Гринин

*В настоящей статье рассматривается понятие саморегуляции как универсальной способности систем к самосохранению и изменениям в меняющихся внешних условиях. Саморегуляция комбинирует в себе многие существующие понятия, присущие сложным системам и описанные в различных областях науки. Изучение саморегуляции дает возможность глубже понять многие эволюционные процессы на протяжении всей Большой истории, в том числе в изучении социума и новых технологических укладов, а также использовать это понятие для прогнозов развития технологий и социальной жизни. Саморегуляция может быть прослежена на различных уровнях эволюции и на разных этапах Мегистории, при этом мы видим усиление и рост ее значимости на более высоких этапах, а также ее трансформацию в управляемый процесс. Сначала мы показываем важные элементы саморегуляции в неживой природе, в частности на примере функционирования звезд; далее рассматриваем саморегуляцию на более высоком уровне, уже как важнейший процесс существования объектов на уровне жизни. Мы рассматриваем процессы саморегуляции на уровне клетки и организма, показываем, что в отличие от неживых систем происходит усложнение процессов саморегуляции, так как теперь в системах появляются специализированные органы чувств и управления, с помощью которых оказывается возможным тонкое реагирование на изменяющуюся среду. Уже в биологической эволюции на уровне высокоорганизованных организмов мы можем говорить о переходе саморегуляции в фазу самоуправления. Тем более о таком переходе можно говорить для социальных систем, которые по мере развития социальной эволюции становились способными к сознательному изменению собственной структуры и образа жизни (что является одним из показателей самоуправления). Однако в последней части статьи главный упор сделан не на социальных механизмах самоуправления, а на исследовании этапа развития технологий, в котором они постепенно обретают признаки саморегуляции и самоуправления. Исходя из анализа особенностей развития технологий, мы прогнозируем, что в ближайшие десятилетия про-*



изойдет прорыв в создании саморегулируемых и даже самоуправляемых систем.

На протяжении всей статьи мы также показываем тесную связь саморегуляции с такими важными универсальными процессами эволюции, как самоорганизация, самосохранение и управление. В статье понятие саморегуляции исследуется в аспекте как кибернетики, так и синергетики, автор стремился найти объединяющие моменты в этих аспектах.

**Ключевые слова:** Большая история, саморегуляция, самоуправление, управление, эволюция, медицина, МАНБРИК-технологии, самоорганизация, самосохранение, синергетика, кибернетика

## **Введение. Универсальные процессы и факторы эволюции**

В исследовании эволюции и особенно мегаэволюции важную роль играют концепции, позволяющие рассматривать ее в крупном масштабе. Одной из таких концепций стала Большая, или Универсальная, история (Christian, McNeill 2011). Для подобного изучения важно опираться на фундаментальные и крупномасштабные процессы и закономерности, сквозные тренды, системные характеристики и универсальные факторы. Среди таковых, например, можно выделить усложнение структур и систем, рост энергетической эффективности, энтропию, самоорганизацию и др. Одной из важных универсальных и базовых характеристик, на наш взгляд, также является саморегуляция систем. Саморегуляция наблюдается на различных уровнях природы – от наноразмерности (Makino *et al.* 1992) до популяций животных (Wynne-Edwards 1965), от кристаллов до обществ и Мир-Системы (Bandura 1999; Cummings 1978; Grinin *et al.* 2012; Pearce 1987; Гринин, Коротаев 2009; 2014); в системах и отдельных трендах развития (Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015). При этом ее значение в эволюции сложных систем возрастает и становится исключительно важным. Настоящая статья посвящена анализу саморегуляции систем, роль которой, по нашему мнению, в эволюционных исследованиях недооценена.

Как мы покажем далее, на высших стадиях эволюции саморегуляция переходит в самоуправление. Исследование таких систем проводилось в кибернетическом аспекте, однако мы полагаем, что важные закономерности развития самоуправляемых систем в неживом и живом мире, обществе и технологиях могут быть обнаружены и с помощью междисциплинарных эволюционных парадигм, а также концепций синергетики и других обобщающих областей знания.

## I. САМОРЕГУЛЯЦИЯ И КИБЕРНЕТИКА

### Понятия саморегуляции

Саморегуляция в нашем понимании есть способность систем к сохранению устойчивости и базовых параметров в изменяющихся условиях. В литературе нет отдельных исследований, посвященных ее изучению. Простые системы изучаются с точки зрения самоорганизации, самонастройки и др. Понятие самоорганизации ключевое для простых открытых систем, оно использовалось еще основоположниками кибернетики, например У. Эшби (Ashby 1962), и синергетики – Г. Хакеном. По Хакену, «самоорганизация – это процесс упорядочения в открытой системе, за счет согласованного взаимодействия множества элементов ее составляющих» (Хакен 1985). Сложные системы изучаются с точки зрения управления. Однако необходимо сказать, что кибернетика – наука об управлении в сложных управляемых системах, начиная с достаточно высокоорганизованных биологических организмов (не всех биологических организмов, а тех, у которых есть центральная нервная система и мозг), а также технических и социальных систем (Бир 1963; Глушков 1986; Розанова 2009). Соответственно, если мы пытаемся (как предпринято в настоящей статье) распространить некоторые идеи и принципы на неживые природные системы, мы должны использовать и соответствующую терминологию либо особо интерпретировать содержание уже имеющихся терминов. В этом плане особенно важными становятся понятия регуляции и саморегуляции, которые могут охватить большое количество систем и случаев.

### Информация и выбор стратегии поведения

Кибернетика (наука об общих закономерностях получения, хранения, передачи и преобразования информации в сложных управляющих системах) рассматривает процессы саморегуляции в сложных системах с точки зрения преобразования информации. Напомним, что кибернетика рассматривает деятельность сложных систем. Каждый действующий объект способен поглощать информацию из внешней среды и использовать ее для выбора правильного поведения. Информация при этом трансформируется и преобразуется, а также искажается помехами, «шумом», на пути к объекту и внутри него и теряется в противостоянии с энтропией, то есть с борьбой с шумом, искажающим информацию. Для решения задач выделения и фильтрации полезного сигнала из его смеси с шумом было выведено уравнение Винера – Хопфа:

$$\beta\varphi(x) = \lambda \int_0^{\infty} K(\chi - s)\varphi(s)ds + f(x),$$

где  $\varphi(x)$  – искомая функция;  $f(x)$ ,  $K(\chi - s)$  – известные функции;  $\lambda$ ,  $\beta$  – параметры.

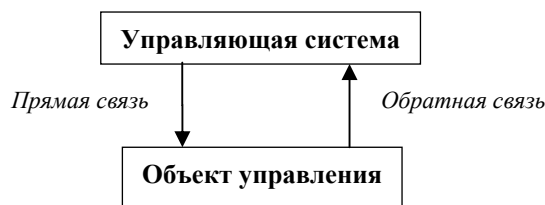
Уравнение также применяется при решении задачи радиационного равновесия внутри звезд.

Некоторые относительно простые системы без элемента управления способны к хранению, иными словами, к «запоминанию» информации, в связи с чем могут более эффективно поддерживать свое состояние в изменяющихся условиях. Регуляция в таких системах опирается на «выбор» системы. По выражению одного из пионеров в исследовании сложных систем У. Эшби, в той степени, в какой каждая детерминированная система стремится к равновесию, она совершает и выбор (Эшби 1959). Другими словами, переходя от любого состояния к состоянию равновесия, система совершает выбор в том объективном смысле, что некоторые состояния ею отвергаются, а сохраняются только те, в которые она переходит. Соответственно такое «запоминание» информации и вариативность выбора могут создавать иногда и принципиально новые ситуации, способствующие возникновению новых более удачных, экономичных моделей, что открывает путь для эволюции.

### Управление и саморегуляция

Если же поведение кибернетических систем изменяется в результате контролируемых действий системы, то есть направленно, можно говорить о наличии управления. Функции управления разнообразны, но в значительной, а то и основной мере их целью является поддержание постоянства значений тех или иных параметров, то есть управление переводит функции саморегуляции на более высокий уровень. Для более сложных систем в качестве целей возникают задачи приспособления к меняющейся среде и даже «познания» законов таких изменений.

Управление в кибернетической системе схематически можно представить в виде двух компонентов – объекта управления и управляющей системы (см. Рис. 1).



**Рис. 1.** Схематичное изображение процесса управления

Управляющая система по каналам прямой связи обычно через множество посредников (эффекторов) передает воздействия на объект управления. Информация о состоянии объекта управления воспринимается с помощью

рецепторов и анализаторов и передается по каналам обратной связи в управляющую систему. Система с управлением обычно имеет каналы связи не только с объектом управления, но и с окружающей средой. Среда может выступать как источник различных помех и искажений в системе. В этом случае в задачу управляющей системы входит фильтрация помех.

Одним из простейших видов управления является так называемое программное управление – это управление режимом работы объекта по заранее заданной программе. Оно может осуществляться как с использованием обратной связи, так и без нее, что называется автоматическим управлением. Системы с программным управлением с замкнутой цепью воздействия могут функционировать с оптимизацией и без оптимизации режима работы управляемого объекта.

Весьма простым видом управления является также классическое авторегулирование, цель которого состоит в поддержании постоянного значения того или иного параметра (или нескольких независимых параметров) (БСЭ 1978). Примером может служить система автоматического регулирования температуры воздуха в помещении, когда специальный термометр-датчик измеряет температуру воздуха, а управляющая система сравнивает эту температуру с заданной величиной  $t_0$  и формирует управляющее воздействие  $-k(t - t_0)$  – на задвижку, регулирующую приток тепловой воды в батареи центрального отопления. Знак «минус» при коэффициенте  $k$  означает, что регулирование происходит по закону отрицательной обратной связи. Отрицательная обратная связь необходима для обеспечения устойчивости процесса регулирования. Устойчивость системы означает, что при отклонении от положения равновесия (когда  $t = t_0$ ) как в одну, так и в другую сторону система стремится автоматически восстановить это равновесие. Возможны системы, в которых принцип программного управления комбинируется с задачей регулирования в смысле поддержания устойчивого значения той или иной величины. Так, например, в описанный регулятор комнатной температуры может быть встроено программное устройство, меняющее значение регулируемого параметра. Задачей такого устройства может быть, скажем, поддержание температуры  $+20^\circ\text{C}$  в дневное время и снижение ее до  $+16^\circ\text{C}$  в ночные часы. Функция простого регулирования перерастает здесь в функцию слежения за значением программно изменяемого параметра. В более сложных следящих системах задача состоит в поддержании (возможно, более точном) некоторой фиксированной функциональной зависимости между множеством самопроизвольно меняющихся параметров и заданным множеством регулируемых параметров. Примером может служить система, непрерывно сопровождающая лучом прожектора маневрирующий произвольным образом самолет. В так называемых системах оптимального управления ос-

новой целью является поддержание максимального (или минимального) значения некоторой функции от двух групп параметров, называемой критерием оптимального управления. Параметры первой группы (внешние условия) меняются независимо от системы, параметры второй группы являются регулируемыми, то есть их значения могут меняться под воздействием управляющих сигналов системы.

Простейший пример оптимального управления снова дает задача регулирования температуры комнатного воздуха при дополнительном условии учета изменений его влажности. Величина температуры воздуха, дающая ощущение наибольшего комфорта, зависит от его влажности. Если влажность все время меняется, а система может управлять лишь изменением температуры, то естественно в качестве цели управления поставить задачу поддержания температуры, которая давала бы ощущение наибольшего комфорта. Это и будет задача оптимального управления. В случае, когда нерегулируемые параметры в системе оптимального управления на том или ином отрезке времени меняются, функция системы сводится к поддержанию таких постоянных значений регулируемых параметров, которые обеспечивают максимизацию (или минимизацию) соответствующего критерия оптимального управления. Здесь, как и в случае обычного регулирования, возникает задача устойчивости управления. При проектировании относительно несложных систем подобная устойчивость достигается за счет соответствующего выбора параметров проектируемой системы. В более сложных случаях, когда количество возмущающих воздействий и размерность системы очень велики, иногда оказывается удобным для достижения устойчивости прибегать к самонастройке и самоорганизации систем<sup>1</sup>.

При этом некоторая часть параметров, определяющая характер существующих в системе связей, не фиксируется заранее и может изменяться системой в процессе ее функционирования. Система имеет специальный блок, регистрирующий характер переходных процессов в системе при выведении ее из равновесия. При обнаружении неустойчивости переходного процесса система меняет значения параметров связей, пока не достигнет устойчивости. Системы такого рода принято называть ультраустойчивыми. При большом количестве изменяемых параметров связей

---

<sup>1</sup> В самонастраивающихся системах накопление опыта выражается в изменении значений отдельных параметров, а в самоорганизующихся системах – в изменении самой структуры системы либо в собственно создании новой структуры из неорганизованного состояния или даже из хаоса (так называемый порядок из хаоса). Как известно, такими пограничными состояниями, когда происходит самоорганизация, либо, наоборот, распад порядка, либо переход к новому важному аттрактору (в том числе и к так называемому странному аттрактору), занимается синергетика.

случайный поиск устойчивых режимов может занимать слишком много времени. В таком случае применяются те или иные способы ограничения случайного перебора, например разбиение параметров связей на группы и осуществление перебора лишь внутри одной группы (определяемой по тем или иным признакам). Такого рода системы называют обычно мультиустойчивыми. Большое разнообразие ультраустойчивых и мультиустойчивых систем дает биология. Примером может служить система регулирования температуры крови у человека и теплокровных животных.

Некоторые ультраустойчивые и мультиустойчивые системы за счет способности поддержания равновесия под воздействием множества различных неустойчивых условий приобретают способность к самоуправлению.

## II. САМОРЕГУЛЯЦИЯ И САМОУПРАВЛЕНИЕ

В кибернетике есть понятие *самоуправление*, но оно используется лишь для живых и социальных систем и не используется в отношении технических и иных искусственных систем (биотехнических, программных и пр.). Мы вводим понятие самоуправляемых систем для такого рода высокосложных и «умных» систем, расширяя возможности использования принципов кибернетики для характеристик многих уже существующих и прогнозируемых технологий, а также комбинаций управления в техносоциальных системах.

Самоуправление является частным случаем саморегуляции, ее наиболее развитой формой.

Ниже мы опишем, как саморегуляция проявлялась и проявляется в развитии Вселенной, как появление самоуправляемых систем влияет на эволюцию и можно ли ожидать развития таких высокоорганизованных систем в жизни человека.

### Саморегуляция и энтропия

Перед тем как приступить к анализу развития саморегуляции в Большой истории, следует остановиться на роли саморегуляции в существовании систем в аспекте противоположности между законом термодинамики и убыванием энтропии.

Согласно первому закону термодинамики энергия, полученная системой, идет на изменение ее внутренней энергии и совершение работы против внешних сил.

Согласно второму закону термодинамики энтропия не убывает в замкнутых системах. В 1870-е гг. Л. Больцман сформулировал правило, согласно которому энтропия замкнутой системы не убывает, она всегда увеличивается или в предельном случае остается постоянной.

Правило получило название *H*-теоремы и описывается формулой:

$$H \stackrel{\text{def}}{=} \int P(\ln P) d^3v = \langle \ln P \rangle,$$

где  $P(v)$  – вероятность.

Используя уравнение Больцмана, можно показать, что *H* не может возражать.

Однако это правило работает не всегда. По словам Н. Винера, в мире, где энтропия в целом стремится к возрастанию, существуют местные и временные островки уменьшающейся энтропии. Механизм их возникновения состоит в естественном отборе устойчивых форм; здесь физика непосредственно переходит в кибернетику (Винер 1983).

Откуда же возникают «местные и временные островки уменьшающейся энтропии», о которых говорил Винер?

### Саморегуляция и самоорганизация

Эволюция в определенном (энергетическом) аспекте могла быть определена как совершенствование способов живого и социального противостоять энтропии, нарастающему хаосу и беспорядку. Единственный способ преодолеть хаос – самоорганизация. Самоорганизация – это процесс упорядочения элементов одного уровня в системе за счет внутренних факторов, без внешнего специфического воздействия (Beer 1994; Foerster, von Zopf 1962). Самоорганизация – одна из начальных форм саморегуляции. Но, с другой стороны, самоорганизация и саморегуляция могут рассматриваться как разные фазы жизни системы.

В любой открытой системе, в которой в течение времени происходит обмен веществ и энергии с окружающей средой, с мощностью потока рассеиваемой свободной энергии, осуществляется трансформация этой энергии на поток, затрачиваемый на внутреннюю полезную работу, и поток бесполезно рассеиваемой энергии (некомпенсированной теплоты необратимого процесса, по Клаузиусу).

В результате за счет свободной энергии обменного процесса, стремящегося к равновесию энтропийного процесса, совершается процесс, стремящийся к неравновесию, – антиэнтропийный, который и приводит к самоорганизации системы, то есть к ее неравновесному упорядочению (Руденко 1955).

Процессы организации и самоорганизации происходят самопроизвольно и обусловлены имманентными свойствами системы; при этом долгое время считалось, что нарушения второго закона возможны лишь при сознательном вмешательстве человека. Для обозначения естественных антиэнтропийных процессов упорядочения, имеющих иную природу, чем

процесс равновесной организации (например, кристаллизации), стал применяться термин *самоорганизация*.

При этом самоорганизация способствует развитию и усложнению систем. Обычно такие развивающиеся системы немногочисленны (если сравнивать их с масштабом окружающей среды) и, по сравнению Чейсона (см. его работу в настоящем ежегоднике; см. также: Чейсон 2012), составляют лишь «островки растущей сложности». Такие открытые неравновесные системы, например галактики, звезды, планеты и формы жизни, в числовом отношении более чем уравновешены океаном беспорядка, увеличивающимся повсеместно в окружающей эти системы среде.

В статье Чейсона в настоящем ежегоднике на Рис. 2 «Значения плотности энергии,  $\Phi_m$ , для некоторых сложных систем в Большой истории согласно полулогарифмической шкале в соответствии со временем своего появления» (см. с. 120) показано, каким образом физический, биологический и культурный типы эволюций за 14 млрд лет превратили простейшую первичную материю в прогрессивные сложные и изощренные структуры. В графике указаны значения величины, характерные для общей категории, к которой относится та или иная система. График демонстрирует многолинейность и вариативность эволюции, которая обеспечивается в том числе разнообразием саморегуляции и большой амплитудой ее настройки. Это позволяет саморегулируемым системам занимать максимальное количество ниш в эволюционных процессах и переходить на новые уровни эволюции.

### **Саморегуляция в звездах**

Как мы уже говорили, развитие саморегуляции систем представляется нам одним из наиболее важных трендов эволюции в целом. В значительной мере таковыми выступают уже звезды, способные после истощения определенных видов «горючего» переходить на другие его виды (за счет новых реакций) и соответственно поддерживать свои размеры и форму.

Образование звезд также считается саморегулируемым процессом.

Один из вариантов первичного звездообразования, описанный И. С. Шкловским (1984), который с современных позиций, правда, выглядит уже устаревшим, свидетельствует о том, что в ранний период вместе с массивными звездами образовалось и много мелких звезд (нынешние субкарлики, почти лишенные тяжелых элементов). Массивные звезды, «прожив» недолго, взрывались, частота их взрывов была в десятки раз больше, чем сейчас, соответственно процесс обогащения межзвездной среды тяжелыми элементами закончился сравнительно быстро, за несколько сот миллионов лет самой ранней истории Вселенной. Вероятность того, что частота смерти «жителей» первой генерации будет гораздо выше, чем «населения» последующих генераций, в целом не противоречит логике



эволюции. И такие процессы можно увидеть на верхних ее «этажах». Так, первые поколения политий (так называемых вождеств и ранних государств) были довольно неустойчивы, в то время как последующие поколения, обогатившись историческим опытом, могли существовать дольше. Поскольку за счет саморегуляции (с использованием тяжелых элементов) в настоящее время образуются в основном звезды умеренных размеров, а потому более устойчивые, можно сделать вывод о том, что способность к саморегуляции систем даже в неживой природе растет, а размеры объектов оптимизируются. В этой связи напрашивается и пример из истории биологии, в которой мы видим, как размеры животных меняются в связи с изменениями условий жизни, но в целом в последние эпохи общий вектор ведет к тому, что размер животных оптимизируется (Гринин 2013).

Галактика также является сложной и в значительной мере саморегулирующейся системой, которую описывают различными моделями (Норкин *et al.* 2011; Kim *et al.* 2011; Trujillo-Gomez *et al.* 2014).

Существуют точки зрения, которые не являются общепринятыми, но тем не менее достаточно интересно описывают возможности такой саморегуляции. Согласно одной из них, центры галактик являются своеобразным «молохом», перемалывающим звезды в газ и пыль. Причем не только перемалывающим, но и созидающим вместо них новые поколения звезд. Выбрасывая их вместе с газопылевой материей в межгалактическое пространство, галактики тем самым «омолаживают» Вселенную, поддерживая в ней постоянный круговорот вещества. Таким образом, круговорот веществ в природе, в результате чего происходят процессы обновления и перемешивания вещества, идет на всех уровнях – как пространственных, так и эволюционных. Скопления галактик в среднем состоят из 500–1000 галактик. Скопления имеют достаточно упорядоченную структуру, включая, вероятно, массивное ядро в центре. Сверхскопления галактик представляют собой образования, состоящие из скоплений (от двух до двадцати) и групп галактик, а также изолированных галактик. Всего известно более двадцати сверхскоплений, включая нашу Местную группу (Горбунов, Рубаков 2006; Гринин 2013). Хотя в галактиках объединены очень разные звезды, расположение старых и молодых звезд имеет особенности, что, возможно, связано с саморегуляцией в рамках галактических систем, особенностями звездообразования, которое происходит большими группами, или с другими причинами. Так, в рамках нашей галактики более молодые звезды, например Солнце (возрастом несколько миллиардов лет), в целом более крупные, горячие и яркие, располагаются в плоскости диска и особенно внутри рукавов, а на периферии (в гало) – старые, возрастом превышающие 12 млрд лет (что в целом и определяет возраст нашей галактики; по последним данным, возраст внутреннего гало составляет 11,4 млрд лет плюс-минус 700 млн лет). Но естественно, что

старые и молодые звезды могут находиться рядом. Так, близко к центру (балджу) также находится много старых звезд, хотя встречаются и молодые, образовавшиеся за счет вещества, появившегося из распавшихся старых звезд. Наибольшая плотность звезд – в центре галактики, где она достигает нескольких звезд на один кубический парсек (Гринин 2013).

Как мы уже сказали, самоорганизация и саморегуляция тесно связаны, по сути представляя собой разные фазы одного процесса. В этом плане в космической эволюции огромную роль играет гравитация, позволяющая звездам образовываться из газопылевых облаков, которые при уплотнении разогреваются и запускают термические реакции (Там же). Соответственно почти сразу же возникают и процессы саморегуляции в формирующейся системе; разумеется, в таких молодых системах они существенно отличаются от аналогичных процессов в уже сформированных системах. То же можно сказать и о процессе формирования планет.

Таким образом, на самых первых фазах Большой истории преобладали процессы самоорганизации, а затем важную роль стали играть процессы саморегуляции, позволяющие системам самосохраняться. При этом постепенно способность к самосохранению за счет более эффективных механизмов саморегуляции возрастала. Так, хотя мы об этом и не говорили в настоящей статье, важно отметить, что первые звезды, не имеющие в своем составе тяжелых элементов и состоящие в большем процентном отношении из водорода и гелия, были по размерам крупнее современных и менее устойчивы, длительность их жизни была короче (см. подробнее: Гринин 2013). По мере накопления во Вселенной других химических элементов способность звезд к саморегуляции увеличивалась, а вместе с появлением новой генерации звезд выросла и продолжительность существования этих систем (Там же).

Различные варианты и механизмы саморегуляции на уровне систем без органов управления можно увидеть и в химической эволюции. Важнейший переход к новому качеству в саморегуляции демонстрирует появление жизни.

### **Саморегуляция в живых системах**

Саморегулируемые системы очень распространены в живом мире. Клетка, орган, организм – все это примеры таких систем.

Как мы уже говорили, в сложных самоуправляемых системах, подобных биологическим, выделяется специальная управляющая подсистема и периферийные подсистемы разного назначения. Мозг и нервная система – яркий пример развития таких подсистем в сложной самоуправляемой системе организма животных.

Появление жизни связано с формированием саморегулируемых систем. Одна из основных особенностей живого заключается в том, что вся

информация о строении и функционировании организма закодирована в специальной молекуле. По основной версии первой такой молекулой стала РНК. Хотя стоит отметить, что РНК возникла не сразу. Считается, что первоначально кодирующей молекулой мог быть белок, однако он проиграл по вариативным возможностям (Григорович 2004).

Большая вариативность и наличие обратной связи в системе привели к возможности саморепликации органических молекул. Саморепликация – яркий пример саморегуляции. Активность первых самореплицирующихся молекул хорошо демонстрирует эксперимент с РНК Шпигельмана (или монстром Шпигельмана, названным так за невероятную скорость самовоспроизведения). В эксперименте извлеченная РНК вместе с особым ферментом – РНК-репликазой – была помещена в смесь свободных нуклеотидов. В таком окружении РНК начала реплицироваться. Через некоторое время она была извлечена и помещена в новую свежую смесь. Этот процесс повторялся много раз. Все более короткие цепочки РНК были способны реплицироваться и делали это быстрее. После 74 поколений оригинальная РНК вируса длиной в 4500 нуклеотидных оснований была уменьшена до 218. Эта короткая РНК была способна реплицироваться очень быстро. Позже Манфред Сампер и Рюдигер Льюс в лаборатории Эйгена продемонстрировали, что в смеси, вообще не содержащей РНК, а содержащей только нуклеотиды и Q $\beta$ -репликазу, может при определенных условиях спонтанно возникнуть самореплицирующаяся РНК, которая эволюционирует в нечто подобное монстру Шпигельмана (Samper, Luce 1975).

Саморегуляция, особенно при наличии управления, со временем порождает новые возможности, а значит, увеличивает вариативность. Чем сложнее система и чем больше вариативность, тем сложнее становится управление. При большой вариативности идет отбор систем, которые способны к обучению и избегают одних и тех же ошибок. Как мы уже говорили, наиболее развитые – самоуправляемые системы. Они способны к постоянному обучению и гибкому изменению программы управления. Такое управление сложными вариативными системами оказывается наиболее оптимальным. И как мы увидим далее, к нему приходят системы совершенно разной природы: от живых до социальных и технологических. Вариативность или изменчивость – обязательное условие эволюции, особенно при росте ее темпов. Но они же тесно связаны с саморегуляцией.

Например, в ДНК живых существ нет четких директив. Сложно даже представить, какой длины должна быть цепочка ДНК, чтобы она уместила все алгоритмы, накопившиеся за миллиарды лет. Вместо этого ДНК содержит только основные правила. В этом проявляется так называемое правило модульности, или эволюционной «блочной сборки». Когда система достигает определенного уровня совершенства и зрелости, она

начинает использоваться в эволюции целиком (единым узлом, блоком). В процессе адаптации и специализации этот блок подвергается своего рода подгонке для соответствующего организма (общества) (см.: Гринин и др. 2008)<sup>2</sup> на молекулярно-генетическом уровне (происхождение новых генов и генных сетей путем перекombинирования уже имеющихся, «апробированных» естественным отбором фрагментов ДНК).

Одним из первых авторов идеи блочного принципа самосборки живых систем (а заодно и идеи естественного отбора) был Эмпедокл (490–430 гг. до н. э.), полагавший, что живые существа «собирались» случайным образом из готовых частей (ног, голов и т. д.), причем удачные комбинации выживали, а неудачные – погибали.

В настоящее время о принципе блочности биологической эволюции (о социальной в этом плане практически не упоминают) говорит целый ряд ученых. «По-видимому, эволюция использует технологический прием сборки готовых блоков», – отмечает В. А. Красилов (1984). «Принцип самоорганизации белков и РНК отражает этапы формирования блочных субструктур» (Ратнер и др. 1985). «Новое почти всегда создается комбинированием прежних блоков; новые единицы комбинирования появляются очень редко» (Чайковский 2003).

Блочный принцип формирования новых подсистем, систем и групп имеет всеобщий характер. Он проявляется не только при формировании новых видов или обществ, но и при трансформации уже существующих. Как биологические, так и социальные системы способны перенимать друг у друга отдельные «изобретения» и новые структурные элементы.

Например, у прокариот широко распространена способность к «естественной трансформации» – усвоению ДНК из внешней среды и встраиванию ее в свой геном, что ведет к немедленному преобразованию (трансформации) фенотипа.

Горизонтальный обмен генами делает многие полезные генетические «изобретения» в буквальном смысле общим достоянием в микробных сообществах. Именно так, например, обстоит дело в сообществах морских планктонных микробов с генами протеородопсинов – белков, позволяющих частично утилизировать энергию солнечного света. В отличие от белков, участвующих в осуществлении настоящего фотосинтеза, протеородопсинам для эффективной работы не требуется «помощь» множества других специализированных белков, поэтому для приобретения полезной функции микроорганизмам достаточно заимствовать единичный ген.

Особым вариантом проявления правила эволюционной «блочной сборки» можно считать комплексные заимствования целых генных систем. Хотя они происходят значительно реже, однако и последствия таких

---

<sup>2</sup> При подготовке настоящего раздела использованы материалы этой книги.

событий могут быть гораздо более значительными. Своеобразный и очень распространенный вариант «заимствования» или «перенимания нового элемента» – это образование симбиотических систем, что порой приводит фактически к образованию нового единого организма из нескольких разных организмов. Роль таких систем часто недооценивается, но в действительности все функционирование современной биосферы основано именно на них. В качестве примеров можно привести наземные растения (которые не смогли бы достичь эволюционного успеха без симбиоза с азотфиксирующими бактериями и микоризными грибами и без кооперации с насекомыми-опылителями), растительноядных животных – как насекомых, так и позвоночных, которые не в состоянии переваривать наиболее массовые виды растительной пищи без симбиоза со специализированными микроорганизмами.

Симбиозы могут быть не только между отдельными элементами системы. Возможно также и комплексное объединение элементов в новую систему, как это произошло с химическими элементами, которые объединились в так называемую коацерватную каплю. Коацерватные капли – это сгустки, подобные водным растворам желатина. Таким образом, в силу своих химических свойств они способны объединяться во многие молекулы. Коацерватные капли возникают также при простом смешивании разнообразных полимеров. Установлено, что они способны образовываться в концентрированных растворах белков и нуклеиновых кислот. Коацерваты имеют важное значение в ряде гипотез о происхождении жизни на Земле, согласно которым они представляют собой предка живой клетки. При этом полимерные молекулы «собираются» во многомoleкулярные фазово-обособленные образования. Автором этой теории является советский биохимик академик А. И. Опарин (1924 г.). Позже Опарина и независимо от него к аналогичным выводам пришел английский ученый Дж. Холдейн. Опарин полагал, что переход от химической эволюции к биологической требовал возникновения индивидуальных фазово-обособленных систем, способных взаимодействовать с окружающей средой (Опарин 1941). Таким образом, за счет создания изолированной саморегулируемой системы химические вещества образовали биологическую систему (Серебровская 1971; Трошин 1956).

В период химической эволюции химические вещества создавали конгломераты и постоянно усложнялись. Такие системы оказались способными к простой самоорганизации, как, например, липиды способны изменять форму при взаимодействии с водой, сохраняя при этом свою химическую структуру. Возможности самоорганизации обрели качественно новый уровень при появлении самореплицирующейся молекулы, которой считают молекулу РНК. Судя по всему, предковая РНК обладала невероятной по сегодняшним меркам способностью к самокопированию. Такое

явление прослеживается на самых разных этапах эволюции в Большой истории. При обретении определенными формами некоторых эволюционных преимуществ возникает их экспансия в занятия тех или иных ниш.

Но это касается далеко не всех переходных форм. Напротив, за счет накопленных потенций они обладают большой вариативностью своих системных свойств и в то же время за счет высоких потенций обладают очень большими возможностями к трансформациям. Это также предполагает дополнительные потенции к самоорганизации и эволюционности, но одновременно может быть связано и с пониженной потенцией к саморегуляции (способность эволюционировать и устойчивость – в целом противоположные качества, хотя в отдельных случаях происходит их синтез, и тогда может случиться эволюционный рывок). Именно поэтому переходные формы преходящи и часто не оставляют следов. Так, первые звезды существовали меньше, чем современные, так как сгорали быстрее. Во время революций формы законодательных и административных организаций, конституции часто меняются, как в калейдоскопе: это связано с процессом поиска наиболее оптимальных и устойчивых форм, то есть форм, обладающих высоким уровнем саморегуляции.

Образование сложных систем, таких как ДНК, белки, ферменты и др., потребовало создания систем управления. Чем сложнее становилась система, тем больше усложнялось ее управление. При этом для преодоления энтропии системы пытались создать механизмы, изолирующие их от прямых неупорядоченных контактов с окружающей средой, формируя защитные (изоляцияционные) оболочки и т. п., так чтобы можно было регулировать контакты внутренних частей системы со средой. Так образовались первые коацерваты, затем клетки. Клетка стала основной саморегулируемой системой живого, с помощью которой в процессе эволюции методом «блочной сборки» формировались организмы. Появление нервной системы, особенно головного мозга, стало началом формирования саморегулируемых систем. Развились органы чувств, организмы стали способны принимать сложные решения, анализировать свое поведение и окружающую среду, учиться и передавать накопленный опыт. Особенно это получило развитие у человека, мозг которого можно без преувеличения назвать самой сложной из известных систем самоуправления.

### **III. САМОРЕГУЛЯЦИЯ В ОБЩЕСТВЕ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ РЕВОЛЮЦИИ**

#### **Рост способности к управлению и самоуправлению в истории**

В человеческом обществе существует большое количество примеров самых разных саморегулируемых и самоуправляемых систем. Объединение людей в саморегулируемые группы давало больше возможностей в решении общих задач. Можно проследить, как росли величина и сложность общественных форм от простых (вроде общинных, локальных, родственных или иных небольших групп) до среднесложных (поселений во главе с бигменами, небольших племен, простых вожеств или их аналогов), а затем до сложных обществ (крупных иерархических вожеств, городских общин и полисов, конфедераций племен или общин и т. д.), включая и ранние государства (Гринин, Коротаев 2009). Можно также проследить, как в течение тысячелетий ранние государства становились более сложными и устойчивыми, как они переходили на эволюционную стадию развитых государств, то есть централизованных, еще более устойчивых и имеющих более тесное соответствие между социальным и политическим устройством общества. Наконец, можно понять, как вместе с переходом к индустриальному производству развитые государства стали формироваться в зрелые, объединяющие уже не плохо сплоченные народности, состоящие из региональных групп со значительными культурно-языковыми различиями, а культурные и грамотные нации, объединенные общей идеологией и современными коммуникациями. Наконец, можно увидеть, как зрелые классовые государства в XX в., терзаемые внутренними социальными конфликтами, стали трансформироваться в социальные государства, важнейшей задачей которых стала поддержка малоимущих и незащищенных слоев населения (об эволюции государственности см.: Гринин 2010).

Переход на каждый новый этап сложности был связан с ростом сложности управления и уровней управления. Так, например, простое вождество имеет три уровня управления: вождь – руководители отдельных поселений или кварталов – домохозяйства. Даже самое примитивное государство – четыре-пять уровней управления. Современное государство – не менее семи-восьми. При этом растет и способность отдельных подсистем государства, отдельных его ведомств, корпораций и т. п. как к саморегуляции, так и к самоуправлению, а также к сложной кооперации в рамках большой системы. Все это предмет особого, очень важного и интересного исследования.

Однако в настоящей статье мы хотели бы остановиться на другом аспекте. Мы предполагаем, что саморегуляция в своей высшей форме самоуправления особенно проявится в ближайшие десятилетия в научно-техническом прогрессе и приведет человечество к новому этапу развития, когда человек с помощью технологий сможет влиять на свою биологическую сущность. Для понимания этого следует обратиться к истории наиболее значительных технологических преобразований.

**Производственные революции и рост сложности технических систем.** Согласно нашей концепции (Гринин 2006; Grinin 2007; Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015), из всех многообразных технологических и производственных изменений, имевших место в истории, наиболее глубокие и всеобъемлющие последствия для общества имели три революции. Они определяются нами как производственные (см. Рис. 3). Это:

1. **Аграрная**, или сельскохозяйственная, революция. Ее результат – переход к систематическому производству пищи и на этой базе – к сложному общественному разделению труда. Эта революция связана также с использованием новых источников энергии (силы животных) и материалов.

2. **Промышленная**, или индустриальная, в результате которой основное производство сосредоточилось в промышленности и стало осуществляться при помощи машин и механизмов. Значение этой революции не только в замене ручного труда машинным, а биологической энергии – водной и паровой, но и в том, что она открывает в широком смысле процесс трудосбережения.

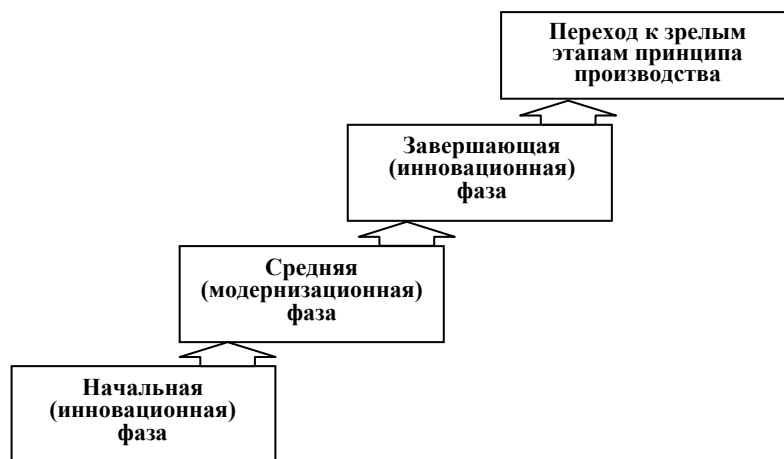
3. **Кибернетическая**, на начальной фазе которой появились мощные информационные технологии, стали использоваться новые материалы и виды энергии, распространилась автоматизация, а на завершающей произойдет переход к широкому использованию самоуправляемых систем.



**Рис. 3.** Производственные революции в истории

Цикл каждой производственной революции выглядит следующим образом: *начальная инновационная фаза* (появление нового революционизирующего производственного сектора) – *модернизационная фаза* (распространение, синтез и улучшение новых технологий) – *завершающая инновационная фаза* (доведение возможностей новых технологий до развитых характеристик) (см. Рис. 4).





**Рис. 4.** Структура производственных революций (фазы и их типы)

### Кибернетическая революция. Характеристики

Кибернетическая революция так же, как и предыдущие, совершается в три фазы.

**Начальная (научно-информационная) фаза** датируется 1950–1990-ми гг.

Происходит прорыв в автоматизации, энергетике, в области синтетических материалов, космических технологий, в освоении космоса и морской акватории, сельском хозяйстве, но особенно – в создании электронных средств управления, связи и информации.

