

**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 Анализ глобального социоприродного развития

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



**Издательство
«Учитель»
Волгоград
2023**

Ежегодник «История и Математика»

Редакционный совет ежегодника: доктор философии (*Ph.D.*) Д. Баррейрос; академик РАН, доктор исторических наук В. В. Алексеев, доктор исторических наук Л. И. Бородкин, доктор философии (*Ph.D.*) Дж. Голдстоун, доктор философских наук Л. Е. Гринин, доктор исторических наук А. В. Коротаев, 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 философии (*Ph.D.*) Д. Лепуар.

История и Математика: Анализ глобального социоприродного развития: ежегодник / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев. – Волгоград: Учитель, 2023. – 208 с.

ISBN 978-5-7057-6258-3

Сегодня математика может посчитать очень многое, например изменения глобальной температуры или скорость технологического прогресса в историческом процессе. Но, разумеется, далеко не все поддается власти математики. В выпуске представлены семь статей, которые объединяет то, что они посвящены глобальным процессам и трендам, связанным как с успехами, которых добилось человечество, так и с рисками, которые возникли в текущем столетии. При этом успехи и риски тесно переплетаются. Степень риска – это то, что трудно выразить однозначно. Мнения здесь расходятся диаметрально: от отрицания самого факта риска до апокалиптических прогнозов. Огромные успехи, которых человечество добилось в XX в., неизменно сопровождались социальными катаклизмами, в том числе революциями. Модернизацию можно рассматривать как глобальный процесс, она ведет к развитию обществ и ускорению этого развития. В то же время модернизация связана с крупными социальными конфронтациями, катаклизмами и революциями. Обо всем этом и многом другом читайте в настоящем выпуске ежегодника «История и Математика».

Мы надеемся, что ежегодник будет интересен как специалистам, так и широкому кругу читателей, интересующихся использованием точных методов в исторических исследованиях.

Издательство «Учитель»

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

Формат 60×90/16. Печ. л. 13. Тираж 300 экз. Заказ № 214972.

Отпечатано: Акционерное общество «Т8 Издательские Технологии»

109316 Москва, Волгоградский проспект, дом 42, корпус 5

Тел.: 8 499-322-38-30

Оглавление

<i>Л. Е. Гринин,</i> <i>А. В. Коротаев</i>	Введение. Глобальные тренды, риски и процессы	4
---	---	----------

Раздел I. Социально-политические процессы

<i>Л. Е. Гринин,</i> <i>А. Л. Гринин</i>	Теоретический анализ революционных процессов в XX в.	9
---	--	----------

Раздел II. Климат и общество

<i>А. А. Акаев,</i> <i>О. И. Давыдова</i>	Климат и энергетика. Сценарии энергетического перехода и изменения глобальной температуры на основе современных технологий и тенденций.	38
--	---	-----------

<i>А. А. Фомин</i>	Климат и человек: новый критерий связи и новый метод прогноза	58
--------------------	---	-----------

<i>В. Н. Покровский</i>	Экономодинамика: хозяйственная деятельность человека с точки зрения физика.	75
-------------------------	---	-----------

Раздел III. Технологии и экономика

<i>С. Ю. Малков,</i> <i>О. И. Давыдова</i>	Модернизация как глобальный процесс	105
---	---	------------

<i>Ю. В. Зинькина,</i> <i>С. Г. Шульгин</i>	Глобальная финансовая сеть. Золотой стандарт и потоки инвестиций	129
--	--	------------

<i>Л. Е. Гринин,</i> <i>А. Л. Гринин,</i> <i>А. В. Коротаев</i>	Долгосрочная динамика технологического роста (с 40 000 лет до н. в. до раннего XXII в.), количественный анализ	140
---	--	------------

ВВЕДЕНИЕ

Глобальные тренды, риски и процессы^{*}

Леонид Ефимович Гринин

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

Андрей Витальевич Коротаев

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

Сегодня математика может посчитать очень многое. Например, изменения глобальной температуры (см. статью *А. А. Акаева и О. И. Давыдовой*) или скорость технологического прогресса в историческом процессе (см. статью *Л. Е. Гринина, А. Л. Гринина и А. В. Коротаева*). Но, разумеется, далеко не все поддается власти математики. В настоящем ежегоднике представлены семь статей, которые объединяет то, что они посвящены глобальным процессам и трендам, связанным как с успехами, которых добилось человечество, так и с рисками, которые возникли в текущем столетии. При этом успехи и риски тесно переплетаются. Так, огромные успехи в развитии экономики, подъеме уровня жизни и в целом в развитии человеческой цивилизации становятся источником рисков. Последние связаны с негативным влиянием антропогенной деятельности на экологию и создают риск потепления и изменения климата. Степень риска – это то, что трудно выразить однозначно. Мнения тут расходятся диаметрально – от отрицания самого факта риска до апокалиптических прогнозов. Огромные успехи, которых человечество добилось в XX столетии, неиз-

^{*} *Для цитирования:* Гринин Л. Е., Коротаев А. В. 2023. Введение. Глобальные тренды, риски и процессы. *История и Математика: Анализ глобального социоприродного развития* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев. Волгоград: Учитель. С. 4–8. DOI: 10.30884/978-5-7057-6258-3_01.

For citation: Grinin L. E., Korotayev A. V. 2023. Introduction. Global Trends, Risks and Processes. *History and Mathematics: Analysis of Global Socio-Natural Development* / Ed. by L. E. Grinin, A. V. Korotayev. Volgograd: Uchitel. Pp. 4–8 (in Russian). DOI: 10.30884/978-5-7057-6258-3_01.

менно сопровождалась социальными катаклизмами, в том числе революциями (см. статью *Л. Е. Гринина* и *А. Л. Гринина*). Некоторые из них, как Русская революция 1917 г. или Китайская революция 1925–1949 гг., были связаны с огромными жертвами и разрушениями. В то же время они стали поворотным пунктом в развитии нашей страны и Китая соответственно, а в значительной мере и в развитии всего мира. Модернизацию можно рассматривать как глобальный процесс (см. статью *С. Ю. Малкова* и *О. И. Давыдовой*), она ведет к развитию обществ и ускорению этого развития. В то же время модернизация связана с крупными социальными конфронтациями, катаклизмами и революциями.

Некоторые статьи настоящего выпуска описывают процессы, глобальные не только по масштабу, но и по времени. В частности, в статье *А. А. Фомина* показывается связь климата и деятельности человека в течение более чем 2 тыс. лет. В статье *Л. Е. Гринина, А. Л. Гринина* и *А. В. Коротаева* рассматривается динамика развития технологий в течение 40 тыс. лет. Более подробно о статьях, представленных в настоящем выпуске, см. ниже.

Мы надеемся, что предлагаемый выпуск будет интересен как специалистам, так и широкому кругу читателей, интересующихся использованием точных методов в исторических исследованиях.

* * *

В предлагаемом вашему вниманию выпуске ежегодника представлены семь статей в трех разделах.

В первом разделе «Социально-политические процессы» представлена статья *Л. Е. Гринина* и *А. Л. Гринина* «Теоретический анализ революционных процессов в XX в.». Авторы подчеркивают, что XX в. можно назвать веком революций. Из четырех великих революций две произошли именно в XX в. Они значительно изменили Мир-Систему, ход истории и общественные отношения. Революциям XX в. посвящен большой массив литературы. Но, несмотря на это, остаются существенные пробелы в плане теоретических подходов к типологии революций. В статье представлен теоретический анализ революционного процесса XX в., предлагается оригинальная типология революций, вводится важное понятие аналогов революции, типов и подтипов революций и линий революций. Выделены некоторые тенденции, которые вышли на первый план или широко проявились именно в XX в. Статья также снабжена хронологической таблицей революционных событий XX в., где даны характеристики каждого события.

Второй раздел «Климат и общество», состоящий из трех статей, открывает работа *А. А. Акаева* и *О. И. Давыдовой* «Климат и энергетика. Сценарии энергетического перехода и изменения глобальной температуры

на основе современных технологий и тенденций», которая посвящена анализу климатических изменений и моделированию энергетического перехода на возобновляемые источники энергии. Авторы указывают, что современная климатическая ситуация характеризуется общим повышением средней глобальной температуры в результате чрезвычайно высокой концентрации в атмосфере углекислого газа (CO_2), количество которого постоянно увеличивается и представляет угрозу для устойчивости глобальной экологической системы в целом. Принимая во внимание тот факт, что основная часть выбросов CO_2 приходится на энергопотребление (которое на протяжении всей истории переживало переходы от одного вида доминирующего энергоресурса к другому – от биомассы к углю, от угля к нефти и от нефти к природному газу), авторы анализируют возможности перехода к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ), который, по прогнозам, произойдет во второй половине XXI в. Авторы проводят математическое моделирование предстоящего энергетического перехода с различными сценариями будущего топливно-энергетического баланса в XXI в. Для этого ученые разработали специализированную математическую модель, учитывающую современные тенденции энергопотребления на основе данных крупнейших энергетических компаний и международных организаций в сфере энергетики, таких как BP, Equinor, ExxonMobil, Shell, REN21, Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (IRENA), Международное энергетическое агентство (МЭА), Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК), «Сколково» и др. Представлены и проанализированы три сценария повышения средней глобальной температуры приземной атмосферы в XXI в.: консервативный, амбициозный и сценарий Net Zero. Консервативный сценарий предполагает, что государственная политика, технологии и социальные предпочтения продолжают развиваться так же, как и в недавнем прошлом. Амбициозный сценарий предусматривает принятие мер, ведущих к значительному сокращению выбросов углерода от использования энергии, что, в свою очередь, позволяет ограничить рост глобальной температуры в XXI в. Сценарий Net Zero, который авторы считают оптимальным, предполагает, что меры, предлагаемые в амбициозном сценарии, дополняются и подкрепляются существенными изменениями в поведении и предпочтениях общества. В статье подробно описаны современные энергоэффективные технологии и методы использования возобновляемых источников энергии, реализация которых предусмотрена в рамках оптимального сценария Net Zero.