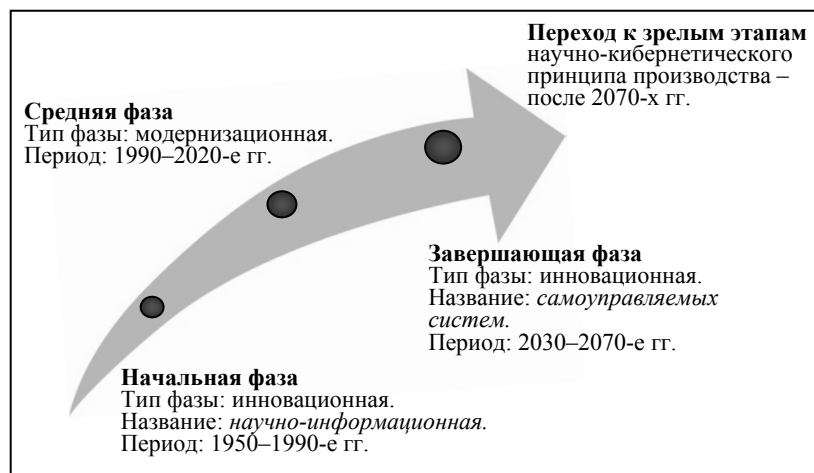
В середине 1990-х гг. началась **средняя (модернизационная) фаза**, которая, по нашим предположениям, продлится до 2030 г. или начала 2040-х гг. Она характеризуется мощным улучшением и распространением инноваций, сделанных на начальной фазе, в частности широким распространением удобных в обращении компьютеров, средств связи, а также формированием макросектора услуг, среди которых важнейшее место стали занимать информационные и финансовые услуги. В то же время подготавливаются инновации, необходимые для начала завершающей фазы кибернетической революции. В период ближайших 15 или более лет мы не предполагаем радикальных технологических прорывов, напротив, считаем, что так называемая «технологическая» пауза затянется (см.: Гринин 2013; Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015: прил. 2).

**Завершающая** инновационная фаза начнется в 2030–2040-х гг. и продлится до 2060–2070-х гг. На завершающей фазе кибернетической революции произойдет переход к широкому использованию самоуправляемых систем (*то есть систем, которые могут регулировать свою дея-*

тельность самостоятельно, при минимальном вмешательстве человека или полном его отсутствии).

Кибернетическая революция – это крупнейший технологический переворот от индустриального принципа производства к производству и услугам, базирующимся на работе саморегулирующихся систем. В целом она станет революцией управляемых систем (см.: Гринин 2013; Гринин А. Л., Гринин Л. Е. 2015; Grinin A. L., Grinin L. E. 2015).

Эта революция названа нами кибернетической, потому что основной ее смысл заключается в широком создании и распространении самоуправляемых автономных систем, способных активно ориентироваться и адаптироваться на основе полученной информации (подробнее см.: Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015). Таким образом, основные изменения кибернетической революции будут связаны с резким возрастанием возможностей управления различными процессами и создания самоуправляемых автономных систем, а развитие управляемости систем можно характеризовать как главный вектор кибернетической революции. Соответственно анализ управляемых и самоуправляемых систем может опираться на идеи **кибернетики** как науки об управлении различными сложными управляемыми системами (биологическими, социальными и техническими) благодаря приему, трансформации и передаче информации<sup>3</sup>.



<sup>3</sup> См.: Винер 1983; Бир 1963; Эшби 1966; Foerster, Zopf 1962; Umpleby, Dent 1999; Теслер 2004; Глушков 1986; Beer 1994; Розанова 2009. В плане кибернетики небезынтересна и книга Станислава Лема «Сумма технологий» (1968; см. также: Могилевский 1999; Плотинский 2001; Истон 1997). Кибернетика также часто определяется как наука об информации, но сама информация при этом уже в работах Н. Винера, то есть с конца 1940-х гг., рассматривалась прежде всего как некие сигналы, с помощью которых осуществляется процесс управления. Например, кибернетика может определяться как наука об общих законах получения, хранения, передачи информации в сложных управляющих системах (Энциклопедия... 1975: 12).

**Рис. 5.** Фазы кибернетической революции**Самоуправление в кибернетической революции**

Как мы уже говорили, самоуправление – наиболее развитая форма саморегуляции. Подобно тому как в процессе усложнения и эволюции простые саморегулируемые элементы переходили в сложные самоуправляемые (например, простейшие нервные клетки – в центральную нервную систему), так и технологии переходят от механических к автоматизированным, от автоматизированных к саморегулируемым и затем к самоуправляемым. Это, конечно, не значит, что каждая технология должна пройти такое развитие. Уже сейчас наряду с автоматизированными и саморегулируемыми системами существуют самоуправляемые технологии, особенно в космической отрасли. Жизнеобеспечивающие системы (такие как аппарат искусственного дыхания или искусственное сердце) могут регулировать целый ряд параметров, выбирать наиболее подходящий режим и определять критические ситуации для жизни человека. Имеются также специальные программы, которые могут определять ценность акций и других ценных бумаг, реагировать на изменение их стоимости, самостоятельно покупать и продавать их, совершать в день тысячи операций и фиксировать прибыль. И это лишь немногие примеры среди уже существующего множества самоуправляемых систем.

Одним из показателей того, что технологии становятся все более самоуправляемыми, является распространение «умных» технологий и вещей, которые достаточно гибким образом реагируют на внешние воздействия. Эта тенденция будет возрастать в процессе кибернетической революции. Простым, но наглядным примером может быть подушка, которая «запоминает» форму головы пользователя. Другой пример – очки-хамелеоны, стекла которых меняют окраску в зависимости от освещения. Спектр сложности «умных» систем весьма велик. Некоторые такие системы можно уверенно назвать самоуправляемыми. Например, «умный дом», в рамках которого система будет следить за всеми важными параметрами внутри жилища и регулировать их в соответствии со вкусами хозяев. Другим примером системы подобного рода можно считать самоуправляемые автомобили, которые уже начали развиваться в наше время.

На завершающей фазе кибернетической революции появится множество самоуправляемых систем, связанных с биологией и бионикой, физиологией и медициной, сельским хозяйством и окружающей средой, нано- и биотехнологиями. Число и сложность таких систем, а равно автономность их работы возрастут на порядки. Кроме того, они смогут существенно экономить потребление энергии и ресурсов. Сама человеческая жизнь будет все более организована через такие саморегулируемые си-

стемы (например, путем мониторинга здоровья, режима, регулирования или рекомендации нагрузки, контроля над состоянием больных, предотвращения противоправных действий и т. п.).

Однако общий вектор прорыва можно обозначить как стремительный рост *возможностей коррекции или даже модификации биологической природы самого человека*.

Разумеется, от первых шагов в этом направлении (в 2030–2040-х гг.) до повсеместного широкого применения пройдет не менее двух-трех десятилетий.

Ведущими технологическими направлениями в фазе управляемых систем станут медицина, аддитивные (3D-принтеры), нано- и биотехнологии, робототехника, информационные и когнитивные технологии. Вместе они сформируют сложную систему саморегулируемого производства. Мы обозначаем этот комплекс как **МАНБРИК**, по первым буквам перечисленных технологий. При этом мы рассматриваем медицину как центральное звено данного комплекса нового уклада<sup>4</sup>.



**Рис. 6.** МАНБРИК-комплекс

Источник: Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015.

Говоря о медицине в кибернетической революции, мы понимаем ее в широком смысле слова, поскольку она будет включать (и уже активно включа-

<sup>4</sup> Среди исследователей технологических укладов довольно распространена аббревиатура NBIC-технологии (или конвергенция), то есть нано-, био-, информационные и когнитивные (см.: Lynch 2004; Dator 2006; Акаев 2012), предполагающиеся как основа шестого технологического уклада. Есть также исследователи (Jotterand 2008), которые считают ведущим в будущем иной набор технологических направлений – GRAIN (геномика, робототехника, искусственный интеллект, нанотехнологии). Мы считаем, что этот комплекс будет существенно шире (см.: Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015).

ет) целый ряд других направлений (например, использование роботов в хирургии и уходе за больными, информационные технологии для удаленной медицины, нейроинтерфейсы для восстановления утраченных способностей; генную терапию и инженерия, нанотехнологии для создания искусственного иммунитета и биочипов, которые мониторят организм; новые материалы для выращивания искусственных органов и многое другое).

Медицина в совокупности с другими МАНБРИК-технологиями изменит качество нашей жизни за счет расширения возможностей воздействия на человеческий организм. Различные приборы будут постоянно следить за нашим здоровьем и активностью. Медицинская помощь таким образом станет постоянной, а нужда во врачах в нынешнем понимании будет исчезать, как исчезла профессия лифтера с появлением автоматики.

Другими словами, мы на пороге постчеловеческой революции. Возможно, она не будет столь радикальной, как представляют себе трансгуманисты, но в любом случае речь идет о существенном продлении жизни, замене все большего числа органов и элементов биологического организма небиологическими материалами, внедрении самых различных самоуправляемых систем в организм для реабилитации или улучшения функционала человека.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Мы считаем, что понятие «саморегуляция», которое описывает способность систем к самосохранению в ситуации меняющихся внешних условиях, является крайне важным по ряду причин.

Во-первых, понятие саморегуляции позволяет объединить в единый тренд (и под единым термином) процессы разной сложности, относящиеся к самосохранению, изменениям, функционированию и усложнению систем в изменяющейся среде. Более того, изучение саморегуляции может быть основой для создания интегральной методологии, объединяющей такие важные междисциплинарные области знания, как кибернетика, синергетика и эволюционистика. В таком аспекте синтеза этих важных направлений исследования, насколько мы знаем, не проводилось.

Во-вторых, наше исследование показывает, что саморегуляция играет значительную роль в мегаэволюции, особенно в переходах эволюции на новые уровни сложности, так как в процессе адаптации или «подгонки» работы систем к резко меняющимся внешним условиям могут происходить важные качественные изменения и эволюционные «находки», способные в дальнейшем широко или даже универсально распространяться.

Саморегуляция проявляется уже на ранних фазах Большой истории, по сути, с появлением первых систем, например первых звезд. Мы показываем, что процессы самоорганизации в известной мере можно рассматривать как предшествующие саморегуляции. Таким образом, на самых первых фазах Большой истории процессы самоорганизации преобладали, а затем важную роль стали играть процессы саморегуляции, позволяющие системам самосохраняться. При этом постепенно способность к самосохранению за счет более эффективных механизмов саморегуляции возрастала. По мере накопления во Вселенной других химических элементов способность звезд к саморегуляции росла, а вместе с появлением новой генерации звезд увеличилась и продолжительность существования этих систем.

Различные варианты и механизмы саморегуляции на уровне систем без органов управления можно увидеть и в химической эволюции, которой мы, к сожалению, не могли уделить достаточно места в данной статье.

Важнейший переход к новому качеству в саморегуляции мы видим с появлением жизни. Биологические системы ярко демонстрируют усложнение саморегуляции в эволюции. От самоорганизации и самонастройки системы переходили к сложному управлению. Развивались анализаторы, периферийные системы, система контроля и управления. Центральная нервная система и мозг образовали сложную саморегулируемую систему, которая особенно развилась у человека.

Важную роль саморегуляция сыграла в социальном развитии, и, на наш взгляд, особенную роль она сыграет в новой технологической революции, которая войдет в свою самую активную фазу в 2030-е гг.

Изучение саморегуляции расширяет наши представления о взаимодействии систем и внешней среды, что также важно для понимания эволюции систем. Саморегуляция к тому же маркирует важный переход от неуправляемых систем к управляемым и от управляемых – к самоуправляемым. Такие переходы важны для понимания эволюционных процессов, поскольку показывают некоторые механизмы качественного перехода к сложным системам.

В-третьих, саморегуляция применима для изучения человеческого общества, в том числе развития нового технологического уклада. Изучение самоуправления в новой производственной (кибернетической) революции позволяет понять ключевые тренды и строить определенные прогнозы в ее развитии.

В этой связи нам представляется, что изыскания в области саморегуляции и самоуправления являются перспективными и многообещающими, и мы надеемся, что наши исследования вносят в них свой вклад.

### Библиография

- Акаев А. А. 2012.** Математические основы инновационно-циклической теории экономического развития Шумпетера – Кондратьева. *Кондратьевские волны: аспекты и перспективы* / Ред. А. А. Акаев, Р. С. Гринберг, Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, с. 110–135. Волгоград: Учитель.
- Бир С. 1963.** *Кибернетика и управление производством*. М.
- БСЭ** – Большая советская энциклопедия: в 30 т. 1969–1978 / Гл. ред. А. М. Прохоров. 3-е изд. М.: Сов. энциклопедия.
- Винер Н. 1983.** *Кибернетика, или управление и связь в животном и машине*. М.: Наука.
- Глушков В. М. 1986.** *Кибернетика. Вопросы теории и практики*. М.: Наука.
- Горбунов Д. С., Рубаков В. А. 2006.** *Введение в теорию ранней Вселенной. Теория горячего Большого взрыва*. М.: ЛКИ.
- Григоревич С. 2004.** Вначале была РНК? В поисках молекулы первожизни. *Наука и жизнь* 2.
- Гринин Л. Е. 2006.** Периодизация истории: теоретико-математический анализ. *История и Математика: проблемы периодизации исторических макропроцессов* / Ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, с. 53–79. М.: КомКнига.
- Гринин Л. Е. 2010.** *Государство и исторический процесс: Эволюция государственности: От раннего государства к зрелому*. 2-е изд. М.: ЛИБРОКОМ.
- Гринин Л. Е. 2013.** *Большая история развития мира: космическая эволюция*. Волгоград: Учитель.
- Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015.** *От рубил до нанороботов. Мир на пути к эпохе самоуправляемых систем*. Волгоград: Учитель.
- Гринин Л. Е., Ильин И. В., Коротаев А. В. 2012.** *Универсальная и глобальная история: Эволюция Вселенной, Земли, жизни и общества*. Волгоград: Учитель.
- Гринин Л. Е., Коротаев А. В. 2009.** *Социальная макроэволюция: Генезис и трансформации Мир-Системы*. М.: ЛИБРОКОМ.
- Гринин Л. Е., Коротаев А. В. 2014.** Введение. Вновь об аспектах, направленности, общих паттернах и принципах эволюционного развития. *Эволюция: от протозвезд к сингулярности?* / Ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, А. В. Малков. Волгоград: Учитель.
- Гринин Л. Е., Марков А. В., Коротаев А. В. 2008.** *Макроэволюция в живой природе и обществе*. М.: УРСС.
- Истон Д. 1997.** Категории системного анализа политики. *Антология мировой политической мысли*: в 5 т. Т. II, с. 630–642. М.

- Красилов В. А. 1984.** Теория эволюции: Необходимость нового синтеза. Эволюционные исследования. *Макроэволюция*: сб. науч. тр., с. 4–12. Владивосток: ДНВЦ АН СССР.
- Лем С. 1968.** *Сумма технологий*. М.: Мир.
- Могилевский В. Д. 1999.** *Методология систем: вербальный подход*. М.
- Опарин А. И. 1941.** *Возникновение жизни на Земле*. 2-е изд., знач. доп. М.; Л.: Изд-во АН СССР.
- Плотинский Ю. М. 2001.** *Модели социальных процессов*. М.: Логос.
- Ратнер В. А., Жарких А. А., Колчанов Н. А., Родин С. Н., Соловьев В. В., Шамин В. В. 1985.** *Проблемы теории молекулярной эволюции*. Новосибирск: Наука.
- Розанова Л. В. 2009.** *Основы кибернетики*. Омск: ОмсГТУ.
- Руденко А. П. 1955.** Самоорганизация и прогрессивная эволюция в природных процессах в аспекте концепции эволюционного катализа. *Российский химический журнал* 39(2): 55–71.
- Серебровская К. Б. 1971.** *Коацерваты и протоплазма*. М.: Наука.
- Теслер Г. С. 2004.** *Новая кибернетика*. Киев: Логос.
- Трошин А. С. 1956.** *Проблема клеточной проницаемости*. М.; Л.: АН СССР.
- Хакен Г. 1985.** *Синергетика. Иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах*. М.: Мир.
- Чайковский Ю. В. 2003.** *Эволюция*. М.: ИИЕТ РАН.
- Чейсон Э. 2012.** Космическая эволюция. *Универсальная и глобальная история (эволюция Вселенной, Земли, жизни и общества)* / Ред. Л. Е. Гринин, И. В. Ильин, А. В. Коротаев, с. 197–207. Волгоград: Учитель.
- Шкловский И. С. 1984.** *Звезды: их рождение, жизнь и смерть*. 3-е изд. М.: Наука; Гл. ред. физ.-мат. лит.-ры.
- Энциклопедия кибернетики. 1975.** *Энциклопедия кибернетики*. Т. 1. Киев: Гл. ред. Укр. сов. энциклопедии.
- Эшби У. Р. 1959.** *Введение в кибернетику*. М.: Рипол Классик.
- Эшби У. Р. 1966.** *Принципы самоорганизации. Принципы самоорганизации* / Ред. А. Рапопорт и др. М.
- Ashby W. R. 1962.** Principles of the Self-organizing System. *Principles of Self-organization: Transactions of the University of Illinois Symposium* / Ed. by H. Von Foerster, G. W. Zopf, pp. 255–278. London: Pergamon Press.
- Bandura A. 1999.** Social Cognitive Theory of Self-Regulation. *Handbook of Personality* 50(2): 154–196.
- Beer S. 1994.** *Decision and Control: The Meaning of Operational Research and Management Cybernetics*. London: John Wiley & Sons, Ltd.



- Christian D., McNeill W. H. 2011.** *Maps of Time: an Introduction to Big History, With a New Preface*. Vol. 2. Berkeley: University of California Press.
- Cummings T. G. 1978.** Self-regulating Work Groups: A Socio-technical Synthesis. *The Academy of Management Review* 3(3): 625.
- Dator J. 2006.** Alternative Futures for K-Waves. *Kondratieff Waves, Warfare and World Security* / Ed. by T. C. Devezas, pp. 311–317. Amsterdam: IOS Press.
- Foerster H., von Zopf G. 1962.** *Principles of Self-organization*. New York: Pergamon Press.
- Grinin A. L., Grinin L. E. 2015.** Cybernetic Revolution and Forthcoming Technological Transformations (The Development of the Leading Technologies in the Light of the Theory of Production Revolutions). *Evolution: From Big Bang to Nanorobots* / Ed. by L. E. Grinin, A. V. Korotayev, pp. 251–330. Volgograd: 'Uchitel' Publishing House.
- Grinin L. E. 2007.** Production Revolutions and Periodization of History: A Comparative and Theoretic-Mathematical Approach. *Social Evolution & History* 6(2): 11–55.
- Grinin L. E., Grinin A. L. 2013.** Global Technological Transformations. *Globalistics and Globalization Studies: Theories, Research & Teaching*. Yearbook / Ed. by L. E. Grinin, I. V. Ilyin, A. V. Korotayev, pp. 98–128. Volgograd: 'Uchitel' Publishing House.
- Grinin L. E., Ilyin I. V., Korotayev A. V. (Eds.). 2012.** *Globalistics and Globalization Studies*. Volgograd: Uchitel.
- Grinin L., Grinin A. 2015.** Cybernetic Revolution in Global Perspective. *Journal of Globalization Studies* 6(2): 119–142.
- Hopkins P. F., Quataert E., Murray N. 2011.** Self-regulated Star Formation in Galaxies Via Momentum Input from Massive Stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 417(2): 950–973.
- Jotterand F. 2008.** *Emerging Conceptual, Ethical and Policy Issues in Bionanotechnology*. Vol. 101. N. p.: Springer Science & Business Media.
- Kim C.-G., Kim W.-T., Ostriker E. C. 2011.** Regulation of Star Formation Rates in Multiphase Galactic Disks: Numerical Tests of the Thermal/Dynamical Equilibrium Model. *The Astrophysical Journal* 743(1): 25.
- Lynch Z. 2004.** Neurotechnology and Society 2010–2060. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1031: 229–233.
- Makino K., Mack E. J., Okano T., Kim S. W. 1992.** A Microcapsule Self-regulating Delivery for Insulin. *Drug Delivery System* 7(3): 191–195.
- Pearce J. A. 1987.** The Design and Activation of Self-regulating Work Groups. *Human Relations* 40(11): 751–782.
- Sumper M., Luce R. 1975.** Evidence for De Novo Production of Self-replicating and Environmentally Adapted RNA Structures by Bacteriophage Q3 Replicase. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 72(1): 162–166.
- Trujillo-Gomez S., Klypin A. A., Colin P., Ceverino D., Arraki K. S., Primack J. R. 2014.** Low-mass Galaxy Assembly in Simulations: Regulation of Early Star For-

mation by Radiation from Massive Stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 446(2): 1140–1162.

**Umpleby S. A., Dent E. B. 1999.** The Origins and Purposes of Several Traditions in Systems Theory and Cybernetics. *Cybernetics and Systems: An International Journal* 30: 79–103.

**Wynne-Edwards V. C. 1965.** Self-regulating Systems in Populations of Animals. *Science* 147(3665): 1543–1548.

## Теория активности систем и познание эволюции глобальных процессов

А. Б. Савинов

*Рядом отечественных эволюционистов активность признана главным фактором эволюции систем, в том числе живых (Камишлов 1970; Чайковский 2006; 2008; Зусмановский 2007). Однако, несмотря на широчайшее использование в современной естественно-научной литературе, понятие «активность» не имеет корректного определения. Считается даже (Чайковский 2008), что такое определение дать крайне затруднительно, а потому приемлемо чисто интуитивное понимание активности как всеохватывающей сущности организации и развития материальных систем. Для преодоления этой казусной ситуации автором было сформулировано определение понятия активности материальной системы (в том числе живой): это характер и интенсивность взаимодействия системы с окружающей средой, то есть с другими системами в единицу времени. Это определение было формализовано, то есть выражено математической формулой, с помощью которой произведена количественная оценка активности ряда групп живых организмов. Полученные данные характеризуют в информационном аспекте роль представителей продуцентов и консументов в функционировании и развитии экосистем и биосферы в целом.*

**Ключевые слова:** активность систем, информация, эволюция, экосистемы, биосфера.

Взаимное влияние (действие) и тел, и явлений друг на друга, то есть их взаимодействие, выражает сущность самого существования и развития Вселенной (Краткий... 1979; Хайтун 2009). При этом одни тела оказываются деятельнее, активнее, чем другие, что и обуславливает вечное движение материи, ее вечное, необратимое изменение – развитие. Поэтому давно (по крайней мере с XVIII–XIX вв.) многими западноевропейскими исследователями активность (в той или иной форме и в разной терминологии) признана важнейшим свойством материи (Ламарк 1959; Бэттлер 2005). Более того, представляется постулатом, что активность материи есть причина ее существования и развития (Чайковский 2008; Савинов 2013а; 2013б). Однако проблема в том, что существуют крайне противоречивые мнения в отношении явлений активности материальных систем,

*История и Математика: мегаисторические аспекты 2016 155–172*

ее значимости, а также разные взгляды на само понятие «активность», несмотря на широчайшее использование его и производной от него терминологии в современной естественно-научной литературе.

### **Понятие «активность», природа и проявление активности на разных уровнях организации материи**

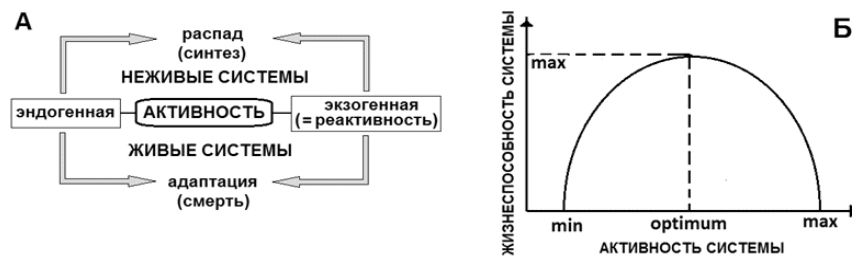
Говоря о категории «активность», сначала необходимо коснуться семантических особенностей самого термина и связанных с ними методологических коллизий. Это обусловлено прежде всего тем, что в словарях русского языка (Ожегов 1986; Ожегов, Шведова 2010) значение слова «активность» можно определить только косвенно по слову «активный», то есть деятельный, энергичный. Слова “actio” (движение, действие, деятельность, активность – лат.) и “activity” (деятельность, активность, энергия – англ.) фактически равны по смыслу (Дворецкий 1976; Англо-русский... 1980). Но считается (Дубов 2011), что привнесение из английского в русский язык слова «активность» породило в психологии методологическую проблему, в частности из-за созданного Н. А. Бернштейном (1966) научного направления – физиологии активности, в котором понятие «активность» используется как антоним «реактивности» – ответа организма на воздействия внешней среды.

Другой аспект обусловлен обращениями исследователей к понятию «сила» (Ламарк 1959; Бэттлер 2005). Но мне представляется, что, например, А. Бэттлер (2005) в специальной книге придает понятию «сила» слишком высокий статус (ранга категории). Ведь оно выражает всего лишь количественную характеристику активности. Например, в физике сила – мера механического взаимодействия тел, «характеристика интенсивности физических процессов» (Ожегов, Шведова 2010: 717). Тогда качественной мерой активности, как мне представляется, в первом приближении можно считать специфику возникшей организации, формы (в широком смысле) нового объекта (явления), его новизну – эмерджентность, порожденные данной активностью.

Вообще, в отношении понятия «активность» есть несколько философско-методологических точек зрения: 1) активность материальных систем – их реальное, фундаментальное свойство, движущая сила эволюции (Чайковский 2006; 2008); 2) активность присуща только адаптирующимся, кибернетическим системам (Украинцев 1967); 3) понятие «активность» – понятие о трансцендентных движущих силах эволюции (Марков 2011). Но имеющиеся данные и доминирующие представления о природе и роли активности (Шмальгаузен 1946; Бернштейн 1966; Камшилов 1970; Чайковский 2006; 2008; Зусмановский 2007; Моросанова 2010; Дубов 2011; Савинов 2013а; 2013б) показывают, что вторая точка зрения неоправданно ограничивает сферу понятия «активность», а третья позиция ошибочна.

Полагаю, что активность является всеохватывающей сущностью не только самоуправляемых систем (живых и производных от них социальных и ряда автоматических), но и объектов всех уровней Вселенной с замечанием об эмерджентных различиях активности на этих уровнях. Корректируя ранее данное определение (Савинов 2009а; 2009б), считаю, что **активность материальной системы** (в том числе живой) *есть характер и интенсивность ее взаимодействия с окружающей средой (то есть с другими системами) в единицу времени*, и чем сильнее и сложнее взаимодействует система с окружающей средой в единицу времени, тем она активнее. Однако следует отметить, что при реализации активности адаптирующейся системы она будет либо производить количественные и качественные изменения в окружающей среде, либо уклоняться от взаимодействия с ней, автономизироваться от нее. И то и другое будет характеризовать активность системы. При этом должен выполняться принцип минимизации взаимодействия М. Л. Цетлина (1969), суть которого в том, что в нормальных условиях (то есть при отсутствии сильных внешних воздействий и отрицательных изменений внутри самоуправляемой системы) сила взаимодействий системы с внешней средой и ее элементов (подсистем) друг с другом уменьшается, а степень их автономности и автономности системы от внешней среды возрастает до некоторых допустимых пределов; напротив, сильное возмущающее влияние внешней среды на систему и негативные изменения внутри нее стимулируют противоположные тенденции.

Полагаю (Савинов 2010), что активность адаптирующихся систем в первую очередь задается их управляющими подсистемами, но также зависит и от структурно-функциональных особенностей исполнительных подсистем, а также от воздействий окружающей среды. В живых организмах управляющие подсистемы – генотип, нервная и гуморальная системы (подсистемы) – определяют характер активности остальных подсистем, но и деятельность последних диалектически корректирует активность управляющих подсистем по каналам обратной связи (Он же 2006). Полагаю, что общая (интегральная) активность системы (живой или неживой) условно включает ее экзогенную активность (реактивность), которая стимулируется воздействием на систему внешней среды, и эндогенную активность, обусловленную свойствами самой системы (Рис. 1А).



**Рис. 1.** А – схема проявления активности живых (адаптирующихся) и неживых систем; Б – зависимость жизнеспособности адаптирующейся системы от ее активности (пояснения в тексте) (Савинов 2015а)

При этом проявление активности неживых систем приводит либо к их распаду, деградации (протекающей с той или иной скоростью), либо к синтезу новой системы, а следствием активности живых систем является их адаптация или смерть в зависимости от степени адекватности активности данной живой системы своей внутренней организации и условиям окружающей среды (это справедливо и в отношении социальных систем, производных от биологических систем). Адекватность окружающей среде интегральной активности системы (неживой и особенно живой) «проверяется» естественным отбором (ведь активность для организмов – одна из фенотипических характеристик). Поэтому ошибочны и игнорирование эволюционной роли активности организмов сторонниками синтетической теории эволюции (СТЭ), и отрицание (или умаление роли) естественного отбора оппонентами СТЭ. При этом логично полагать, что имеется закономерная зависимость жизнеспособности адаптирующейся системы от уровня ее активности (Рис. 1Б).

### **Взаимосвязь активности, информации, энергии, организации и эволюции материальных систем**

Все **формы** существования и движения (развития) материи обычно подразделяют в закономерной последовательности, соответствующей их эволюционному «возрасту»: физические, химические, биологические, социальные. Представляется, что системам, соответствующим каждой из этих форм материи, свойственны специфические проявления активности.

Действительно, в разных областях естествознания и социальных наук обнаруживаются методы, которые прямо или косвенно, количественно и иногда качественно позволяют оценивать активность материальных систем физической, химической, биологической и социальной природы. Достаточно указать на наличие формул: гравитационного взаимодействия тел, интенсивности распада радионуклидов, тепловых эффектов и скоро-

стей химических реакций, активностей ферментов и других биомолекул, приемов определения активности животных и социальной активности людей (Крестов 1982; Новый... 2005; Чернавский, Чернавская 2009; Дубов 2011; Максимов, Хайруллин 2012; Польшова, Бажинова 2012; Ванин и др. 2014; Волкова и др. 2014).

Исходя из авторского определения активности как философской категории и атрибута взаимодействия любых систем (см. выше), представляется корректным считать, что активность систем взаимосвязана с другими их важнейшими свойствами – энергией, информацией, способностью эволюционировать. Это положение подкрепляется как теоретическими построениями других авторов, так и известными эмпирическими данными.

Так, по мнению К. К. Колина (2010: 33), «информация пронизывает все уровни организации материи и энергии» в природе, «является **первопричиной движения** материи и энергии», определяет его историческое направление, то есть «является **решающим фактором эволюции**» всех процессов в природе и обществе. Из теоретических построений Е. Н. Князевой (2011: 83) о сложных системах следует, что «и система, и окружающая среда обоюдно активны», поэтому часто коэволюционируют. При этом живые существа отбирают из окружающей среды необходимые стимулы, а на высшей стадии эволюции субъект, познающий мир, не столько его отражает, сколько творит (Князева 2011).

Разумеется, предпринимаемые в информационном ракурсе рассуждения могут быть продуктивными только при наличии адекватного определения понятия «информация». Представляется, что оно прежде всего будет зависеть от исходной принимаемой позиции, которая может быть обозначена как **функциональная** или **атрибутивная** (Колин 2010). В соответствии с атрибутивным подходом (в отличие от функционального) существование и развитие **любой природной системы** предполагает информационный аспект взаимодействия ее элементов между собой и самой системы с окружающей средой, то есть с другими системами. Представляется, что этот подход делает информационный аспект универсальным, объективнее и позволяет связывать воедино явления активности, информации, энергии и эволюции в отношении всех материальных систем. Поэтому полагаю, что необходимо уточнить определение информации, данное автором ранее (Савинов 2006), учитывая современные работы (Чернавский, Чернавская 2009; Колин 2010).

Исходя из этого, полагаю, что *информация – это свойство (способность) взаимного неравноценного воздействия объектов друг на друга с взаимным необратимым и неравноценным изменением их признаков*. Такое определение, как мне представляется, позволяет связать воедино информацию, активность, энергию и эволюцию материальных систем. Это объективно, поскольку: 1) **энергия системы** есть *способность* системы

выполнить работу, проявить активность; 2) **информация системы** – это *способность* системы оказать воздействие различной природы на другую систему и вызвать ее направленное, необратимое изменение; 3) **активность системы** – это *действие (различной природы)* одной системы на другую, приводящее в долгосрочной ситуации к направленному, необратимому изменению обеих систем.

### **Проблема количественной и качественной оценки активности материальных систем**

Как уже отмечено, активность материальных систем обусловлена их структурно-функциональными особенностями, возможностями информационного и энергетического обмена с окружающей средой (другими материальными системами). Но в этих случаях исследователи не исходили (и не могли исходить) из философско-методологического понимания активности как категории ввиду отсутствия общей **теории активности материальных систем**. А чтобы разрабатывать такую теорию, необходимо формулировать правила, принципы, законы и пытаться их формализовать, в том числе в аспекте связи структурно-функциональных, информационных, энергетических и эволюционных характеристик материальных систем с характеристиками их активности. Опираясь на авторское определение понятия «активность», связь структурно-функциональных и информационных характеристик системы с ее активностью (А) может быть выражена формулой:

$$A = H / t, \quad (1)$$

где Н – количество информации (бит), экзогенно полученное или эндогенно созданное биосистемой (ее структурно-функциональным матриксом) за единицу времени t (например, в секунду).

Иными словами, скорость изменения (генерирования, восприятия или утраты) информации, адекватная скорости изменения разнообразия (неоднородности) элементов системы, и есть активность данной системы.

Величина Н в формуле (1) определяется известной формулой Шеннона:

$$H = -\sum p_i \log_2 p_i. \quad (2)$$

В данной ситуации в формуле (2)  $p_i$  есть частота какого-либо события, например: а) частота проявления в популяции фенотипических признаков особей (фенов); б) частота встречаемости жертв того или иного вида в рационе консумента; в) экстенсивность паразитарной инвазии хозяина (частота встречаемости паразита в теле хозяина); г) частота посещения разных видов энтомофильных растений насекомыми-опылителями и т. п.

Если необходимо выразить активность системы в энергетических единицах или в количестве взаимодействий (контактов) системы с другими системами, то параметр Н в формуле (1) может быть заменен: 1) на



параметр  $C$ , выражающий количество контактов системы с элементами внешней среды; 2) на параметр  $q$ , выражающий количество энергии, полученной или выделенной системой.

Было также показано (Алимов и др. 2013), что поток информации ( $I$ ), проходящий через систему, связан с потоком энергии ( $Q$ ) через нее:

$$I = Q / K, \quad (3)$$

где  $K$  (Кельвин) – единица термодинамической температуры, равная  $1/273,16$  части термодинамической температуры тройной точки воды.

Тогда из формул (1) и (3) следует, что активность системы ( $A$ ) связана с потоком энергии ( $Q$ ) через нее в единицу времени:

$$A = Q / K \cdot t. \quad (4)$$

Представляется, что по аналогии с ценностью информации следует определять и ценность активности адаптирующейся системы. Предложено считать, что ценность информации определяется вероятностью достижения цели, ради которой информация рецептируется (см. Чернавский, Чернавская 2009):

$$W = \log_2 p_i / p, \quad (5)$$

где  $p_i$  – вероятность достижения цели после выбора  $i$ -го варианта,  $p$  – априорная вероятность достижения цели до выбора любого варианта.

Исходя из этого, можно считать, что активность адаптирующейся системы будет ценной (положительной), если она позволила системе достичь необходимой цели (обеспечила ее жизнеспособность) и наоборот, а оценку ценности активности ( $V$ ) можно проводить, используя формулу:

$$V = A_{\phi} / A_o, \quad (6)$$

где  $A_{\phi}$  – фактическая активность системы,  $A_o$  – оптимальная активность, обеспечивающая максимальную жизнеспособность (максимальную приспособленность) адаптирующейся системы (см. Рис. 1Б).

С другой стороны, ценная активность ( $A_{ц}$ ) адаптирующейся системы, как представляется, может быть определена так:

$$A_{ц} = H_{ц} / t = (H - H_{н}) / t, \quad (7)$$

где  $H_{ц}$  – ценная информация, воспринятая системой в единицу времени  $t$ ,  $H$  – общая информация, воспринятая системой,  $H_{н}$  – нежелательная информация (в том числе избыточная и дезинформация).

Поскольку адаптивность организмов во многом обеспечивает вероятность оставления потомства, то ценность воспринятой (созданной) информации можно определять, например, на основе данных о степени полноценности и реализации зигот (Савинов 1998).

Представляется, что при разработке вопросов активности живых систем в дальнейшем должен учитываться и симбиотический аспект (Он же 2012; 2014), то есть осознание эмерджентной активности симбиотических систем.

### **Активность как фактор развития и характеристика адаптирующихся систем разных уровней организации**

Биологическим и социальным системам как природным классам адаптирующихся систем в отличие от абиотических свойственно «преемственное самовоспроизведение организации (в частности и устойчивое самовоспроизведение неравновесности)» (Кремянский 1969: 61). Это преемственное самовоспроизведение организовано и осуществляется в пределах данной среды и во времени как вещественно-энергетический вихрь, спиралевидный круговорот. И такими спиралевидными «вихрями» являются не только отдельные живые организмы, но и надорганизменные биосистемы, «сама жизнь на Земле» (Ляхова 1979: 101, 114).

В свете сказанного понятно, что спиралевидные вещественно-информационные круговороты-квазициклы осуществляются на организменном уровне в системе «генотип – фенотип» (на основе прямых и обратных связей между ними) (Савинов 2006). При этом генотип (ДНК) как управляющая подсистема задает совокупность потребностей организма, а эти потребности реализуются путем активности всех структурно-функциональных элементов фенотипа как исполнительной подсистемы (путем вовлечения в процесс реализации активности всех фенотипических свойств – биохимических, физиологических, морфолого-анатомических, этологических) при непрерывном потоке энергии через данную организменную систему. Тем самым активность по существу является борьбой за существование (корректнее – за жизнь) – совокупность всех противоречивых отношений организма с биотическими и абиотическими компонентами окружающей среды. Действительно, известные эволюционисты признают, что важным отличием живого организма от неживого объекта является то, что «при обмене веществ организмы поддерживают свой системный гомеостаз (то есть сохраняют динамическое постоянство своей организации), **активно** (выделено мной. – А. С.) контролируя процессы метаболизма и делая их направленными и избирательными» (Иорданский 2011: 9). А обуславливающая гомеостаз «борьба за существование охватывает **все формы активности особей** (выделено мной. – А. С.), направленные на поддержание жизни и размножение» (Яблоков, Юсуфов 2004: 131). При этом возникает «нестатистическая упорядоченность изменчивости» организмов и «на жернова отбора приходит не хаотическая масса» (Мейен 2007: 230), а совокупность активных, гомеостатических систем с индивидуальными отличиями в организации и метаболизме (поведении).

Приведенные цитаты, характеризующие взгляды представителей разных направлений эволюционизма, показывают, что так или иначе признается следующее: живые системы (в ракурсе всех уровней их организации) вынуждены непрерывно, активно реагировать на возникающие экологи-

ческие изменения и быстро вырабатывать необходимые приспособления к условиям местообитания, а не только «дожидаться» появления случайных мутаций и результата действия отбора в отдаленном будущем (Савинов 2008; 2009а; 2009б). При этом, согласно концепции А. М. Оловникова (2009), восходящей к гипотезе пангенезиса Ч. Дарвина, адаптациогенез осуществляет креатрон организма, эпигенетические механизмы которого обеспечивают активную адаптацию данного биологического вида и массовую «передачу» (в пределах вида) половым клеткам (а через них и потомкам) информации о новых, вынужденных «упражнениях» (в широком смысле) структур организма (на всех его уровнях) в изменяющихся условиях внешней среды.