В статье *А. А. Фомина* «Климат и человек: новый критерий связи и новый метод прогноза» предварительно обосновывается наличие сильной связи между климатом и деятельностью человека начиная со времен

ок. 2,1 тыс. лет до н. э. и до начала нашей эры, что делается с помощью нового, ранее неизвестного критерия, суть которого связана с наличием корреляции между некоторыми демографическими и ранее неизвестными климатическими циклами. В результате дано объяснение нарастающим в последние годы климатическим колебаниям как следствию нарастания соответствующих экономических колебаний, приводящих к аналогичному антропогенному влиянию на климат.

В. Н. Покровский в работе «Экодинамика: хозяйственная деятельность человека с точки зрения физика» обсуждает основные понятия и проблемы теории экономической динамики с точки зрения естествоиспытателя. Демонстрируется, что прогресс в хозяйственной деятельности человека связан не только с успехами в технологическом использовании усилий человека и источников энергии, но и с совершенствованием организации общественных отношений. В макроэкономическом (феноменологическом) приближении описываются основные закономерности динамики производственной системы как системы, производящей стоимости. Обсуждаются правила распределения общественного продукта и формулируется условие стационарного существования общественной системы, которое необходимо учитывать при практической организации хозяйственной деятельности.

Третий раздел «Технологии и экономика» также состоит из трех статей. В статье *С. Ю. Малкова* и *О. И. Давыдовой* «Модернизация как глобальный процесс» проведен анализ эмпирических данных по долгосрочной демографической и экономической динамике стран мира за период с начала XIX в. по настоящее время. Выявлены основные особенности этой динамики. Предложена математическая модель, описывающая демографо-экономическую динамику стран мира как отражение происходивших в них процессов социально-экономической модернизации (перехода от аграрного к индустриальному обществу). Приведены результаты моделирования.

В исследовании *Ю. В. Зинькиной* и *С. Г. Шульгина* «Глобальная финансовая сеть. Золотой стандарт и потоки инвестиций» подчеркивается, что глобальные потоки драгоценных металлов с давних времен пронизывали афроевразийскую мир-систему, а затем, с открытием Америки и серебряных рудников в Потоси, и весь мир. По мнению *Й. Остерхаммеля*, «свободный рынок серебра был главным глобализирующим фактором с раннего Нового времени до позднего XIX века». Инновация XIX в. состояла в попытках стран создать международную финансовую регуляторную систему, с тем чтобы управлять этими потоками не на национальном, а на более высоком уровне. Одним из ярких проявлений этого стремления

стали международные монетные союзы и системы – наибольшую известность и распространенность среди них получила система золотого стандарта. Еще одной важнейшей темой XIX в. стало создание подлинно глобального финансового рынка капитала (чему в немалой степени способствовало распространение системы золотого стандарта). Авторы отмечают, что эта система имела ряд важных отличий от современного нам глобального рынка инвестиций, о которых подробнее рассказывают далее.

Завершающая выпуск статья *Л. Е. Гринина, А. Л. Гринина и А. В. Коротяева* «Долгосрочная динамика технологического роста (с 40 000 лет до н. в. до раннего XXII в.), количественный анализ» рассматривает долгосрочную динамику технологического прогресса на протяжении всего исторического процесса и на основании этих результатов, а также наших теорий даны прогнозы на ближайшие 100 лет. Авторы основываются на теории принципов производства и производственных революций, которая дает основания для измерения скорости технологического прогресса и позволяет строить некоторые прогнозы. Им удалось установить общую динамику ускорения технологического роста за последние 40 000 лет, которая может быть описана с высокой точностью ($R^2 = 0,99$) с помощью простого гиперболического уравнения: $y_t = C/t_0 - t$, где y_t является скоростью технологического роста, измеряемого в числе технологических фазовых переходов за единицу времени, при постоянных переменных t_0 и C , где t_0 можно интерпретировать как точку технологической сингулярности.

Раздел I. СОЦИАЛЬНО-ПОЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

1

Теоретический анализ революционных процессов в XX в.*

Леонид Ефимович Гринин

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

Антон Леонидович Гринин

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

XX век можно назвать веком революций. Из четырех великих революций две произошли именно в XX в. Они значительно изменили Мир-Систему, ход истории и общественные отношения. Революциям XX в. посвящен большой массив литературы. Но, несмотря на это, к сожалению, остаются существенные пробелы в плане теоретических подходов к типологии революций. В настоящей статье представлен теоретический анализ революционного процесса XX в. Предлагается оригинальная типология революций, вводится важное понятие аналогов революции, типов и подтипов революций и линий революций. Выделены некоторые тенденции, которые вышли на первый план или широко проявились именно в XX в. Статья также снабжена хронологической таблицей революционных событий XX в., где даны характеристики каждого события.

Ключевые слова: Мир-Система, революция, линии революции, революционные события, центр, периферия.

* Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 23-18-00535 «Борьба за новый мировой порядок и усиление дестабилизационных процессов в Мир-Системе»).

Для цитирования: Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2023. Теоретический анализ революционных процессов в XX в. *История и Математика: Анализ глобального социоприродного развития* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев. Волгоград: Учитель. С. 9–37. DOI: 10.30884/978-5-7057-6258-3_02.

For citation: Grinin L. E., Grinin A. L. 2023. Theoretical Analysis of Revolutionary Processes in the Twentieth Century. *History and Mathematics: Analysis of Global Socio-Natural Development* / Ed. by L. E. Grinin, A. V. Korotayev. Volgograd: Uchitel. Pp. 9–37 (in Russian). DOI: 10.30884/978-5-7057-6258-3_02.

1. Общие замечания о революциях XX в. и некоторые их характеристики

1.1. XX век – век революций

Эрик Хобсбаум называл XIX век веком революций (Хобсбаум 1999а). Однако наибольшее количество революций произошло, конечно, в XX в. С учетом этого в настоящей статье мы сможем дать только общее представление о революционных процессах в XX в. (см. также: Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2020; Grinin L., Grinin A. 2022).

Сначала посмотрим, какие страны избежали революций в XX в. Их не так уж много. Это прежде всего общества, имевшие устойчивую демократию уже в начале этого века. Среди них страны Северной Европы, Великобритания и ее доминионы (Канада, Австралия, Новая Зеландия), США, а также развитые демократические страны, часть которых уже «переболела» революциями и/или гражданскими войнами (Франция, Бельгия, Швейцария, Голландия и др.). Довольно удивительно, что в это число попала и Япония, хотя она явно не относилась к странам с устойчивой демократией. Несомненно, что реформы, которые осуществила оккупационная власть в ней после 1945 г., по своему масштабу равнялись очень серьезной революции, тем не менее формально в Японии была только одна революция 1868 г., и то представлявшаяся реставрацией. Тем не менее без революций XX век прошел и во многих странах третьего мира (например, в ряде стран Тропической Африки, которые в основном получили независимость лишь во второй половине этого века и страдали скорее от переворотов и гражданских войн, чем от революций).

1.2. Отличия революций XX в. от революций XIX в.

Несомненно, что революции XX в. во многом похожи на революции XIX и предшествующих веков, поэтому найти качественные различия между первыми и вторыми часто очень непросто (см., например: Dunn 1972), исходя из любых подходов. Не объясняет это внятно и марксистская теория (*Ibid.*). Действительно, как и в XIX в., в XX столетии многие революции были направлены против монархий и имели демократический вектор. Они, как правило, вызывались в той или иной степени ростом неравенства и несправедливости, следствием чего было нарастающее социальное недовольство. Часто они также были следствием активной борьбы за независимое национальное государство или получение дополнительных прав для той или иной нации. Несомненно, что во многих, если не в большинстве случаев глубинные причины были связаны с разнообразными изменениями, вызванными модернизацией (см.: Гринин 2013; 2014; 2017; 2018). Тем не менее значимые отличия между революциями двух столетий имели место. Во всяком случае, можно выделить некоторые тенденции, которые вышли на первый план или широко проявили себя именно в XX в. В частности:

1. Усилилось стремление добиваться радикального социального равенства, а также целенаправленного устранения причин социального неравенства. Это, в частности, выразилось в росте влияния социалистических идей, в том числе требований отмены частной собственности. Идеи равенства перед законом, распространявшиеся с конца XVIII и в XIX в., теперь переросли в требование равенства уже в плане уровня потребления. В итоге под влиянием давления масс и примера большевистского СССР, решительно проводившего эти идеи в жизнь, социальные реформы во избежание потрясений частично реализовывались и в демократических странах (см.: Фишер 1999; Гринин 2010: 286–290).

2. В итоге в XX в. значимость лозунга построения общества под верховенством закона даже как идеологическая конструкция существенно ослабела (Hobsbawm 1986: 28, 31) по сравнению с революциями XIX в. (и некоторыми более ранними).

Конечно, логика революции всегда вела к тому, что законность отбрасывалась или игнорировалась, действовали «законы революционного времени», усиливались террор, реквизиции и т. п. Но все же установка на то, что нужно двигаться к «диктатуре закона», к правовому государству, была твердой. Теперь вместо нее стали распространяться лозунги создания общества всеобщей справедливости в плане равенства имущества и распределения, что в итоге вело к диктатуре через государство. Вера во всесильное государство особенно укрепилась после Первой мировой войны, значительно подорвавшей прежние либеральные идеи, начало же XX в. в плане идеологий революций было более сходным с XIX в. Также, с учетом того, что республиканская форма правления в XIX в. была достаточно редкой, большинство революций было конституционными, то есть направленными на ограничение власти монарха, а в XX в. больше революций стремилось к смене политического режима, в том числе к установлению республиканской формы (см. также: Friedrich 1966).

3. В целом представляется, что длительность значимых революций по сравнению с XIX в. (но не с более ранними периодами) возросла. Это, возможно, было связано: а) с глубиной преобразований в XX в.; б) с тем, что революции распространились в страны с недостаточным уровнем модернизации; в) с введением всеобщего избирательного права в обществах с недостаточными традициями демократии. Наконец, стали возникать целые революционные эпохи (см. об этом: Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2020; Гринин, Коротаев 2020; 2021), в процессе которых уже государство (точнее, власть), созданное революцией, все углубляло и углубляло преобразования. Очень наглядно это видно на примере ранних СССР и КНР. В XIX в. мы не наблюдаем таких длительных эпох послереволюционной ломки.

4. В XX в. линия революций все сильнее уходила от центра Мир-Системы на полупериферию или даже периферию (в XIX в. она была хотя

и не в самом центре, но близко к нему, что позволяло странам, пережившим революции, подтянуться к центру или, по сути, стать центром). В итоге влияние революций на исторический процесс в плане его поступательного движения вперед уменьшилось¹.

5. В результате возникли или широко распространились новые типы революций. Прежде всего это, конечно, социалистические, а в результате заката социализма – антисоциалистические революции. Также появился, по С. Хантингтону (Huntington 1968), восточный тип революций (в том числе в особых случаях – религиозный тип революций) и наблюдалось развитие революционных событий с периферии к центру (последний, правда, имел место и в Испании в 1808–1812 гг. и в Латинской Америке в XIX в.).

6. В связи с возрастанием роли государства в различных сферах появилось больше возможностей для социальных преобразований. В результате появился особый тип революций правого толка, характерный для Италии 1920-х гг. при Б. Муссолини, нацистской Германии и некоторых других диктаторских режимов Европы.

7. Имело место вовлечение в исторический процесс в качестве его субъектов новых обществ, развитие которых, во-первых, было далеко от центра Мир-Системы (и соответственно магистрального пути исторического процесса), а во-вторых, эти общества часто подтягивались за счет мир-системных процессов к более высокому уровню, соответствовать которому было сложно. Это привело к тому, что выросло число особого рода революционных событий, которые можно назвать аналогами революций, то есть революционных по значимости, формам и мобилизации масс преобразований, но не по форме социально-политических переворотов (о них см. подробнее: Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2020; Grinin L., Grinin A. 2022; Goldstone *et al.* 2022; Гринин, Коротаев 2020; 2021).

8. В целом существенно изменился характер революционных действий. Перечислим некоторые важные моменты:

а) появились новые средства борьбы, в частности всеобщие забастовки, а также национальные акции неповиновения (хотя, возможно, для последних какие-то примеры можно найти и в XIX в.);

б) почти исчезли такие формы, как вооруженная борьба на баррикадах (что было связано и с изменением планирования городов). С другой стороны, усилилась роль партизанской войны, которая часто продолжалась десятилетиями (см., например: Wickham-Crowley 1991; 1992; Selden 1995; McClintock 1998; Полонский 2016).

В некоторых случаях революционное движение буквально становится государством в районах, находящихся под его контролем, например в Ки-

¹ В XXI столетии данный тренд продолжался, значение революций еще больше уменьшилось в этом смысле, но зато в XXI столетии выросло число революций, и вместе они стали оказывать очень серьезное влияние на Мир-Систему в плане разрушения устоявшегося мирового порядка (см.: Гринин 2020; Goldstone *et al.* 2022).

тае в 1930–1940 гг. или в ряде стран Латинской Америки (Goldstone 2001: 154). Также вообще возросла роль вооруженной борьбы, создания, по сути, повстанческих армий и районов, их поддерживающих. Это тоже, по-видимому, связано с периферийным характером многих революций и революционных движений, в XIX в. такая ситуация наблюдалась именно на периферии (в Латинской Америке) и на полупериферии (каковой была герилья против Наполеона в Испании в 1808–1812 гг.). Движение Гарибальди в XIX в. в этом плане выглядит исключением, тогда как в XX в. такие движения можно наблюдать во многих странах Азии, Латинской Америки, Африки;

в) изменился характер террористических актов. Индивидуальный террор, который распространился как политическое оружие, начиная с итальянских карбонариев, достигнув апогея в начале XX в., затем стал менее распространенным. Зато теракты, направленные на устрашение общества, с гибелью абсолютно не причастных людей, стали активным средством для ряда революций и попыток революций.

2. Причины революций и их классификация

2.1. Причины революций XX в.

1. Общие причины революций, ярко проявившиеся и в XX в., рассматривались в (Гринин 2013; 2017; Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2020); в частности, отмечалась связь модернизации и революции в плане роста диспропорций в результате быстрого развития и, как следствие, роста социального напряжения. Однако имелись и некоторые причины, особенно характерные для XX в.

Во-первых, большая часть революций была спровоцирована войнами. При этом не всегда именно военными поражениями, но и перенапряжением сил страны (как это было в имевшей шансы стать победительницей России и в послевоенной Италии). Связь между революциями и войнами никогда не была столь явственной, как в XX в. (Halliday 2001: 64; о связи революции и войны см. также: Arendt 1963; Skocpol 1979; 1994; Gurr 1988; Goldstone 2001; Walt 1996; 2001; Грациози 2005; см. также: Bueno de Mesquita *et al.* 1992; Conge 1996). Так, обе русские революции были связаны с войнами, так же как и волна революций после Первой мировой войны. Многочисленные революции и их аналоги второй половины 1940-х гг. в Европе и Азии также довольно тесно связаны с войной, которая полностью изменила расклад сил в мире в целом, в каждом регионе и государстве, а также общественное сознание.

Во-вторых, многие революции были связаны с геополитическими причинами, к числу которых, конечно, относятся мировые войны и поражения Германии, ее союзников и Японии. Но следует указать также: распад колониальных империй; появление в мире революционных центров в виде государств, исповедующих революционную идеологию и стремя-

щихся к победе своих сторонников в разных странах, и связанное с этим геополитическое и идеологическое противостояние держав и социально-политических систем. Сначала это была борьба между фашизмом и социализмом, затем – между социализмом и капитализмом (СССР и США).

В-третьих, возможности революций ускорялись ростом глобализации и мир-системных влияний.

Это стало проявляться уже в самом начале XX в. (и даже в конце XIX в.). Обучение интеллигенции и офицерства, склонных к революционным идеям, в европейских странах, рост контактов между странами, рост популярности западных идей на базе начавшейся модернизации в восточных государствах создавали там революционные силы, которые в некоторых случаях оказались способными инспирировать и/или возглавить революции или революционные движения (особенно наглядно это прослеживалось в революциях в Иране в 1906 г., Турции в 1908 г., Китае в 1911 г. и в других случаях, как в Мексике, где имело место интеллектуальное влияние США).

В-четвертых, хотя национализм был важнейшей причиной революций и в XIX в., в XX столетии национально-освободительные революции охватили много менее развитых обществ (чем те, что были в Европе и даже в Латинской Америке в XIX в.). Это прежде всего бывшие колонии или полукolonии; фактически национализм в них появился (благодаря мир-системному эффекту) раньше формирования наций.

В-пятых, с одной стороны, усилилось стремление к социальной справедливости и расширилось представление о том, что это такое. А с другой – появилась альтернатива развития общества и его модернизации (пример СССР). В результате произошел целый ряд социалистических или левых революций в разное время и в разных местах, о которых мы еще скажем далее.

В какой-то степени социалистическую окраску носила и одна из самых известных революций XX в. – в Испании (1931–1939), шестая по счету в истории этой страны, – хотя началась она как антимонархическая и демократическая. Кроме того, целый ряд обществ в Африке, Азии и Латинской Америке стремился пойти «по социалистическому пути», выражаясь политическим языком советского периода, либо целенаправленно совершая революции и аналогичные им попытки смены политического режима для этого, либо в процессе таких революций резко сдвигаясь влево по тем или иным причинам (включая и желание получать помощь от СССР). Значимо влияние КНР и маоизма в деле инспирирования и поддержки коммунистических революций, восстаний и военных движений (см. ниже).

В-шестых, однозначно прослеживается связь между революциями и государственным (национальным) строительством (см.: Грациози 2005: 9–10), поскольку строительство государственности нередко может вести

к возникновению кризисов (см. наше исследование по этому поводу: Гринин и др. 2017). Эта связь прослеживалась и ранее, в XIX в., но в XX в. число новых государств резко увеличилось.