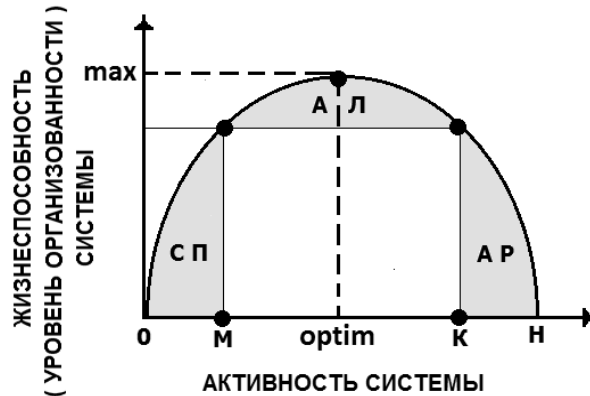
Таким образом, хотя биотические и абиотические факторы внешней среды оказывают значительное влияние на характер эволюции организмов, их активность имеет решающее значение для адаптациогенеза: с одной стороны, «ассимилируя» необходимые элементы внешней среды, а с другой стороны, в известной степени автономизируясь от эктогенетических факторов, организмы «организуют» свое индивидуальное и историческое развитие в пределах экологических ниш.

В свою очередь организованность биологических систем сопряжена с разнообразием их элементов, а последнее – со сложностью биосистем: увеличение разнообразия элементов биосистем ведет к повышению их сложности и организованности (Емельянов 1994). Разнообразие (неоднородность) элементов системы адекватно количеству заключенной в ней информации (Камшилов 1970), а количество этой информации является мерой организованности системы (Винер 1958; Камшилов 1970; Емельянов 1994): выше организованные системы содержат больше информации, и наоборот.

Поскольку рядом авторов (Камшилов 1970; Чайковский 2006; 2008; Зусмановский 2007) активность была признана главным фактором эволюции систем, то в связи с этим можно полагать, в частности, что мутации – это в основном следствия реализации интегральной активности живых систем, но никак не главная причина их филогенеза. Наряду с этим важно учитывать критерии биологического прогресса (регресса), установленные А. Н. Северцовым (1939), согласно которым филогенетическая группа биологически прогрессирует (в частности, вследствие идиоадаптивного развития ранее сформировавшихся ароморфозов), если она расширяет свой ареал, увеличивает численность, а также количество дочерних групп путем адаптивной радиации; обратные процессы вызывают лишь биологический регресс.

Опираясь на эти методологические основания, автор (Савинов 2015а) предположил наличие взаимосвязи категорий двух родов: 1) активности природных и антропогенных адаптирующихся систем (биологических,

социальных, социально-экономических, робототехнических); 2) их жизнеспособности, уровней организованности, направлений эволюции (Рис. 2).



**Рис. 2.** Гипотетическая взаимосвязь жизнеспособности, уровней организованности (направлений эволюции) и активности адаптирующихся систем. Обозначения: СП – зона специализации (телогенеза), АЛ – зона аллогенеза, АР – зона арогенеза (на оси X им соответствуют величины активности в пределах 0М, МК и КН) (Савинов 2016)

При этом для выражения жизнеспособности, адаптированности, уровня (степени совершенства) организации системы можно воспользоваться балльным способом оценки этих показателей, предложенных В. М. Эпштейном (1984).

Активность является интегральной характеристикой не только живых систем организменного (аутоценотического) и популяционного (демоценотического) рангов (Савинов 2012), но и систем биоценотического, биомного и биосферного уровней. В частности, показано, что основная, или первичная, продуктивность экосистемы, биоценоза – это скорость, с которой лучистая энергия усваивается организмами-продуцентами в процессе фотосинтеза или хемосинтеза и преобразуется в органическое вещество (Одум 1975). Чистая продуктивность сообщества – это скорость накопления органического вещества, не потребленного гетеротрофами за учетный период (за вегетационный период или за год). Вторичная продуктивность – это скорость накопления энергии (вещества) на уровнях консументов. В связи с этим полагаю, что первичную и вторичную продуктивности можно рассматривать как энергетические эквиваленты активности биоценозов, экосистем и биосферы в целом. Имеющиеся данные показывают, что активность биомов закономерно изменяется под влияни-

ем природно-климатических условий. Например, валовая первичная продуктивность (как эквивалент активности) тундровых и пустынных биомов составляет всего около 200 ккал/м<sup>2</sup> в год, бореальных хвойных лесов – 3000, а влажных тропических лесов – 20 000 ккал/м<sup>2</sup> в год (Одум 1975).

Однако необходимо учитывать, что в современных условиях существенные коррективы в эти оценки вносит антропогенная (техногенная) активность, которая выражается, в частности, в значительных изменениях масштабов и скоростей трансконтинентальных переносов вещества, энергии и информации в биосфере, обусловленных формированием и эволюцией глобальных технологических процессов, международных культурных и технологических цепей и сетей.

В условиях техногенеза и цивилизационной глобализации, преобразующих биосферу, очень важна междисциплинарная интеграция достижений теории биологической эволюции и социологии (Гринин и др. 2008; Гринин, Коротаев 2009). На этой основе развивается учение о социальной макроэволюции как типе глобальной социальной эволюции, к которой применимы категории (ароморфоз, алломорфоз) и законы (необратимости эволюции, роста устойчивости и приспособляемости систем, роста эффективности и безотходности биогеохимического круговорота и др.) по аналогии с биологической макроэволюцией (Гринин, Коротаев 2009).

В этой связи представляется, что активность социальных и социально-экономических систем может быть выражена и оценена скоростью генерирования и потребления информации, энергии, вещества такими системами (в количественном и качественном аспектах). В частности, активность национальных научных сообществ можно, очевидно, оценивать по скорости генерирования и восприятия научной информации в количественном и качественном выражениях (используя, например, годовое количество публикаций, патентов, индексы цитирования и другие показатели).

Таким образом, активность систем является не только основным фактором их развития, но и важнейшей интегральной характеристикой. Некоторые предложенные автором формализации такой характеристики были, в частности, использованы для оценки в эволюционном аспекте активности в экосистемах биосферы представителей ведущих групп живых организмов.

### Примеры оценки активности растений и животных

Для оценки активности разных групп растений по формуле (1) были использованы: а) вычисленные автором (на основе литературных данных) долевые соотношения аккумулярованных металлов (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Cr) в листьях *Pleurozium schreberi*, *Lycopodium clavatum*, *Cladonia clavatum*, *Dryopteris filix-mas*, *Pteridium aquilinum*, *Convalaria maialis*, *Vaccinium myrtillus* (Kozanecka et al. 2002), *Polygonum aviculare*, *Plantago*

*major* (Великанова и др. 2012), *Populus balsamifera*, *Ulmus pumila*, *Malus baccata* (Копылова 2011), в хвое *Pinus sylvestris* (Кулагина 2009; Шубина, Юрьев 2009), в процессе вегетации (до сбора растительного материала); б) данные автора (Савинов 2003) о частотах встречаемости фенов листьев в нескольких ценопопуляциях *Chelidonium majus*.

Результаты расчетов приведены в Табл. 1 в сравнении со средними размерами геномов и числом видов в основных группах наземных растений.

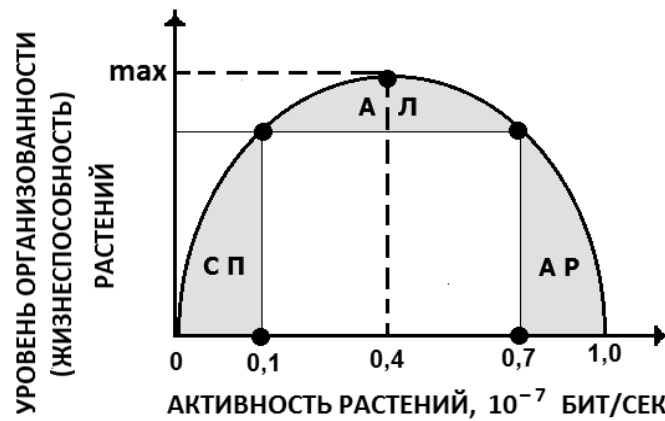
**Табл. 1.** Соотношение активности растений, размеров их генетических систем и уровней биологической прогрессивности (Савинов 2016)

Группа растений	Активность, $10^{-7}$ бит/сек	Количество видов	Средний размер генома
Мхи	0,61	15 000	479
Папоротники	0,28 – 0,60 (0,44)	12 000	6309
Плауны	0,38	500	7264
Хвои	–	30	11 687
Хвойные	0,08–0,14 (0,11)	600	21 570
Покрытосеменные	0,11–0,81 (0,77)	>269 200	4077

Примечание: в скобках даны средние значения.

А ранее было отмечено (Савинов 2015б), что активность живых организмов, в том числе растений, в основном «задается» их управляющими подсистемами, прежде всего генетической. Ее структурно-функциональные особенности, в том числе размер генома, во многом определяют интенсивность и характер метаболизма растений, позволяя им адаптироваться к условиям среды обитания и совершать экспансию в новые биотопы. При этом уровень биологического прогресса разных групп растений выражается в размерах их ареалов, численности и количестве видов. Как видно из Табл. 1, самой высокой средней активностью обладают покрытосеменные растения, достигшие наивысшего видового разнообразия; наименьшая средняя активность обнаруживается у хвойных, обладающих самыми большими геномами, уступающих по числу видов на порядки почти всем другим группам растений.

Полученные данные позволили выделить гипотетические пределы величин активности растений, адекватные уровням их организованности, характеру (направлениям) эволюции (аллогенез, телогенез, арогенез) и жизнеспособности (Рис. 3).



**Рис. 3.** Гипотетическая взаимосвязь жизнеспособности, уровней организованности (направлений эволюции) и величин активности растений (Савинов 2016). Обозначения зон направлений эволюции как на Рис. 2

Определение активности животных разных групп (Табл. 2) было также проведено с помощью формулы (1). Активность разных видов насекомых определена на основе данных о посещении ими видов цветковых растений (Сорокина 2003), по частотам встречаемости насекомых на растениях. По данным встречаемости жертв в рационах позвоночных животных (Дробенков 1995; Вершинин, Иванова 2006; Толмачева и др. 2006) была рассчитана активность этих консументов (Табл. 2).

Результаты расчетов показали, например, что активность трех видов змей (медянки, обыкновенного ужа, обыкновенной гадюки) соответствует размерам их ареалов и количеству видов в родах, к которым указанные виды змей принадлежат: медянка (с активностью  $0,59 \cdot 10^{-5}$  бит/сек) имеет наименьший ареал, являясь одним из двух видов рода медянок; обыкновенная гадюка (с активностью  $1,20 \cdot 10^{-5}$  бит/сек) занимает наибольший ареал, а род гадюк составляют 10 видов; обыкновенный уж (с активностью  $0,75 \cdot 10^{-5}$  бит/сек, три вида в роде) занимает промежуточное положение среди указанных видов змей.

**Табл. 2.** Величины активности представителей разных групп животных (Савинов 2016)

Таксоны	Активность, 10 <sup>-5</sup> бит/сек	Источники исходных данных
Insecta, Diptera <i>Cheilosia illustrate</i> <i>Cheilosia lasiopa</i> <i>Myathropa florea</i> <i>Sphaerophora scripta</i> <i>Helophilus hybridus</i>	0,33 0,88 3,60 6,30 8,70	Сорокина 2003
Pisces <i>Paracottus knerii</i>	1,70	Толмачева и др. 2006
Amphibia <i>Rana ridibunda</i>	1,30	Вершинин, Иванова 2006
Reptilia <i>Coronella austriaca</i> <i>Natrix natrix</i> <i>Vipera berus</i>	0,59 0,75 1,20	Дробенков 1995

Таким образом, проведенные исследования показали, что активность животных на два порядка превышает активность растений, что соответствует роли продуцентов и консументов в функционировании и развитии экосистем и биосферы в целом.

Разумеется, предложенные автором подходы и формализации открыты для усовершенствования и развития в дальнейшем. Но уже сейчас они могут способствовать зарождению и развитию перспективных исследований.

Автор благодарен А. А. Протасову, В. В. Богатову, Е. А. Ерофеевой за полезное обсуждение ряда положений данной статьи.

### Библиография

- Алимов А. Ф., Богатов В. В., Голубков С. М. 2013. *Продукционная гидробиология*. СПб.: Наука.
- Англо-русский словарь. 1980 / Сост. В. Д. Аракин, З. С. Выгодская, Н. Н. Ильина. М.: Рус. яз.
- Бернштейн Н. А. 1966. *Очерки по физиологии движений и физиологии активности*. М.: Медицина.
- Бэттлер А. 2005. *Диалектика силы: онтология*. М.: УРСС.
- Ванин А. Ф., Островская Л. А., Корман Д. Б. и др. 2014. Противоопухолевая активность динитрозильных комплексов железа с глутатионом. *Биофизика* 59(3): 508–514.



- Великанова Н. А., Гапонов С. П., Сливкин А. И. 2012. Оценка экологического состояния почв и лекарственного сырья (травы горца птичьего и листьев подорожника большого) по содержанию тяжелых металлов в городе Воронеже и его окрестностях. *Вестник ВГУ. Серия «Химия. Биология. Фармация»* 2: 238–244.
- Вершинин В. Л., Иванова Н. Л. 2006. Специфика трофических связей вида-вселенца – *Rana ridibunda* Pall. в зависимости от условий местообитаний. *Поволжский экологический журнал* 2/3: 119–128.
- Винер Н. 1958. *Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине*. М.: Советское радио.
- Волкова П. Ю., Гераськин С. А., Раевская Н. И. 2014. Активность ферментов антиоксидантной системы у сосны обыкновенной в условиях хронического облучения. *Радиационная биология. Радиоэкология* 54(2): 174–178.
- Гринин Л. Е., Коротаев А. В. 2009. *Социальная макроэволюция. Генезис и трансформации Мир-Системы*. М.: URSS/ЛИБРОКОМ.
- Гринин Л. Е., Марков А. В., Коротаев А. В. 2008. *Макроэволюция в живой природе и обществе*. М.: URSS/ЛКИ.
- Дворецкий И. Х. 1976. *Латинско-русский словарь*. М.: Рус. яз.
- Дробенков С. М. 1995. Сравнительный анализ питания симпатрических змей *Vipera berus* (L.), *Natrix natrix* (L.), *Coronella austriaca* (Laur.). *Экология* 3: 222–226.
- Дубов И. Г. 2011. Исследование уровня общей психической активности представителей различных социально-демографических групп населения Вологодской области. *Вопросы психологии* 4: 33–50.
- Емельянов И. Г. 1994. Разнообразие и устойчивость биосистем. *Успехи современной биологии* 114(3): 304–318.
- Зусмановский А. Г. 2007. *Эволюция с точки зрения физиолога*. Ульяновск: УлГСХА.
- Иорданский Н. Н. 2011. *Организмы, виды и эволюция*. М.: ЛИБРОКОМ.
- Камшилов М. М. 1970. Организованность и эволюция. *Журнал общей биологии* 31(2): 157–178.
- Князева Е. Н. 2011. Темпоральная архитектура сложности. *Синергетическая парадигма. Синергетика инновационной сложности*, с. 66–86. М.: Прогресс-Традиция.
- Колин К. К. 2010. Философия информации и фундаментальные проблемы современной информатики. *Alma mater (Вестник высшей школы)* 1: 29–35.
- Копылова Л. В. 2011. Особенности поглощения некоторых тяжелых металлов древесными растениями в условиях городской среды. *Вестник ИргСХА* 44: 91–99.
- Краткий словарь по философии. 1979. М.: Политиздат.
- Крестьянский В. И. 1969. К анализу понятия активности материальных систем. *Вопросы философии* 10: 54–63.

- Крестов Г. А. 1982.** *Теоретические основы неорганической химии*. М.: Высш. шк.
- Кулагина Л. С. 2009.** Оценка роли сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в оптимизации техногенной среды Башкирского Зауралья. *Современные проблемы контроля качества природной и техногенной сред*, с. 33–38. Тамбов: Издат. дом ТГУ.
- Ламарк Ж. Б. 1959.** *Избранные произведения*. Т. 2. М.: Изд-во АН СССР.
- Ляхова Л. Н. 1979.** *Отражение и активность материи*. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та.
- Максимов И. В., Хайруллин Р. М. 2012.** Активность ингибиторов трипсина в проростках пшеницы под действием патогенного гриба *Tilletia caries* и фитогормонов. *Физиология растений* 59(6): 756–762.
- Марков А. В. 2011.** О статье С. Н. Гринченко «Теории биологической эволюции и кибернетика: новый синтез». *Эволюция: дискуссионные аспекты глобальных эволюционных процессов* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, И. В. Ильин, А. В. Коротаев, А. В. Марков, с. 103–112. М.: URSS, ЛИБРОКОМ.
- Мейен С. В. 2007.** О соотношении номогенетических и тихогенетических факторов в эволюции. *In memoriam. С. В. Мейен: палеоботаник, эволюционист, мыслитель* / Отв. ред. И. А. Игнатьев, с. 229–233. М.: ГЕОС.
- Моросанова В. И. 2010.** *Саморегуляция и индивидуальность человека*. М.: Наука.
- Новый энциклопедический словарь. 2005.** М.: БРЭ: РИПОЛ классик.
- Одум Ю. 1975.** *Основы экологии*. М.: Мир.
- Ожегов С. И. 1986.** *Словарь русского языка*. М.: Рус. яз.
- Ожегов С. И., Шведова Н. Ю. 2010.** *Толковый словарь русского языка*. М.: АТЕМП.
- Оловников А. М. 2009.** Биологическая эволюция на основе неслучайной изменчивости, регулируемой организмом. *Биохимия* 74(12): 1722–1728.
- Полынова Г. В., Бажинова А. В. 2012.** Учет особенностей активности при оценке численности популяции круглоголовки-вертихвостки (*Phrynocephalus guttatus guttatus*). *Зоологический журнал* 91(11): 1411–1414.
- Савинов А. Б. 1998.** Анализ фенотипической изменчивости одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* Wigg.) из биотопов с разными уровнями техногенного загрязнения. *Экология* 5: 362–365.
- Савинов А. Б. 2003.** Фенотипическая индикация ценопопуляций растений в условиях техногенеза. *Экологический мониторинг*. Ч. 5, с. 300–323. Н. Новгород: Изд-во ННГУ.
- Савинов А. Б. 2006.** *Биосистемология (системные основы теории эволюции и экологии)*. Н. Новгород: Изд-во ННГУ.
- Савинов А. Б. 2008.** Интегративная теория эволюции (к 35-летию выхода статьи А. А. Любищева «О постулатах современного селектогенеза»). *XXII Любищевские чтения. Современные проблемы эволюции*, с. 107–116. Ульяновск: УлГПУ.
- Савинов А. Б. 2009а.** Материалистический эволюционизм и религия: вечная проблема сосуществования. *Эволюция: космическая, биологическая, социальная /*

- Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Марков, А. В. Коротаев, с. 129–153. М.: URSS, ЛИБРОКОМ.
- Савинов А. Б. 2009б.** Развитие интегративной (симбиотической) теории эволюции. *XXIII Любимцевские чтения. Современные проблемы эволюции*, с. 113–124. Ульяновск: УлГПУ.
- Савинов А. Б. 2010.** Диалектический эволюционизм в теории развития жизни. *XXIV Любимцевские чтения. Современные проблемы экологии и эволюции*, с. 179–189. Ульяновск: УлГПУ.
- Савинов А. Б. 2012.** Аутоценоз и деоценоз как симбиотические системы и биологические категории. *Журнал общей биологии* 73(4): 284–301.
- Савинов А. Б. 2013а.** Естественнаучные основы коэволюционной стратегии национального и глобального развития. *XXVII Любимцевские чтения. Современные проблемы эволюции и экологии*, с. 52–60. Ульяновск: УлГПУ.
- Савинов А. Б. 2013б.** На пути к философии и стратегии глобального развития: проблемы и постулаты. *Биокосмология* 3(1): 147–165.
- Савинов А. Б. 2014.** Симбиогенез как фактор организации и развития экосистем. *XXVIII Любимцевские чтения. Современные проблемы эволюции и экологии*, с. 42–50. Ульяновск: УлГПУ.
- Савинов А. Б. 2015а.** Активность материальных систем, ее информационно-эволюционная роль, количественная и качественная оценка. *XXIX Любимцевские чтения. Современные проблемы эволюции и экологии*, с. 104–111. Ульяновск: УлГПУ.
- Савинов А. Б. 2015б.** Активность растений как фактор их эволюции в древней и современной биосфере. *Палеоботанический временник*. Вып. 2, с. 155–160. М.: ГЕОС.
- Савинов А. Б. 2016.** Эволюционная теория активности систем. *XXX Любимцевские чтения. Современные проблемы эволюции и экологии*, с. 44–51. Ульяновск: УлГПУ.
- Северцов А. Н. 1939.** *Морфологические закономерности эволюции*. М. – Л.: Изд-во АН СССР.
- Сорокина В. С. 2003.** Кормовые предпочтения имаго мух-журчалок (Diptera, *Syrphidae*) в условиях Южного Зауралья. *Евразийский энтомологический журнал* 2(3): 197–214.
- Толмачева Ю. П., Гаврилова А. В., Дзюба Е. В. 2006.** Питание каменной широколобки *Paracottus knerii* (Dyb., 1874) в литорали Южного Байкала. *Вопросы ихтиологии* 46(2): 262–266.
- Украинцев Б. С. 1967.** Категории «активность» и «цель» в свете основных понятий кибернетики. *Вопросы философии* 5: 60–69.
- Хайтун С. Д. 2009.** *Феномен человека на фоне универсальной эволюции*. М.: URSS.
- Цетлин М. Л. 1969.** *Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем*. М.: Наука.

- Чайковский Ю. В. 2006.** *Наука о развитии жизни. Опыт теории эволюции.* М.: Т-во науч. изданий КМК.
- Чайковский Ю. В. 2008.** *Активный связный мир. Опыт теории эволюции жизни.* М.: Т-во науч. изданий КМК.
- Чернавский Д. С., Чернавская Н. М. 2009.** О моделировании развивающихся систем. *Биофизика* 54(1): 139–147.
- Шмальгаузен И. И. 1946.** *Проблемы дарвинизма.* М.: Сов. наука.
- Шубина Н. В., Юрьев Ю. Л. 2009.** Влияние выбросов металлургического производства на микроэлементный состав хвои сосны. *Химия растительного сырья* 3: 173–176.
- Эпштейн В. М. 1984.** Количественная оценка степени совершенства организации. *Вестник зоологии* 2: 3–7.
- Яблоков А. В., Юсуфов А. Г. 2004.** *Эволюционное учение.* М.: Высшая школа.
- Kozanecka T., Chojnicki J., Kwasowski W. 2002.** Content of Heavy Metals in Plant from Pollution-free Regions. *Polish Journal of Environmental Studies* 11(4): 395–399.

### III. СОЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В ПРОШЛОМ И БУДУЩЕМ

#### 8

#### Хронология и периодизация эволюции человечества (от первых гоминидов до человека современного) как этапы Большой истории

С. Н. Гринченко, Ю. Л. Шапова

*Историческая эволюция и развитие человечества рассмотрены в контексте следующих модельных представлений: 1) информатико-кибернетических: человечество – самоуправляющаяся иерархическая система, в развитии которой выделены моменты системных личностно-интеллектуально-антропологических, информационно-коммуникационных и производственно-технологических переворотов; 2) математических: длительность основных этапов археологической эпохи оценивается на базе исчисляемого в тысячах лет до н. э. и в обратном порядке ряда Фибоначчи. Эти модельные подходы объединены в единую модель, проведена ее верификация, количественные результаты расчетов сопоставлены с имеющимися эмпирическими данными. Как следствие такого синтеза обоснована концепция, которая позволяет возводить истоки современного человека не только к первым сапиенсам около «стотысячелетнего» возраста, но и вплоть до «четырехсотмиллионно-летней» цефализации позвоночных. Сделан вывод, что археологическая эпоха является неотъемлемой частью Большой истории.*

**Ключевые слова:** хронология, периодизация, эволюция, человечество, иерархия, самоуправляющаяся иерархическая система, информатико-кибернетическая модель, ряд Фибоначчи, двойная спираль.

Историческая эволюция и развитие человечества рассмотрены нами в контексте следующих двух модельных представлений.

Согласно информатико-кибернетической модели (ИКМ) (Гринченко 2001; 2007), человечество – это самоуправляющаяся иерархическая система, в развитии которой выделяются моменты системных личностно-интеллектуально-антропологических, информационно-коммуникацион-

*История и Математика: мегаисторические аспекты 2016 173–180*

ных и производственно-технологических переворотов. Периоды между этими моментами соотносятся между собой как  $e^e:1$ , или 15,15426:1, то есть образуют числовой ряд Жирмунского – Кузьмина (Жирмунский, Кузьмин 1982), каждый последующий член которого в  $e^e = 15,15426...$  раз короче предыдущего (см. Рис. 1). Таким образом, полученный в рамках ИКМ ряд чисел: ... – 428 млн л. – 28,23 млн л. – 1,86 млн л. – 121 тыс. л. до н. э. – 6,1 тыс. л. до н. э. – ~1446 г. н. э. – ... будем интерпретировать как моменты возникновения новых информационных технологий (Гринченко 2007; Гринченко, Щапова 2013в).

Начиная с цефализации позвоночных как начальной точки данного процесса это: формирование сигнальных звуков и поз, появление языка мимики и жестов, возникновение членораздельной речи, создание письменности, изобретение книгопечатания, компьютеров, сетей и т. д. Следует отметить также общность механизмов самоуправления в системах и неживой, и живой, и личностно-производственно-социальной природы (Гринченко 2004; 2007).

Другое модельное представление опишем подробнее.

Каменный век, бронзовый век и железный век как этапы развития в истории человечества выделил Лукреций Кар и научно обосновал как «систему трех веков» в 1836 г. К. Ю. Томсен (Археология... 1961) (см. Табл. 1, строки 5–7 колонки 2). Дальнейшие археологические открытия «удлинили» историю человечества до 2,5 миллионов лет, а в последние годы – и до 6,8 миллионов лет. На этой основе каменный век был подразделен на палеолит и неолит, затем между палеолитом и неолитом был выделен мезолит, палеолит был подразделен на нижний (ашель), средний (мустье) и верхний (археологические культуры). Последним был выделен олдувай (олдувайская культура). Все перечисленные этапы традиционно рассматриваются как последовательно сменяющие и замещающие друг друга. Эмпирические оценки времени их существования представлены в Табл. 1 (3-я колонка).

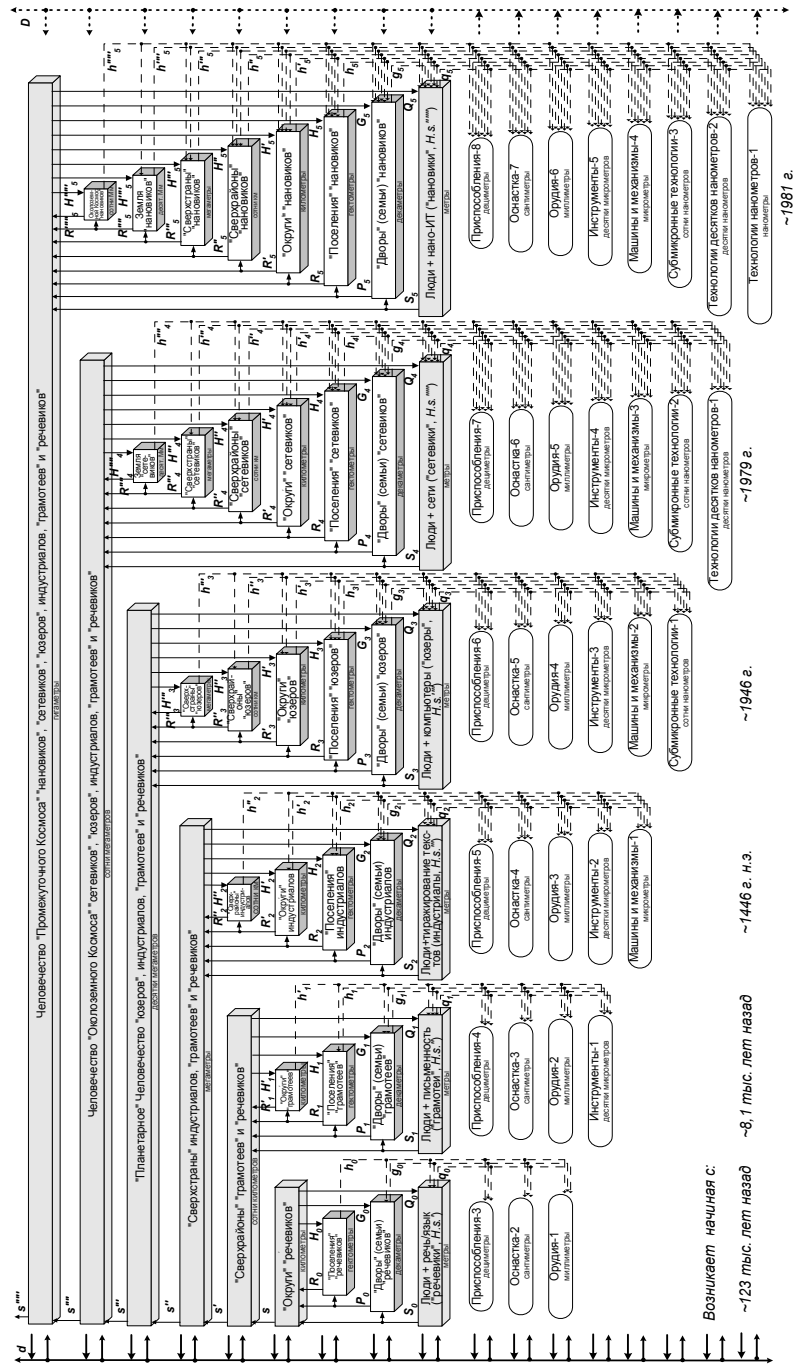


Рис. 1. Иерархическая система человеческого развития на этапе развития после ~1981 г.

**Табл. 1.** Сопоставление эмпирической и расчетной хронологии и периодизации археологической эпохи (АЭ)

№ п/п	Название археологических этапов АЭ	Эмпирическая хронология (тыс. лет до н. э.)	Хронология и периодизация АЭ, спроецированная на ряд Фибоначчи (тыс. лет до н. э.)
1	Олдувай	3000–800	2584–1587–987–610
2	Нижний палеолит (ашель)	600–140(120)	610–377–233–144
3	Средний палеолит (мустье)	140(120)–40	144–89–55–34
4	Верхний палеолит	40–8	34–21–13–8
5	Неолит	8–5–3	8–5–3
6	Бронзовый век	3–2–1	3–2–1
7	Железный век	1–0–1	1–0–1

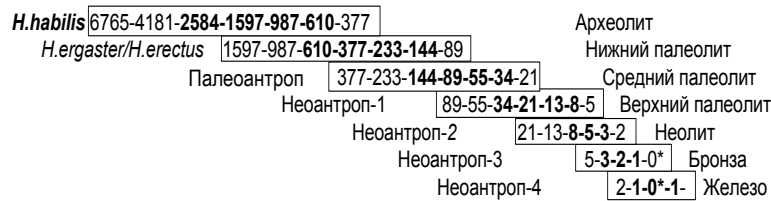
В 1999 г. Ю. Л. Щапова обратила внимание, что эмпирическая хронология, начиная с XIII тысячелетия и до конца АЭ, эффективно аппроксимируется известной последовательностью чисел, представляющей собой ряд Фибоначчи:  $-21 - 13 - 8 - 5 - 3 - 2 - 1 - 1$  (дискретный вариант ряда чисел, организованных в соответствии с «золотым сечением» 1,618... или 0,618...) (Щапова 2000). Продолжив этот ряд ( $-28657 - 17711 - 10946 - 6765 - 4181 - 2584 - 1597 - 987 - 610 - 377 - 233 - 144 - 89 - 55 - 34 -$ ) и сопоставив результат с более древними эмпирическими датами, она установила высокий уровень их совпадения (см. Табл. 1, колонки 3 и 4). Отдав предпочтение расчетному, более детальному варианту, она сформулировала однолинейную модель хронологии и периодизации АЭ (Рис. 2).

**Рис. 2.** Традиционная хронология и периодизация археологической эпохи и ряд Фибоначчи (исходная однолинейная модель)

Следующий значительный шаг в данном направлении – переход от однолинейной к ступенчатой модели эволюционного процесса (Рис. 3), опирающейся на археологическую эмпирику: Ю. Л. Щаповой была предло-



жена «Фибоначчиева» модель хронологии и периодизации археологической эпохи (ФМАЭ) (Щапова 2005).

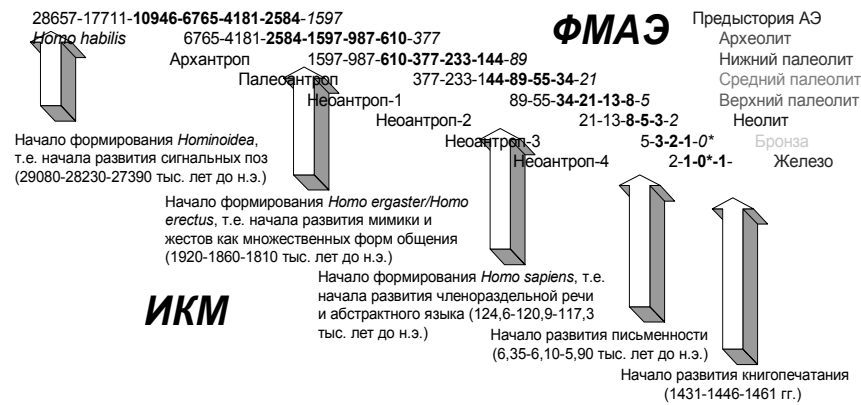


**Рис. 3.** «Фибоначчиева» модель хронологии и периодизации археологической эпохи

Согласно ФМАЭ, основные этапы АЭ, которые стали называться *археологическими субэпохами* (АСЭ), организованы в ступенчатую (лестничную) структуру таким образом, что в каждый момент времени сосуществуют два этих этапа, или две разные АСЭ. В «типовой» структуре АСЭ Ю. Л. Щапова выделила 6 периодов, объединив их в 3 фазы: а) начальную (скрытую) фазу **становления** человека-носителя и создаваемого им материального производства (2 периода); б) центральную (явную) фазу **эволюции** человека-носителя и его материальной культуры (3 периода); в) завершающую (скрытую) фазу **инволюции** человека-носителя и создаваемой им материальной культуры (1 период). Введение понятия АСЭ позволило снять множество проблем, определяемых изначальной однолинейностью представления об АЭ, и, синхронизировав АСЭ, перейти к представлению о многолинейности и параллелизме процессов и явлений АЭ и общей «картины мира».

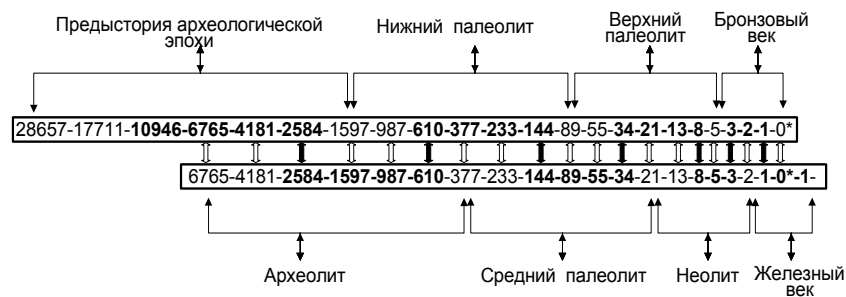
Оба модельных подхода были объединены нами в единую модель (Гринченко, Щапова 2010; 2013а; 2013б; 2013в), проведена ее верификация, количественные результаты расчетов сопоставлены с имеющимися эмпирическими данными (Рис. 4). Каждый из указанных модельных подходов внес свой вклад в общее представление об истории человечества. ФМАЭ обладает большей частотой, а ИКМ – широтой охвата (включает, кроме археологической, и историческую эпоху, а также все предшествующее геологическое и биологическое время).

Как следствие такого синтеза обоснована концепция, возводящая истоки современного человека не только к первым сапиенсам (около «ста-тысячелетнего» возраста), но и к первым архантропам («полуторамиллионнолетней» давности) и их отдаленным предкам хабилисам (почти «семимиллионнолетней» возраста). Более того, этот ряд удастся продлить вглубь, к первым гоминоидам («тридцатимиллионнолетним») и далее, вплоть до цефализации позвоночных («четырехсотмиллионнолетней»).



**Рис. 4.** Единая модель археологической эпохи развития человечества

Возникновение и развитие АЭ можно представить иначе, то есть сделав своего рода переход от «плоскостной» ФМАЭ к новой «объемной» модели в виде двойной спирали (Щапова 2013). Это оказывается возможным, если последовательно «склеить» в одну строку все нечетные ступени «лестницы Щаповой», а в другую – все четные (см. Рис. 5).



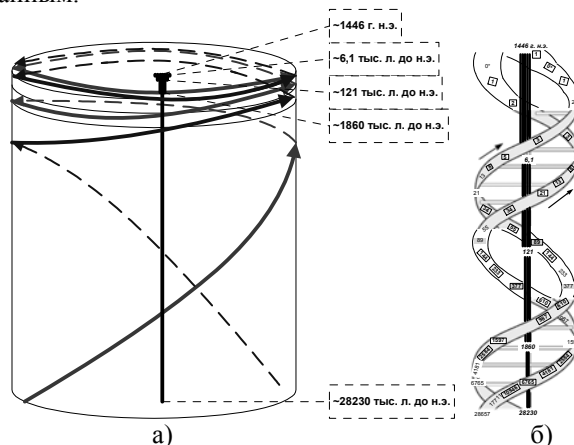
**Рис. 5.** «Длинные склейки» строк «лестницы Щаповой»

*Примечание:* взаимодействия между склейками демонстрируют двусторонние стрелки  $\leftrightarrow$ .

Получив таким образом две «длинные склейки», затем изогнув их в спираль вокруг оси, в качестве которой принят отражающий ИКМ временной вектор развития иерархической системы человечества, получаем модель «двойной спирали АЭ» (Рис. 6).

## Выводы

Эволюционный подход, в котором использованы сходящиеся числовые ряды, дает возможность понять и математически точно предсказать *онтологию развития мироздания*. Единая модель помогает рассчитать длительности основных этапов исторического развития человечества как целого, от первых гоминиоидов до человека современного. *Модельное числовое математическое* представление хронологии и периодизации АЭ демонстрирует высокую степень соответствия расчетных результатов эмпирическим данным.



**Рис. 6.** Двойная спираль АЭ: а) в реальном («нормальном») масштабе времени (условная схема на цилиндрической поверхности); б) в логарифмическом масштабе времени

Археологическая *реальность* предстает как воплощение **фундаментальных законов усложнения мироздания** на всех этапах его развития от Большого взрыва до наших дней и в дальнейшей перспективе.

Выявленные нами закономерности позволяют считать АЭ неотъемлемой частью Большой истории. Общность же механизмов самоуправления в системах и неживой, и живой, и личностно-производственно-социальной природы обуславливает возможность привлечения этих закономерностей при исследовании и других ее частей.