2.2. Классификации революций XX в.

Удовлетворительных классификаций революций, к сожалению, не создано, о чем мы уже говорили (см.: Goldstone 2001; Andreski 1988; Шульц 2014; 2016). Однако в контексте настоящей статьи полезно упомянуть те типологические различия, которые отмечают исследователями в отношении революций XX в. Во-первых, ряд исследователей разделяет революции на классические и иные, или революции в развитых странах и революции в отсталых странах (Laue 1964: 16; Tucker 1969: 137–138); либо революции Запада и Востока / третьего мира (Huntington 1968: 266, 273; Foran 2005: 1, 18, 24); в империях европейских и неевропейских (Хобсбаум 1999б: 406). Такое деление имеет смысл, поскольку, как сказано выше, в революционный процесс оказалось втянуто множество обществ, уровень развития которых был невысок, но в результате мир-системных влияний и геополитических сдвигов революции в них начались еще до достижения уровня развития, который характерен для возникновения революционной ситуации за счет собственного развития. Во-вторых, как мы отмечали выше, либеральные идеи и преклонение перед верховенством закона (правовым обществом) были менее характерны для революций XX столетия. Отсюда некоторые исследователи, как, например, Э. Хобсбаум, делят их на революции эпохи буржуазного либерализма (XIX в. и более ранние) и революции двадцатого столетия, так как они имеют разную экономическую основу.

Мы хотели бы предложить собственную классификацию революций XX в., критерием которой являются основные цели революции и ее идеология. В классификации присутствуют как новые типы, возникшие в XX столетии, так и те, что встречались в прежние эпохи. Но следует учитывать, что характер многих революций комплексный, то есть чистые типы из классификации присутствуют не всегда. Итак, можно выделить:

1) демократические революции, цели которых прежде всего связаны с преобразованием политической системы. В них возможно выделить подтипы: 1а) антимонархические (португальские революции 1910 и 1974 гг., революция в Монако 1910 г.); 1б) антидиктаторские, поскольку они имеют особенности по сравнению с антимонархическими. Особенно характерны такие революции для Латинской Америки. Так, обе кубинские революции в 1933–1934 гг. (против Мачадо) и революция Кастро в 1956 г. (против Батисты) были антидиктаторскими. Но затем последняя революция трансформировалась в социалистическую. Многие революции начинались как демократические, но потом, развиваясь, меняли свой характер.

Таковы были февральские события 1917 г. в России и начало революции в Испании в 1931 г.;

2) социальные, то есть в первую очередь стремящиеся решить проблемы социальной несправедливости, а демократические, политические, правовые и иные преобразования являются лишь инструментом решения этой главной задачи (мексиканская революция 1910–1917 гг.; революция в Испании 1931–1939 гг.);

3) социалистические, руководствующие доктриной коммунизма;

4) антисоциалистические. В известной мере они могут рассматриваться и как демократические. Но поскольку антисоциалистические революции также обязательно решают целый ряд сложных задач возврата к институтам частной собственности, экономической свободы и др., лучше рассматривать их как особый тип. Это также лучше объясняет, почему революции позднего XX в. имеют иной тип конфликта, нежели классические революции (см.: Goldstone *et al.* 1991: 3).

5) державно-модернистские, то есть революции за возрождение силы собственного государства, когда их организаторы хорошо осознают отсталость своей страны и стремятся использовать революцию как инструмент для быстрой модернизации (это восточные революции начала XX в., например младотурецкая 1908 г. и кемалистская революция 1919–1923 гг. в Турции, хотя последняя была и борьбой за национальный суверенитет);

6) национальные и национально-освободительные: ба) национальные революции. Их главная цель – создание собственного государства (в основном это революции на развалинах многонациональных империй, таких как Австро-Венгерская и Российская; подобное происходило при распаде СССР и Югославии в начале 1990-х гг.); бб) национально-освободительные, связанные с обретением самостоятельности/автономии. В основном это общества, находившиеся в колониальной зависимости и вынужденно сражающиеся за нее с метрополиями;

7) национал-социалистические, или правые революции, совмещавшие в себе идеологии национализма (и этатизма), социализма и народности (опоры на массы, антиэлитаризм). Это прежде всего правая революция в Италии (1922–1926 гг.) и аналог революции в Германии (1933–1937 гг.; см. ниже), а также их подражатели в Европе. Характерно, что они и вовсе (в отличие от социалистических революций) отбросили лозунги демократии;

8) религиозные (см. об этом: Keddie 1981; Arjomand 1988; Moghadam 1989; Ahady 1991; Moaddel 1993; Foran 1993; Skocpol 1982). В качестве примера можно указать революцию в Иране 1979 г. (но и революция 1906–1911 гг. во многом походила на религиозную, во всяком случае, роль духовенства там была очень высокой); в какой-то мере моджахедское и особенно движение талибов в Афганистане, которое началось после так называемой Апрельской революции 1978 г. и проведенных Народно-демократической партией реформ.

В Алжире 1991/1992–2002 гг. религиозная революция закончилась поражением. В Судане исламизм стал рваться к власти еще с 1950-х гг. В 1989 г. в стране произошел военный переворот. Военные привлекли в качестве союзников исламистов, так называемый Национальный исламский фронт (Серегичев 2015: 383; Fuller 2004: 108). Исламисты пытались заложить основы исламской государственности и насадить шариат. Но в конце концов наступило охлаждение между военными и исламистами, которое все усиливалось, пока в 2000 г. последние не были отстранены от власти и не подверглись некоторым гонениям (подробнее об этом проекте см.: Серегичев 2015). Это можно рассматривать как неудавшийся аналог религиозной революции. Если брать первую половину XX в., то здесь можно указать, что революционное движение в Пакистане (тогда части Британской Индии) в 1930–1940-х гг. также, по сути, имело национально-религиозный характер, поскольку индусы разделились по религиозному признаку и это привело к созданию двух независимых государств на территории Британской Индии: собственно Индии и Пакистана (нам уже приходилось писать об исламистском по сути движении в Пакистане, см.: Grinin *et al.* 2019). В Индии можно говорить и о религиозно-национальном революционном движении сикхов (в основном в Панджабе), особенно с 1970-х гг., когда началось движение против дискриминации сикхов, за их автономию или даже образование независимого государства под названием Халистан. Как известно, сикхи совершили ряд громких политических терактов, в том числе убив Индиру Ганди;

9) другие, порой весьма своеобразные случаи. Например, эпизоды политической революционной борьбы и гражданской войны, где главная «линия фронта» идет не по идеологическим, а по конфессиональным, этническим или этноконфессиональным маркерам (когда основное деление общества происходит по таким признакам). Примерами являются борьба католиков во главе с ИРА в Северной Ирландии с 1969 по 1998 г. за выход из состава Великобритании (но они добились только равноправия в представительстве и в некоторых госструктурах); гражданская война в Ливане (1975–1990 гг.), где мусульмане выступили против христианско-маронитского меньшинства, которое имело непропорциональное представительство в парламенте (закончилось изменениями в пользу мусульман). В таких революциях заметно сильнее, чем в других, проявляются этническая и религиозная основы революционной мобилизации (Goldstone 2001: 140).

К этноконфессиональному подтипу можно отнести и неоднократные (но неудачные) восстания христиан на Крите во время турецкого господства, в том числе и наиболее крупное из них в 1866–1869 гг., получившее название Великой критской революции (так как критяне-христиане добились равных прав с мусульманами, среди которых было много греков-критян). К группе прочих может быть отнесена борьба за создание го-

сударства Израиль во время и после Второй мировой войны (1943–1948 гг.) против Великобритании (которая имела мандат на территорию Палестины). Борьба носила гибридный характер открытого политического движения на всех уровнях и использования методов террора. Особенность этого движения в том, что его нельзя назвать национально-освободительным, так как эта территория не была еврейской, но все же можно рассматривать как аналог этнополитической революции за собственное государство. Можно также отметить «расовые» революции (аналоги), которые ставят целью создание сегрегированного общества. Яркий пример – аналог революции 1948 г. в ЮАР, когда на выборах победила Национальная партия, были введены жесткие законы и начал устанавливаться режим апартеида в стране (окончательно он был установлен в 1961 г.). Схожими с расовыми по типу будут и этнонациональные революции, которые ставят целью не просто достижение независимости и/или обретение собственного государства, но создание в новых государствах условий для преференций и преимуществ титульных наций/этносов. Примерами являются так называемые «поющие революции» в Эстонии, Латвии и Литве в 1991 г. (и дальнейшая политика этих вновь образовавшихся государств). Важно отметить, что революционеры в них изначально стремились повысить титульные нации и принизить иные (прежде всего русскую), закрепив это в конституции и избирательных законах. Впрочем, больший или меньший элемент этнонационализма имел место и почти во всех остальных постсоветских государствах. Как крайний вариант подобного рода выступают такие этнонациональные революции, в ходе которых революционеры и борцы за независимость стремятся к чистоте нации путем этнических чисток (в качестве примера можно упомянуть организации украинских националистов УНО-УПА в период 1941–1944 гг. (в отношении поляков, евреев и русских [см.: Katchanovski 2010]; хорватских усташей, проводивших этноцид сербов в Хорватии в период Второй мировой войны [см.: Ходунов 2016; 2017; Гибианский 2011]). Также революции и межнациональные войны в Югославии с 1991 г. дают немало таких примеров). Можно также упоминуть революцию на Занзибаре (1964 г.), в процессе которой произошел этноцид арабов, что в определенной мере позволяет относить данную революцию к этой группе. Расовой, точнее классово-расовой, можно назвать революцию рабов на Гаити (в конце XVIII – начале XIX в. [см. подробнее: Grinin 2022]). Наконец, национал-социалистическая революция (аналог) в Германии по факту была также и этнополитической, ее можно, используя нацистскую терминологию, назвать этнорасовой (в том смысле, в каком они использовали слово «раса»).