## Библиография

- Археология. 1961.** Советская историческая энциклопедия: в 16 т. Т. 1 / Гл. ред. Е. М. Жуков. М.: Советская энциклопедия.
- Гринченко С. Н. 2001.** Социальная метаэволюция Человечества как последовательность шагов формирования механизмов его системной памяти. *Электрон-*

- ный журнал «Исследовано в России» 145: 1652–1681. URL: <http://zhurnal.aperelearn.ru/articles/2001/145.pdf>.
- Гринченко С. Н. 2004.** *Системная память живого (как основа его метаэволюции и периодической структуры)*. М.: ИПИ РАН, Мир.
- Гринченко С. Н. 2007.** *Метаэволюция (систем неживой, живой и социально-технологической природы)*. М.: ИПИ РАН.
- Гринченко С. Н., Щапова Ю. Л. 2010.** История Человечества: модели периодизации. *Вестник РАН* 12: 1076–1084.
- Гринченко С. Н., Щапова Ю. Л. 2013а.** Пространство и время в археологии. Ч. 1. Хронология и периодизация археологической эпохи. *Пространство и время* 2: 72–81.
- Гринченко С. Н., Щапова Ю. Л. 2013б.** Пространство и время в археологии. Ч. 2. Разветвления в модели периодизации археологической эпохи. *Пространство и время* 3: 54–65.
- Гринченко С. Н., Щапова Ю. Л. 2013в.** *Информационные технологии в истории Человечества*. М.: Новые технологии (приложение к журналу «Информационные технологии» 8).
- Жирмунский А. В., Кузьмин В. И. 1982.** *Критические уровни в процессах развития биологических систем*. М.: Наука.
- Щапова Ю. Л. 2000.** Хронология и периодизации древнейшей истории как числовая последовательность (ряд Фибоначчи). *Информационный бюллетень Ассоциации «История и компьютер»* 25, март.
- Щапова Ю. Л. 2005.** *Археологическая эпоха: хронология, периодизация, теория, модель*. М.: КомКнига.
- Щапова Ю. Л. 2013.** *Бронзовый век в макромасштабной модели археологической эпохи*: доклад на круглом столе «Цивилизационные центры и первобытная периферия в эпоху раннего металла: модели взаимодействия», посвященном памяти Н. Я. Мерперта, 5–7 февраля 2013 г. М.: Ин-т археологии РАН.

## Опыт количественного анализа некоторых природных факторов исторических процессов\*

А. В. Коротаев, С. Э. Билюга,  
Д. А. Осипов, С. Ю. Малков, С. Г. Шульгин

*Проведенный нами эмпирический анализ дает дополнительные подтверждения гипотезы о том, что динамика солнечной активности может быть статистически значимым фактором социально-политической дестабилизации. В проведенном нами исследовании базы данных CNTS за 1946–2012 гг. корреляция между уровнем солнечной активности, измеряемым при помощи чисел Вольфа, и интегральным индексом глобальной социально-политической дестабилизации оказалась статистически значимой на уровне 0,0025. Сила корреляции при этом составила 0,344 ( $R^2 = 0,118$ ). Сохраняющееся до сих пор настороженное отношение к солнечной активности как к фактору социально-политической дестабилизации объясняется в высокой степени тем обстоятельством, что первое поколение исследователей этого фактора было склонно преувеличивать его значимость, рассматривая всплески солнечной активности как едва ли не главный фактор, генерирующий революции. Правда и в этом случае, похоже, оказывается посередине: проведенное нами исследование подтверждает, что солнечная активность – это статистически значимый фактор, но при этом сила действия данного фактора достаточно слаба. В нашем тесте он объясняет около 12 % всей вариации интегрального индекса глобальной социально-политической дестабилизации. При этом достаточно примечательно то, что уровень солнечной активности продемонстрировал статистически значимую корреляцию с массовыми беспорядками, а не с мирными демонстрациями. Таким образом, объяснять начало революций ростом солнечной активности, конечно, нельзя. Но учитывать этот фактор при планировании практической политической протестной деятельности, по всей видимости, нужно.*

**Ключевые слова:** солнечная активность, Чижевский, стратегическая стабильность, социально-политическая дестабилизация,

---

\* Исследование выполнено в рамках темы «Анализ страновых рисков с использованием демографических и социально-экономических данных» РАНХиГС в 2016 г.

*протесты, беспорядки, демонстрации, революции, количественный анализ.*

### **История вопроса**

То обстоятельство, что некоторые природные факторы могут выступать в качестве факторов социально-политической дестабилизации, установлено уже достаточно давно и к настоящему времени неплохо изучено.

Анализ литературы по тематике влияния природных факторов на социально-политическую дестабилизацию позволяет выделить два основных направления исследований в этой области. Первое из них ориентируется на выявление воздействия изменения природно-климатических условий (выпадение осадков, колебания температуры и т. д.) на уровень нестабильности в различных социально-политических системах (см., например: Клименко 2003; 2009; Коротаев и др. 2007; Gleditsch 2012; Kvaløy *et al.* 2012; Butler, Gates 2012; Hendrix, Salehyan 2012; Devitt, Tol 2012; Feitelson, Tamimi 2012; Korotayev *et al.* 1999; Khalberg *et al.* 2009; Lipa *et al.* 1976; Stetson 1947; Vladimirkii, Kislovski 1995; Vladimirkii 2012; и др.). С другой стороны, в особую группу можно выделить исследования, посвященные влиянию солнечной активности на процессы социально-политической дестабилизации. На этом направлении мы остановимся подробнее.

Направление это во многом восходит к работам отечественных ученых начала XX в. (см., например: Чижевский 1915; 1924; 1930б; Вернадский 1965; Циолковский 1962; Бехтерев 1921 и др.), которые позволили комплексно взглянуть на проблему взаимодействия космоса и человека и выявить механизмы, в значительной степени влияющие на состояние окружающей человека среды, влияющие на него как непосредственно, так и косвенно.

В качестве даты рождения направления вполне можно рассматривать 1915 г., когда А. Л. Чижевский сделал свой знаменитый доклад (Чижевский 1915), в котором был приведен заметный массив данных, позволивших предположить высокую степень связи между циклами солнечной активности и массовыми явлениями в биосфере.

В 1917 г. историк и краевед Д. О. Святский, поместив рядом хронологическую таблицу революций в Европе XIX в. и таблицу чисел Вольфа (числового показателя количества солнечных пятен) за то же время, обнаружил близкое совпадение дат революций с годами максимумов солнечной активности (Святский 1917) (см. Табл. 1).

**Табл. 1.** Корреляция между солнечной активностью и революционными событиями по Д. О. Святскому

Солнечная деятельность		Революции
годы минимума	годы максимума	
1784.7	1788.1	1789. Великая Французская революция
1708.1	1804.2	
1810.6	1816.4	
1828.4	1829.9	1830. Революция во Франции, 1-е Польское восстание
1843.9	1837.2	
1843.5	1848.1	1848. Революции во Франции, Германии, Австрии и др.
1856.0	1860.1	1861. Освобождение крестьян 1863. 2-е Польское восстание
1867.2	1870.6	1871. Французская Коммуна
1878.9	1882	
1889	1893	
1901	1905	1905. 1-я Российская революция
1913	1917	1917. 2-я Российская революция

Обнаружил ритмику с периодом в 11 лет и сибирский этнограф В. И. Анучин. Он составил хронологическую таблицу «революций, бунтов, мятежей, смут и междоусобиц» и сделал вывод о совпадении этих событий с максимумами солнечной активности (Анучин 1918).

Однако именно А. Л. Чижевский исследовал интересующую нас связь наиболее систематическим образом. Текст его брошюры «Физические факторы исторического процесса» был закончен в 1922 г., хотя защита диссертации состоялась в 1918 г. Исходный базовый материал составляли «синхронистические таблицы», данные из которых он сопоставлял с данными о периодах солнечной активности, собранными швейцарским астрономом Р. Вольфом с 1749 г., обработанными и продолженными А. Вольфером «в таблицах и графиках» до времени проведения исследования. Используемые А. Чижевским для сравнения числовые показатели количества солнечных пятен (числа Вольфа<sup>1</sup>) являются самыми распро-

<sup>1</sup> Число Вольфа вычисляется по формуле:  $W$  (число Вольфа) =  $k(f + 10g)$ , где  $f$  – количество наблюдаемых солнечных пятен;  $g$  – количество наблюдаемых групп солнечных пятен,  $k$  – нормировочный коэффициент. Эти коэффициенты могут быть выведены для каждого наблюдателя и телескопа. Но в международной системе приняты числа Вольфа, которые публикует Цюрихская обсерватория, с принятым коэффициентом 1. Зависимость между среднегодовым значением числа Вольфа и суммарной площадью пятен получена Вальдмайером:  $F = 16,7 W$ ,  $F$  – площадь солнечных пятен в миллионных долях полусферы, которая может меняться со временем (см.: Витинский и др. 1986).

страненными и в настоящее время показателями солнечной активности, именно ими мы будем пользоваться для проведения собственных тестов.

Результаты Чижевского проверялись неоднократно. Остановимся на некоторых релевантных работах последних 25 лет.

На основе хронологических таблиц «Советской исторической энциклопедии» и «Всемирной истории» А. А. Путиловым с использованием метода наложения эпох (подсчитывалось число дат в годовой интервал, приходящийся на год максимума чисел Вольфа, предшествующий ему и т. д., а затем последующие +1, +2 и т. д. годы) было установлено, что напряженность исторического процесса гораздо выше в годы близ максимальной активности Солнца. А в годы минимума активности такая напряженность явно снижается (Путилов 1992).

Немецкий психолог С. Эртель использовал понятие «революция» для обозначения социальных процессов, определяемых как «нарушение социальной стабильности снизу» (Ertel 1996). Был составлен перечень таких процессов на основе специальной литературы. Затем вычислялось среднее значение временного интервала каждого события от ближайшего максимума чисел Вольфа. Таких максимумов начиная с XVII в. набралось 26. В результате подтвердилось, что периоды (процессы) «нарушения социальной стабильности снизу» приходятся и в самом деле чаще всего на год максимума солнечной активности.

По мнению Б. М. Владимирского и Л. Д. Кисловского, события новейшей истории России свидетельствуют о том же: вооруженные силы СССР вводились в соседние страны каждый очередной максимум активности Солнца: в 1957 г. (Венгрия), 1968 г. (Чехословакия), 1980 г. (Афганистан). В 1991 г. распался сам СССР (Владимирский, Кисловский 1998).

Не менее интересный научный результат в рамках поиска зависимости между солнечной активностью и социально-политическими явлениями был получен М. А. Персинджером. В своей статье (Persinger 1999) он сделал попытку выявить зависимость между солнечной активностью (числом Вульфа) и количеством войн. В результате анализа им было выявлено, что войны, происходившие с 1901 по 1951 г., достаточно хорошо коррелируют с показателем солнечной активности (коэффициент корреляции равен 0,6). Также им было статистически показано, что солнечная активность, по всей видимости, оказывает существенное влияние на вероятность возникновения войны с лагом в 1 и 2 года.

М. Микунецкий также провел свой статистический анализ для проверки гипотезы А. Чижевского. В результате анализа (Mikulecký 2007) на исторических данных, которые состояли из двух временных рядов относительно революций в Европе и Китае и восьми временных рядов о деятельности в области науки и искусства, зарегистрированных в пяти географических районах, а также на временных рядах чисел солнечных



пятен (Вольфа), доступных начиная со II века до н. э., используя периодические функции регрессии, он установил, что революции завершились вблизи максимумов солнечной активности во время культурного расцвета. Этот вывод получен на обычно считающемся вполне приемлемым уровне статистической значимости в 0,05.

Эксперт-аналитик Института энергетической стратегии Н. В. Сокотущенко в своей статье (Сокотущенко 2013) пришел к сходному статистически значимому выводу, что некоторые циклы солнечной активности совпадают с количеством массовых движений, в особенности 22-летний солнечный цикл (коэффициент корреляции при этом оказался неожиданно высоким – 0,85).

М. В. Родкин и Е. П. Харин в своей недавней статье (Rodkin, Kharin 2014) приходят к выводу, что время начала массовых спонтанных социальных движений из базы данных глобальных вооруженных конфликтов значимо зависит от уровня солнечной активности (чисел Вольфа) и от индекса геомагнитной активности. Авторами было показано, что взаимосвязь между социальной и геомагнитной активностью выражается несколько более явно, чем с солнечной активностью. Однако, по их мнению, гелиогеомагнитная активность сама по себе не является причиной социальных конфликтов, о чем свидетельствуют довольно слабая сила корреляции и тот факт, что временные интервалы чрезвычайно большого количества социальных конфликтов (десятилетия 1800-х, 1910-х и 1990-х гг.) происходят в периоды снижения среднего уровня солнечной и геомагнитной активности. Главным результатом работы стало подтверждение значимой статистической взаимосвязи между компонентами следующей логической цепочки: солнечная активность >> геомагнитная активность >> социально-политическая активность. Эта связь, по их мнению, является довольно слабой; это подразумевает подтверждение распространенного мнения, что гелиогеомагнитные нарушения способствуют (являются триггерами) развитию уже зрелых социальных конфликтов, но не создают эти конфликты сами.

Тем не менее идея о том, что динамика уровня солнечной активности может быть статистически значимым фактором социально-политической дестабилизации, не нашла всеобщего признания. Так, П. Е. Григорьев и Б. М. Владимирский отмечают, что «идея о влиянии экологических факторов, связанных с космической погодой, на социальные процессы представляется странной или вовсе неприемлемой» (Григорьев, Владимирский 2007: 29), а М. В. Родкин и Е. П. Харин подчеркивают, что «проблема заметных гелиогеофизических воздействий на биологические и социальные процессы остается спорной в научном сообществе» (Rodkin, Kharin 2014: 50). Кроме того, как мы могли видеть, среди исследователей существуют достаточно значительные разногласия относительно силы фактора сол-

нечной активности как возможного генератора социально-политической дестабилизации.

В связи с этим представляется целесообразным произвести дополнительное тестирование интересующей нас гипотезы.

### Материалы и методы

Для тестирования гипотезы о динамике уровня солнечной активности как статистически значимом факторе социально-политической дестабилизации в качестве независимой переменной нами было выбрано число Вольфа, наиболее часто применявшееся ранее для подобного рода тестов; в качестве зависимой переменной была взята система показателей социально-политической дестабилизации базы данных *CNTS*.

### Описание и методология Cross National Time Series (*CNTS*)

База данных *The Cross National Time Series (CNTS)* является результатом работы по сбору и систематизации данных, начатой Артуром Банксом (Banks, Wilson 2015) в 1968 г. в Университете штата Нью-Йорк в Бингемтоне на основе обобщения архива данных *The Statesman's Yearbook*, публикуемого с 1864 г. В базе данных содержатся около 200 переменных для более чем 200 стран, а также годовые значения переменных начиная с 1815 г. В базе данных исключены периоды двух мировых войн 1914–1918 и 1940–1945 гг.

База данных *CNTS* структурирована по разделам и содержит разделы статистических данных по территории и населению страны, данных по использованию технологий, экономических и электоральных данных, данных по внутренним конфликтам, использованию энергии, промышленной статистике, военным расходам, международной торговле, урбанизации, образованию, занятости, деятельности законодательных органов и т. п.

В данной работе мы подробно рассматриваем раздел данных, описывающих внутренние конфликты (раздел *domestic*), которые основаны на анализе событий по 8 различным подкатегориям:

1. Политические убийства (*Assassinations*, domestic 1).
2. Политические забастовки (*General Strikes*, domestic 2).
3. Партизанские действия (*Guerrilla Warfare*, domestic 3).
4. Правительственные кризисы (*Government Crises*, domestic 4).
5. Политические репрессии (*Purges*, domestic 5).
6. Массовые беспорядки (*Riots*, domestic 6).
7. «Революции» (*Revolutions*, domestic 7).
8. Антиправительственные демонстрации (*Anti-Government Demonstrations*, domestic 8).

В данном разделе представлены данные начиная с 1919 г.

К «политическим убийствам» (*Assassinations, domestic 1*) относятся любые политически мотивированные убийства или покушения на убийство высших правительственных чиновников или политиков.

К «политическим забастовкам» (*General Strikes, domestic 2*) относятся забастовки, в которых участвовало 1000 или более работников, более одного работодателя и при этом выдвигались требования, направленные против государственной политики, правительства или органов власти.

К «партизанским действиям» (*Guerrilla Warfare, domestic 3*) относится любая вооруженная деятельность, диверсии или взрывы, совершаемые группами граждан или нерегулярными вооруженными силами, которые направлены на свержение существующего режима.

К «правительственным кризисам» (*Government Crises, domestic 4*) относятся любые ситуации, которые грозят привести к падению текущего режима – за исключением вооруженных переворотов, напрямую направленных на это.

К «политическим репрессиям» (*Purges, domestic 5*) относятся любые систематические устранения политической оппозиции (путем лишения свободы или казней) среди действующих членов режима или оппозиционных группировок.

К «массовым беспорядкам» (*Riots, domestic 6*) относятся любые выступления или столкновения, связанные с использованием насилия, в которых принимали участие более 100 граждан.

К «революциям» (*Revolutions, domestic 7*) относятся любые незаконные или связанные с принуждением изменения в правящей элите, а также любые попытки таких изменений. Переменная «Революции» также учитывает все удачные и неудачные вооруженные восстания, целью которых является получение независимости от центрального правительства.

К «антиправительственным демонстрациям» (*Anti-Government Demonstrations, domestic 8*) относятся любые мирные публичные собрания, в которых принимают участие 100 человек и более, а в качестве основной цели проведения выступает выражение несогласия с политикой правительства или власти, за исключением демонстраций с выраженной направленностью против иностранных государств.

Все перечисленные 8 подкатегорий используются при построении общего индекса социально-политической дестабилизации (*domestic 9*). Для этого составители базы данных *CNTS* присвоили каждой подкатегории определенный вес (см. Табл. 2).

**Табл. 2.** Веса подкатегорий, используемых при построении индекса социально-политической дестабилизации *CNTS*

Подкатегория	Название переменной	Вес в индексе социально-политической дестабилизации (domestic 9)
Политические убийства ( <i>Assassinations</i> )	domestic 1	25
Политические забастовки ( <i>General Strikes</i> )	domestic 2	20
Партизанские действия ( <i>Guerrilla Warfare</i> )	domestic 3	100
Правительственные кризисы ( <i>Government Crises</i> )	domestic 4	20
Политические репрессии ( <i>Purges</i> )	domestic 5	20
Массовые беспорядки ( <i>Riots</i> )	domestic 6	25
Революции ( <i>Revolutions</i> )	domestic 7	150
Антиправительственные демонстрации ( <i>Anti-Government Demonstrations</i> )	domestic 8	10

Индекс социально-политической дестабилизации (*Weighted Conflict Measure*, domestic 9) рассчитывается как сумма произведений численных значений подкатегорий и соответствующих им весов, умножается на 100 и делится на 8 (см. формулу (1)).

$$\text{domestic 9} = \frac{25 \text{ domestic 1} + 20 \text{ domestic 2} + 100 \text{ domestic 3} + 20 \text{ domestic 4} + 20 \text{ domestic 5} + 25 \text{ domestic 6} + 150 \text{ domestic 7} + 10 \text{ domestic 8}}{9} \times 100 \quad (1)$$

### Описание и методология подсчета чисел Вольфа

Погодовые числа Вольфа были использованы согласно данным, предоставляемым Королевской обсерваторией Бельгии, мировым центром по производству, сохранению и распространению данных по динамике солнечной активности (SILSO 2016).

Для корреляционного анализа было использовано годовое общее число Вольфа, получаемое путем вычисления простого арифметического значения ежедневных общих чисел солнечных пятен за все дни каждого года.

#### Ошибка значения.

Ежегодное стандартное отклонение индивидуальных данных является производным от суточных значений, вычисляемым по той же формуле, что и ежемесячные средние:

$$\sigma(m) = \sqrt{\text{SUM}(N(d) \cdot \sigma(d)^2) / \text{SUM}(N(d))},$$

где  $\sigma(m)$  – стандартное отклонение за один день и  $N(d)$  является числом наблюдений для этого дня.

Стандартная ошибка на ежегодные средние значения может быть вычислена путем:  $\sigma/\sqrt{N}$ , где  $\sigma$  – стандартное отклонение,  $N$  – общее число наблюдений в год.

*Примечание:* стандартная ошибка такого типа дает меру точности, то есть чувствительность годового выражения к разным числам суточных значений со случайными ошибками. Неопределенность среднего или абсолютная точность определяется только на больших временных масштабах и, таким образом, не дается здесь для индивидуальных ежегодных значений.

В качестве основного метода тестирования использовался классический корреляционный анализ, однако при этом был проведен контроль на такую значимую переменную, как численность населения Земли, что действительно крайне необходимо, ведь в более многочисленном населении должно наблюдаться большее число социально-политических катаклизмов, чем в менее многочисленном населении. Между тем за рассматриваемый период (1946–2012) население Земли выросло с 2,5 млрд до 7 млрд. В связи с этим мы использовали не непосредственные показатели *CNTS*, а показатели, нормированные на население; например, если речь идет о демонстрациях, мы рассматривали не просто число крупных демонстраций, зафиксированных в *CNTS*, а число демонстраций на миллиард человек.

### Тесты

Прямое тестирование интересующей нас гипотезы с использованием вышеописанных материалов и применением вышеописанных методов дало следующие результаты (см. Табл. 3).

**Табл. 3.** Корреляции между средним количеством солнечных пятен и показателями социально-политической дестабилизации *CNTS* за 1946–2012 гг.

№	Подкатегория	Статистическая значимость ( $\alpha$ )	Коэффициент корреляции Пирсона
1	2	3	4
1	Политические убийства ( <i>Assassinations</i> )	0,299	0,129
2	Политические забастовки ( <i>General Strikes</i> )	0,042	0,249
3	Партизанские действия ( <i>Guerrilla Warfare</i> )	0,248	0,143

Окончание Табл. 3

1	2	3	4
4	Правительственные кризисы ( <i>Government Crises</i> )	0,038	0,254
5	Политические репрессии ( <i>Purges</i> )	0,199	0,159
6	Массовые беспорядки ( <i>Riots</i> )	0,044	0,246
7	Революции ( <i>Revolutions</i> )	0,008	0,322
8	Антиправительственные демонстрации ( <i>Anti-Government Demonstrations</i> )	0,694	–0,049
9	Агрегированный индекс социально-политической дестабилизации	0,010	0,312

Таблица имеет следующий вид: в строках – название переменных, в столбцах – уровень статистической значимости и коэффициент корреляции Пирсона.

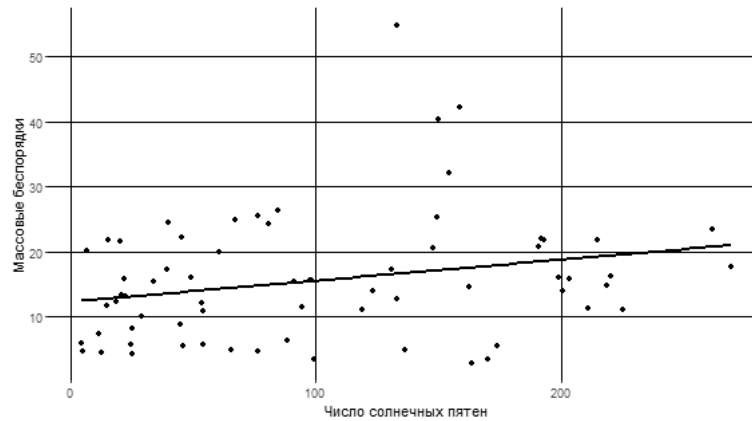
Как видим, для 8 из 9 протестированных корреляций мы имеем связь в предсказанном направлении (то есть корреляция положительна: чем выше уровень солнечной активности, тем выше уровень социально-политической дестабилизации). Кроме того, 5 из 9 рассмотренных корреляций являются статистически значимыми на уровне  $< 0,05$ .

В случае отсутствия статистически значимого влияния солнечной активности на социально-политическую дестабилизацию при серии из 9 тестов трудно было бы ждать более одной корреляции такого рода. Таким образом, проведенный нами тест можно рассматривать в качестве дополнительного аргумента в подтверждении гипотезы о наличии статистически значимой связи между уровнем солнечной активности и уровнем социально-политической дестабилизации.

Крайне примечательным представляется то обстоятельство, что корреляция наблюдается между солнечной активностью и массовыми беспорядками (см. Рис. 1), а не числом мирных демонстраций (см. Табл. 3). Это вполне согласуется с рассмотренными ниже вероятными каналами воздействия солнечной активности на глобальную политическую динамику. Как мы видим, наиболее четко установленный эмпирически факт влияния Солнца на человека наблюдается применительно к корреляции между числами Вольфа и количеством приемов в психиатрические учреждения, что на уровне почвы может быть интерпретировано как индикатор потери определенной частью популяции психически равновесного состояния. Это обстоятельство может стать существенным при перерастании демонстраций в беспорядки, но не будет влиять на организацию мирных демонстраций, планирование которых осуществляется обычно вполне рационально, не являясь результатом импульсивно принятых решений.

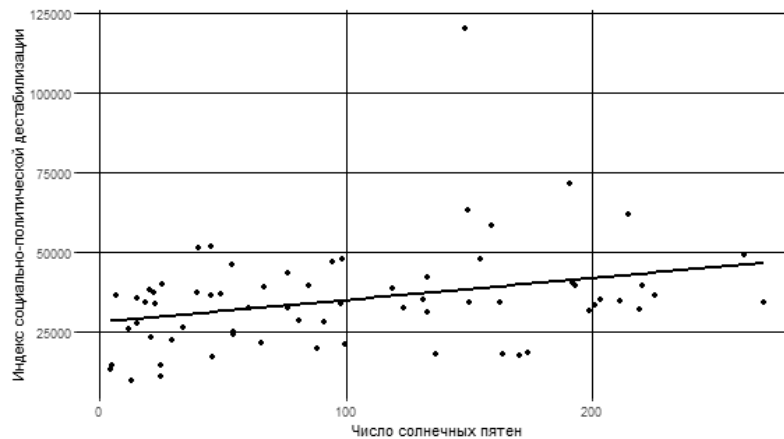
Что касается самих корреляций, большинство из них значимо статистически, но речь при этом идет о достаточно слабых корреляциях – например, вариация солнечной активности объясняет порядка 10 % вари-

ации агрегированного показателя социально-политической дестабилизации (см. Рис. 2).



**Рис. 1.** Корреляция между среднегодовыми числами Вольфа и числом крупных массовых беспорядков (на 1 млрд чел.), зафиксированных в базе данных *CNTS*, 1946–2012 гг. (диаграмма рассеивания с наложенной линией регрессии)

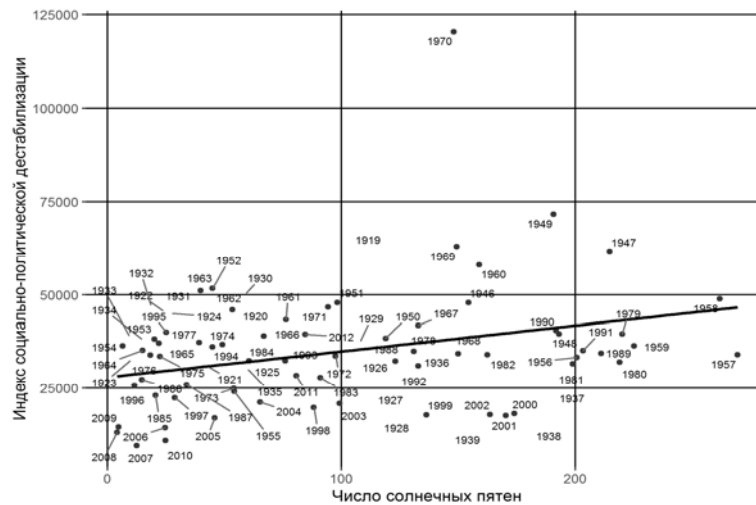
Примечание:  $r = 0,246$ ,  $\alpha = 0,022$  (1-сторонний тест).



**Рис. 2.** Корреляция между среднегодовыми числами Вольфа и калиброванным индексом глобальной социально-политической дестабилизации *CNTS*, 1946–2012 гг. (диаграмма рассеивания с наложенной линией регрессии)

Примечание:  $r = 0,312$ ,  $\alpha = 0,005$  (1-сторонний тест),  $R^2 = 0,097$ .

Примечательно, что на обоих рисунках (Рис. 1 и Рис. 2) представлен некий аутлайер, значение которого по оси абсцисс относительно невелико, но в то же время по оси ординат превышает все остальные почти на порядок. На Рис. 3 видно, что этот аутлайер приходится на 1970 г.



**Рис. 3.** Корреляция между среднегодовыми числами Вольфа и калиброванным индексом социально-политической дестабилизации базы данных *CENTS*, 1946–2012 гг. (диаграмма рассеивания с наложенной линией регрессии и выделенными годами)

Примечание:  $r = 0,312$ ,  $\alpha = 0,005$  (1-сторонний тест),  $R^2 = 0,097$ .

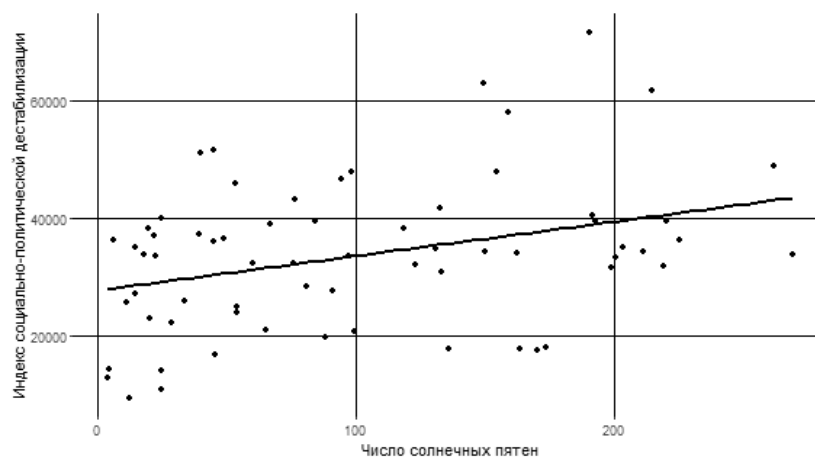
Согласно историческим сводкам, в 1970 г. не было настолько катастрофических социально-политических пертурбаций, которые оправдывали бы присвоение этому году столь высокого глобального индекса социально-политической дестабилизации. Можно предположить, что составителями базы данных *CENTS* была допущена некоторая методическая ошибка, связанная с тем, что переворот 1970 г. в Камбодже и последующая интервенция со стороны США и Южного Вьетнама получили чрезвычайно широкое освещение в американской прессе, в результате чего Камбодже за 1970 г. оказалось присвоено неоправданно высокое значение общего индекса социально-политической дестабилизации – 51 625 (например, оно почти в 10 раз превышает значение индекса, присвоенного коммунистической революции 1949 г. в Китае).

Таким образом, более точное значение корреляции представляется возможным получить при удалении из анализа этого аутлайнера (см. Табл. 4 и Рис. 4).



**Табл. 4.** Корреляции между средним количеством солнечных пятен и показателями социально-политической дестабилизации *CNTS* за 1946–2012 гг. (с исключением аутлайера)

№	Подкатегория	Статистическая значимость ( $\alpha$ )	Коэффициент корреляции
1	Политические убийства ( <i>Assassinations</i> )	0,335	0,120
2	Политические забастовки ( <i>General Strikes</i> )	0,053	0,239
3	Партизанские действия ( <i>Guerrilla Warfare</i> )	0,230	0,150
4	Правительственные кризисы ( <i>Government Crises</i> )	0,019	0,289
5	Политические репрессии ( <i>Purges</i> )	0,191	0,163
6	Массовые беспорядки ( <i>Riots</i> )	0,050	0,243
7	Революции ( <i>Revolutions</i> )	0,010	0,314
8	Антиправительственные демонстрации ( <i>Anti-Government Demonstrations</i> )	0,624	–0,062
9	Агрегированный индекс социально-политической дестабилизации	0,005	0,344



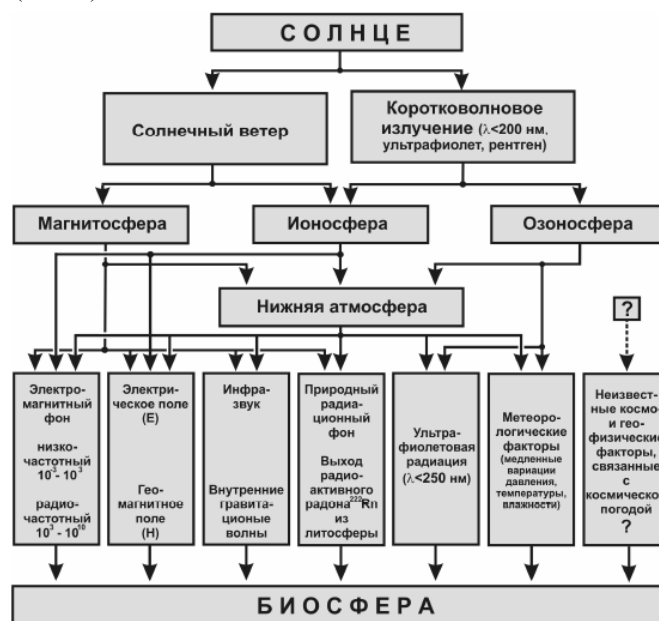
**Рис. 4.** Корреляция (после удаления аутлайера) между средними годовыми числами Вольфа и значениями калиброванного глобального индекса социально-политической дестабилизации, зафиксированными в базе данных *CNTS*, 1946–2012 гг. (диаграмма рассеивания с наложенной линией регрессии)

Примечание:  $r = 0,344$ ,  $\alpha = 0,0025$  (1-сторонний тест),  $R^2 = 0,118$ .

Таким образом,  $R^2$  (коэффициент детерминации) после удаления аутлайера оказывается равным 0,12; это позволяет предположить, что уровень солнечной активности может детерминировать уровень социально-политической дестабилизации где-то на 12 %. Итак, мы имеем дело со статистически значимым, но отнюдь не самым сильным фактором.

### Обсуждение. Возможные механизмы влияния солнечной активности на уровень социально-политической дестабилизации

Обсуждение вопроса о возможных механизмах влияния солнечной активности на уровень социально-политической дестабилизации имеет смысл начать с рассмотрения общей схемы влияния различных связанных с Солнцем производных факторов, которые оказывают влияние на биологическую среду Земли; она была разработана В. С. Мартынюком и Н. А. Темурьянц (Рис. 5).



**Рис. 5.** Общая схема влияния солнечной активности на биосферу (Мартынюк, Темурьянц 2007)

На рисунке показаны два основных канала воздействия: через солнечный ветер – магнитосферу и через коротковолновое излучение – ионосферу и озоносферу. Отсутствие стрелки в правой крайней части схемы означает,

что на нынешнем этапе исследований не все пути воздействия космофизических факторов раскрыты.

Существующий канал прямого воздействия на человека, функционирующий постоянно и глобально, физическая природа основных действующих факторов которого установлена (излучение магнитосферы крайне низких частот, инфразвук), реализует свое влияние и на здоровую, и на девиантную психику. Он влияет и на раннее развитие человеческого организма в утробе матери, и на предрасположенность к заболеваниям в зрелом возрасте, а также проявляется в возможности особого сочетания личностных особенностей для достижения успеха в профессиональной деятельности. Поскольку на каждого отдельного человека влияют обусловленные гелиогеофизическими связями возмущения внешней среды, вероятно, они должны влиять и на механизм взаимодействия его с окружающими членами социума. Те же возмущения действуют и на них, и в итоге общая человеческая масса становится более реактивной и подверженной выведению ее из состояния равновесия.

В качестве следующего шага имеет смысл рассмотреть более детально механизм количественного влияния слабых (сверхслабых) электромагнитных полей на биологический мир.

**Табл. 5.** Общая таблица влияния солнечной активности на некоторые биологические системы

№	Биологические системы	Механизм	Эффект
1	2	3	4
1	Влияние на центральную нервную систему (нейроэндокринную регуляцию)	Развитие торможения на уровне интегративной деятельности центральной нервной системы из-за повышения в активности серотонинэргических систем (Zessa <i>et al.</i> 1995), контролируемых уровнем мелатонина в крови, который, в свою очередь, определяется функциональной активностью особой нейроэндокринной железы головного мозга – эпифиза (Burch <i>et al.</i> 1999; Pfluger, Minder 1996)	Гомеостатические отношения с раком, сердечными, репродуктивными и неврологическими заболеваниями и смертностью, в том числе в результате тревог, депрессий и самоубийств
2	Влияние на сердечно-сосудистую систему	Оказание аритмогенного действия на функции сердца (Кузнецов и др. 1990) или снижение показателя вариабельности сердечного ритма (Sastre <i>et al.</i> 1998)	Нарушение транспорта кислорода в тканях

Окончание Табл. 5

1	2	3	4
3	Влияние на систему крови и иммунитет	Снижение количества лейкоцитов в крови (Мартынюк 1995); активизация противосвертывающей системы крови (Русяев 1984); изменяются факторы гуморального естественного иммунитета (Думанский, Ногачевская 1992)	Снижение защиты организма от перерождающихся клеток
4	Влияние на обмен веществ	Развитие гипоксии в разных тканях организма и активации анаэробных путей энергетического обмена в клетках тканей (Сташков, Горохов 1998); уменьшение содержания липидов в крови и в печени (Чернышева 1987); влияние на свободнорадикальное окисление липидов (Мартынюк 1992); химические реакции с участием тиоловых соединений (Павлова и др. 1978)	Изменение активности углеводного обмена
5	Влияние на эмбриогенез	Сложная система электрических токов в эндогенном электрическом поле эмбриона, которая играет важную роль в реализации программы развития организма (McCaig, Rajnicek 1991)	Повышение вероятности гибели эмбрионов
6	Влияние на биологические ритмы	Сдвиг фаз инфраничных (многосуточных) периодов разнообразных физиологических процессов	Синхронизация биологических ритмов внешними датчиками времени (Wever 1973)

Известнейший врач и ученый В. М. Бехтерев предположил, что установление связи урожайности на Земле с периодичностью пятен на Солнце может позволить установить связь с ними и появления кризисов, экономических и финансовых (Бехтерев 1928). Данная гипотеза представляется вполне правдоподобной, в особенности для традиционных обществ, однако заметной разработки она до сих пор не получила.

В своих трудах А. Л. Чижевский определенно высказывался, что ввиду распространения с молниеносной быстротой влияния Солнца на огромные территории быстрые эпизодические увеличения солнечной активности при помощи физико-химических посредников могут вызвать

резкие изменения в состоянии нервно-психической сферы как человека, так и больших человеческих масс. Это состояние предрасположения к поведению человеческих масс, обусловленное энергетическим влиянием Солнца, Чижевский назвал гелиотараксией. Иными словами, если человек подвержен физическому влиянию извне, то это не может не отражаться на его поведении. При этом он считал, что прямая зависимость встречается редко, а в основном имеет место корреляционная зависимость, которая усложняет картину взаимодействия (Чижевский 1930а).

А. Л. Чижевский верно предполагал, что фактор, ответственный за геобиологические связи, имеет электромагнитную природу. Причинно-следственная цепочка этих связей, по всей видимости, такова: солнечная активность – возмущение магнитосферы и ионосферы (так называемый резонанс Шумана) – возрастание напряженности естественного электромагнитного поля Земли – реакция организма.