Чарльз Тилли в статье, посвященной революциям (Tilly 2006), подробно описывает борьбу в Руанде между двумя этносами – хуту и тутси, – которая в 1994 г. привела к страшной резне. И затем он спрашивает: «Может эта резня, устроенная хуту, и повсеместное убийство ими тутси

в Руанде в апреле – июле 1994 г., быть обозначена как революция, или это должно быть названо геноцидом, гражданской войной, этническим конфликтом?» Вопреки общему мнению, Тилли доказывает, что в Руанде фактически имела место революция (Tilly 2006: 156–157). Напомним, что во время этих кровавых событий было убито несколько сотен тысяч тутси и несколько десятков тысяч хуту². Хотя борьба и подогревалась многолетней ненавистью более многочисленных, но прежде имевших более низкий статус хуту к менее многочисленным, но имевшим более высокий статус тутси, она началась как борьба за власть. Новый руандийский режим пришел к власти через борьбу, в результате которой целая страна оказалась разделенной (Tilly 2006: 156). Мы не согласны с мнением Тилли хотя бы потому, что именно хуту в это время были у власти, а тутси только пытались как-то повлиять на события. Со стороны тутси, согласно некоторым источникам, готовилось восстание. В таком случае это все же была не революция, а подавление готовящейся революции. Но в качестве иллюстрации к выделенному нами типу этот пример мог бы подойти как наиболее яркий.

Линии революций. Помимо приведенной выше классификации революций (по основным целям революций) имеет значение и выделение *линий революции*. Они показывают значимые сходства в причинах, характере, целях и результатах революций. При этом линии революций не совпадают с волнами революций. Волна – это более объективное понятие, связанное с группой достаточно близких по времени событий (часто связанных с конкретным регионом и каким-то общим мир-системным событием; см. выше). Линия – более теоретический конструкт, объединяющий случаи различной хронологии из разных волн, но за нею тоже стоят достаточно объективные вещи, а именно сходство в характере революций и в их результатах (если они оказались успешными). И указанные Дж. Голдстоуном антиколониальные революции 1950–1970-х гг., коммунистические революции 1945–1979 гг., исламские революции (Голдстоун 2006) как раз представляют не отдельные волны, а линии революции, так как они выделяются по характеру революций, их типу, цели. В результате одних и тех же волн могут образовываться разные линии. Так, для периода 1900–1930-х гг. мы выделяем пять линий революций. Среди них, в частности: попытки подъема периферийной государственности и укрепления суверенитета; формирование национальных государств в результате краха или ослабления империй; попытки социалистического преобразования мира.

Таким образом, *линией революций можно назвать выделенную в рамках определенного периода (в несколько десятилетий) группу революций,*

² В конечном итоге это событие сильно повлияло на соседнюю Демократическую Республику Конго в связи с переселением туда беженцев тутси из Руанды, а затем косвенно стало толчком для так называемой Великой африканской войны.

происходящих в разное время и в разных регионах, но имеющих значимое сходство в целях и характере революций, их результатах (если революции оказались успешными), а также часто непосредственно или опосредованно в мир-системных факторах. Неудивительно, что линии революций имеют сходство и по типу революций. Но линии, хотя и имеют достаточно большую продолжительность (в несколько десятилетий), все же принадлежат к одной исторической эпохе, а к типам мы можем относить революции из самых разных эпох.

Поскольку понятие «линии революции» является теоретическим конструктом, одно и то же событие может быть отнесено к той или иной линии либо, будучи многоцелевым, относиться и к той и к другой. Такова, например, революция в Мексике 1910–1917 гг., которая и была направлена на укрепление государственности и суверенитета, и являлась социальной (относясь и к пятой линии – демократические и социальные трансформации, трансформации демократии, по нашей классификации, и имея также другие цели). Хотя в настоящей статье мы разделяем линии первой и второй половины века, но некоторые из них (например, социалистического преобразования, подъема периферийной государственности и укрепления суверенитета), начавшись в первой половине века, активно возобновились во второй его половине.

* * *

XX век закончился антисоциалистическими революциями, хотя начинался борьбой за социализм³. Последний при этом сначала олицетворялся с демократическими преобразованиями, однако затем стал антидемократическим. И в итоге две линии революций, демократические и антисоциалистические, слились в одну. Социализм в его антирыночном, авторитарном, государственно-бюрократическом и запрещающем частную собственность виде полностью себя дискредитировал. Националистические революции (национально-освободительные), как мы видели, постоянно сопровождали XX век. Революции сыграли важную роль в истории XX в. Однако они, особенно удачные и глубокие социальные революции, тем более в странах, недостаточно подготовленных к введению демократии, со всей наглядностью показали, что являются крайне затратным и опасным способом трансформации власти. При этом чем более отсталым являлось общество, тем опаснее был для него инструмент революций⁴.

³ При этом вслед за падением социалистических режимов в Европе и СССР произошло падение некоторых режимов в странах Африки, где под влиянием Советского Союза были сформированы режимы, стремящиеся осуществлять социалистические преобразования (в частности, в Эфиопии, Бенине и др.).

⁴ Интересно отметить, что неудачные (побежденные) революции могли быть хорошим выходом для ряда обществ, с одной стороны, не нарушивших преемственность режима, с другой – подтолкнувших его к существенным переменам. Такова была революция 1905–1907 гг. в России (см. о том, что такие революции требуют существенно меньшей цены от общества: Beissinger 2018).

Библиография

- Гибнианский Л. Я. 2011. Югославия в период Второй мировой войны. *Югославия в XX веке. Очерки политической истории* / Отв. ред. К. В. Никифоров. М.: Индрик.
- Голдстоун Дж. 2006. К теории революции четвертого поколения. *Логос* 5: 58–103.
- Грациози А. 2005. *Война и революция в Европе: 1905–1956*. М.: РОССПЭН.
- Гринин Л. Е. 2010. *Государство и исторический процесс: Эволюция государственности: От раннего государства к зрелому*. 2-е изд., испр. М.: ЛИБРО-КОМ.
- Гринин Л. Е. 2013. Государство и кризисы в процессе модернизации. *Философия и общество* 3: 29–59.
- Гринин Л. Е. 2014. Модернизационные (постмальтузианские) ловушки. *История и Математика: Аспекты демографических и социально-экономических процессов* / Ред. А. В. Коротаев, Л. Е. Гринин. Волгоград: Учитель. С. 98–127.
- Гринин Л. Е. 2017. Русская революция и ловушки модернизации. *Полис. Политические исследования* 4: 138–155.
- Гринин Л. Е. 2018. Революции, исторический процесс и глобализация. *Век глобализации* 4: 16–29.
- Гринин Л. Е. 2020. Революции как фактор дестабилизации и реконфигурации Мир-Системы в XXI столетии и афразийская макрозона нестабильности. *Системный мониторинг глобальных и региональных рисков: ежегодник* / Ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, Д. А. Быканова. Волгоград: Учитель. С. 146–180.
- Гринин Л. Е., Билюга С. Э., Коротаев А. В., Гринин А. Л. 2017. Возраст государства и социально-политическая дестабилизация: предварительные результаты количественного анализа. *Системный мониторинг глобальных и региональных рисков* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, Л. М. Исаев, К. В. Мещерина. Волгоград: Учитель. С. 141–169.
- Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2020. Революции XX века: теоретический и количественный анализ. *Полис. Политические исследования* 5: 130–147.
- Гринин Л. Е., Коротаев А. В. 2020. Методологические пояснения к исследованию революционных событий. *Системный мониторинг глобальных и региональных рисков: ежегодник* / Ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, Д. А. Быканова. Волгоград: Учитель. С. 854–861.
- Гринин Л. Е., Коротаев А. В. 2021. О дефинициях революционных событий и их типологии. *Эволюция: о трендах универсальной эволюции* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев. Волгоград: Учитель. С. 160–173.
- Полонский И. 2016. *Кровь джунглей: Партизанские войны в Азии*. М.: Издательские решения.
- Серегичев С. Ю. 2015. Политический ислам в Судане: история, идеи, практика. *Исламские радикальные движения на политической карте современного мира*. Т. 1. *Страны Северной и Северо-Восточной Африки* / Отв. ред. А. Д. Саватеев, Э. Ф. Кисриев. М.: Ленанд. С. 367–404.
- Хобсбаум Э. 1999а. *Век революции. Европа. 1789–1848*. Ростов н/Д.: Феникс.
- Хобсбаум Э. 1999б. *Век Империи. 1875–1914*. Ростов н/Д.: Феникс.
- Ходунов А. С. 2016. Демографическая динамика Сербии, Черногории и Республики Сербской в конце XX – начале XXI в. Есть ли возможность остановить ка-