Резонанс Шумана производится солнечной активностью, влияет на человеческий мозг, что приводит к сбою в работе гормона мелатонина, который отвечает за регуляцию суточных ритмов (в связи с резкими изменениями солнечной активности отсутствие гормона вызывает серьезные депрессии и самоубийства). Резонанс Шумана обеспечивает гомеостатический контроль активности мозга. Поэтому при увеличении и уменьшении интенсивности резонанса Шумана, производимых изменениями солнечной активности, может наблюдаться увеличение или уменьшение интенсивности сердечных, репродуктивных и неврологических заболеваний, а также увеличение или уменьшение смертности, в том числе в результате тревог, депрессий и самоубийств. Например, одно из исследований показало, что корреляция между среднемесячным числом солнечных пятен и числом самоубийств в городе Крайстчерч в Новой Зеландии с 1988 по 1998 г. является статистически значимой (Cherry 2003).

Как отмечает В. Г. Сидякин, первоначально влияние солнечной активности на психику человека было обнаружено в связи с увеличением дорожно-транспортных происшествий в крупных городах. Выяснилось, что это связано с влиянием магнитных бурь. Обнаружилось также, что при переходе от максимума 11-летнего цикла солнечной активности к годам минимума ошибки пилотирования у летчиков снижаются в полтора раза. Наблюдения за животными в условиях лаборатории подтверждают эффект влияния. Так, у голубей магнитные бури нарушают работу их навигационной системы (Сидякин 1986).

Нейрофизиолог М. Персинджер выявил влияние геомагнитной активности на психические переживания, связанные с ощущением, что с близким человеком что-то случилось (Persinger, Schaut 1988). Зафиксированы случаи трех типов: переживание происходящего с близким человеком, «предчувствие» и ощущение тяжелой утраты. Случаи первого типа фиксировались в период «геомагнитного штиля», второго и третьего – в период геомагнитных возмущений.

Еще одно исследование (Цыганков и др. 2007) позволило выяснить на основе многолетней статистики патологоанатомических вскрытий, что ежегодное число случаев в левом и правом полушариях синхронизировано относительно экстремальных точек 11-летнего цикла солнечной активности и изменяется зеркально (инсульты случаются в функционально нагруженном полушарии). Приводятся также данные об особенностях такого влияния на умственную работоспособность школьников (Кайгородова, Яценко 2001), на их соматические и психофизиологические особенности (Шабашева 2013), на риск возникновения синдрома Дауна (Григорьев и др. 2009), на психометрические и клиничко-лабораторные показатели беременных женщин, на организм спортсмена (Гуляев и др. 2011), на работу сердечно-сосудистой системы и мозгового кровообращения (Паршина, Токаева 2008), на заболеваемость туберкулезом (Бугаев и др. 2010), на самоорганизацию толпы (Белокопытов 2014), на повышение числа психических расстройств (Аптикаева, Гамбурцев 2012), на состояние преступности (Киселев 1997). Например, в ФРГ три зарегистрированных спада всей совокупности преступлений (1955, 1965, 1977 гг.) пришлись также на годы спада солнечной активности. Аналогичная зависимость от гелиогеофизических явлений прослеживается в данных о количестве насильственных преступлений в США (Там же).

Ряд исследований (Белишева и др. 1995; Мерзлый 2012; Новик, Смирнов 2012) подтверждает данные о том, что для устойчивого функционирования мозга необходим оптимальный уровень геомагнитной активности. Возникновение внезапных возмущений, а также значительное снижение уровня геомагнитной активности могут приводить к неустойчивому состоянию мозга. В отношении людей с психическими нарушениями выявлена тенденция к обострению нервно-психических заболеваний после магнитных бурь, а также обнаружен 27-дневный период в частоте суицидов, что установили по статистике террористических актов самоубийц.

Исследования по нахождению зависимостей между различными направлениями солнечной и геомагнитной активности и психиатрическими расстройствами начинают свой отсчет с 1935 г. (см., например: Dull T., Dull B. 1935; Friedman *et al.* 1963; Raps *et al.* 1991; Kay 1994; Cohen, Wohlers 1998; Ivanovic-Zuvic *et al.* 2010). Так или иначе, при изучении различных выборок в разные промежутки времени исследователями было доказано наличие статистически значимой связи между солнечной активностью и психиатрическими госпитализациями.

Например, М. Козн и А. Волерс (Cohen, Wohlers 1998) исследовали корреляцию между солнечной активностью (измеряемой при помощи чисел Вольфа) и случаями госпитализации в психиатрические клиники в период с июля 1984 г. по декабрь 1993 г. в штате Виктория (Австралия) на основе базы данных, включавшей в себя 96 050 случаев. В результате была обнаружена статистически значимая ( $\alpha = 0,006$ ) корреляция в предсказанном направлении, сила корреляции при этом оказалась равной 0,399, что, отметим, достаточно близко к результатам нашего исследования.

Таким образом, можно считать установленным, что рост солнечной активности может вести к обострению психических расстройств у значительного числа людей. Это обстоятельство, по всей видимости, в какой-то степени объясняет, почему уровень солнечной активности статистически значимо коррелирует с числом массовых беспорядков, а не мирных демонстраций. Здесь важно учесть следующее обстоятельство: исследователями уже неоднократно обращалось внимание, что при перерастании мирных демонстраций в массовые беспорядки очень важную роль могут играть психические срывы участников мирных демонстраций как с той, так и с другой стороны, когда, например, выведенные из психического равновесия протестующие начинают кидать камни в витрины магазинов или полицейские, неадекватно отреагировав на оскорбления демонстрантов, применяют неоправданно жесткие меры силового воздействия, что нередко запускает цепную реакцию, ведущую к перерастанию мирной демонстрации в массовые беспорядки (см., например: Назаретян 2001; DW 2007; Мирный... 2008)<sup>2</sup>.

### Заключение

Итак, проведенный нами эмпирический анализ дает дополнительные подтверждения гипотезы о том, что динамика солнечной активности может быть статистически значимым фактором социально-политической дестабилизации. В проведенном нами исследовании базы данных *CNTS* за 1946–2012 гг. корреляция между уровнем солнечной активности, измеряемым при помощи чисел Вольфа, и интегральным индексом глобальной социально-политической дестабилизации оказалась статистически значимой на уровне 0,0025<sup>3</sup>. Сила корреляции при этом составила 0,344 ( $R^2 = 0,118$ ).

Необходимо отметить, что сохраняющееся до сих пор настороженное отношение к солнечной активности как к фактору социально-политической дестабилизации объясняется в высокой степени тем обстоятельством, что первое поколение исследователей этого фактора было склонно преувеличивать его значимость, рассматривая всплески солнечной актив-

<sup>2</sup> Интересный пример того, как изменение солнечной активности через свое воздействие на человеческую психику может вести к значимому влиянию на политическое поведение, приводят П. Григорьев, В. Розанов, А. Вайсерман, Б. Владимирский (Grigoryev *et al.* 2009). Они используют данные о терактах самоубийц в Израиле, Ираке и Афганистане (1062 случая, 1994–2008 гг.). Исследователям при этом удалось обнаружить, что определенные типы гелиогеофизических факторов были одинаковыми во всех странах и, как правило, сопровождались такими актами. Геомагнитная активность значимо увеличилась ( $\alpha < 0,0001$ ) в день атаки и на следующий день после нападения. Межпланетное магнитное поле полярности изменялось на день раньше атаки ( $\alpha < 0,03$ ) и на следующий день после нападения ( $\alpha < 0,007$ ). В 1994–2008 гг. число террористических актов самоубийц концентрируется близ границ секторов межпланетного магнитного поля, и этот результат оказался тем же самым для Израиля, Ирака и Афганистана.

<sup>3</sup> 1-сторонний тест значимости.

ности как едва ли не главный фактор, генерирующий революции (см. приведенный выше литературный обзор). Правда, как обычно, оказывается посередине: приведенное нами исследование подтверждает, что солнечная активность — это статистически значимый фактор, но при этом его сила действия достаточно слаба. В нашем тесте, например, он объясняет около 12 % всей вариации интегрального индекса глобальной социально-политической дестабилизации.

При этом крайне примечательным оказалось то, что уровень солнечной активности продемонстрировал статистически значимую корреляцию с массовыми беспорядками, а не с мирными демонстрациями. Действительно, наиболее хорошо установленным каналом влияния солнечной активности на человеческое поведение является рост вероятности обострения психических расстройств с ростом солнечной активности. Этот фактор и не должен влиять на число мирных демонстраций, которые обычно планируются заранее достаточно рациональным образом, а не являются результатом какого-то психического срыва. А вот при перерастании мирных демонстраций в массовые беспорядки психические срывы у участников процесса как с той, так и с другой стороны могут сыграть весьма значимую роль.

Таким образом, объяснять начало революций ростом солнечной активности, конечно, нельзя. Но учитывать этот фактор при планировании практической политической деятельности, по всей видимости, нужно. Если, предположим, проведение демонстрации протеста планируется в период крайне высокого уровня солнечной активности, организаторам демонстрации следует приложить дополнительные усилия по предотвращению ее перерастания в массовые беспорядки. С другой стороны, и руководству правоохранительных органов в этом случае следовало бы проводить дополнительную работу со своим личным составом для обеспечения с его стороны повышенной сдержанности и спокойствия.

### Библиография

- Анучин В. 1918.** *Социальный закон (Закон периодичности в народных движениях)*. Томск: Тип. губерн. ведомства.
- Аптикаева О. И., Гамбурцев А. Г., Мартышов А. Н. 2012.** Здоровье человека и гелиофизические факторы: сравнительный анализ динамики числа экстренных госпитализаций в психиатрические стационары Москвы и Казани. *Альманах «Пространство и время»: электронное научное издание* 1(2).
- Белишева Н. К., Попов А. Н., Петухова Н. В. 1995.** Качественная и количественная оценка воздействия вариаций геомагнитного поля на функциональное состояние мозга человека. *Биофизика* 40(5).
- Белокопытов Ю. Н. 2014.** Бессознательные параметры самоорганизации толпы. *Мир науки, культуры, образования* 4(47).
- Бехтерев В. М. 1921.** *Коллективная рефлексология*. Пг.: Колос.
- Бехтерев В. М. 1928.** *Общие основы рефлексологии человека*. М.; Л.: Госиздат.



- Бугаев Т. Д., Данилов А. С., Соркомов М. Н. 2010. Влияние солнечной активности на заболеваемость туберкулезом в Республике Саха (Якутия). *Здоровье и образование в XXI веке* 2.
- Вернадский В. И. 1965. *Химическое строение биосферы Земли*. М.
- Витинский Ю. И., Копецкий М., Куклин Г. В. 1986. *Статистика пятнообразовательной деятельности Солнца*. М.: Наука.
- Владимирский Б. М., Кисловский Л. Д. 1998. Биофизика и история. *Биофизика* 43(5).
- Григорьев П. Е., Афанасьева Н. А., Вайсерман А. М. 2009. Солнечная активность как фактор возникновения синдрома Дауна. *Экология человека* 11.
- Григорьев П. Е., Владимирский Б. М. 2007. Эффекты космической погоды в террористической активности. *Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия»* 20(59): 28–46.
- Гуляев М. Д., Готовцев И. И., Таймазов А. В., Цветков Д. С. 2011. Механизмы воздействия солнечного излучения и геомагнитного поля на организм спортсмена. *Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта* 6(76).
- Думанский Ю. Д., Ногачевская С. И. 1992. Гигиеническая оценка влияний ЭМП высокой частоты на состояние иммунной реактивности организма. *Гигиена и санитария* 5–6: 34–37.
- Кайгородова Н. З., Яценко М. В. 2001. Исходный уровень активации и эффективность умственной работоспособности в зависимости от индивидуально-типологических особенностей. *Валеология* 4.
- Киселев С. Л. 1997. *Гелиогеофизическое прогнозирование преступности и чрезвычайных ситуаций*. М.: ВНИИ МВД РФ.
- Клименко В. В. 2003. История и климат в Средние века. *Восток* 1: 5–41.
- Клименко В. В. 2009. *Климат: Непрочитанная глава истории*. М.: МЭИ.
- Коротаев А. В., Клименко В. В., Прусаков Д. Б. 2007. *Возникновение ислама: Социально-экологический и политико-антропологический контекст*. М.: ОГИ.
- Кузнецов А. И., Кшуташили Т. Ш., Колоколов А. С., Лазарев А. В. 1990. Квазирезонансные зависимости аритмогенного действия низкочастотного магнитного поля на сократительную активность миокарда. *Известия АН СССР. Серия «Биология»* 2: 178–183.
- Мартынюк В. С. 1992. К вопросу о синхронизирующем действии магнитных полей инфранизких частот на биологические системы. *Биофизика* 37(4): 669–673.
- Мартынюк В. С. 1995. Временная организация живых организмов и проблема воспроизводимости результатов магнитобиологических исследований. *Биофизика* 40(5): 925–927.
- Мартынюк В. С., Темурьянц Н. А. 2007. Экспериментальная верификация электромагнитной гипотезы солнечно-биосферных связей. *Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия»* 20(59): 8–27.
- Мерзлый А. М. 2012. Результаты эксперимента по оценке влияния геофизических факторов на показатели биоэлектрической активности мозга. *VI Международный конгресс «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине»*. СПб.

- Мирный митинг закончился побоищем. 2008. *НТВ* 7 марта. URL: <http://www.ntv.ru/novosti/142267/video/>.
- Назаретян А. П. 2001. *Психология стихийного массового поведения*. М.: Пер Сэ.
- Новик О. Б., Смирнов Ф. А. 2012. Влияние магнитных бурь на электрические потенциалы коры головного мозга человека. *Тезисы Международной конференции «Влияние космической погоды на человека: в Космосе и на Земле»*. М.: Ин-т космических исследований РАН.
- Павлова Р. Н., Музалевская Н. И., Соколовский В. В. 1978. Некоторые биохимические аспекты действия слабых низкочастотных МП. *Реакция биологических систем на МП*, с. 49–58. М.: Наука.
- Паршина С. С., Токаева Л. К. и др. 2008. *Солнечная активность и особенности гомеорегуляторных нарушений у больных стенокардией*. Саратов: Изд-во Саратовского ГМУ им. М. В. Разумовского.
- Путилов А. А. 1992. Неравномерность распределения исторических событий в пределах 11-летнего солнечного цикла. *Биофизика* 57(4).
- Русяев В. Ф. 1984. Действие электромагнитных полей на систему свертывания крови. *Электромагнитные поля в биосфере* / Ред. В. Ф. Русяев, Н. В. Красногорская. Т. 2, с. 97–108. М.: Наука.
- Святский Д. О. 1917. О некотором состоянии солнечной деятельности и народных восстаний. *Известия русского общества любителей мироведения* 6(6).
- Сидякин В. Г. 1986. *Влияние глобальных экологических факторов на нервную систему*. Киев: Наукова думка.
- Соколушенко Н. В. 2013. Влияние солнечной активности на социально-политические явления. *Энергетическая политика* 1: 60–66.
- Сорокин П. А. 2000. *Социальная и культурная динамика*. СПб.
- Сташков А. М., Горохов И. Е. 1998. Гипоксическое и антиокислительное биологическое действие многодневного применения слабого и переменного магнитного поля сверхнизкой частоты. *Биофизика* 43(5): 807–810.
- Хлебников В. 1922. *Доски судьбы*. Б. м.
- Циолковский К. Э. 1962. *Собрание сочинений*. Т. IV. М.
- Цыганков К. В., Павленко В. Н., Цыганков А. В. 2007. Объяснение гелиобиологических закономерностей с позиций учения о функциональной асимметрии головного мозга. 7-я Международная Крымская конференция «Космос и биосфера». Судак.
- Чернышева О. Н. 1987. Влияние переменного магнитного поля промышленной частоты на состав липидов в печени крыс. *Украинский биохимический журнал* 59(3): 91–94.
- Чижевский А. Л. 1915. *Периодическое влияние Солнца на биосферу Земли*: Доклад в Московском археологическом институте. М.
- Чижевский А. Л. 1924. *Физические факторы исторического процесса*. Калуга: 1-я Гостиполитография.
- Чижевский А. Л. 1930а. *Теория гелиотараксии*. М.

- Чижевский А. Л. 1930б.** Эпидемические катастрофы и периодическая деятельность Солнца. М.
- Шабашева С. В. 2013.** Влияние солнечной активности в пренатальном ортогенезе на соматические и психофизиологические особенности детей семилетнего возраста: дис. ... канд. биол. наук. Кемерово.
- Banks A. S., Wilson K. A. 2015.** *Cross-National Time-Series Data Archive*. Databanks International. Jerusalem, Israel 15.03. URL: <http://www.databanksinternational.com>.
- Burch J. B., Reif J. S., Yost M. G. 1999.** Geomagnetic Disturbances are Associated with Reduced Nocturnal Excretion of a Melatonin Metabolite in Human. *Neuroscience Letters* 266(3): 209–212.
- Butler C. K., Gates S. 2012.** African Range Wars: Climate, Conflict, and Property Rights. *Journal of Peace Research* 49: 23–34. DOI:10.1177/0022343311426166.
- Cherry N. J. 2003.** *Suicide and Solar Activity Linked Through the Schumann Resonance Signal*. N. p.
- Cohen M., Wohlers A. 1998.** Is there a Relationship between Sunspot Numbers and Psychiatric Admissions? *Bioelectromagnetism. Proceedings of the 2nd International Conference on*, pp. 149–150. IEEE.
- Devitt C., Tol R. S. J. 2012.** Civil war, Climate Change, and Development: A Scenario Study for Sub-Saharan Africa. *Journal of Peace Research* 49: 129–145. DOI:10.1177/0022343311427417.
- Dull T., Dull B. 1935.** Zusammenhänge zwischen Störungen des Erdmagnetismus und Häufungen von Todesfällen. *Deutsche Med. Wschr.* 61–95.
- DW. 2007.** Almost 1,000 Hurt After Anti-G8 Protests in Germany 7.03. URL: <http://www.dw.com/en/almost-1000-hurt-after-anti-g8-protests-in-germany/a-2573837>.
- Ertel S. 1996.** Space Weather and Revolutions. Chizevsky's Heliobiological Claim Scrutinized. *Studia Psychologica* 38(1–2).
- Feitelson E., Tamimi A., Rosenthal G. 2012.** Climate Change and Security in the Israeli-Palestinian context. *Journal of Peace Research* 49: 241–257. DOI:10.1177/0022343311427575.
- Friedman H., Becker R. O., Bachman C. K. 1963.** Geomagnetic Parameters and Psychiatric Hospital Admissions. *Nature* 200(62–28).
- Gleditsch N. P. 2012.** Whither the Weather? Climate Change and Conflict. *Journal of Peace Research* 49: 3–9. DOI:10.1177/0022343311431288.
- Grigoryev P., Rozanov V., Vaiserman A., Vladimirov B. 2009.** Heliogeophysical Factors as Possible Triggers of Suicide Terroristic Acts. *Health* 1(4): 294–297.
- Hendrix C. S., Salehyan I. 2012.** Climate Change, Rainfall, and Social Conflict in Africa. *Journal of Peace Research* 49: 35–50. DOI:10.1177/0022343311426165.
- Ivanovic-Zuvic F., De la Vega R., Ivanovic-Zuvic N., Correa E. 2010.** Association between Hospital Admissions due to Affective Disorders and Solar Activity. Analysis of 16 years. *Revista medica de Chile* 138(6): 694–700.
- Kay R. W. 1994.** Geomagnetic Storms: Association with Incidence of Depression as Measured by Hospital Admission. *British Journal of Psychiatry* 164: 403–409.
- Khalberg F., Kornelissen G., Sotern R. B., Chaplitski E., Shvartskopff O. 2009.** The 35-year Climatic Cycle in Heliogeophysics, Psychophysiology, Military Policy, and Economics. *Geofiz. Protseessy Biosfera* 8(2): 43–74.

- Korotayev A., Klimenko V., Proussakov D. 1999.** Origins of Islam: Political-Anthropological and Environmental Context. *Acta Orientalia Hung* 53(3–4): 243–276.
- Kvaløy B., Finseraas H., Listhaug O. 2012.** The Publics' Concern for Global Warming: A Cross-national Study of 47 countries. *Journal of Peace Research* 49: 11–22. DOI:10.1177/0022343311425841.
- Lipa B. J., Sturrock P. A., Rogot E. 1976.** Search for Correlation Between Geomagnetic Disturbances and Mortality. *Nature* 259: 302–304.
- McCaig C. D., Rajnicek A. M. 1991.** Electrical Fields, Nerve Growth and Nerve Regeneration. *Experimental Physiology* 76: 473–494.
- Mikulecký M. 2007.** Solar Activity, Revolutions and Cultural Prime in the History of Mankind. *Neuro Endocrinology Letters* 28(6): 749–756.
- Persinger M. A. 1999.** Wars and Increased Solar-geomagnetic Activity: Aggression or Change in Intraspecies Dominance? *Perceptual and Motor Skills* 88(3c): 1351–1355.
- Persinger M., Schaut G. 1988.** Geomagnetic Factors in Subjective, Telepathic, Precognitive and Postmortem Experience. *Journal of American Society for Psychical Research* 82(3): 217–235.
- Pfluger D. H., Minder C. E. 1996.** Effects of Exposure to 16.7 Hz Magnetic Fields on Urinary 6-hydroxymelatonin Sulfate Excretion of Swiss Railway Workers. *Journal of Pineal Research* 21: 91–100.
- Raps A., Stoupel E., Shimshoni M. 1991.** Solar Activity and Admissions of Psychiatric Inpatients, Relations and Possible Implications on Seasonality. *Israel Journal of Psychiatry & Related Sciences* 28: 50–59.
- Rodkin M. V., Kharin E. P. 2014.** On the Statistical Relationship Between Solar Activity and Spontaneous Social Processes. *Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics* 50(7): 669–677.
- Sastre A., Cook M. R., Graham C. 1998.** Nocturnal Exposure to Intermittent 60-Hz Magnetic Fields Alters Human Cardiac Rhythm. *Bioelectromagnetics* 19: 98–106.
- SILSO. 2016.** World Data Center – Sunspot Number and Long-term Solar Observations. Royal Observatory of Belgium. Monthly Report on the International Sunspot Number. On-line Sunspot Number catalogue 28.01. URL: <http://www.sidc.be/SILSO/>.
- Stetson H. T. 1947.** *Sunspots in Action*. New York: Ronald.
- Vladimirskii B. M. 2012.** Kondrat'ev Long Waves and Cosmic Weather. *Geofiz. Protsessy Biosfera* 11(2): 71–84.
- Vladimirskii B. M., Kislovskii L. D. 1995.** Cosmic Rhythms in the History of Europe. *Biofizika* 40: 756–860.
- Wever R. A. 1973.** Human Circadian Rhythms under the Influence of Weak Electric Fields and the Different Aspects of these Studies. *International Journal of Biometeorology* 3: 227–232.
- Zecca L., Mantegazza C., Piva F., Hagino N. 1995.** Neutrasmitters in Brain Cortex of Rats Exposed to 50 Hz EMF. *Abstracts of 17<sup>th</sup> Annual Meeting of BEMS*. Boston.

## О синтезе двух математических методов описания исторического развития

А. А. Фомин

*Для математического описания глобальных эволюционных процессов обосновывается возможность использования типичной для финансовых рынков логостепенной закономерности (формула 1). Это открывает новые теоретические и прикладные возможности для понимания и осмысления причин глобальной эволюции, в частности прогнозирования.*

**Ключевые слова:** историческая динамика, гиперболический рост, тренды, циклы, логостепенная параметризация, логопериодические колебания.

### Введение

Традиционно для описания эволюции разных глобальных социально-экономических процессов используются гиперболы (см., например: Foerster *et al.* 1960; Капица 1992; Коротаев, Малков, Халтурина 2007; 2008; Grinin *et al.* 2013; Korotayev, Malkov 2016). Например, при описании динамики мирового народонаселения – это обычная гипербола ( $\sim 1/(t_{\text{sing}} - t)$ ) (Капица 1996), при описании мировой грамотности и численности крупнейших поселений мира – это квадратичная гипербола ( $\sim 1/(t_{\text{sing}} - t)^2$ ) (Коротаев 2006). В той же работе обычная гипербола используется для описания эволюции подушевого ВВП. Все эти гиперболы работают лишь до момента несколько десятилетий назад, когда начинается сильное отклонение от них.

С другой стороны, для описания разных показателей финансовых рынков (например, стоимости акций, инфляции, различных индексов, в том числе индекса Доу-Джонса) используется так называемая логостепенная параметризация (Сорнетте 2008), которая отражена в формуле (1):

$$C_2 + C_3 (t_{\text{синг.}} - t)^{C_5} + C_4 (t_{\text{синг.}} - t)^{C_5} \cos\{\omega \log(t_{\text{синг.}} - t) + \varphi\}, \quad (1)$$

где  $C$ ,  $\varphi$ ,  $t_{\text{синг.}}$  – константы. Первые два члена представляют собой степенную зависимость, третий описывает так называемые логопериодические

колебания<sup>1</sup> – колебания с сокращающимися от цикла к циклу периодами в одно и то же количество раз. Причем их амплитуда меняется со временем по точно такому же закону, что и второй член. Константа  $t_{\text{синг.}}$  представляет собой момент, когда частота колебаний формально обращается в бесконечность.

Гиперболическая зависимость является частным случаем логостепенной зависимости (1). Но формула (1) обычно используется для описания относительно коротких промежутков времени (годы, десятки лет), тогда как рассмотренные в самом начале случаи гиперболических зависимостей охватывают тысячелетия.

Еще одно отличие, условно говоря, гиперболического подхода от формулы (1) состоит в том, что до сих пор выражение (1) всегда использовалось в тех случаях, когда показатель степени  $C_5$  был больше нуля. Гиперболическая же зависимость означает, что показатель степени отрицателен.

Положительность  $C_5$  связана с тем, что до сих пор, прежде чем параметризовать те или иные показатели финансовых рынков (стоимость акций, инфляция) с помощью формулы (1), от них брался логарифм. Если логарифм не брать, то, вообще говоря,  $C_5$  может получаться и отрицательным. Но одна из причин предварительного взятия логарифма, вероятно, связана с тем, что с ним точность вычисления точки сингулярности оказывается выше, что удобнее для прогнозирования обвалов финансовых рынков.

Мы попробовали использовать вариант логостепенной параметризации разных показателей финансовых рынков без предварительного взятия логарифма и обнаружили, что если рассматривать очень длительные промежутки времени, то индекс Доу-Джонса и инфляцию можно описывать формулой (1) с отрицательным показателем, который по модулю оказывается близким к целым числам. Причем точки сингулярности получаются примерно одинаковыми. Иначе говоря, и финансовые рынки подчиняются гиперболическому закону роста.

Разные «традиционно-гиперболические» параметры (например, народонаселение планеты) косвенно роднит то, что на больших промежутках времени, на которых они рассматриваются, тоже наблюдаются логоциклы (см., например: Панов 2007). Но эти логоциклы до сих пор наблюдались лишь качественно – на основе эволюционной периодизации.

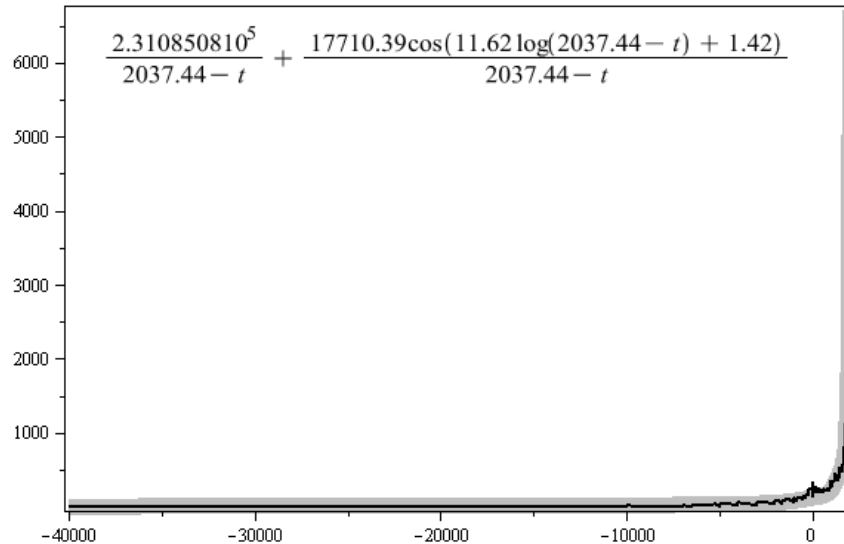
Это навело нас на мысль, что и «традиционно-гиперболические» величины тоже содержат логоколебания, подчиняющиеся тому же соотношению (1), что и финансовые рынки.

---

<sup>1</sup> Часть слова «лого» означает, что в логарифмическом масштабе времени, когда время отсчитывается от точки сингулярности  $t_{\text{синг.}}$ , логопериодические колебания являются постоянно-периодическими.

И это действительно так. Причем учет соответствующих логоколебаний позволяет описывать и период последних нескольких десятков лет (для которого, как ранее считалось, гиперболический рост нарушался), например, описать то, что называется демографическим переходом.

В этой статье приведем ряд конкретных примеров, иллюстрирующих сказанное, покажем, что ряд «гиперболических» показателей имеет свойства, вполне аналогичные тем, что наблюдаются для показателей финансовых рынков, что представляет теоретический интерес с точки зрения поиска объяснения соответствующих закономерностей, а также имеет потенциальный практический интерес с точки зрения глобальных долгосрочных прогнозов на основе соответствующей логоцикличности.



**Рис. 1.** Гиперболический рост народонаселения Земли с наложенными логоколебаниями<sup>2</sup>. По оси ординат – миллионы человек. По оси абсцисс – время в годах от начала эры. Формула представляет собой логостепенную параметризацию, которая в рассматриваемом масштабе практически совпадает с данными по народонаселению (жирная линия). Показанный интервал: от 40 тыс. лет до н. э. до 2005,5 г.

<sup>2</sup> Выражаем глубокую благодарность С. В. Цирелю, приславшему соответствующие данные. Ссылки на их источники находятся в статье (Цирель 2008).

## 1. Народонаселение планеты, войны

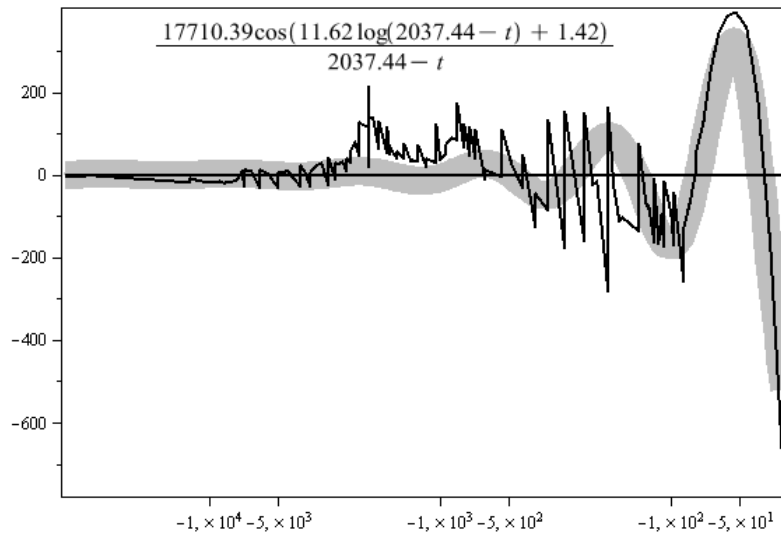
Начнем с описания динамики народонаселения планеты. Его логостепенная параметризация показана на Рис. 1. В таком масштабе логоколебания почти не видны. Поэтому на Рис. 2 отдельно приводим логоколебательную составляющую. Она позволяет описать то, что называется демографическим переходом – резкое отклонение от гиперболического роста, начавшееся в районе 1970 г., если для описания народонаселения пользоваться только гиперболой. В рамках же использования логостепенной параметризации (1) такое отклонение оказывается всего лишь одним из логоколебательных эпизодов. На Рис. 1 показатель степени не оптимизировался по той причине, что если провести и его оптимизацию, то для него получается удивительно близкое к «-1» значение, равное «-0,976» (а точка сингулярности тоже получается очень близкой к точке сингулярности Рис. 1 и равной 2035,6 г.).

На Рис. 2 также полагается равным нулю параметр  $C_2$ . Как оказалось, если оптимизировать и по нему, то он оказывается пренебрежимо мал, а остальные параметры существенно не меняются. Аналогичная картина наблюдается и для ряда других логостепенных параметризаций с примерно гиперболическим ростом, что относится и к ряду параметризаций, которые рассмотрены в этой статье ниже. Судя по всему, для гиперболического роста характерно с теоретической точки зрения нулевое значение для  $C_2$ , что в основном будет учтено ниже в этой статье.

Циклы Рис. 2 исторически как раз соответствуют тому, что в чем-то грубо, условно говоря, известно как (слева направо) верхний палеолит, неолит, древний период, Средневековье и раннее Новое время, «дикий капитализм», современный/«цивилизованный» капитализм или постиндустриальное общество. Причем каждому из этих циклов соответствует своя технологическая революция, развивающаяся в первых их половинах: верхнепалеолитическая, неолитическая, металлическая (городская), примитивно-механическая (использование энергии воды и ветра в разных механических устройствах), промышленная, постиндустриальная.

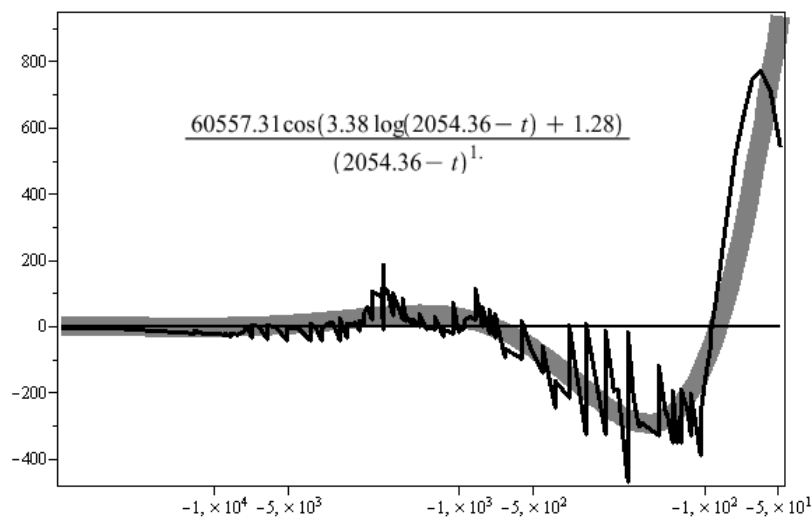
На Рис. 2 видно систематическое отклонение точек от плавной линии, особенно в левой части рисунка. Это связано с наличием в данных другого, более крупного типа логоколебаний, который и приводит к систематическому смещению.





**Рис. 2.** Колебательная составляющая народонаселения планеты как функция времени в логарифмическом масштабе. Ломаная – разность между народонаселением планеты и гиперболической составляющей его параметризации, представленной первым членом формулы предыдущего рисунка, плавная линия – вторым членом. По оси абсцисс отложено время, отсчитываемое от точки сингулярности (1937,44 г.). Охватываемый промежуток – от 40 тыс. лет до н. э. до 2005 г.

Для финансовых рынков характерно, что один и тот же набор данных может параметризоваться разным набором логостепенных параметризаций, но с примерно одной и той же точкой сингулярности (Сорнетте 2008). Не является исключением и динамика народонаселения планеты, что иллюстрирует Рис. 3. Как видно из Рис. 3, в той области, где на Рис. 2 было систематическое завышение точек (левая часть рисунка), его теперь нет. Но появилось систематическое завышение справа, которого не было на Рис. 2. Иначе говоря, на Рис. 2, 3 представлены два типа логоскобаний, которые взаимно дополняют друг друга, улучшая параметризацию. При параметризации их можно было бы использовать одновременно, и тогда упомянутые недостатки каждой из них исчезли бы. Совершенно аналогичная картина имеет место и для разных показателей финансовых рынков.

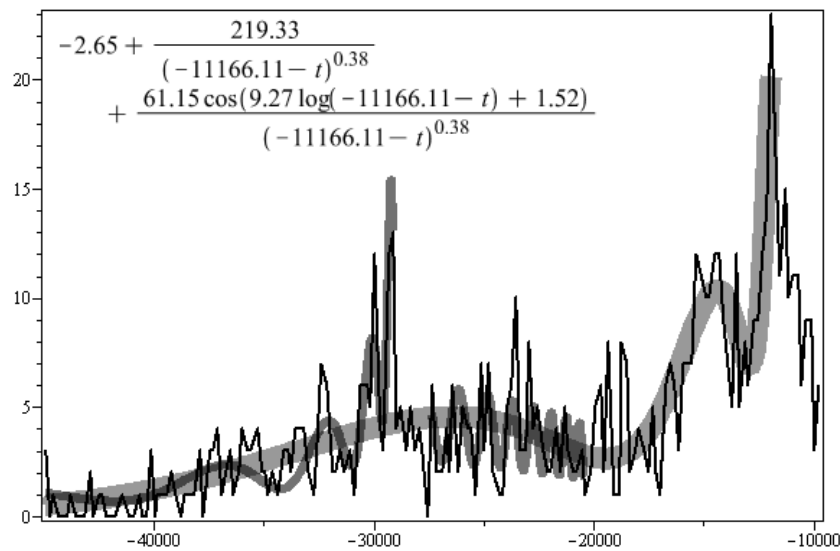


**Рис. 3.** Колебательная составляющая логостепенной параметризации с «крупными» логоколебаниями. По оси абсцисс – годы, отсчитываемые от вычисленной точки сингулярности (2054,36 г.). Соответствует времени от 40 тыс. лет до н. э. до 2005,5 г. Чтобы получить логопараметризацию народонаселения, соответствующую колебательной составляющей этого рисунка, нужно прибавить к ней гиперболу  $289590,64/(2054.36 - t)$

Другой широко распространенной чертой разных показателей финансовых рынков является то, что каждому периоду логостепенной параметризации соответствует своя, другая логостепенная параметризация (или то же самое – пузырь) с точкой сингулярности, примерно в конце периода<sup>3</sup>. Примерно такую же картину можно наблюдать и для периодов логоколебаний, показанных на Рис. 2.

Рассмотрим это подробнее. При этом у дат в подписях к рисунку в скобках будут указаны проценты по отношению длительности соответствующих логоциклов в логарифмическом масштабе времени (то есть в таком, как на Рис. 2), которые будут показывать, на каком участке логоцикла находится дата от его начала. В результате сказанное выше будет наглядно видно (точки сингулярностей соответствующих пузырей находятся в конце логоциклов Рис. 2).

<sup>3</sup> Это имеет место для случаев, когда упомянутые циклы завершаются обвалом – скачкообразным снижением показателя, что выражается в кризисах того или иного масштаба. Множество частных случаев этого наблюдалось в кризис 2008 г., когда происходило массовое банкротство организаций с соответствующим обвалом стоимости их акций.