- гастрофу? *Системный мониторинг глобальных и региональных рисков Арабская весна в глобальном контексте* / Ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, Л. М. Исаев, К. В. Мещерина. Волгоград: Учитель. С. 326–403.
- Ходунов А. С. 2017.** Межнациональные отношения и риски дестабилизации в странах бывшей Югославии: история и современность. *Системный мониторинг глобальных и региональных рисков* / Ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, Л. М. Исаев, К. В. Мещерина. Волгоград: Учитель. С. 258–340.
- Фишер В. 1999.** *Европа: экономика, общество и государство 1914–1980 г.* М.: Владос.
- Шульц Э. Э. 2014.** Типология революций: история создания и современное состояние. *Человек. Сообщество. Управление* 1: 65–83.
- Шульц Э. Э. 2016.** *От Веймарской республики к Третьему рейху: Электоральная история Германии 1920-х – начала 30-х гг.* М.: Ленанд/USSR.
- Ahady A. 1991.** Afghanistan: State Breakdown. *Revolutions of the Late Twentieth Century* / Ed. by J. Goldstone, T. R. Gurr, F. Moshiri. Boulder: Westview. Pp. 162–193.
- Andreski S. L. 1988.** A Typology of Revolutions from a Morphological Viewpoint. *International Journal on World Peace* 5(1): 25–43. URL: <http://www.jstor.org/stable/20751202>.
- Arendt H. 1963.** *On Revolution*. London: Faber and Faber.
- Arjomand S. A. 1988.** *The Turban for the Crown: The Islamic Revolution in Iran*. New York: Oxford University Press.
- Beissinger M. R. 2018.** *The Economic Cost of Revolution*. Paper presented at the annual meeting of the American Political Science Association. September. Boston, MA.
- Bueno de Mesquita B., Siverson R. M., Woller G. 1992.** War and the Fate of Regimes: A Comparative Analysis. *American Political Science Review* 86: 638–645.
- Conge P. J. 1996.** *From Revolution to War: State Relations in a World of Change*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Dunn J. 1972.** *Modern Revolutions. An Introduction to the Analysis of a Political Phenomenon*. Cambridge.
- Foran J. 1993.** *Fragile Resistance: Social Transformation in Iran from 1500 to the Revolution*. Boulder, CO: Westview.
- Foran J. 2005.** *Taking Power. On the Origins of the Third World Revolutions*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Friedrich C. J. 1966.** An Introductory Note on Revolution. *Revolution: Yearbook of the American Society for Political and Legal Philosophy* / Ed. by C. J. Friedrich. New York: Atherton Press. Pp. 3–9.
- Fuller G. E. 2004.** *The Future of Political Islam*. New York, NY: Macmillan.
- Halliday F. 2001.** War and Revolution. *Revolution: International Dimensions* / Ed. by M. N. Katz. Washington: CQ Press. Pp. 63–74.
- Hobsbawm E. J. 1986.** Revolution. *Revolution in History* / Ed. by R. Potter, M. Teich. Cambridge: Cambridge University Press. Pp. 5–46.
- Huntington S. P. 1968.** *Political Order in Changing Societies*. New Haven, CT: Yale University Press.
- Goldstone J. 2001.** Toward a Fourth Generation of Revolutionary Theory. *Annual Review of Political Science* 4: 139–187.

- Goldstone J., Gurr T. R., Moshiri F. 1991.** *Revolutions of the Late Twentieth Century*. Boulder: Westview Press.
- Goldstone J., Grinin L., Korotayev A. 2022.** Introduction. Changing yet Persistent: Revolutions and Revolutionary Events. *New Waves of Revolutions in the 21st Century – Understanding the Causes and Effects of Disruptive Political Changes* / Ed. by J. A. Goldstone, L. Grinin, A. Korotayev. Cham: Springer (in print).
- Grinin L. 2022.** On Revolutionary Waves Since the 16th Century. *New Waves of Revolutions in the 21st Century – Understanding the Causes and Effects of Disruptive Political Changes* / Ed. by J. A. Goldstone, L. Grinin, A. Korotayev. Cham: Springer (in print).
- Grinin L., Grinin A. 2022.** Revolutionary Aves and Lines of the 20th Century. *New Waves of Revolutions in the 21st Century – Understanding the Causes and Effects of Disruptive Political Changes* / Ed. by J. A. Goldstone, L. Grinin, A. Korotayev. Cham: Springer (in print).
- Grinin L., Korotayev A., Tausch A. 2019.** Islamism, Arab Spring, and the Future of Democracy. *World System and World Values Perspectives*. Cham: Springer.
- Gurr T. R. 1988.** War, Revolution, and the Growth of the Coercive State. *Comparative Political Studies* 21: 45–65.
- Katchanovski I. 2010.** *Terrorists or National Heroes? Politics of the OUN and the UPA in Ukraine*. URL: <https://www.cpsa-acsp.ca/papers-2010/Katchanovski.pdf>.
- Keddie N. 1981.** *Roots of Revolution: An Interpretive History of Modern Iran*. New Haven, CT: Yale University Press.
- Laue T. von. 1964.** *Why Lenin? Why Stalin? A Reappraisal of the Russian Revolution 1900–1930*. London: Weidenfeld & Nicolson.
- McClintock C. 1998.** *Revolutionary Movements in Latin America: El Salvador's FMLN and Peru's Shining Path*. Washington, DC: US Institute of Peace.
- Moaddel M. 1993.** *Class, Politics, and Ideology in the Iranian Revolution*. New York: Columbia University Press.
- Moghadam V. M. 1989.** Populist Revolution and the Islamic States in Iran. *Revolution in the World System* / Ed. by T. Boswell. New York: Greenwood. Pp. 147–163.
- Selden M. 1995.** *China in Revolution: The Yenan Way Revisited*. Armonk, NY: Sharpe.
- Skocpol T. 1979.** *States and Social Revolutions*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Skocpol T. 1982.** Rentier State and Shi'a Islam in the Iranian Revolution. *Theory and Society* 11(3): 256–283.
- Skocpol T. 1994.** *Social Revolutions in the Modern World*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Tilly C. 2006.** *Regimes and Repertoires*. Chicago, London: The University Chicago Press.
- Tucker R. 1969.** *The Marxian Revolutionary Idea*. New York: Norton.
- Walt S. M. 1996.** *Revolution and War*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Walt S. M. 2001.** A Theory of Revolution and War. *Revolution: International Dimensions* / Ed. by M. N. Katz. Washington: CQ Press. Pp. 32–62.
- Wickham-Crowley T. 1991.** *Exploring Revolution: Essays on Latin American Insurgency and Revolutionary Theory*. Armonk, NY: Sharpe.
- Wickham-Crowley T. 1992.** *Guerrillas and Revolution in Latin America*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

ПРИЛОЖЕНИЕ

1. Столбец «Вид революционного события» включает в себя революции и аналоги революций.

2. Столбец «Тип революционного события» распределяет революционные события (революции и их аналоги) по их типам (тип определяется по целям и задачам революции, конечным результатам, движущим силам).

3. Столбец «Дополнительные характеристики» дополнительно распределяет революционные события по типу, поскольку многие революции нельзя однозначно отнести только к одному типу.

4. Столбец «Форма совершения аналога» показывает, в какой именно форме совершился аналог революции: военный переворот, выборы и т. п.

5. В столбце «Волны революций» отмечены те революционные события, которые относятся к волнам. Цифры означают номер соответствующей волны. Те революционные события, которые происходили вне волн, соответственно, не имеют нумерации.

6. В столбце «Кустовые революции» отмечены революции, которые происходили в многонациональных государствах во время волн революций. Коллапс старого режима в многонациональных революциях неизбежно вызывал ряд национальных революций в рамках прежних империй и многонациональных государств. Для определения количества революций в волнах и силы волн такое уточнение представляется важным. Существенно, что основную революцию, вызвавшую кластер других, мы в данном столбце не отмечаем.

7. При расчете продолжительности революционных событий мы считали неполный год за полный.

8. Некоторые революционные события в таблице заканчиваются в 2000 г., но на самом деле они продолжались в XXI в. В этом случае 2000 г. отмечен курсивом. Это сделано для того, чтобы правильно рассчитать количество революционных лет в XX в. Фактический год окончания события дан в колонке «Примечания».

Табл. Революционные события XX в.

Дата начала	Дата окончания	Страна	Вид революционного события	Особое название	Тип революции/аналога	Дополнительные характеристики	Форма совершення аналога	Примечания	Волны революций	Кустовые революции
1905	1907	Россия	Революция		Социальный	Демократическая и антимонархическая		Поражение	1	
1905	1911	Иран	Революция		Демократический	Державно-модернистская и религиозная			1	
1908	1909	Турция	Революция	Младотурецкая революция	Державно-модернистский	Демократическая			1	
1910	1910	Монако	Революция	Монегасская революция	Демократический	Антимонархическая			1	
1910	1910	Португалия	Революция		Демократический	Антимонархическая			1	
1910	1917	Мексика	Революция		Социальный	Демократическая, антидиктаторская			1	
1911	1913	Китай	Революция	Синхайская	Державно-модернистский	Демократическая, антидинастийная		Открыла длительную смутную эпоху	1	
1911	1911	Монголия	Революция		Национально-освободительный				1	Китайская империя
1916	1923	Ирландия	Революция	Пасхальное восстание	Национально-освободительный			По сути, борьба никогда не прекращалась	2	
1917	1921	Россия	Революция	Февральская и октябрьская	Социалистический	Началась как демократическая и антимонархиче-			2	

Продолжение табл.

Дата начала	Дата окончания	Страна	Вид революционного события	Особое название	Тип революции/аналога	Дополнительные характеристики	Форма совершення аналога	Примечания	Волны революций	Кустовые революции
				революция		ская				
1917	1918	Финляндия	Революция		Национальный	Антисоциалистическая			2	Российская империя
1917	1918	Эстония	Революция		Национальный	Демократическая			2	Российская империя
1917	1920	Азербайджан	Революция		Национальный	Демократическая		Поражение. Началась в составе объединенного Закавказья (т. н. ЗДФР)	2	Российская империя
1917	1920	Армения	Революция		Национальный	Демократическая		Поражение. Началась в составе объединенного Закавказья (т. н. ЗДФР)	2	Российская империя
1917	1921	Грузия	Революция		Национальный	Демократическая и антибольшевистская		Поражение. Началась в составе объединенного Закавказья (т. н. ЗДФР)	2	Российская империя
1917	1921	Украина	Революция		Национально-освободительный			Поражение	2	Российская империя
1918	1921	Латвия	Революция		Национально-освободительный			С максимально активным участием ряда иностранных государств	2	Российская империя
1918	1918	Австрия	Революция		Национальный			Немецкая Австрия	2	Австро-Венгрия

Продолжение табл.

Дата начала	Дата окончания	Страна	Вид революционного события	Особое название	Тип революции/аналога	Дополнительные характеристики	Форма совершення аналога	Примечания	Волны революций	Кустовые революции
1918	1919	Германия	Революция	Ноябрьская революция	Демократический	Антимонархическая, местами социалистическая		Открыла длительную революционную эпоху	2	
1919	1919	Венгрия	Революция		Социалистический	Национальная		Поражение	2	Австро-Венгрия
1919	1923	Египет	Революция		Национально-освободительный				2	
1919	1923	Турция	Революция	Кемалистская революция	Державно-модернистский	Национально-освободительная			2	
1921	1921	Монголия	Революция		Социалистический	Демократическая			2	
1922	1922	Греция	Революция	Восстание 11 сентября 1922 г.	Демократический	Антимонархическая			2	
1922	1926	Италия	Революция		Национал-социалистический	Национал-социалистическая		Победа в основном мирным путем, но с угрозой применить силу	2	
1925	1927	Китай	Революция		Державно-модернистский					
1930	1930	Аргентина	Аналог революции	Сентябрьская революция	Правый	Национальный	Военный переворот		3	
1930	1930	Бразилия	Аналог революции		Социальный		Военный переворот		3	

Продолжение табл.

Дата начала	Дата окончания	Страна	Вид революционного события	Особое название	Тип революции/аналога	Дополнительные характеристики	Форма совершення аналога	Примечания	Волны революций	Кустовые революции
1930	1934	Никарагуа	Революция		Социальный	Национально-освободительная		Поражение	3	
1931	1932	Чили	Революция		Демократический	Антидиктаторская; попытка социалистической революции			3	
1931	1939	Испания	Революция		Социальный	Антимонархическая поначалу		Поражение. Была установлена диктатура Франко	3	
1932	1932	Таиланд	Аналог революции		Демократический	Державно-модернистская	Военный переворот		3	
1933	1937	Германия	Аналог революции		Национал-социалистический	Этно-расовый	Выборы		3	
1933	1934	Куба	Революция		Демократический	Антидиктаторская			3	
1938	1938	Австрия	Аналог революции		Национал-социалистический		Захват власти при помощи оккупационных сил Германии		3	
1938	1938	Чехословакия	Аналог революции		Национал-социалистический		Захват власти при помощи оккупационных сил Германии	Судетская область	3	
1943	1948	Израиль	Аналог революции		Национальный		Сочетание активных форм мирной борьбы и террористических акций	Использование возможностей международного еврейского движения	4	

Продолжение табл.

Дата начала	Дата окончания	Страна	Вид революционного события	Особое название	Тип революции/аналога	Дополнительные характеристики	Форма совершения аналога	Примечания	Волны революций	Кустовые революции
1943	1945	Югославия	Революция		Социалистический	Национально-освободительная			4	
1943	1949	Греция	Революция		Национально-освободительный	Социалистическая			4	
1944	1947	Румыния	Аналог революции	Августовское восстание	Социалистический	Антимонархическое в итоге	Мирный процесс захвата власти при активной поддержке оккупационных властей		4	
1944	1944	Гватемала	Революция		Социальный	Демократическая, антидиктаторская			4	
1944	1945	Албания	Революция		Социалистический	Национально-освободительная			4	
1945	1947	Болгария	Аналог революции		Социалистический	Антимонархический	Процесс захвата власти при поддержке оккупационных властей	Выборы, референдум, репрессии в отношении членов прежнего режима	4	
1945	1976	Вьетнам	Революция	Августовская революция	Социалистический	Национально-освободительная		Включала в себя войну с Францией и США, партизанскую войну на Юге	4	
1946	1947	Венгрия	Аналог революции		Социалистический		Мирный процесс захвата власти при активной поддержке оккупационных властей	Выборы, законодательные решения и репрессии	4	

Продолжение табл.

Дата начала	Дата окончания	Страна	Вид революционного события	Особое название	Тип революции/аналога	Дополнительные характеристики	Форма совершення аналога	Примечания	Волны революций	Кустовые революции
1946	1947	Польша	Аналог революции		Социалистический		Мирный процесс захвата власти при активной поддержке оккупационных властей	Выборы и референдум	4	
1946	1948	Чехословакия	Аналог революции	Победный февраль	Социалистический		Мирный процесс захвата власти	Выборы и массовые вооруженные акции	4	
1946	1949	Китай	Революция		Социалистический				4	
1948	1948	Колумбия	Аналог революции	Боготасо	Социальный		Военный переворот		4	
1948	1948	Южная Африка	Аналог революции		Правый		Законодательное решение		4	
1948	1955	Бирма (Мьянма)	Революция		Социалистический			Попытка революции закончилась поражением и привела к бесконечной гражданской войне и беспорядкам	4	
1952	1952	Египет	Аналог революции		Державно-модернистский		Военный переворот			
1952	1964	Боливия	Революция		Социальный	Демократическая, антидиктаторская				

Продолжение табл.

Дата начала	Дата окончания	Страна	Вид революционного события	Особое название	Тип революции/аналога	Дополнительные характеристики	Форма совершеня аналога	Примечания	Волны революций	Кустовые революции
1954	1962	Алжир	Революция		Национально-освободительный					
1956	1956	Венгрия	Революция		Антисоциалистический			Поражение		
1956	1959	Куба	Революция		Социалистический	Антидиктаторская				
1958	1963	Ирак	Аналог революции		Державно-модернистский	Антидиктаторский	Военный переворот			
1960	1960	Южная Корея	Революция	Апрельская революция	Демократический	Антидиктаторская				
1961	1975	Ангола	Революция		Национально-освободительный					
1962	1962	Бирма (Мьянма)	Аналог революции		Державно-модернистский	Квазисоциалистический	Военный переворот			
1962	1970	Йемен	Аналог революции	Революция 26 сентября	Демократический	Антимонархический	Военный переворот			
1962	1964	Мали	Революция	Первое туарегское восстание	Национально-освободительный			Поражение		
1963	1970	Сирия	Аналог революции		Державно-модернистский		Ряд военных переворотов			
1963	1963	Конго	Революция	Революция трех славных дней	Национально-освободительный					

Продолжение табл.

Дата начала	Дата окончания	Страна	Вид революционного события	Особое название	Тип революции/аналога	Дополнительные характеристики	Форма совершення аналога	Примечания	Волны революций	Кустовые революции
1963	1975	Гвинея-Бисау	Революция		Национально-освободительный					
1964	1964	Занзибар	Революция		Этнонациональный	Антимонархическая				
1964	1964	Судан	Революция	Октябрьская революция	Демократический	Антидиктаторская				
1964	1975	Мозамбик	Революция		Национально-освободительный					
1964	1980	Зимбабве	Революция		Расовосоциальный					
1965	1966	Верхняя Вольта (Буркина-Фасо)	Революция		Державно-модернистский			Куволлюция		
1968	1968	Панама	Аналог революции		Социальный		Военный переворот			
1968	1975	Перу	Аналог революции		Социальный		Военный переворот			
1968	1968	Чехословакия	Аналог революции	Пражская весна	Антисоциалистический	Демократический	Реформы сверху			
1969	1969	Ливия	Аналог революции		Державно-модернистский		Военный переворот			
1970	1973	Чили	Аналог революции		Социалистический		Выборы	Была установлена диктатура Пиночета		

Продолжение табл.