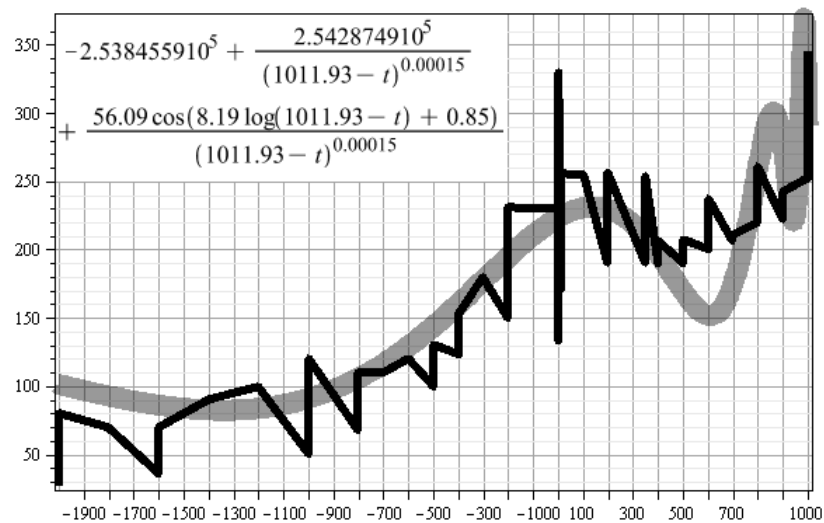
**Рис. 4.** (Под)пузырь в относительной динамике народонаселения Сибири и Дальнего Востока России верхнепалеолитического логоцикла. Ломаная линия – количество всех известных датированных находок, связанных с деятельностью человека из упомянутого региона, за двухсотлетний интервал<sup>4</sup> по состоянию на 2010 г. Длинная плавная линия – их логостепенная параметризация, полученная минимизацией дисперсии с формулой, показанной на рисунке. По оси абсцисс – время в годах от начала эры. Показанный интервал: –44915,8 (5,5 %) – 9800 (116,2 %) гг. Интервал параметризации длинной плавной линии: –44915,8 (5,5 %) – –11935,3 (102,9 %) гг. Короткими, тонкими, плавными линиями показаны другие (под)пузыри, соответствующие 1-й и 2-й фазам логоцикла. (Под)пузырь, соответствующий 3-й фазе, примерно совпадает с соответствующим участком (примерно после –20 000 лет) подпузыря всего логоцикла. Источник датировок: Кузьмин и др. 2011<sup>5</sup>

<sup>4</sup> Весь интервал времени разбит на участки в 200 лет, для которых велся подсчет количества находок. В качестве соответствующих им усредненных датировок взята их средняя датировка.

<sup>5</sup> В этой статье приводятся некалиброванные радиоуглеродные датировки, переведены нами в календарные даты с помощью программы IntCal13.

Начнем с верхнепалеолитического цикла. Поскольку достаточно полных прямых данных по народонаселению, чтобы увидеть это, для него не существует (на этот цикл приходится всего четыре точки Рис. 1, 2), воспользуемся косвенными данными и лишь для одной обширной области – Сибири и Дальнего Востока России. Это иллюстрирует Рис. 4. На нем показан пузырь, соответствующий всему верхнепалеолитическому логоциклу, а также (под)пузыри, соответствующие его фазам. Оказывается, пузыри, соответствующие логоциклам Рис. 2, состоят из трех подпузырей, которые названы фазами и которые в логарифмическом масштабе времени Рис. 2 делят его логоциклы примерно на одинаковые части.

Для всех других логоциклов Рис. 2 фазы рассмотрены не будут. Сейчас просто отметим, что в динамике народонаселения планеты, как и для финансовых рынков, наблюдается фрактальность в том смысле, что некоторый, условно говоря, большой пузырь (например, для народонаселения это может быть пузырь Рис. 2) состоит из других более мелких пузырей (один из них отражен на Рис. 4). А те, в свою очередь, состоят из еще более мелких пузырей (то, что названо фазами на Рис. 4).



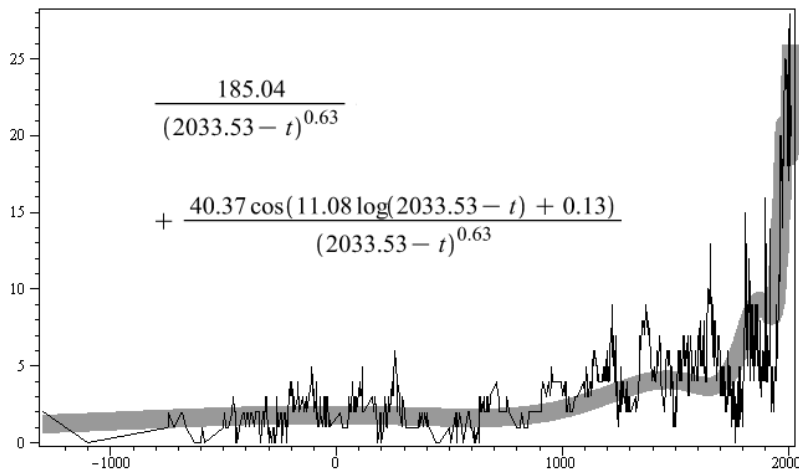
**Рис. 5.** (Под)пузырь в динамике роста народонаселения (ломаная линия) «древнего» логоцикла. Плавная линия – логостепенная параметризация, полученная минимизацией дисперсии с формулой, показанной на рисунке. Показанный интервал времени: –1999,5 (2,6 %) – 1000,5 (111,7 %) гг. от нашей эры. Источник по народонаселению – тот же, что и для Рис. 2

Для логоцикла Рис. 2, ориентировочно соответствующего неолиту, по народонаселению нет данных, которые позволили бы увидеть там пузырь (слишком мало точек). Поэтому приступим к следующему во времени (лого)циклу из Рис. 2 – «древнему».

Соответствующий ему пузырь приведен на Рис. 5.

Для него пузырь совсем не столь очевиден, как на Рис. 4. Но косвенно в пользу того, что он действительно существует (и плохо виден из-за неполноты данных), указывает анализ динамики роста количества единовременно протекающих войн, которые примерно на том же интервале времени, что и на Рис. 5, имеют схожий пузырь с примерно таким же положением экстремумов.

Если бы не было людей, то не было бы и войн (протекающих между ними). Поэтому динамика роста единовременно протекающих войн может быть и показателем динамики роста народонаселения планеты. И чтобы в этом убедиться, сначала рассмотрим не пузырь в войнах, соответствующий «древнему» логоциклу, а глобальный пузырь, аналогичный глобальному пузырю в динамике роста народонаселения на Рис. 1, 2. Он показан на Рис. 6.

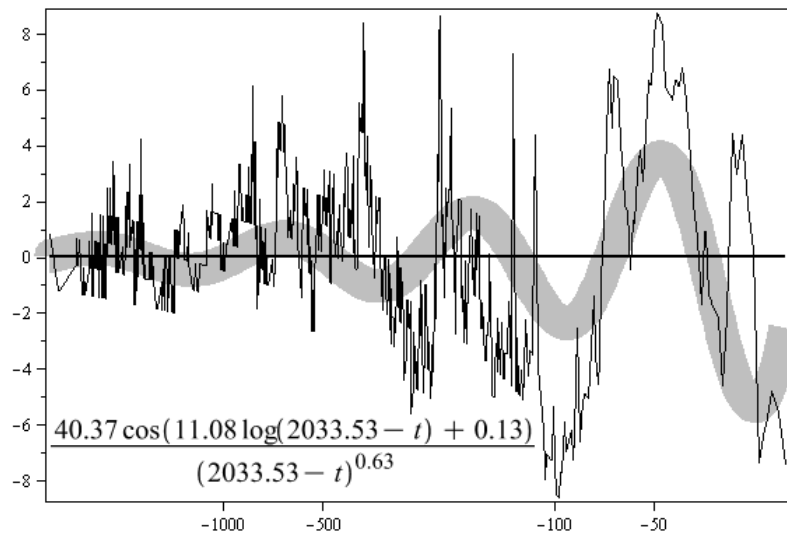


**Рис. 6.** Логостепенная параметризация динамики роста количества единовременно протекающих войн. По оси абсцисс – время в тысячах лет от нашей эры на интервале от -1299,5 г. до 2013,5 г.

Источник: Список... 2013.

Как видим, локальные максимумы и минимумы логостепенной параметризации Рис. 6 примерно совпадают с таковыми для логостепенной пара-

метризации народонаселения Рис. 1. Чтобы лучше это увидеть, на Рис. 7 приведем колебательную составляющую Рис. 6. Как видим, она действительно весьма синхронно идет с логоколебательной составляющей народонаселения из Рис. 2.

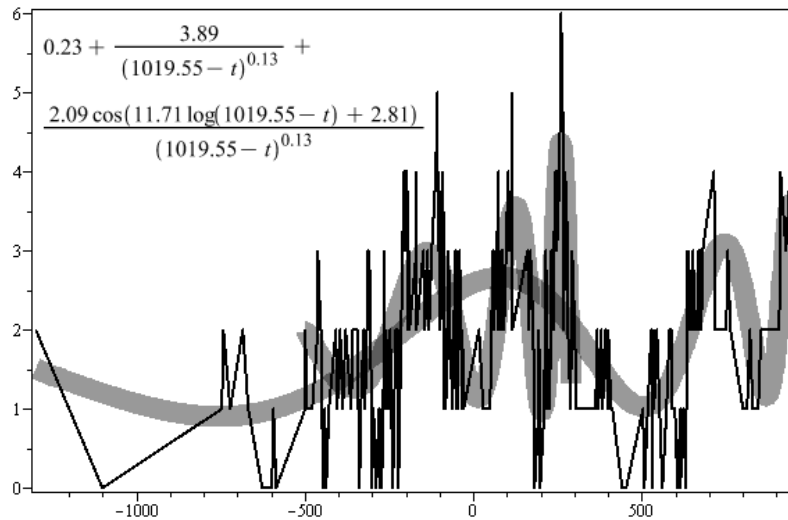


**Рис. 7.** Колебательная составляющая логостепенной параметризации единовременно протекающих войн (предыдущий рисунок). Точки – разность между ломаной предыдущего рисунка и главным гиперболическим членом, его параметризующим. По оси абсцисс – время (в годах) в десятичном логарифмическом масштабе, отсчитываемом от вычисленной точки сингулярности (равной 2033,53 г.). Соответствует календарному времени от –1299,5 г. до 2013,5 г.

Причем в динамике единовременно протекающих войн находится также и пузырь, совершенно аналогичный другому, более крупному варианту логостепенной параметризации народонаселения, отраженной на Рис. 3. Но соответствующие рисунки приводить не будем.

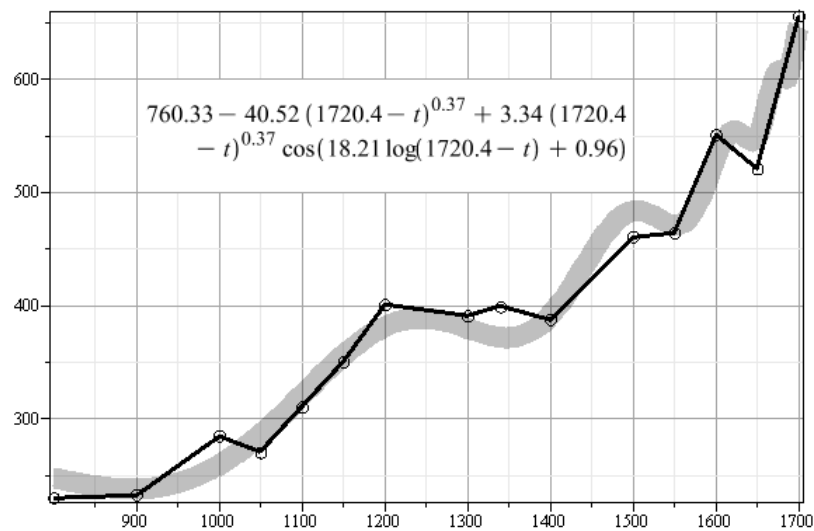
Теперь, наконец, приступим к пузырю в динамике единовременно протекающих войн, соответствующему «древнему» логоциклу. Он показан на Рис. 8. Как видно из рисунка, его локальные максимумы и минимумы идут примерно синхронно с таковыми для демографического «древнего» пузыря Рис. 5 (то есть точно так же, как и для глобального пузыря в народонаселении Рис. 1, 2, экстремумы которого идут примерно синхронно с аналогичным пузырем в войнах на Рис. 6, 7). На Рис. 8 также приводим

маленький (под)пузырь, соответствующий делению всего пузыря логоцикла на фазы (аналогично верхнепалеолитическому пузырю Рис. 4 подпузырь 3-й фазы на Рис. 8 не показан по той же причине, что и для верхнепалеолитического, а подпузырь 1-й фазы на Рис. 8 отсутствует, так как источник данных по войнам не охватывает этот период).



**Рис. 8.** Военные подпузыри «древнего» логоцикла. Ломаная линия – количество единовременно протекающих в мире войн (по версии: Список... 2013); длинная плавная линия – логостепенная параметризации, полученная минимизацией дисперсии методом наименьших квадратов, описываемая формулой, приведенной на рисунке. «Зигзаг» в центре соответствует 2-й фазе логоцикла (для того чтобы увидеть первую фазу, не хватает данных). 3-й фазе соответствует оставшаяся часть длинного «зигзага» после короткого. Интервал времени: –1299,5 – 951,5 гг. (17,9 % – 108,0 %)

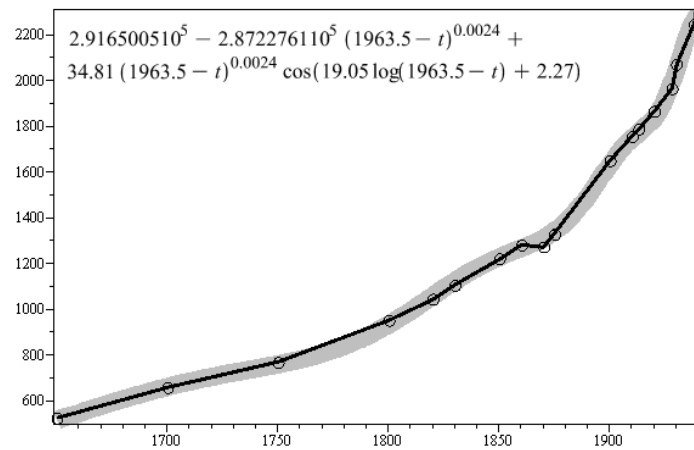
Аналогично в динамике единовременно протекающих войн находятся и пузыри, соответствующие оставшимся периодам логоколебаний Рис. 2. В них аналогично Рис. 8 можно увидеть и фазы, которые нельзя обнаружить в динамике народонаселения из-за неполноты данных. Но соответствующие рисунки приводить не будем. Приведем лишь демографические пузыри.



**Рис. 9.** Подпузырь мирового народонаселения логоцикла позднего Средневековья – раннего Нового времени. Ломаная линия – народонаселение планеты в миллионах человек (источник тот же, что и на Рис. 1, только все точки из него, которые имели одинаковые моменты времени, усреднены в эти моменты), плавная линия – его логостепенная параметризация, полученная минимизацией дисперсии с формулой, показанной на рисунке. Интервал времени: 800,5 (–2,4 %) – 1700,5 (102,0 %) лет

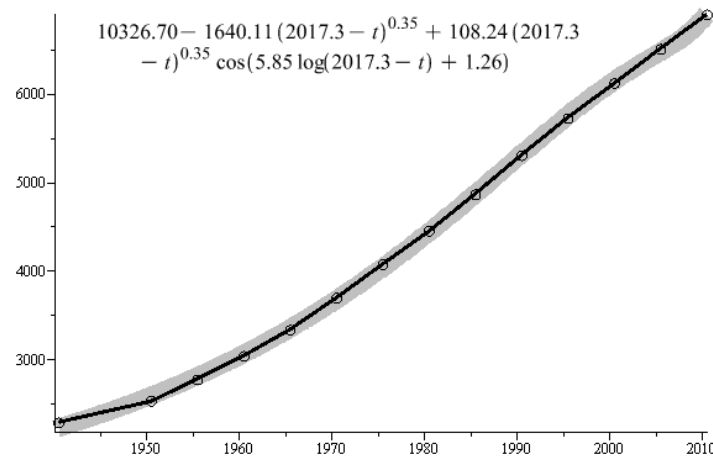
Так, пузырь в динамике роста мирового народонаселения, соответствующий, условно говоря, логоциклу позднего Средневековья – раннего Нового времени, показан на Рис. 9. А подпузырь, соответствующий логоциклу «дикого капитализма», показан на Рис. 10.





**Рис. 10.** Подпузырь в динамике роста мирового народонаселения логотипа «дикого капитализма». Интервал времени: 1650,5 – 1940,5 гг. (–9,18 % – 2,1 %). Точки – народонаселение планеты в миллионах человек. Плавная линия – его логостепенная параметризация, полученная минимизацией дисперсии с формулой, показанной на рисунке. Точка сингулярности = 1963,5 г. = 23,9 %. Источник данных по народонаселению тот же, что и на Рис. 1. Только в отличие от Рис. 1 на этом рисунке показано усредненное значение народонаселения в случае, если данные были заданы в один и тот же момент времени (остальные точки – без изменения)

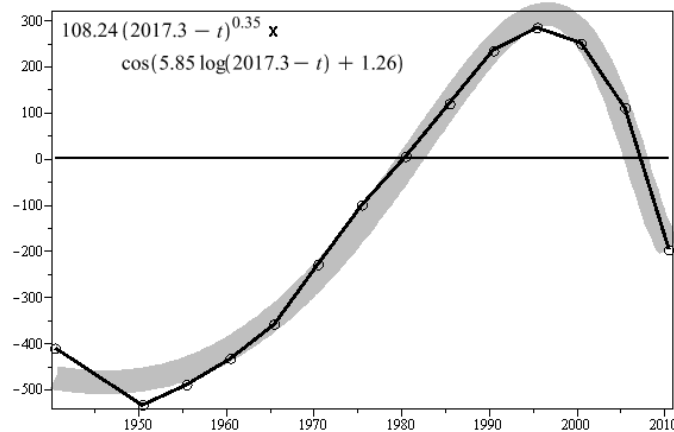
Пузырь, соответствующий текущему (последнему, самому правому на Рис. 2) логотипу, увидеть затруднительно. Но все же некоторый намек на наличие пузыря увидеть можно. Это демонстрируют Рис. 11, 12. Там точка сингулярности не оптимизирована. А если ее оптимизировать, она получается слишком большой (около 2038 г.) для конца логотипа (напомним, что для всех рассмотренных выше логотипов точки сингулярностей соответствующих им пузырей примерно совпадали с концами логотипов). Вероятно, это связано с тем, что цикл еще не закончился: через несколько лет волна Рис. 12 справа, вероятно, «загнется» еще сильнее и уменьшит точку сингулярности до типичного значения для пузырей логотипов (из серии Рис. 2).



**Рис. 11.** Подпузырь в динамике роста мирового народонаселения современного логоцикла (постиндустриализм). Интервал времени: 1940,5 – 2010,5 гг. Точки – народонаселение планеты в миллионах человек. Плавная линия – его логотепенная параметризация, полученная минимизацией дисперсии с формулой, показанной на рисунке. Точка сингулярности = 2017,3 г., не оптимизировалась и была взята «на глаз». Источник данных по народонаселению для 1-й точки тот же, что и на Рис. 9. Остальные точки – данные ООН (ООН 2010)

Не исключено также, что отчетливо увидеть демографический пузырь, соответствующий современному логоциклу, затруднительно из-за того, что современность «стерла» относительно мелкие и быстрые колебания в нем (и оставила один крупный период на Рис. 12). Это может быть связано с тем, что продолжительность жизни человека стала сопоставима с длительностью цикла, что пособие по безработице и другие механизмы социальных гарантий не позволяют реализовываться в течение цикла, а также с относительно резким демографическим спадом в периоды экономических кризисов, тогда как для каких-то предшествующих аналогичных циклов такие кризисы могли привести к тому, что люди начали бы особо сильно конфликтовать и уничтожать друг друга, уменьшая общемировое население. И, наконец, возможно, что «загибание» точек в правой части Рис. 12 демонстрирует не пузырь, соответствующий текущему логоциклу, а мировой демографический переход начиная где-то с середины цикла (возможно, с 1990–1995 гг.). То есть период колебаний Рис. 12 – это, возможно, просто один из периодов колебаний Рис. 3 (в самой правой

части), а не пузырь. Тогда как пузырь, накладывающийся на этот период, невозможно увидеть из-за того, что относительно частые колебания, соответствующие ему, по описанным выше причинам (социальные гарантии) стало невозможно зафиксировать. Но, вероятно, эти колебания существуют.



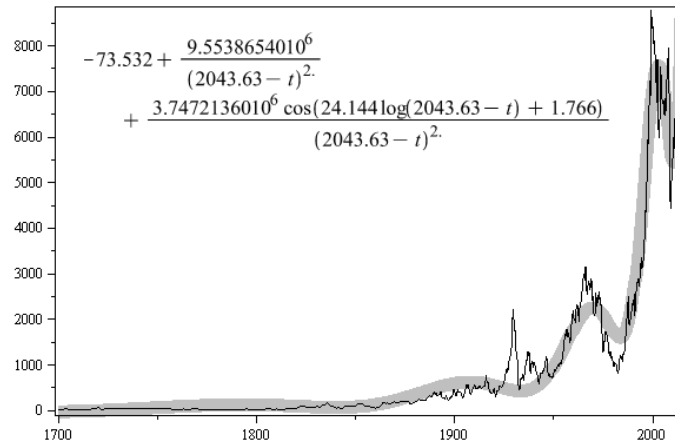
**Рис. 12.** Колебательная составляющая возможного пузыря современного логоцикла в динамике роста мирового населения логоцикла. Точки – разность между ломаной предыдущего рисунка и главным гиперболическим членом, его параметризующим. По оси абсцисс – времени (в годах) в десятичном логарифмическом масштабе, отсчитываемом от вычисленной точки сингулярности (равной 2017,3 г.)

На то, что они действительно существуют, указывает факт, что в ряде экономических показателей, которые еще способны к достаточно быстрым колебаниям, все же можно косвенно увидеть пузырь, соответствующий текущему логоциклу (постиндустриального общества).

## 2. Индекс Доу-Джонса

Например, это можно увидеть по структуре индекса Доу-Джонса. Ниже это рассмотрено подробнее. Но прежде рассмотрим глобальную эволюцию индекса Доу-Джонса, которая, как и народонаселение планеты, оказывается гиперболической с примерно такой же точкой сингулярности, как у народонаселения (см. Рис. 1, 2), только с показателем степени не «-1», как у народонаселения планеты, а «-2»; это говорит о том, что индекс Доу-Джонса, сейчас являющийся глобальным показателем развития мировой экономики, и индекс народонаселения планеты как-то связаны. А следовательно, по индексу Доу-Джонса можно как-то косвенно увидеть и фазы логоциклов народонаселения планеты.

Упомянутый гиперболический логостепенной рост индекса Доу-Джонса иллюстрирует Рис. 13. На нем показатель степени не оптимизирован. Поскольку если его оптимизировать, он получится равным «-1,92», то есть очень близким к «-2». А соответствующий рисунок визуально невозможно было бы отличить от приведенного, на котором, как видно по приводимой там формуле, свободный коэффициент («-73,532») получился пренебрежимо малым. Это и означает, что индекс Доу-Джонса практически растет по квадратичному гиперболическому закону.



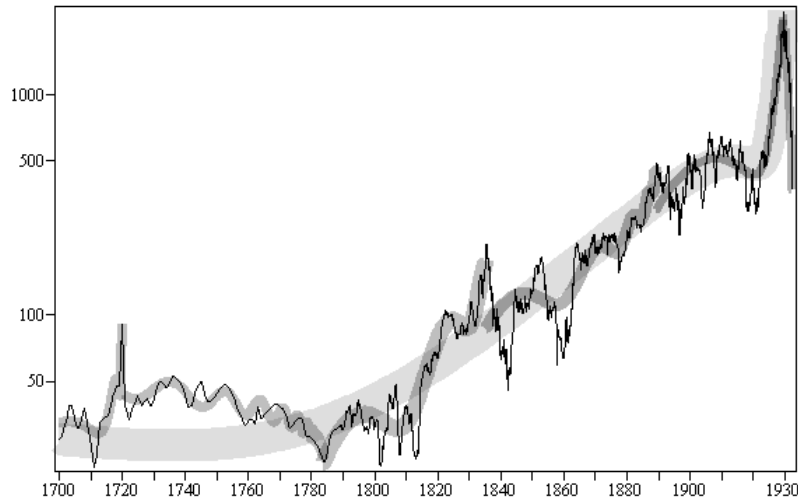
**Рис. 13.** Логостепенной рост индекса Доу-Джонса. По оси абсцисс – время от 1700 г. до 30.06.2014 (примерно 2014,49 г.)<sup>6</sup>. Ломаная линия – индекс Доу-Джонса<sup>7</sup> с учетом инфляции<sup>8</sup> в ценах 1982 г. с шагом в 1 год, плавная линия – его логостепенная параметризация с формулой, показанной на рисунке

<sup>6</sup> С 1700 до 1789 г. точки идут с шагом в год, затем в конце первых двух кварталов 1789 г., потом – в конце первого месяца 1790 г., а затем, начиная с конца первого квартала этого же года, с шагом в один квартал идут до современности плюс последняя точка данных.

<sup>7</sup> Данные по индексу Доу-Джонса с 1700 по 2000 г. любезно выслал Д. Сорнетте, до 2007 г. любезно выслал С. В. Цирель, а данные за оставшийся период взяты из (S&P Dow Jones... 2014).

<sup>8</sup> Поскольку данные по инфляции доллара до современности у нас имелись лишь начиная с последнего месяца 1912 г. (использовалась промышленная инфляция [U.S. Department... 2014], более ранних данных, вероятно, не существует), то для того, чтобы примерно пересчитать индекс Доу-Джонса с учетом инфляции до этого интервала, мы воспользовались инфляцией фунта стерлингов (источник: Brown, Hopkins 1956), поскольку экономика США как производная экономики Великобритании должна была иметь и схожую инфляцию. Кроме того, инфляции фунта стерлингов и доллара примерно пропорциональны друг другу вплоть до нынешнего времени. А также с учетом того, что параметры логостепенной гиперболической параметризации определяются в основном второй половиной данных, то погрешность, которая возникла при рассмотренной «склейке», не могла существенно повлиять на результат.

Чтобы увидеть в индексе Доу-Джонса логоцикл постиндустриального общества, сначала рассмотрим с точки зрения эволюции индекса Доу-Джонса предшествующий логоцикл «дикого капитализма» (на Рис. 2 это второй справа период логоколебаний). Это представлено на Рис. 14.



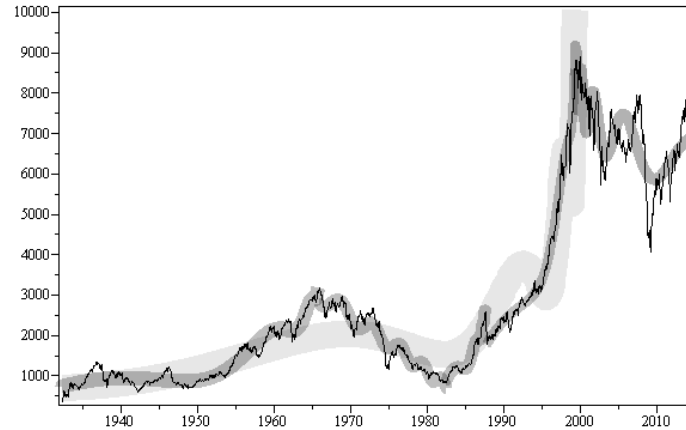
**Рис. 14.** Индекс Доу-Джонса логоцикла «дикого капитализма». По оси ординат – индекс Доу-Джонса с учетом инфляции<sup>9</sup> в ценах 1471–1475 гг. в десятичном логарифмическом масштабе. Интервал времени: 1700–1932,5 гг. (0,9 % – 105,7 %). Плавные линии – логостепенные параметризации, полученные минимизацией дисперсии

Сделаем соответствующие пояснения.

Как отмечалось в рассмотренных выше демографических и военных пузырях, соответствующих логоциклам из Рис. 2, можно выделить 3 подпузыря – фазы, которые аналогичны по своим свойствам пузырям, соответствующим логоциклам из Рис. 2. Для индекса Доу-Джонса тоже можно выделить 3 фазы. Только в отличие от демографического и военного логоциклов они имеют другую структуру и состоят из двух подпузырей

<sup>9</sup> Данные по инфляции доллара известны лишь с конца XIX в. Поэтому использовались данные по инфляции фунта стерлингов (Brown, Hopkins 1956). Но, как оказалось, разбиение на (под)пузыри совершенно не зависит от того, использованы ли данные по инфляции фунта или доллара (это проверено в той области, где эти данные пересекаются). Либо вообще можно было бы искать соответствующие (под)пузыри без использования инфляции: результат остается практически тем же: пузыри оказались бы практически на тех же местах, на которых и показаны на рисунке, и практически не изменились бы их точки сингулярности.

каждая, что, в частности, и иллюстрирует Рис. 14, который примерно совпадает с интервалом времени логоцикла «дикого капитализма» (то есть второго логоцикла в правой части Рис. 2). На этом рисунке представлены 6 относительно мелких подпузырей<sup>10</sup>, каждая пара которых, начиная с первой, образует собой фазу, которая делит логоцикл «дикого капитализма» примерно на 3 равные части в логарифмическом масштабе времени на Рис. 2. На Рис. 14 также показан огромный пузырь (жирная длинная линия), что похоже на демографические и военные пузыри логоциклов.



**Рис. 15.** Индекс Доу-Джонса на логоцикле постиндустриального общества. По оси ординат – индекс Доу-Джонса с учетом инфляции<sup>11</sup> в ценах 1982 г. Интервал времени: 1932,418 – 2014,499 гг. (–4,3 % / –10,6 % – 17,8 % / 92,5 %). Плавные линии – логостепенные параметризации, полученные минимизацией дисперсии

Совершенно аналогичную структуру имеет индекс Доу-Джонса и на современном логоцикле, что отражено на Рис. 15, в котором показаны 5 аналогичных подпузырей. 6-й мы еще не прошли, он только начался. На Рис. 15 также показан и крупный пузырь (длинная жирная плавная линия), который аналогичен таковому для предшествующего во времени логоцикла «дикого капитализма» (Рис. 14). Он заканчивается не в конце логоцикла. Вероятно, аналогично тому, как фазы состоят из двух (под)пузырей

<sup>10</sup> Использованы данные по промышленной инфляции доллара. Источник: (U.S. Department... 2014).

<sup>11</sup> Это могут быть пузыри как растущие со временем, так и убывающие. В частности, могут быть антипузыри (подробнее см.: Сорнетте 2008) и отрицательные пузыри (подробнее см.: Yan *et al.* 2011).

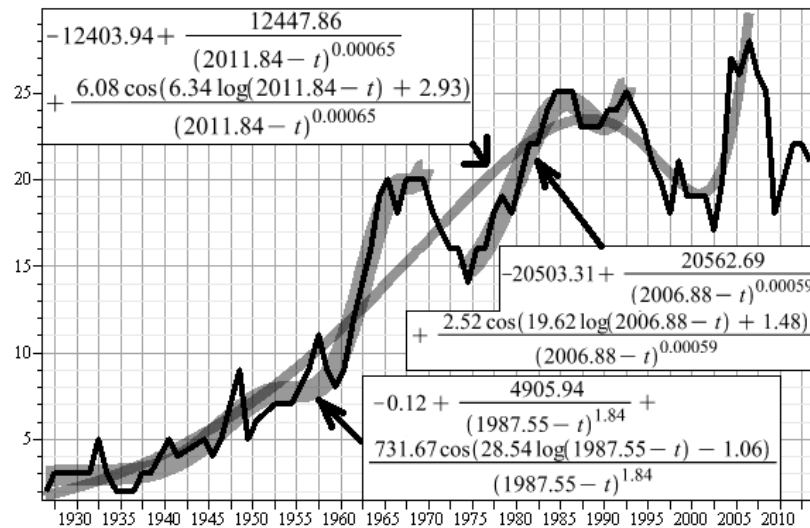
(в индексе Доу-Джонса), так и логоцикл состоит из двух и более крупных (под)пузырей, один из которых представлен жирной, самой длинной линией на Рис. 15. В среднем подпузыри фаз делят их (фазы) на две равные половины (в логарифмическом масштабе времени Рис. 2). Но отклонение от этого правила может иметь порядок длительности половины фазы. Вероятно, то же самое имеет место и в отношении более крупных подпузырей, которые делят логоцикл в среднем пополам (в логарифмическом масштабе времени Рис. 2). Такой разброс соответствует тому, что для логоцикла «дикого капитализма» (Рис. 14) первый такой подпузырь охватил почти весь логоцикл, а для современного логоцикла (Рис. 15) он уже закончился близко к его середине (в логарифмическом масштабе времени).

### **3. Современный логоцикл в динамике единовременно протекающих войн**

Текущий логоцикл постиндустриального общества можно увидеть и в динамике единовременно протекающих войн. В ней можно увидеть подпузыри, соответствующие как логоциклу в целом, так и его фазам, что иллюстрирует Рис. 16. Третья фаза еще не закончилась, поэтому математически увидеть ее затруднительно, соответственно на рисунке отвечающего ей 3-го пузыря не показано.

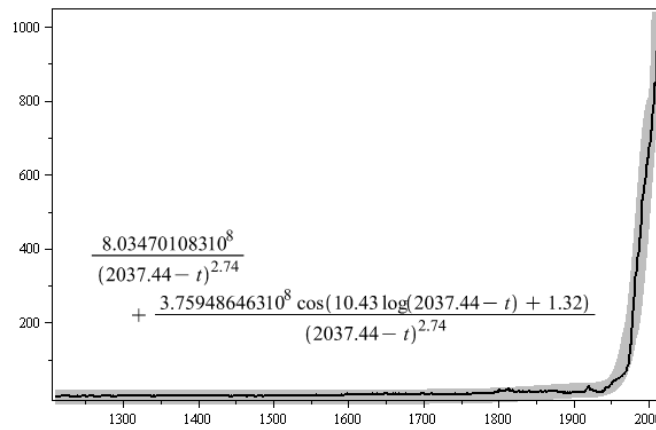
### **4. Инфляция фунта стерлингов**

Вероятно, гиперболическому росту с точкой сингулярности, примерно такой же, как точка сингулярности глобальной логостепенной параметризации народонаселения (Рис. 1, 2), подвержена и инфляция. Существующие данные по инфляции фунта стерлингов охватывают наиболее широкий интервал, поэтому мы их рассмотрим. На Рис. 17 приведена его логостепенная параметризация. А на Рис. 18 приведена колебательная составляющая этой параметризации.



**Рис. 16.** Военный пузырь современного логоцикла и его подпузыри. Ломаная линия – количество единовременно протекающих в мире войн (по версии: Список... 2013), длинная плавная линия – его логостепенная параметризация, полученная минимизацией дисперсии с формулой, показанной на рисунке (пузырь логоцикла постиндустриального общества). Интервал времени, на котором производилась параметризация: 1926,5 – 2006,5 гг., показанный интервал: 1926,5 – 2013,5 гг. Короткие толстые линии – логостепенные параметризации, полученные минимизацией дисперсии, соответствуют 1-й и 2-й фазам логоцикла





**Рис. 17.** Инфляция фунта стерлингов. Ломаная линия – инфляция в ценах января 1974 г., плавная линия – его логостепенная параметризация, полученная минимизацией дисперсии с формулой, показанной на рисунке по всем параметрам, кроме точки сингулярности, взятой из логостепенной параметризации народонаселения (из Рис. 1). Интервал времени, на котором производилась параметризация: 1209,5 – 2013,5 гг. Коэффициент детерминации = .9948

Источники: Fischer б. г.<sup>12</sup>; Brown, Hopkins 1956<sup>13</sup>; National... 2014<sup>14</sup>.

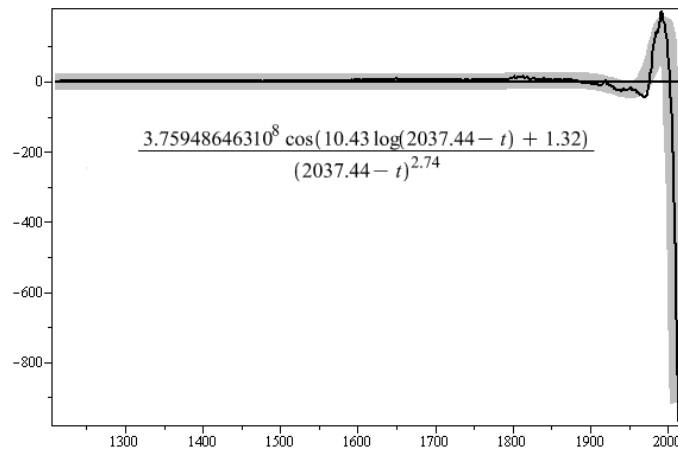
Как видим, показатель степени получился близким к «–3». Если оптимизировать и по нему (так же, как и на Рис. 18, при фиксированной точке сингулярности на значении точки сингулярности народонаселения планеты из Рис. 1), то рассматриваемые последние два рисунка заменятся так мало, что визуально невозможно будет заметить.

Выделять в этой статье фазы логоциклов, а вместе с тем и сами логоциклы, по подпузырям в динамике инфляции (подобно тому, как это сделано выше по отношению к индексу Доу-Джонса), мы не станем (но это тоже возможно). Обратимся теперь к более крупному типу логоциклов в динамике роста народонаселения планеты, которые показаны на Рис. 3. Назовем их надциклами.

<sup>12</sup> По этому источнику использованы данные по инфляции “Consumables Price Index” до 1208 г. Данные извлечены путем оцифровки приводимого там графика. Он также должен содержаться в книге (Fischer 1996).

<sup>13</sup> Здесь приводится “Consumables Price Index”. Из этого источника взяты данные по инфляции в период 1264–1954 гг.

<sup>14</sup> Из этого источника использованы данные по “Consumer Prices Index” после 1954 г.

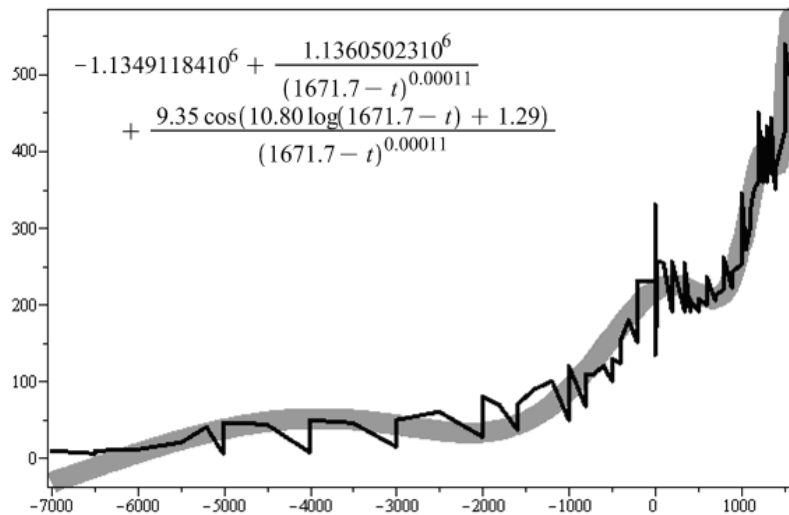


**Рис. 18.** Колебательная составляющая логостепенной параметризации инфляции фунта стерлингов. Ломаная линия – разность между ломаной и главным (первым) членом параметризации предыдущего рисунка, плавная линия описывается вторым (колебательным) членом предыдущего рисунка

## 5. Надциклы

Как обосновано выше, каждому из более мелких логоциклов Рис. 2 соответствует свой пузырь, что, напомним, совершенно аналогично логостепенным параметризациям разных показателей финансовых рынков. Совершенно аналогичную картину можно наблюдать и по отношению к надциклам.

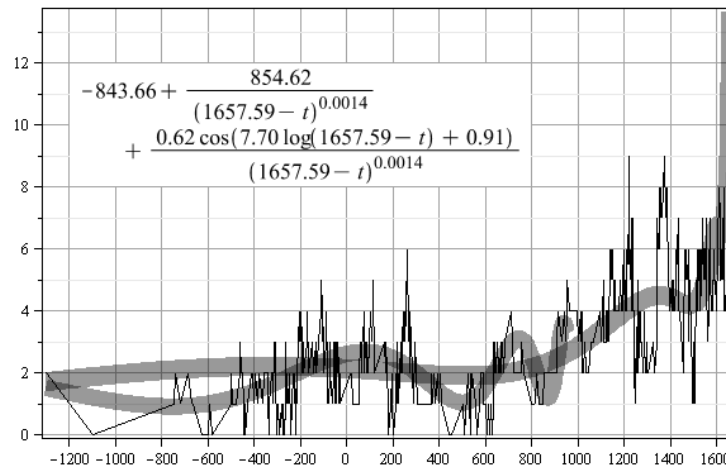
Как видно из Рис. 3, каждый надцикл состоит примерно из трех логоциклов Рис. 2. Это очень похоже на то, как кратко обосновано выше (не для всех логоциклов), что каждый логоцикл Рис. 2 состоит из трех фаз – пузырей-фаз. Это в силу фрактальности тоже указывает на то, что надциклам в динамике народонаселения планеты должны соответствовать свои пузыри (тоже с точками сингулярности примерно в концах надциклов). Рис. 19 демонстрирует это для первого (левого) надцикла Рис. 3, который, вслед за Л. Е. Грининым (2009), назовем сельскохозяйственным (над)циклом, так как он охватывает период от неолитической до начала промышленной революции.



**Рис. 19.** Демографический подпузырь, соответствующий сельскохозяйственному надциклу. По оси абсцисс – время от –6999,5 г. до 1600,5 г. Ломаная – мировое народонаселение (источник тот же, что и на Рис. 1). Плавная линия – логостепенная параметризация, полученная минимизацией дисперсии и описываемая формулой, приведенной на рисунке (подобрана методом минимизации дисперсии)

Этот же пузырь можно увидеть и в динамике одновременно протекающих войн, что иллюстрирует Рис. 20. Причем, как видно из сравнения этого рисунка с Рис. 19, положение локальных максимумов и минимумов в обоих случаях примерно совпадает. Это в очередной раз указывает на возможность некоторого рода реконструкции динамики мирового народонаселения по данным о войнах.

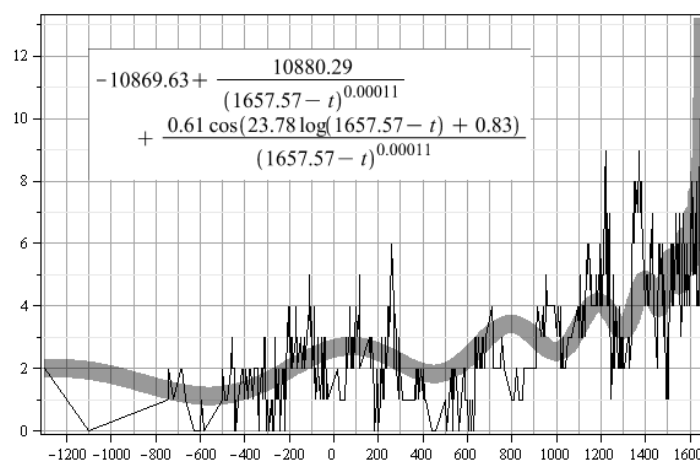
Совершенно аналогично тому, как для финансовых рынков один и тот же пузырь может описываться разными типами логостепенных параметризаций с разной степенью «мелкости» логоциклов, но примерно с одними и теми же точками сингулярности, так и рассмотренный пузырь сельскохозяйственного надцикла имеет другое альтернативное описание, показанное на Рис. 20. Напомним, что совершенно аналогичное альтернативное описание имеет место и для глобальной логостепенной параметризации динамики народонаселения планеты, отраженной на Рис. 1–3.



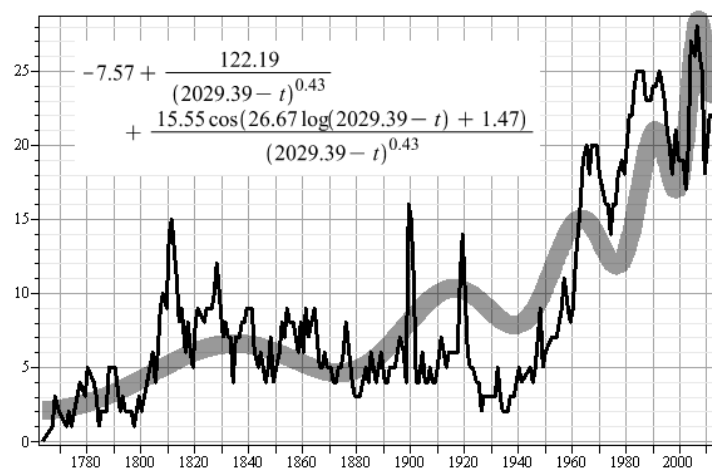
**Рис. 20.** Демографический подпузырь, соответствующий сельскохозяйственному надциклу. Ломаная – динамика одновременно протекающих войн (источник тот же, что и на Рис. 6). Длинная плавная линия – логостепенная параметризация, полученная минимизацией дисперсии и описываемая формулой, приведенной на рисунке. Короткая плавная линия – подпузырь, соответствующий второй фазе (то же, что и на Рис. 8). По оси абсцисс – время от –6999,5 г. до 1600,5 г.

К сожалению, так же отчетливо, как на Рис. 19, увидеть пузырь, соответствующий правому надциклу в динамике народонаселения Рис. 3, не получается, что, вероятно, связано с причинами, аналогичными тем, по которым затруднительно отчетливо увидеть пузырь в динамике роста народонаселения, соответствующий последнему (самому правому) логоциклу из Рис. 2. Пузырь, соответствующий самому правому надциклу Рис. 19, назовем капиталистическим или промышленным, так как с его началом, с началом промышленной революции, стал бурно развиваться капитализм (соответственно логично заключить, что с его концом он может начать уходить в прошлое, подобно тому как с завершением сельскохозяйственного надцикла, с началом промышленной революции, типичный социально-экономический уклад, соответствующий «традиционному» сельскому хозяйству, стал уходить в прошлое).

Но на помощь опять может прийти динамика одновременно протекающих войн, в которой уже можно увидеть второй пузырь Рис. 3, соответствующий развитию капитализма, что отражено на Рис. 22.



**Рис. 21.** Демографический подпузырь, соответствующий сельскохозяйственному надциклу (второй вариант). Обозначения те же, что и на Рис. 20

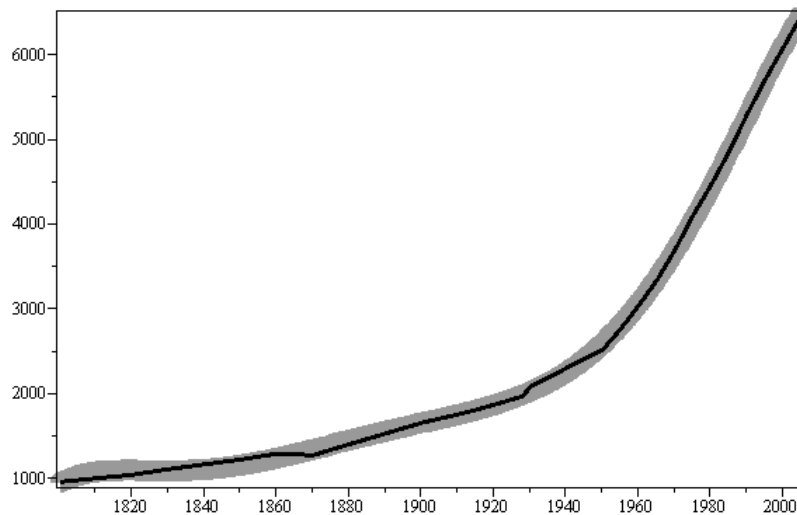


**Рис. 22.** Военный подпузырь капитализма. Ломаная линия – количество единовременно протекающих в мире войн (по версии: Список... 2013), плавная линия – его логостепенная параметризация, полученная минимизацией дисперсии с формулой, показанной на рисунке. По оси абсцисс – время от 1763,5 г. до 2013,5 г.

Причина того, что аналогичным образом не удастся параметризовать население планеты (примерно на том же интервале времени, где развивается капиталистический надцикл в динамике единовременно протекающих войн), может состоять в банальной невозможности столь быстрых, сильных и частых колебаний народонаселения, как это имеет место для войн на Рис. 22. Для каких-то возможных более древних логоциклов это было бы вероятно (например, как для верхнепалеолитического на Рис. 4). А когда периоды колебаний сопоставимы или меньше человеческой жизни (как на Рис. 22), это становится почти невозможным. Можно ожидать увидеть лишь какие-то гораздо меньшие по амплитуде колебания, чем на Рис. 22 в войнах. Но когда на фоне этих малоамплитудных колебаний развивается какое-то гораздо более длительное и более крупное по амплитуде колебание, как на Рис. 22, то мелкие колебания логостепенная параметризация «поймать» будет не в состоянии. На Рис. 22 виден очень глубокий провал в районе 1940 г. И если бы не было сильных всплесков (в районе 1820, 1900–1920 гг. и т. д.), то колебательная составляющая логостепенной параметризации Рис. 22 «предпочла» бы «поймать» упомянутый глубокий провал и не «увидела» бы более мелкие логоколебания, показанные на Рис. 22. Поэтому, чтобы увидеть их в динамике народонаселения планеты, можно попробовать «сгладить» провал в районе 1940 г., а затем поискать более мелкие логоколебания того типа, которые показаны на Рис. 22.

Упомянутое сглаживание проведено на Рис. 23. Там данные по народонаселению параметризуются полиномом 6-й степени («сглаживаются»). При этом выбрана такая степень, потому что по мере дальнейшего роста степени параметризация точек Рис. 23 полиномом существенно не меняется. Иначе говоря, в зависимости дисперсии параметризации полиномом точек Рис. 23 как функции степени полинома при значении полинома степени, равном 6, наблюдается «полочка», после которой дисперсия начинает меняться очень слабо. По этому математическому критерию и выбрана для степени шестерка. Это соответствует тому, что крупный провал на Рис. 22 в районе 1940 г. полином описал исправно, а значительно более мелкие колебания существенно не затронул.

В результате теперь в колебаниях ломаной линии Рис. 22 относительно плавной можно увидеть такие же логоколебания, что и в динамике единовременно протекающих войн на Рис. 22. Это отражено на Рис. 24. Как видим, положение максимумов и минимумов логопараметризации Рис. 24 действительно примерно совпадает с таковым для единовременно протекающих войн на Рис. 22.

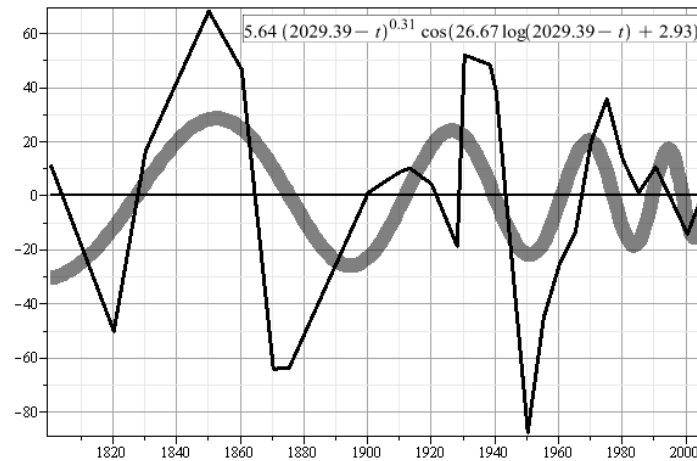


**Рис. 23.** Динамика роста населения планеты (ломаная линия) на надцикле капитализма и его параметризация полиномом 6-й степени (плавная линия). Время показано на интервале 1800,5–2005,5 гг. Данные по народонаселению (ломаная) использованы те же, что и на Рис. 1, только вместо приводимых там точек, которые имеют одни и те же моменты, приведены их усредненные значения (то есть произведено усреднение народонаселения, полученное разными авторами для одних и тех же моментов времени)

Таким образом, есть все основания полагать, что динамика народонаселения планеты подчиняется тем же законам и внутренним механизмам развития, что и разные показатели финансовых рынков.

Из показателей финансовых рынков рассмотрены только инфляция фунта стерлингов и индекс Доу-Джонса. Но этот индекс развивается примерно синхронно с другими аналогичными индексами, поэтому является усредненным показателем динамики стоимости акций/предприятий всего мира. Инфляция фунта стерлингов тоже является глобальным усредненным показателем инфляций других валют. В частности, в рассмотренном масштабе времени она пропорциональна инфляции доллара, который является основной резервной валютой. До него такую роль играл фунт стерлингов, поэтому его инфляция, как и доллара, вполне является глобальным показателем развития мировой финансовой системы. В результате инфляция фунта стерлингов/доллара вместе с индексом Доу-Джонса яв-

ляются ключевыми глобальными характеристиками эволюции разных показателей финансовых рынков.



**Рис. 24.** Логоколебания народонаселения капиталистического надцикла. Ломаная – разность между ломаной и плавной линиями предыдущего рисунка. Плавная линия – логоколебания, полученные минимизацией дисперсии, описываемые формулой, приведенной на рисунке. Точки сингулярности и коэффициента сокращения периодов взяты из пузыря в динамике войн (Рис. 22), остальные параметры получены минимизацией дисперсии

Логоциклы и того и другого имеют тождественную математическую структуру, и то и другое подчиняется глобальному гиперболическому росту (если рассматривать промежутки времени в сотни лет) с примерно одной и той же точкой сингулярности.

Это дает основание предполагать, что ряд «традиционных» параметров, подчиняющихся гиперболическому закону роста, содержат в себе логоколебания и описываются той же формулой (1), что и народонаселение, индекс Доу-Джонса или инфляция. Ниже приведем несколько рисунков, которые указывают, что это действительно так.

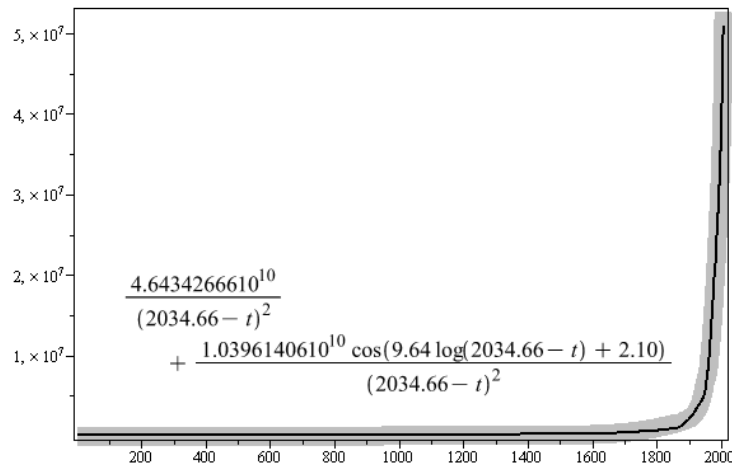
Начнем с динамики ВВП на душу населения.

## 6. Подушевой ВВП

Как отмечено в начале статьи, в работе (Коротаев 2006) для описания эволюции подушевого ВВП используется обычная гипербола. К сожалению, выявление основного тренда (в частности, показателя степени) без учета логоколебательной составляющей имеет большие погрешности и, как по-

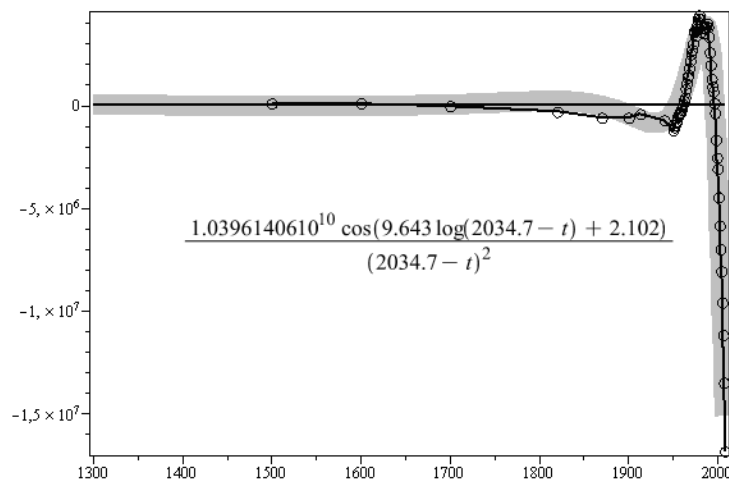


казывает наш анализ разных показателей финансовых рынков, для показателя степени погрешность может составлять порядка 100 %. Анализ динамики роста мирового ВВП с учетом логоколебательной составляющей по формуле (1) свидетельствует, что его основным трендом является скорее квадратичная гипербола. На Рис. 25 показана логостепенная параметризация при фиксированном (неоптимизируемом) показателе степени на «-2». К сожалению, количество точек-данных не позволяет определить этот показатель прямым образом путем оптимизации. Всего их 69 примерно на промежуток в 2 тысячи лет при подавляющей их концентрации в интервале последних 50 лет, что приводит к очень ненадежному определению показателя степени в случае оптимизации и по нему. Тогда он получается равным около «-8,8», а точка сингулярности – равной 2210,9 г. И если рассматривать показатель степени как функцию последней точки данных (при оптимизации по всем параметрам Рис. 25), то за последние несколько десятков лет он будет меняться на величину, сопоставимую с только что приведенным показателем. Поэтому рассматриваемые данные по мировому подушевому ВВП не позволяют определить показатель непосредственно, путем оптимизации.



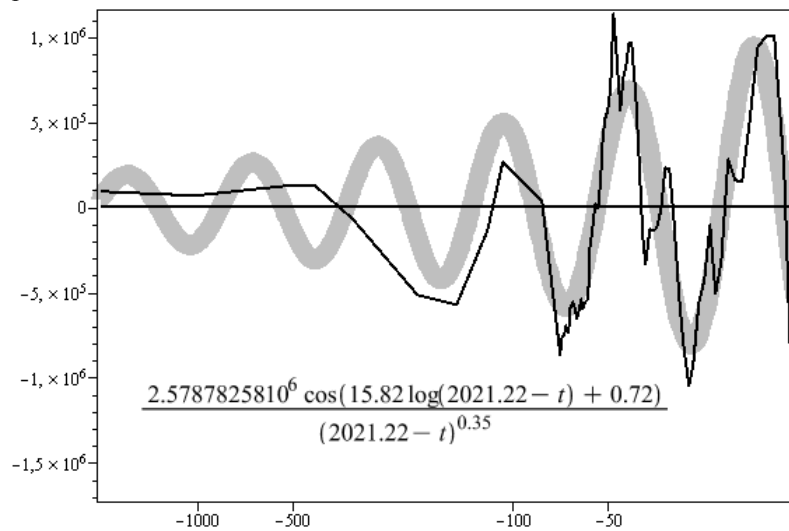
**Рис. 25.** Логостепенная квадратично-гиперболическая параметризация подушевого мирового ВВП. Ломаная – подушевой ВВП в миллионах долларов в ценах 1990 г. (источник: Maddison 2010). Плавная линия – логостепенная параметризация, полученные минимизацией дисперсии, описываемые формулой, приведенной на рисунке. Показатель степени не оптимизировался. Коэффициент детерминации = 0,998. Интервал времени: 1,5 – 2008,5 гг.

Но можно попытаться определить его косвенно. В частности, это демонстрирует Рис. 26. По нему видно, что при рассматриваемом показателе степени, равном «-2», колебательная составляющая мирового подушевого ВВП имеет локальные максимумы и минимумы примерно там же, где имеет и колебательная составляющая логостепенной параметризации народонаселения (см. Рис. 2). Это очень хорошо согласуется с тем, что колебания народонаселения Рис. 2 соответствуют циклам развития технологических революций. Действительно, технологические революции (например, промышленная) происходят в первых половинах логоциклов Рис. 2, и поэтому именно в данные периоды должна максимально быстро расти колебательная составляющая подушевого ВВП. К концу же логоциклов Рис. 2 былая технологическая революция сходит на нет, и поэтому ближе к концам логоциклов Рис. 2 как раз и логично ожидать уменьшение колебательной составляющей динамики изменения подушевого ВВП, чему как раз примерно и соответствует Рис. 26. В случае же логостепенной параметризации с показателем, равным «-1», ничего подобного не получается и близко.



**Рис. 26.** Логоколебательная составляющая логостепенной параметризации мирового ВВП на душу населения. Точки – разность между ломаной предыдущего рисунка и главным гиперболическим членом его параметризации. Плавная линия – колебательная составляющая логостепенной параметризации Рис. 25 (второй член). При этом первые 2 точки в моменты времени 1,5, 1000,5 лет для удобства восприятия не показаны. При параметризации, как и в случае с народонаселением, коэффициент  $C_2$  был опущен. Его учет существенно не меняет рисунка

Конечно, можно предположить, что резкий и сильный колебательный спад подушевого ВВП, который происходит последние несколько десятков лет (правая часть Рис. 26), связан вовсе не с логоколебаниями, а с каким-то другим процессом. Но против этого говорит то, что в колебаниях точек Рис. 26 относительно плавной линии «сидит» другой тип логоколебаний, примерно с той же точкой сингулярности, что и на Рис. 26. Это отражено на Рис. 27.



**Рис. 27.** Логоколебательная составляющая мирового подушевого ВВП, второй шаг итераций. Ломаная линия – разность между ломаной и плавной линиями предыдущего рисунка. Плавная линия – логоколебания, полученные минимизацией дисперсии с формулой, показанной на рисунке. По оси абсцисс – годы, отсчитываемые от точки сингулярности (получившейся равной 2021,22 г.)

Как неоднократно проверено, совершенно аналогичным свойством (наложение одних логоколебаний на другие с примерно одними и теми же точками сингулярности) обладают и все другие, самые разные показатели финансовых рынков. То же самое имеет место и для динамики народонаселения планеты и одновременно протекающих войн. Фактически об этом шла речь выше, когда приводились разные альтернативные варианты логостепенной параметризации одного и того же пузыря, например на Рис. 2 и Рис. 3 для народонаселения или на Рис. 20 и Рис. 21 для одновременно протекающих войн. То есть в одном и том же пузыре одновременно находятся разные типы логоколебаний, накладываясь друг на друга и имея примерно одну и ту же точку сингулярности. Поэтому малове-

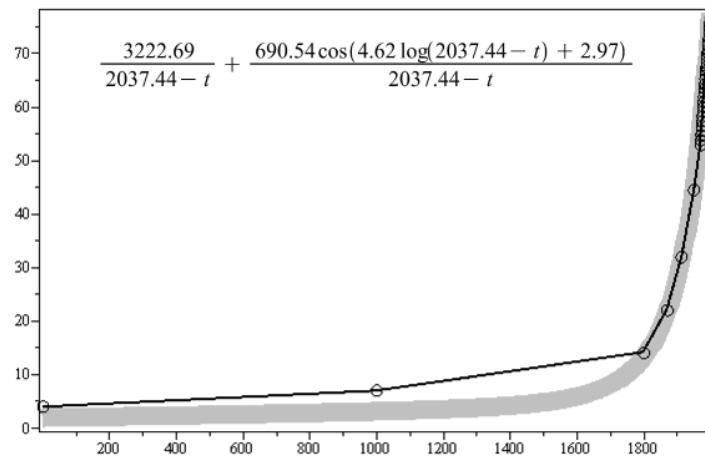
роятно, что логоколебания Рис. 27 – случайность. Вместе с тем маловероятно, что резкий и сильный колебательный спад на Рис. 26 – процесс, не связанный с логоколебаниями.

Разумеется, показатель степени с точностью до нескольких десятых таким образом определить невозможно. Но есть другое, косвенное, указание на то, что он все-таки равен двум: если вместо Рис. 25 точку сингулярности и коэффициент сокращения периодов взять такими же, как у логостепенной параметризации народонаселения (Рис. 1), а по остальным параметрам (показанным на рис. 25) оптимизировать, то показатель степени получается удивительно близким к «-2», равным «-2,036». Если же не оптимизировать только точку сингулярности, то показатель получается равным «-2,23», а в обоих случаях визуальное соответствие остается примерно таким же, как и на Рис. 26.

И, наконец, еще одно косвенное свидетельство в пользу того, что основной тренд подушевого ВВП является квадратичной гиперболой: основным трендом роста индекса Доу-Джонса является квадратичная гипербола (см. Рис. 13). Аргумент основан на том, что индекс Доу-Джонса представляет собой, с точностью до коэффициента пропорциональности, некоторую усредненную стоимость акций. И если представить себе, что все население мира получало бы зарплату только в виде дивидендов от акций, то чем выше была бы их стоимость, тем выше была бы зарплата, а следовательно, и подушевой ВВП. Это дает основание полагать, что в глобальном плане (если пренебречь относительно мелкими отклонениями) индекс Доу-Джонса и подушевой ВВП должны быть примерно пропорциональны друг другу. Следовательно, то, что индекс Доу-Джонса имеет основным трендом квадратичную гиперболу, указывает на то, что то же самое справедливо и для подушевого ВВП.

## 7. Грамотность

Для другого «гиперболического» параметра – доли грамотных, вероятно, тоже работает логостепенная параметризация (1), которая позволяет описать резкое сокращение доли грамотных по отношению к гиперболическому росту (которое имеет место, если пользоваться только гиперболической параметризацией) за последние несколько десятков лет. Это иллюстрируют Рис. 28, 29. На Рис. 28 первые две точки в несколько раз завышаются по отношению к параметризации. Но примерно такое же завышение есть и в варианте параметризации грамотности только гиперболой (Коротяев 2006: диаграмма 7). Это завышение может быть связано не только с систематическим отклонением параметризации от точек, погрешностью точек, но и с сильными локальными циклическими отклонениями точек: для логостепенной параметризации народонаселения планеты как раз примерно в эти же моменты времени тоже имеются сильные скачки в народонаселении (см. Рис. 2, 3), которые связаны с соответствующими логоколебаниями.



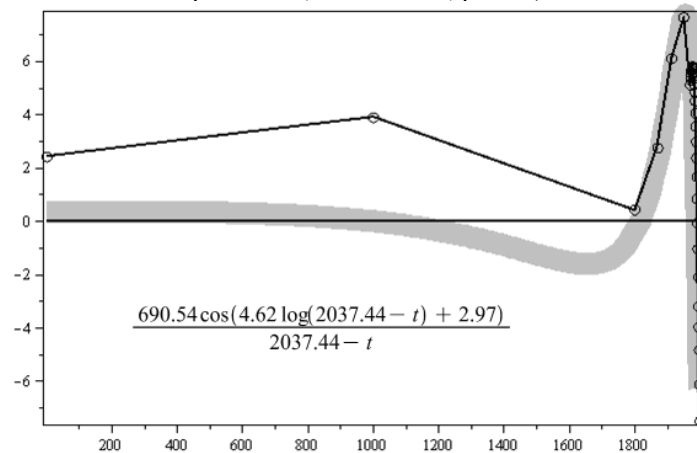
**Рис. 28.** Гиперболическая логостепенная параметризация динамики роста мировой грамотности (в процентах). Точки – доля грамотных в мире<sup>15</sup>, плавная линия – логостепенная параметризация с фиксированным показателем и точкой сингулярности (неоптимизированными). Точка сингулярности фиксирована на значении, полученном при логостепенной параметризации народонаселения планеты (см. Рис. 1). Коэффициент детерминации = 0,996

Как видно из Рис. 29, логоколебательная составляющая роста грамотности этого рисунка имеет максимумы и минимумы примерно там же, где таковые имеются для варианта на Рис. 3 логостепенной параметризации народонаселения планеты. Что и логично: логоциклы в динамике народонаселения как Рис. 2, так и Рис. 3 связаны с технологическими революциями, которые связаны с грамотностью.

В случае Рис. 3 (его логоциклы выше названы надциклами) первый логоцикл (первый надцикл) связан с сельскохозяйственной, а второй – с промышленной революциями. Поэтому логично, что в начале этих революций колебательная составляющая потребности в росте интеллекта/грамотности была особенно велика, тогда как при приближении к концу соответствующей технологической революции технологии оттачиваются, доводятся до предела и начинают просто однообразно «штамповаться», что уменьшает требования к интеллекту. Например, сейчас многие не знают таблицы умножения, тогда как полвека назад наизусть учили таблицу умножения двузначных чисел. Сейчас технологии позволяют людям меньше думать, что является частным проявлением того, что соот-

<sup>15</sup> Выражаю глубокую благодарность А. В. Коротаеву за высланные соответствующие данные. Ссылки на первоисточник по ним есть в работе (Коротаев 2006).

ветствующая технологическая революция близится к своему насыщению. Все вместе, вероятно, и приводит к сокращению доли грамотных в колебательной составляющей к концу циклов, что и отражено на Рис. 29 (хотя при этом общая доля грамотных, конечно же, растет).



**Рис. 29.** Колебательная составляющая динамики мировой грамотности. Точки – разность между точками и главным (гиперболическим) членом параметризации предыдущего рисунка, плавная линия – колебательный член параметризации предыдущего рисунка. Интервал времени: 1–1999 гг.

Косвенно в пользу верности такой интерпретации говорит то, что аналогичную картину можно увидеть и для более мелкого типа логоциклов динамики народонаселения планеты из Рис. 2.

В странах Западной Европы в период с 1884 по 2004 г. произошло снижение IQ на 14 пунктов (Woodley *et al.* 2013)<sup>16</sup>. Но это снижение не было монотонным: после Второй мировой войны IQ какое-то время рос как по миру в целом, так и в отдельных странах.

Данный рост получил название «эффект Флинна» (Woodley *et al.* 2013), который зафиксировал рост IQ в США с 1934 по 1979 г. на 10 пунктов (Эффект... 2013) и на 20 пунктов у голландских призывников с 1952 по 1982 г. (Там же). Работы Т. Тисдейла и Д. Оуэна показали, что IQ датских призывников росли на 3 пункта в десятилетия с 1959 по 1979 г. (Там же; Teasdale, Owen 2005).

<sup>16</sup> В начале этого периода тесты на IQ еще не проводились, но значение IQ начиная с того времени удалось вычислить благодаря знанию «времени реакции», измерения которого уже тогда проводились и которое, как оказалось, напрямую связано с IQ (чем быстрее человек реагирует на некий раздражитель, тем быстрее идут мыслительные процессы в мозге).

Это хорошо согласуется с тем, что после войны началась новая технологическая революция (электрико-химическая, формируется постиндустриальное общество) – повышательная часть самой правой логоволны Рис. 2 (если считать слева).

А затем, когда началась понижательная часть современного логоцикла на Рис. 2 (ориентировочно с 1990 г.), IQ опять начал замедляться и падать.

*«Проведенные после 2000 года исследования показали спад эффекта Флинна – рост IQ замедляется, прекращается или даже сменяется спадом. Так, проведенное в 2004 году исследование данных об IQ норвежских призывников показало, что после середины 1990-х годов рост остановился и сменился небольшим спадом»* (Эффект... 2013). Так, за следующее десятилетие, с 1979 по 1989 г., IQ вырос не на 3 пункта, а на 2, а за следующее десятилетие, с 1989 по 1998 г., – на 1,5 пункта. И далее настолько же понизился за десятилетие до 2008 г. (Там же; Teasdale, Owen 2005). Падение IQ (ориентировочно на 4 пункта), в частности, зафиксировано и в России для студентов в период с 2001 по 2009 г. (Кульбеков б. г.).

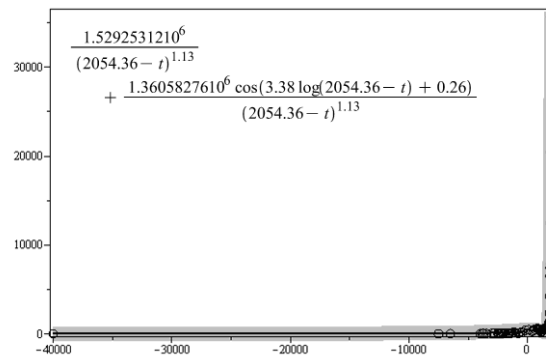
Падение IQ до Второй мировой войны хорошо согласуется с тем, что оно как раз приходилось на понижательную часть предшествующего к нам логоцикла «дикого капитализма» (на Рис. 2 – второй логоцикл справа).

Таким образом, колебания в уровне IQ хорошо согласуются с логоколебаниями в динамике народонаселения на Рис. 2, 3 – примерно повторяют их (во всяком случае, там, где есть данные), что тем самым косвенно подтверждает верность логостепенной параметризации Рис. 28, соответствующей более крупным логоциклам. В свете этого выглядит более понятным то, что рост народонаселения и рост доли грамотных имеют примерно одну и ту же точку сингулярности.

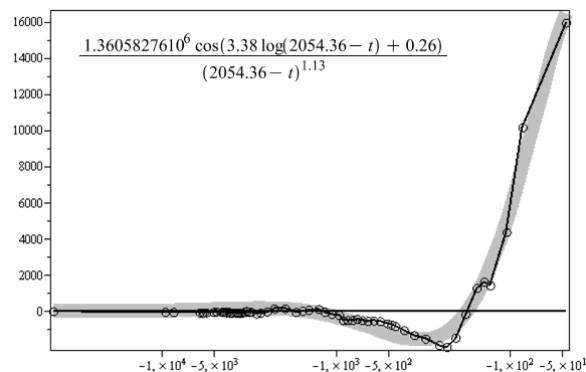
Надежно определить показатель степени логостепенной параметризации доли грамотных как имеющий значение «-1» рассматриваемые данные по грамотности не позволяют. На то, что он действительно находится в районе «-1», косвенно указывает следующее: если вместо Рис. 28 провести оптимизацию и по показателю степени (при фиксированной точке сингулярности на значении из логостепенной параметризации народонаселения Рис. 1), то для показателя получится значение «-0,73», что находится в районе «-1».

## **8. Динамика численности населения крупнейших поселений мира**

Логостепенная параметризация динамики численности населения крупнейших поселений мира (то есть по формуле (1)), похоже, тоже демонстрирует их гиперболический рост с наложенными логоколебаниями, имеющими экстремумы примерно там же, где и логостепенная параметризация народонаселения в варианте Рис. 3. Так, если взять коэффициент сокращения периодов и точку сингулярности из этого рисунка и оптимизировать с ними по остальным параметрам, то для параметризации численности населения крупнейших поселений мира получится то, что показано на Рис. 30, 31.



**Рис. 30.** Логостепенная параметризация динамики численности населения крупнейших поселений мира (в тысячах человек). Точки – численность населения крупнейших поселений мира<sup>17</sup>, плавная линия – логостепенная параметризация с фиксированными точкой сингулярности и коэффициентом сокращения периодов на значении из Рис. 3. Коэффициент детерминации = 0,994. Интервал времени: 40 тыс. лет до н. э. – 2007 г.



**Рис. 31.** Колебательная составляющая динамики численности крупнейших поселений мира. Точки – разность между точками и главным (гиперболическим) членом параметризации предыдущего рисунка, плавная линия – колебательный член параметризации предыдущего рисунка. По оси абсцисс – годы в логарифмическом масштабе, отсчитываемые от получившейся точки сингулярности в 1954,36 г.

<sup>17</sup> Выражаем глубокую благодарность А. В. Коротаеву за высланные соответствующие данные (правда, из-за описки у нас оказалась утерянной точка со значением времени 1800 лет до н. э., которая не использована в оптимизации). Ссылки на первоисточник по ним есть в работе (Коротаев 2006).



Как видно из Рис. 31, колебательная составляющая этой параметризации очень похожа на таковую для народонаселения (ср. с Рис. 3), а показатель степени оказался близок к «-1». Если же вместо Рис. 30 произвести оптимизацию по всем параметрам, которые приведены на рисунке, то показатель степени не изменится (точка сингулярности уменьшится до 2019 г.). Если же показатель степени не оптимизировать, фиксируя на значении «-1» (при этом точку сингулярности и коэффициент сокращения периодов оставить такими же, как на Рис. 31), то соответствующие рисунки для логостепенной параметризации останутся практически такими же, как на Рис. 30, 31 (визуально отличие увидеть будет невозможно).

Напомним, что в (Коротаев 2006) динамика численности населения крупнейших (по численности) поселений мира параметризовалась квадратичной гиперболой. Это, если исходить из верности (с теоретической точки зрения) логостепенной параметризации Рис. 30, связано с тем, что примерно последние три сотни лет шла повышательная волна логоколебаний (см. Рис. 31), увеличивая скорость роста по отношению к основному гиперболическому члену. В результате, если пользоваться только степенной параметризацией, может сложиться впечатление, что основной тренд для динамики численности крупнейших поселений мира скорее квадратичная гипербола, чем гипербола. Для финансовых рынков неучет логоколебательной составляющей тоже приводит к сильным искажениям параметров степени (Сорнетте 2008).

Таким образом, учет этой составляющей для динамики численности населения крупнейших поселений мира свидетельствует о том, что основной тренд этого роста является скорее гиперболой, чем квадратичной гиперболой, и есть все основания полагать, что колебательная составляющая этой динамики повторяет таковую для динамики народонаселения планеты (с точностью до коэффициента пропорциональности).

### Заключение

Использование типичной для описания финансовых рынков формулы (1) в отношении разных показателей, традиционно описываемых гиперболой (например, народонаселение), открывает новую главу в отношении построения прогнозов на будущее и исторического анализа. В частности, наличие типичных закономерностей финансовых рынков в структуре динамики мирового народонаселения позволяет более надежно, на количественной основе, строить исторические периодизации – например, позволяет выделить ряд исторических циклов, примерно таких, которые с той или иной степенью условности известны как верхний палеолит, неолит, Древность, Средневековье и раннее Новое время, «дикий капитализм», постиндустриальное общество. Следующему циклу, судя по всему, будет соответствовать Мир-Система, в которой основным вектором развития станут нанотехнологии.

Схожесть математического описания структуры динамики народонаселения/войн и финансовых рынков позволяет по-новому поставить во-

прос о причине гиперболического роста, в частности роста народонаселения планеты и роста финансовых рынков.

Если ранее явно или неявно рост финансовых рынков связывался исключительно с финансовой системой капиталистического общества (Сорнетте 2008), то наличие в динамике народонаселения (войнах) совершенно таких же закономерностей, что и для финансовых рынков, которые работали даже тогда, когда еще не возникло сельское хозяйство, указывает:

- на гораздо более глубокие причины динамики финансовых рынков, нежели денежные, торговые;

- на то, что упомянутые логоциклические закономерности – всего лишь частный случай реализации каких-то глубинных эволюционных закономерностей, связанных с развитием технологий, что открывает широкие перспективы для теоретических и прикладных исследований.

С другой стороны, то новое, что знание закономерностей финансовой макродинамики может дать для понимания демографических макропроцессов, может состоять в установлении того факта, что демографическая динамика управляется некоторыми очень универсальными законами технологического роста, «подгоняя» под себя народонаселение. Ведь каждому из чуть выше рассмотренных логоциклов на Рис. 2 соответствует своя технологическая революция.

Быть может, в том числе ее свойство пространственного распространения в виде фрактальной структуры, охватывающей все более и более широкие регионы, и определяет особенности структуры демографического роста динамики народонаселения (в частности, фрактальность во времени), которые были рассмотрены в этой статье. Это хорошо согласуется с тем, что фрактальная природа логоколебаний во времени в некоторых работах была объяснена как следствие развития пространственного фрактала (Saleur *et al.* 1996, Sornette, Johansen 1998).

Тот факт, что структура динамики войн повторяет структуру народонаселения, наводит на мысль, что войны по большому счету представляют собой следствие конфликта между старой социально-экономической системой и новой, которая фрактально распространяется из эпицентров роста от цикла к циклу вместе с распространением соответствующих технологий. Это формирует новый подход к пониманию глубинных причин военных конфликтов и открывает возможность для их ближнесрочного и долгосрочного прогнозирования с помощью логостепенных параметризаций, построения адекватных военных доктрин.

Применимость логостепенной закономерности (1) может оказаться гораздо более широкой, чем в рассмотренных выше случаях. И сейчас остается только гадать, сколь широко она распространена в эволюции и в основе сколь многочисленных и плодотворных научных исследований она окажется.

### Благодарности

Эта статья вряд ли бы была написана, если бы не многочисленные обсуждения разных эволюционных вопросов, касающихся не только нее,

с С. В. Цирелем и А. В. Коротаевым. Это оказалось крайне необходимым и полезным как для выработки «ключа» статьи, так и для поддержания творческого духа, необходимого для соответствующего анализа. Статья также вряд ли была бы возможной без многочисленных данных или ссылок на них по эволюции самых разных параметров, которые, в частности, позволили ставить ряд обобщающих вопросов и давать ответы, без чего работа тоже оказалась бы невозможной. За все это выражаем С. В. Цирелю и А. В. Коротаеву глубокую признательность.

### Библиография

- Гринин Л. Е. 2009. *Государство и исторический процесс. Политический срез исторического процесса*. М.: КомКнига.
- Капица С. П. 1992. Математическая модель роста населения мира. *Математическое моделирование* 4/6: 65–79.
- Капица С. П. 1996. Феноменологическая теория роста населения Земли. *Успехи физических наук* 166/1: 63–80.
- Коротаев А. В. 2006. Периодизация истории Мир-Системы и математические макромоделли социально-исторических процессов. *История и математика: проблемы периодизации исторических макропроцессов* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, с. 116–167. М.: КомКнига/URSS.
- Коротаев А. В., Малков А. С., Халтурина Д. А. 2007. *Законы истории: Математическое моделирование развития Мир-Системы. Демография, экономика, культура*. М.: КомКнига/URSS.
- Коротаев А. В., Малков А. С., Халтурина Д. А. 2008. Компактная математическая модель экономического и демографического развития Мир-Системы (1–1973 гг.). *Экономика и математические методы* 44/4: 90–101.
- Кузьмин Я. В., Орлова Л. А., Зенин В. Н., Лбова Л. В., Дементьев В. Н. 2011. Радиоуглеродное датирование палеолита Сибири и Дальнего Востока России: материалы к каталогу 14С дат (по состоянию на конец 2010 г.). *Stratum plus* 1. URL: [http://www.e-anthropology.com/Katalog/Arheologia/STM\\_DWL\\_rCzk\\_3QXTsdTobCVk.aspx](http://www.e-anthropology.com/Katalog/Arheologia/STM_DWL_rCzk_3QXTsdTobCVk.aspx).
- Кульбеков Е. Ф. Б. г. Динамика изменения коэффициента умственного развития студентов в начале XXI века. URL: [http://www.pglu.ru/lib/publications/University\\_Reading/2010/X/uch\\_2010\\_X\\_00033.pdf](http://www.pglu.ru/lib/publications/University_Reading/2010/X/uch_2010_X_00033.pdf).
- ООН 2010. Total Population (Both Sexes Combined) by Major Area, Region and Country, Annually for 1950–2100 (thousands). URL: [http://esa.un.org/wpp/Excel-Data/DB02\\_Stock\\_Indicators/WPP2010\\_DB2\\_F01\\_TOTAL\\_POPULATION\\_BOTH\\_SEXES.XLS](http://esa.un.org/wpp/Excel-Data/DB02_Stock_Indicators/WPP2010_DB2_F01_TOTAL_POPULATION_BOTH_SEXES.XLS).
- Панов А. Д. 2007. Масштабная инвариантность социально-биологической эволюции и гипотеза самосогласованного галактического происхождения жизни. *Бюллетень Специальной астрофизической обсерватории*: 60–61, 46–55. URL: <http://w0.sao.ru/Doc-k8/Science/Public/Bulletin/Vol60-61/p046.pdf>.
- Сорнетте Д. 2008. *Как предсказывать крахи финансовых рынков. Критические события в сложных финансовых системах*. М.: И-Трейд.

Список войн. 2013. URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Список\\_войн](http://ru.wikipedia.org/wiki/Список_войн).

Цирель С. В. 2008. Заметки об историческом времени и путях исторической эволюции. Ст. I. *История и математика: Модели и теории* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, с. 246–278. М.: ЛКИ/URSS.

Эффект Флинна. 2013. URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Эффект\\_Флинна](http://ru.wikipedia.org/wiki/Эффект_Флинна).

Brown E. H. P., Hopkins S. V. 1956. Seven Centuries of the Prices of Consumables, Compared with Builders' Wage-Rates. *Economica, New Series*. Vol. 23, No. 92 (Nov.), pp. 296–314 (Economica is currently published by The London School of Economics and Political Science). URL: <http://www.hist.umn.edu/~ruggles/hist/5011/phelps-brown%20and%20hopkins.pdf>, <http://links.jstor.org/sici?sici=0013-0427%28195611%292%3A23%3A92%3C296%3ASCOTPO%3E2.0.CO%3B2-C>.

Fischer D. H. Б. г. Анонс книги "The Great Wave: Price Revolution and the Rhythm of History". URL: <http://csmres.jmu.edu/geollab/fichter/gsl02/2008PowerPoints/29-GreatWave-GG102.pdf>.

Fischer D. H. 1996. *The Great Wave: Price Revolution and the Rhythm of History*. Oxford: Oxford University Press.

Foerster H. von, Mora P., Amiot L. 1960. Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026. *Science* 132: 1291–1295.

Grinin L., Markov A., & Korotayev A. 2013. On Similarities between Biological and Social Evolutionary Mechanisms: Mathematical Modeling. *Clodynamics: The Journal of Theoretical and Mathematical History* 4/2: 185–228.

Korotayev A., Malkov A. 2016. A Compact Mathematical Model of the World System Economic and Demographic Growth, 1 CE – 1973 CE. *International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences* 10: 200–209.

Maddison A. 2010. *Statistics on World Population, GDP and Per Capita GDP, 1-2008AD*. URL: [http://www.gdc.net/MADDISON/Historical\\_Statistics/horizontal-file\\_02-2010.xls](http://www.gdc.net/MADDISON/Historical_Statistics/horizontal-file_02-2010.xls).

National Statistics. 2014. URL: <http://www.ons.gov.uk>.

S&P Dow Jones Indices LLC. 2014. URL: <http://research.stlouisfed.org/fred2/series/DJIA/downloaddata>.

Saleur H., Sammis C. G., Sornette D. 1996. Discrete Scale Invariance, Complex Fractal Dimensions and Log-periodic Fluctuations in Seismicity. *J. Geophys. Res.* 101: 17661–17677. URL: <http://arxiv.org/abs/cond-mat/9707012>.

Sornette D., Johansen A. 1998. A Hierarchical Model of Financial Crashes. *Physica A* 261(3–4): 351–358.

Teasdale T. W., Owen D. R. 2005. A Long-term Rise and Recent Decline in Intelligence Test Performance: The Flynn Effect in Reverse. *Personality and Individual Differences* 39(4): 837–843. URL: <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.paid.2005.01.029>.

U.S. Department of Labor. 2014. *Bureau of Labor Statistics*. URL: <http://research.stlouisfed.org/fred2/series/PPIIDC?rid=46&soid=22>.

Woodley M. A., te Nijenhuis J., Murphy R. 2013. *Were the Victorians Cleverer than Us? The Decline in General Intelligence Estimated from a Meta-analysis of the Slowing of Simple Reaction Time. Intelligence*. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.intell.2013.04.006>.

Yan W., Woodard R., Sornette D. 2011. *Diagnosis and Prediction of Market Rebounds in Financial Markets*. URL: <http://arxiv.org/abs/1003.5926>.

## IV. РЕЦЕНЗИИ И ИНФОРМАЦИЯ

### 11

#### **Великая дивергенция и Великая конвергенция: Глобальная перспектива**

**Рецензия на книгу Л. Гринина и А. Коротаева  
“Great Divergence and Great Convergence. A Global Perspective”. N. p.: Springer International Publishing, 2015.**

*Э. Харпер*

В начале XXI в. человечество столкнулось с перспективой ухудшения ситуации, связанной с нарастающими экологическими проблемами, социально-политической нестабильностью на фоне экономических трудностей. Перспектива развития проистекает из многообразия человечества, в настоящее время населяющего Землю, творческого характера и изобретательности, присущих человеку, и потенциального качества жизни, которого достигло приблизительно 60 % мирового населения или около того, и которое может стать реальной возможностью для многих людей. У данного современного состояния Мир-Системы, разумеется, есть своя история и, как было упомянуто выше, имеется потенциал и для будущего, и для сложного настоящего.

Уровень сложности, который присутствует в нашей жизни в настоящий момент (возможно, это даже гиперсложность), зависит от совокупности изобретательности, доступности исторически уникальных источников энергии и уровня технологической компетенции, а также взаимозависимости, беспрецедентной и довольно хрупкой. Более детальное изучение этой сложной системы свидетельствует, однако, о трихотомии существования. Бесспорно, в настоящее время существуют государства, которые являются ведущими: США, государства Западной Европы и примыкающая к ним группа стран во главе с Японией, Австралией и Новой Зеландией. За ними следуют государства с возрастающим влиянием, например члены БРИКС (Бразилия, Россия, Индия, Китай и Южная Африка), затем две крупнейшие по демографическим показателям страны – Китай и Индия

*История и Математика: мегаисторические аспекты 2016 245–252*

и, наконец, оставшиеся 196 государств, многие из которых расположены в Африке и Юго-Восточной Азии, страны с растущей экономикой. Но большинство из них все еще не защищены с экономической и политической точек зрения. Интересно отметить, что изменения, которые привели Мир-Систему к ее современному состоянию, происходили в течение длительного времени. Они включали в себя существенные перемены относительно влияния ряда государств на протяжении прошлого тысячелетия или ранее, самыми значительными из которых являются стремление к господству Запада (за прошедшие 200 лет) и возрождение Востока в настоящий момент.

В связи с этим у историков, экономистов, специалистов в области демографии, макросоциологов и в целом заинтересованных ученых возникает множество важных вопросов. Как же случилось, что мы оказались в данной ситуации? Какие роли сыграли, играют и будут играть тенденции в экономике, социополитических процессах, демографическом росте, технологии и культуре в формировании обстоятельств, в которых находились, находятся и будут находиться государства Мир-Системы? Каковы были ограничения по отношению к Мир-Системе в процессе ее эволюции до настоящего момента? Каковы текущие ограничения системы и какие ограничения будут определять ее будущую траекторию? Являлось ли развитие Мир-Системы следствием целостного и непрерывного процесса или со временем в развитии Мир-Системы появляются некие разрывы? Если существуют разрывы или по крайней мере периоды стремительного изменения траектории Мир-Системы, какова природа этих периодов интенсивных изменений? Насколько они схожи с периодами фазовых переходов материального мира и насколько они предсказуемы, чтобы отражаться на нашем понимании их значения для Мир-Системы? Очевидно, что имеется еще много вопросов, которые необходимо прояснить.

Чтобы сфокусировать внимание ученых на развитии Мир-Системы, сложных событиях, происходивших в период развития, современном состоянии системы и будущих возможных путях ее развития, требуются определенная квалификация, понимание, образованность и творческий подход. Л. Е. Гринин и А. В. Коротаев написали замечательную книгу *Великая дивергенция и Великая конвергенция: Глобальная перспектива*. Они прекрасно владеют указанной тематикой. Л. Е. Гринин – автор более трехсот работ, свыше двадцати монографий, директор Волгоградского центра социальных исследований, заместитель директора Евроазиатского Центра мегаистории и системного прогнозирования. Он имеет достаточно большой опыт в области макросоциальных и исторических исследований, что позволяет ему прекрасно решать задачи, касающиеся анализа мир-системных изменений в последнее тысячелетие. А. В. Коротаев также имеет обширный круг научных интересов: от социальной антропологии, макросоциальной динамики до спектрального ана-

лиза кондратьевских волн. Он возглавляет Лабораторию мониторинга рисков социально-политической дестабилизации, а также является главным научным сотрудником, профессором Евро-азиатского Центра мега-истории и системного прогнозирования и Института Африки РАН. От других исследователей его отличает мастерство моделирования макросоциальных процессов; эту тему мы рассмотрим более подробно позже.

Л. Е. Гринин и А. В. Коротаев считают, что Великая дивергенция началась гораздо раньше середины XVIII в. Они отмечают, что движение в направлении дивергенции началось еще в XII–XIII вв., когда произошла средневековая промышленная революция, менее масштабная, чем промышленная революция XVIII в., которая, тем не менее, способствовала переходу Запада в режим конвергенции с имевшим превосходство в те времена Востоком. Этот процесс продолжался более двух столетий и включал в себя прогресс в области технологии и науки, который привел к эффекту увеличения предельной экологической нагрузки на Запад. Затем последовал трехфазовый переход, в котором заключительную фазу можно было сопоставить с традиционным описанием промышленной революции и движущей силой Великой дивергенции между Западом и Востоком. Начальная фаза этого процесса происходила в период раннего Нового времени и продолжалась с 1450 по 1660-е гг.; она характеризовалась значительным распространением процессов социально-политической дестабилизации. Вторая фаза длилась с 1600-х гг. примерно до 1760-х гг. и характеризовалась расширением промышленного производства, сельскохозяйственными инновациями и протоголобализацией.

Обсуждая влияние раннего Нового времени на Великую конвергенцию, Гринин и Коротаев определяют многосторонние процессы этого периода и вводят термин «догоняющая дивергенция» для точного описания определенных изменений в этом многообразии процессов, которые привели к конвергенции Запада с Востоком. Значение этого термина заключается в том, что Запад при полном сравнении с Востоком явно отставал, а истинная конвергенция Запада с Востоком была вызвана нарастающим превосходством Запада в определенных отраслях, которое позволило в будущем обеспечить окончательную и абсолютную дивергенцию. Перечислим только три примера этих измененных или развитых отраслей: усовершенствование технологий в резке металлов, процессе изготовления водяного колеса и существенные изменения в военной технологии. Все эти достижения проявляются в повышении эффективности труда, также наблюдается прогресс в эффективности замены «биологической энергии» в промышленности. Наблюдается экономия труда в торговле, бухгалтерском деле и других областях. Авторы поднимают вопрос о том, сколько времени и сил было сэкономлено благодаря изобретению печатного станка. В итоге благодаря дивергенционному развитию определенных областей Запад окончательно

но догнал Восток. К концу раннего Нового времени произошло стремительное улучшение благосостояния Запада вследствие притока драгоценных металлов из Нового Света, что увеличило поток товаров с Востока и способствовало зарождению среднего класса на Западе.

Период с 1600 по 1760 г. н. э. характеризовался исключительно тремя факторами: значимостью периферии на Западе и полным отсутствием ее значимости на Востоке; изоляционистской политикой Востока (особенно Китая и Японии); ускоренным ростом количества изобретений и инноваций и распространением их на Западе. Наряду с этими изменениями дальнейшее развитие в области сельскохозяйственных технологий высвободило крестьян, которые могли пополнить ряды городских жителей. Интересно заметить, что поскольку этот процесс начался в эпоху раннего Нового времени, он в то же время способствовал различного рода изобретениям и инновациям, увеличивая число небольших урбанизированных территорий, а также способствовал распространению локальных изобретений благодаря связям между этими частично автономными урбанизированными регионами. Эта модель напоминает структуру метапопуляций организмов, в которых мутации, появившиеся в какой-то локальной популяции, могли распространяться среди остальных популяций благодаря потоку генов. В нашем случае поток идей, материальных изобретений и инноваций аналогичен потоку генетического материала.

Классическое начало промышленной революции фактически представляет собой начало заключительной фазы дивергенции в рамках подхода Л. Е. Гринина и А. В. Коротаева. В то время как паровой двигатель доминирует, являясь квинтэссенцией промышленной революции, фактически непрерывная механизация, широкое применение машин и пара, устранение прямой зависимости от водяной силы, что позволяло строить фабрики вдали от водных источников, в конечном счете были направлены на увеличение эффективности труда. Было подсчитано, что четыре миллиона британских рабочих благодаря применению пара могли произвести столько же, сколько шестьсот миллионов рабочих без применения пара.

В период заключительной фазы Великой конвергенции авторы выделяют две отдельные траектории дивергенции: одну в Великобритании и Западной Европе, а вторую – в Соединенных Штатах. Они довольно наглядно показывают, что в период с 1880 по 1910 г. в США наблюдался экспоненциальный рост дивергенции по отношению к любому прогрессу на Востоке, в то время как в Великобритании преобладал линейный характер экономического роста. Кроме того, хотя Китаю, Японии, Турции и Египту удалось продвинуться вперед, все же они не смогли достичь такого же успеха, как Запад, и только Япония сделала значительные шаги для достижения западного уровня развития. Это дает основание предполагать,



что главнейшим фактором, сдерживающим развитие Китая, была огромная численность населения, поскольку человеческий труд существовал в Китае в избытке, и не было необходимости в изобретении и введении каких-либо инноваций.

Существуют еще два фактора, которые оказывают сильное влияние на заключительные этапы дивергенции. Это учреждение правовой защиты интеллектуальной собственности, другими словами, учреждение патентного права, особенно хорошо разработанного в Англии, и процесс глобализации, который продолжается даже сегодня и является также неотъемлемой частью Великой конвергенции. Несомненно, глобализация началась с эпохи Великих географических открытий, движимая усовершенствованными военно-морскими технологиями. Она обеспечивала Старый Свет торговыми маршрутами, благодаря которым распространялись материалы, гены, идеи и – в некоторых случаях – болезни. Что касается последнего, нужно принять во внимание влияние продовольственных товаров, в частности картофеля, который первоначально считался просто пригодным в пищу, а впоследствии стал основным продуктом питания, потребность в котором еще более возросла вследствие грибкового картофельного фитофтороза, вызвавшего сильный голод в Европе, в частности в Ирландии. Сифилис, туберкулез и оспа также считаются болезнями, распространившимися в результате развития торговли.

В то время как глобализация была основным фактором ближайшей и конечной цели проекта Великой дивергенции, она также заложила фундамент для Великой конвергенции Востока с Западом, что отражено в основополагающей модели Гринина – Коротаева, объясняющей Великую дивергенцию. По аналогии с экологической преемственностью обществ, когда каждая ступень создает условия для следующего этапа развития, Л. Е. Гринин и А. В. Коротаев описывают коллективные процессы, связанные с Великой дивергенцией, как процессы, подготавливающие почву для каждой фазы дивергенции, а также для сегодняшней конвергенции Мир-Системы. Именно квалифицированное использование данных и их творческое осмысление выдвигают эту универсальную модель на первый план.

Многие ученые полагают, что сегодняшнее состояние Мир-Системы четко демонстрирует характеристики неустойчивой системы. Эта точка зрения подтверждается многообразием данных, начиная со статистических исследований распределения мирового ВВП до изменений в несовершенной системе мобильности капитала, показывающей мировой объем выпуска продукции на душу населения. Тем не менее в данной книге обращается особое внимание на то, что подобные характеристики изменяющихся пропорций мир-системного ВВП и показателей прироста населения указывают на общесистемный характер процесса конвергенции. Далее, с использова-

нием совокупных данных, Запад сравнивается с «остальными странами» сначала на длительных промежутках времени, затем на сокращенных временных отрезках, что показывает растущее влияние изменений; авторы четко демонстрируют, что фактически конвергенция происходит между Западом и остальными странами мира с 1960-х гг.

Мир-Система рассматривается как трехсторонняя система, в которой приводятся тонкие наглядные сравнения между первым, вторым и третьим мирами. Хотя эти понятия появились в период холодной войны, их функциональная ценность становится очевидной в свете того, что в странах второго мира, ранее входивших в сферу влияния Советского Союза, произошел значительный экономический спад, вскоре после крушения СССР в 1990-х гг., что фактически привело к началу относительной конвергенции между странами первого и третьего миров. Графические сравнения выполнены на основе вычислений процентов ВВП и рейтинга стран с высоким доходом в 2000 г.

В свою очередь, разделение Мир-Системы на страны с высоким, средним и низким уровнем доходов позволяет более четко выявить конвергенцию. Этот пункт более подробно проиллюстрирован в статистическом приложении, в котором через временные сравнения показано, что именно страны со средним доходом значительно приблизились к странам с высоким доходом. Далее в странах с высоким уровнем дохода (так называемый «золотой миллиард»), как и в странах со средним уровнем дохода, растет численность населения, вследствие положительного темпа роста в некоторых странах с низким уровнем дохода и их перехода в категорию государств со средним доходом. Это явление может быть кратковременным, поскольку страны с низким уровнем дохода относительно мало способствуют данному процессу (их совокупные показатели в настоящий момент снижаются). Будущее стран с низким уровнем дохода не выглядит безоблачным вследствие сочетания дефицита образования, относительно высокого роста уровня рождаемости и сокращения производственной продукции. Авторы предупреждают о потенциальном затухании современной конвергенции.

Основная часть книги заканчивается прогнозом ближайшего будущего и предположением, что краткосрочная перспектива будет характеризоваться тремя факторами: а) Мир-Система подвергнется изменениям правил относительно функционирования составляющих ее государств и станет более гибкой в ответ на изменения; б) государства будут объединяться в союзы, которые будут перестраиваться с учетом своих постоянно меняющихся потребностей и особенностей; в) суверенитет отдельных государств сократится, поскольку суверенитет альянсов, государственных коалиций и наднациональных организаций возрастает. Это ближайшее будущее станет относительно нестабильным, поскольку государства, группы

государств и другие институциональные субъекты борются за общественное положение, в то время как господство США будет ослабевать. Вряд ли найдется государство, способное обладать всеми качествами доминирующего лидера и взять на себя подобную роль. Следовательно, США в ближайшее время останутся мировым лидером, но уже с ослабленным влиянием.

Трансформации Мир-Системы будут следствием изменений как отношений между государствами, так и изменений внутри отдельных стран. Неравномерное развитие отдельных стран, изменения этнической структуры вследствие текущей и будущей миграции, а также локальные изменения в любом государстве и изменяющиеся уровни деятельности в Мир-Системе будут в конечном счете способствовать формированию новой мир-системной конфигурации. Также сюда относится процесс глобализации; в ближайшем будущем экономическая глобализация будет доминировать, однако затем также будет развиваться политическая и социокультурная глобализация.

Особенно важную роль будут играть технологические инновации, поскольку Великая конвергенция не останавливается. Во-первых, авторы предполагают, что текущая парадигма информационных технологий почти себя исчерпала, но они не видят ни малейшего шанса для возникновения ранее 2030-х гг. новой парадигмы, которая может появиться вследствие современного уровня конвергенции. То есть сегодняшний процесс конвергенции должен продолжаться, и он является предпосылкой для дальнейшего появления и распространения парадигматической изобретательности. Это обусловлено как временем, необходимым для распространения идей, так и тем, что новые парадигмы не будут приняты, пока старые не придут в полное равновесие. Несмотря на то, что книга не столь оптимистична относительно стабильности ближайшего будущего в свете Великой конвергенции, авторы оставляют читателю надежду, поскольку в этот период продолжающейся конвергенции средний класс Мир-Системы продолжит расти и будет являться потенциалом для развития «общечеловеческих идей» и новых возможностей в условиях глобализации и реконфигурации Мир-Системы.

Здесь необходимы дальнейшие комментарии, чтобы обсудить приложения, в особенности *Приложение Б*. Оба приложения исключительно функциональны, но необходим комментарий относительно именно математических моделей, представленных в *Приложении Б*. Представленные вычисления А. В. Коротаева развивают (или, скорее, даже расширяют) предыдущую модель, разработанную автором в 2006 г. А. В. Коротаев – выдающийся ученый в области построения математических моделей, связанных с макросоциологией, – разрабатывает превосходные простые модели, которые помогают разъяснить концепцию; его модели разработаны

для того, чтобы подчеркнуть концептуальное понимание, и имеют очевидное прогностическое значение. Для тех, кто использует математические модели, и для тех, кто ценит ясность и суть, которая заключается в математических моделях применительно к изучению любой проблемы, Приложение Б будет очень важным для понимания процесса конвергенции.

Эта книга может быть рекомендована тем, кто занимается вопросами современного состояния и общими положениями Мир-Системы. Книга *Великая дивергенция и Великая конвергенция: Глобальная перспектива* представляет огромную ценность и является неиссякаемым источником глубокого знания и информации. Особенностью этой книги, которая кардинально отличает ее от обычного описания изменений во времени, являются акцент на непрерывном процессе, многогранных особенностях этого процесса, пороговом характере некоторых аспектов изменений, широта и глубина иллюстрирующих материалов, включая графическое представление данных и объединение исторического толкования с ясностью вербальных и математических моделей. Кроме того, оба автора имеют и дополнительные знания, и опыт для того, чтобы профессионально осветить затронутые темы. Эта книга вносит ценный вклад в мир-системный анализ в целом и выявляет специфические особенности Великой дивергенции и Великой конвергенции.

*Перевод с английского Н. С. Дорофеевой*

## Сведения об авторах

**Билюга Станислав Эдуардович.** Младший научный сотрудник Центра долгосрочного прогнозирования и стратегического планирования при МГУ, аспирант факультета глобальных процессов Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова. E-mail: sbilyuga@gmail.com.

**Гаршин Игорь Константинович.** Бизнес-аналитик, Каспийский трубопроводный консорциум (РФ). E-mail: garchine@mail.ru.

**Гринин Антон Леонидович.** Кандидат биологических наук, главный научный сотрудник Международного центра образования и социально-гуманитарных исследований. Автор монографий: *От рубил до нанороботов. История технологий и описание их будущего* (М.: Учитель, 2015; совместно с Л. Е. Грининым), *The Cybernetic Revolution and the Forthcoming Epoch of Self-Regulating Systems* (М.: Учитель, 2016, совместно с Л. Е. Грининым). E-mail: algrinin@gmail.com.

**Гринин Леонид Ефимович.** Доктор философских наук, главный научный сотрудник Лаборатории мониторинга рисков социально-политической дестабилизации ВШЭ, заместитель директора Евро-азиатского Центра мегантологии и системного прогнозирования, ведущий научный сотрудник Института востоковедения РАН, вице-президент Международного фонда им. Н. Д. Кондратьева, редактор журнала "Social Evolution & History", альманахов «Эволюция», "Evolution". Автор более 450 научных работ по философии, социологии, истории, антропологии, политологии, эволюционистике, включая 28 монографий, в том числе: *Философия, социология и теория истории* (4-е изд. М.: URSS, 2006); *Производительные силы и исторический процесс* (3-е изд. М.: URSS, 2006); *Государство и исторический процесс*: в 3 кн. (2-е изд. М.: URSS, 2009); *Макроэволюция в живой природе и обществе* (М.: URSS, 2008, совместно с А. В. Коротаевым и А. В. Марковым); *Социальная макроэволюция. Генезис и трансформации Мир-Системы* (М.: URSS, 2008, совместно с А. В. Коротаевым); *Глобальный кризис в ретроспективе. Краткая история подъемов и кризисов от Ликурга до Алана Гринспена* (М.: URSS, 2009, совместно с А. В. Коротаевым); *От Конфуция до Конта: Становление теории, методологии и философии истории* (М.: ЛИБРОКОМ, 2012); *Macrohistory and Globalization* (Volgograd: Uchitel, 2012); *Great Divergence and Great Convergence* (New York: Springer, 2015; совместно с А. В. Коротаевым); *От рубил до нанороботов. История технологий и описание их будущего* (М.: Учитель, 2015); *The Cybernetic Revolution and the Forthcoming Epoch of Self-Regulating Systems* (М.: Учитель, 2016, совместно с А. Л. Грининым); *Economic Cycles, Crises, and the Global Periphery* (New York: Springer, 2016; совместно с А. В. Коротаевым и А. Таушем). E-mail: leonid.grinin@gmail.com.

**Гринченко Сергей Николаевич.** Доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института проблем информатики Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук. Автор более 380 научных работ по теории и практике поисковой оптимизации, кибернетической биологии, кибернетической физике, генезису информационных технологий, теоретической информатике, включая монографии: *Системная память живого (как основа его метаэволюции и периодической структуры)* (М.: ИПИ РАН, Мир, 2004) и *Метаэволюция (систем неживой, живой и социально-технологической природы)* (М.: ИПИ РАН, 2007). E-mail: sgrinchenko@ipiran.ru.

**Коротаев Андрей Витальевич.** Доктор философии (Ph.D.), доктор исторических наук, главный научный сотрудник Института востоковедения РАН, профессор, заведующий кафедрой современного Востока Российского государственного гу-

манитарного университета, ведущий научный сотрудник Института Африки РАН. Автор более 350 научных трудов, включая такие монографии, как *Ancient Yemet* (1995); *Законы истории. Математическое моделирование развития Мир-Системы. Демография. Экономика. Культура* (2007, совместно с А. С. Малковым и Д. А. Халтуриной); *Законы истории. Вековые циклы и тысячелетние тренды. Демография. Экономика. Войны* (2007, совместно с Н. Л. Комаровой и Д. А. Халтуриной); *Макроэволюция в живой природе и обществе* (2008, совместно с Л. Е. Грининым и А. В. Марковым); *Социальная макроэволюция. Генезис и трансформации Мир-Системы* (2009, совместно с Л. Е. Грининым); *Циклы, кризисы, ловушки современной Мир-Системы* (2012, совместно с Л. Е. Грининым); *Моделирование и прогнозирование мировой динамики* (2012, совместно с А. А. Акаевым, В. А. Садовничим и С. Ю. Малковым); *Great Divergence and Great Convergence* (N. p.: Springer International Publishing, 2015, совместно с Л. Е. Грининым); *Economic Cycles, Crises, and the Global Periphery* (New York: Springer, 2016; совместно с Л. Е. Грининым и А. Таушем). E-mail: akorotayev@gmail.com.

**Малков Сергей Юрьевич.** Доктор технических наук, действительный член Академии военных наук, руководитель направления Центра проблем СЯС Академии военных наук, профессор МГУ имени М. В. Ломоносова (факультет глобальных процессов), ведущий научный сотрудник Института экономики РАН. Автор более 200 научных трудов, включая монографии *Моделирование социально-политической и экономической динамики* (М.: РГСУ, 2004, совместно с М. Г. Дмитриевым и др.); *Управление обеспечением стойкости сложных технических систем* (М.: Физматлит, 2006; совместно с В. В. Гончаровым, В. И. Ковалевым и В. Н. Бакулиным); *Социальная самоорганизация и исторический процесс: возможности математического моделирования* (М.: ЛИБРОКОМ/ URSS, 2009); *Моделирование и прогнозирование мировой динамики* (М.: Наука, 2012, совместно с В. А. Садовничим, А. А. Акаевым и А. В. Коротаевым) и др. E-mail: S@Malkov.org.

**Осипов Даниил Анатольевич.** Бакалавр факультета глобальных процессов Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова. E-mail: dankal1992@yandex.ru.

**Редько Владимир Георгиевич.** Доктор физико-математических наук, заместитель руководителя Центра оптико-нейронных технологий Научно-исследовательского института системных исследований Российской академии наук. Автор более 150 научных публикаций по математическим и компьютерным моделям биологических информационных систем, а также по физике твердого тела, включая 2 монографии, в том числе *Эволюция, нейронные сети, интеллект: Модели и концепции эволюционной кибернетики* (7-е изд. М.: URSS, 2011). E-mail: vgreddko@gmail.com. Интернет-сайт: [http://www.niisi.ru/iont/staff/rvge/index\\_rus.php](http://www.niisi.ru/iont/staff/rvge/index_rus.php).

**Савинов Александр Борисович.** Кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии биологического факультета Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского, член оргкомитета ежегодных международных Любимцевских чтений «Современные проблемы эволюции и экологии» (Ульяновск). Преподаваемые дисциплины: теория эволюции, общая экология, почвоведение, прикладная экология, учение о биосфере, концепции современного естествознания, безопасность жизнедеятельности. Автор более 100 научных работ в области эволюционной морфологии и анатомии насекомых, фенотипической изменчивости животных и растений, биоиндикации, биомониторинг-

га и биоразнообразия наземных экосистем, экологии человека, симбиогенеза, теории эволюции и биосистем, философских проблем естествознания и социально-политических функций науки; в том числе двух книг: *Образ жизни и здоровье студентов* (Н. Новгород: НИСОЦ, 2003, в соавт.); *Биосистемология (системные основы теории эволюции и экологии)* (Н. Новгород: ННГУ, 2006). E-mail: sabcor@mail.ru. Интернет-сайт: [http:// sabcor.dmls.ru](http://sabcor.dmls.ru).

**Савостьянов Геннадий Александрович.** Доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Института эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова РАН. Научные интересы – биология развития, теоретическая морфология, трехмерное описание морфогенеза и его компьютерное моделирование, злокачественный рост. Автор более 140 научных публикаций, в том числе монографии *Основы структурной гистологии. Пространственная организация эпителиев* (СПб.: Наука, 2005). E-mail: [genasav38@mail.ru](mailto:genasav38@mail.ru). Интернет-сайт: <http://members.tripod.com/~Gensav>.

**Фомин Алексей Александрович.** Иностраный участник направления «Математическое моделирование глобальной и региональной динамики в условиях модернизации систем науки и образования» Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Экономика и социология науки и образования». Области научных интересов: теоретическая физика, экономика, математическое моделирование эволюционных процессов, лог-периодические колебания в динамике природных и социальных систем. E-mail: [lesha74@rambler.ru](mailto:lesha74@rambler.ru).

**Чейсон Эрик.** Американский астрофизик из Гарвардского университета, основное место работы – Гарвард-Смитсоновский Центр астрофизики. Работает над созданием концепции происхождения и эволюции галактик, звезд, планет, жизни и общества. Основная цель Чейсона – создание всеохватывающего космическо-эволюционного мировоззрения Вселенной и определение места человека в ней. Ежегодно преподает бакалаврам в Гарвардском университете по теме космической эволюции, которая включает и исследовательские, и образовательные программы.

**Шульгин Сергей Георгиевич.** Кандидат экономических наук, заместитель заведующего Международной лабораторией политической демографии и макросоциологической динамики Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ. Автор более 40 научных работ. Область научных интересов включает политическую демографию, политико-экономический анализ, сравнительный анализ институтов, анализ данных (математическое и численное моделирование, агентное моделирование, эконометрический и статистический анализ). E-mail: [sergey@shulgin.ru](mailto:sergey@shulgin.ru).

**Щапова Юлия Леонидовна.** Доктор исторических наук, профессор кафедры археологии исторического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова. Автор более 200 научных работ по археологии и теории древних производств, в том числе монографий: *Очерки истории древнего стеклоделия* (М., 1983); *Естественно-научные методы в археологии* (М., 1988); *Древнее стекло: морфология, технология, химический состав* (М., 1989); *Морфология древностей* (М., 1990, совместно с Ю. А. Лихтер, Е. К. Столяровой); *Артефакт. Программный продукт по археологии* (совместно с Ю. А. Лихтер). М., 1991); *Византийское стекло* (М., 1998); *Введение в вещеведение: естественно-научный подход к изучению древних вещей*: уч. пособ. (М., 2000); *Археологическая эпоха: хронология, периодизация, теория, модель* (М., 2005).

## К сведению авторов

К рассмотрению редакцией принимаются тексты, представленные в электронном виде (в формате .doc) 14-м кеглем через 1,5 интервала. К тексту должны прилагаться аннотация (резюме) размером не менее 1000 знаков, включая пробелы и ключевые слова статьи.

**Подстрочные сноски** должны быть по возможности сведены к минимуму.

**Ссылки на литературу в тексте** даются в скобках, включая фамилию одного (первого) или двух авторов или, при отсутствии таковых, первое слово названия книги и год издания: (Селигман и др. 2009; Домострой... 2008). При наличии прямой («закавыченной») цитаты следует указать также страницу (Ганнушкин 1964: 28).

**Список использованной литературы** приводится в конце статьи в алфавитном порядке и без нумерации в соответствии со следующими образцами:

**Миронов Б. Н. 1999.** *Социальная история России периода империи (XIX – начало XX в.). Генезис личности, демократической семьи, гражданского общества и правового государства: в 2 т. Т. 1.* СПб.: Дмитрий Буланин.

**Рубцов Б. Б. 2011.** Глобальные финансовые рынки: масштабы, структура, регулирование. *Век глобализации* 2: 73–74.

**Доронин И. Г. 2003.** Мировые фондовые рынки. *Мировая экономика: глобальные тенденции за 100 лет* / Ред. И. С. Королев, с. 101–133. М.: Экономистъ.

**Садовский В. Н., Юдин Э. Г. (Ред.) 1969.** *Исследования по общей теории систем.* М.: Прогресс.

**U.S. Bureau of the Census.** World Population Information. URL: <http://www.census.gov/ipc/www/world.html>.

Ссылки на **интернет-публикации** рекомендуется приводить лишь в тех случаях, если источник не существует либо недоступен на бумажных носителях.

К рукописи прилагаются:

Ф. И. О. (полностью), ученая степень и звание, место работы; данные для связи с автором: почтовый адрес, электронный адрес, а также авторская справка по следующему образцу:

**Гринин Леонид Ефимович.** Доктор философских наук, заместитель директора Евразийского Центра мегаистории и системного прогнозирования, ведущий научный сотрудник Института востоковедения РАН, вице-президент Международного фонда им. Н. Д. Кондратьева, соредактор журнала “Social Evolution & History”, альманахов «Эволюция», “Evolution”. Автор более 360 научных работ по философии, социологии, истории, антропологии, политологии, эволюционистике, включая 26 монографий, в том числе таких как *Производительные силы и исторический процесс* (3-е изд. М.: URSS, 2006); *Государство и исторический процесс: в 3 кн.* (2-е изд. М.: URSS, 2009); *Социальная макроэволюция. Генезис и трансформации Мир-Системы* (М.: URSS, 2008, совместно с А. В. Коротаевым); *Глобальный кризис в ретроспективе. Краткая история подъемов и кризисов от Ликурга до Алана Гринспена* (М.: URSS, 2009, совместно с А. В. Коротаевым); *Macrohistory and Globalization* (Volgograd: Uchitel, 2012). E-mail: leonid.grinin@gmail.com.

Статьи и другие материалы для альманаха просим присылать приложением на следующие адреса электронной почты: leonid.grinin@gmail.com, akorotayev@gmail.com.