Дата начала	Дата окончания	Страна	Вид революционного события	Особое название	Тип революции/аналога	Дополнительные характеристики	Форма совершення аналога	Примечания	Волны революций	Кустовые революции
1971	1971	Бангладеш	Революция		Национально-освободительный					
1972	1972	Бенин	Аналог революции		Квази-социалистический		Военный переворот			
1972	1975	Мадагаскар	Революция		Социальный			Военные пришли к власти; был взят курс на социализм		
1973	1973	Афганистан	Аналог революции		Антимонархический	Демократический	Военный переворот			
1974	1974	Португалия	Аналог революции	Революция гвоздик	Демократический	Антидиктаторский	Военный переворот			
1974	1974	Эфиопия	Аналог революции		Антимонархический	Демократический	Военный переворот			
1975	1979	Кампучия	Революция	Революция красных кхмеров	Социалистический					
1975	1990	Ливан	Революция		Этнополитический	Конфессионально-политическая				
1978	1992	Афганистан	Аналог революции	Апрельская революция	Квази-социалистический		Военный переворот			
1979	1979	Иран	Революция		Религиозный	Антимонархическая				
1979	1988	Никарагуа	Революция		Социальный	Антидиктаторская				

Продолжение табл.

Дата начала	Дата окончания	Страна	Вид революционного события	Особое название	Тип революции/аналога	Дополнительные характеристики	Форма совершення аналога	Примечания	Волны революций	Кустовые революции
1979	1992	Сальвадор	Революция		Социальный	Антидиктаторская		Поражение; соглашение с правительством		
1983	1987	Верхняя Вольта	Аналог революции		Социалистический		Военный переворот			
1983	2000	Шри-Ланка	Революция		Национально-освободительный			Поражение; окончание в 2009 г.		
1986	1986	Филиппины	Революция	Желтая революция	Демократический	Антидиктаторская		Первая цветная революция		
1988	2000	Папуа – Новая Гвинея	Революция		Национально-освободительный			Движение за независимость на острове Бугенвиль. Началось в 1975 г., закончилось в 2001 г.		
1989	1989	Парагвай	Аналог революции		Демократический		Военный переворот			
1989	1991	СССР	Аналог революции		Демократический	Антисоциалистический	Реформы сверху	Государственный переворот 8 декабря 1991 г. в Беловежской пуще завершил процесс	5	
1989	2000	Судан	Аналог революции		Религиозный	Этнонациональный, демократический и антисоциалистический	Военный переворот			

Продолжение табл.

Дата начала	Дата окончания	Страна	Вид революционного события	Особое название	Тип революции/аналога	Дополнительные характеристики	Форма совершення аналога	Примечания	Волны революций	Кустовые революции
1989	1989	Болгария	Революция		Антисоциалистический	Демократическая			5	
1989	1989	Венгрия	Революция		Антисоциалистический	Демократическая			5	
1989	1989	ГДР	Революция	Мирная революция	Антисоциалистический	Демократическое национальное объединение			5	
1989	1989	Польша	Революция		Антисоциалистический	Демократическая			5	
1989	1989	Румыния	Революция		Антисоциалистический	Демократическая			5	
1989	1989	Чехословакия	Революция	Бархатная революция	Антисоциалистический	Демократическая			5	
1989	1999	Косово	Революция		Национально-освободительный	Антисоциалистическая			5	Югославия
1990	1990	Монголия	Революция		Антисоциалистический	Демократическая			5	
1990	1996	Мали, Нигер	Революция		Национально-освободительный			Частичный успех		
1990	1993	Нигер	Аналог революции		Демократический		Реформы сверху под давлением снизу			

Продолжение табл.

Дата начала	Дата окончания	Страна	Вид революционного события	Особое название	Тип революции/аналога	Дополнительные характеристики	Форма совершення аналога	Примечания	Волны революций	Кустовые революции
1991	1991	Грузия	Революция		Национальный	Антисоциалистическая			5	СССР
1991	1991	Латвия	Революция	Поющая революция	Национальный	Этнонациональная, демократическая и антисоциалистическая			5	СССР
1991	1991	Литва	Революция	Поющая революция	Национальный	Этнонациональная, демократическая и антисоциалистическая			5	СССР
1991	1991	Мали	Революция		Демократическая			Куволуция	5	
1991	1991	Эстония	Революция	Поющая революция	Национальный	Этнонациональная, демократическая и антисоциалистическая			5	СССР
1991	1991	Македония	Революция		Национальный	Антисоциалистическая			5	Югославия
1991	1995	Хорватия	Революция		Национальный	Антисоциалистическая			5	Югославия
1991	1999	Словения	Революция	Десятидневная война	Национальный	Антисоциалистическая			5	Югославия
1991	2000	Алжир	Революция		Религиозный			До 2002 г., поражение		
1992	1992	Абхазия	Революция		Национальный	Национально-освободительная			5	СССР

Окончание табл.

Дата начала	Дата окончания	Страна	Вид революционного события	Особое название	Тип революции/аналога	Дополнительные характеристики	Форма совершення аналога	Примечания	Волны революций	Кустовые революции
1992	1992	Албания	Революция		Антисоциалистический	Демократическая			5	
1992	1992	Южная Осетия	Революция		Национальный	Национально-освободительная			5	СССР
1992	1997	Босния и Герцеговина	Революция		Национальный	Антисоциалистическая			5	Югославия
1994	1994	Южная Африка	Аналог революции		Расово-социальный		Выборы		5	
1996	2000	Непал	Революция		Демократический	Антимонархическая		В результате коммунисты пришли к власти в 2017 г.		
1999	2000	Венесуэла	Аналог революции		Социальный	Державно-модернистская	Выборы	До настоящего времени		
2000	2000	Югославия	Революция	Бульдозерная революция	Демократический			На самом деле Сербия; цветная революция	5	
2000	2000	Филиппины	Революция		Демократический			До 2001 г.		

Раздел II. КЛИМАТ И ОБЩЕСТВО

2

Климат и энергетика.

Сценарии энергетического перехода и изменения глобальной температуры на основе современных технологий и тенденций*

Аскар Акаевич Акаев

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

Ольга Игоревна Давыдова

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

Статья посвящена анализу климатических изменений и моделированию энергетического перехода на возобновляемые источники энергии. Современная климатическая ситуация характеризуется общим повышением средней глобальной температуры в результате чрезвычайно высокой концентрации углекислого газа (CO₂) в атмосфере, количество которого постоянно увеличивается и представляет угрозу для устойчивости глобальной экологической системы в целом. Принимая во внимание тот факт, что основная часть выбросов CO₂ приходится на энергопотребление (которое на протяжении всей истории переживало переходы от одного вида доминирующего энергоресурса к другому – от биомассы к углю, от угля к нефти и от нефти к природному газу), авторы анализируют воз-

* Работа выполнена в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского университета «Математические методы анализа сложных систем» при финансовой поддержке РФФИ (проект № 20-61-46004). Статья основана на главе 4 доклада российских ученых Римскому клубу «Преодолевая пределы роста».

Для цитирования: Акаев А. А., Давыдова О. И. 2023. Климат и энергетика. Сценарии энергетического перехода и изменения глобальной температуры на основе современных технологий и тенденций. *История и Математика: Анализ глобального социоприродного развития* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев. Волгоград: Учитель. С. 38–57. DOI: 10.30884/978-5-7057-6258-3_03.

For citation: Akayev A. A., Davydova O. I. 2023. Climate and Energy. Scenarios for Energy Transition and Global Temperature Change Based on Current Technologies and Trends. *History and Mathematics: Analysis of Global Socio-Natural Development* / Ed. by L. E. Grinin, A. V. Korotaev. Volgograd: Uchitel. Pp. 38–57 (in Russian). DOI: 10.30884/978-5-7057-6258-3_03.

возможности перехода к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ), который, по прогнозам, произойдет во второй половине XXI в. Авторы проводят математическое моделирование предстоящего энергетического перехода с различными сценариями будущего топливно-энергетического баланса в XXI в. Для этого ученые разработали специализированную математическую модель, учитывающую современные тенденции энергопотребления на основе данных крупнейших энергетических компаний и международных организаций в сфере энергетики, таких как BP, Equinor, ExxonMobil, Shell, REN21, Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (IRENA), Международное энергетическое агентство (МЭА), Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК), «Сколково» и др. Представлены и проанализированы три сценария повышения средней глобальной температуры приземной атмосферы в XXI в.: консервативный сценарий, амбициозный сценарий и сценарий Net Zero. Консервативный сценарий предполагает, что государственная политика, технологии и социальные предпочтения продолжат развиваться так же, как и в недавнем прошлом. Амбициозный сценарий предусматривает принятие мер, ведущих к значительному сокращению выбросов углерода от использования энергии, что, в свою очередь, позволяет ограничить рост глобальной температуры в XXI в. Сценарий Net Zero, который авторы считают оптимальным, предполагает, что меры, предлагаемые в амбициозном сценарии, дополняются и подкрепляются существенными изменениями в поведении и предпочтениях общества. В статье подробно описаны современные энергоэффективные технологии и методы использования возобновляемых источников энергии, реализация которых предусмотрена в рамках оптимального сценария Net Zero.

Ключевые слова: климат, энергетика, климатические изменения, энергетический переход, энергоресурсы, возобновляемые источники энергии, экологическая система, сценарии будущего, консервативный сценарий, амбициозный сценарий, сценарий Net Zero.

Современная ситуация

Как известно, с 1850 г. концентрация углекислого газа в атмосфере существенно выросла: с 280 ppm – величины, типичной для доиндустриального периода и наблюдаемой на протяжении многих сотен лет – до 421 ppm в настоящее время, то есть более чем на 50 %, что во многом способствовало потеплению климата (NOAA 2022). Доказано, что глобальное потепление на две трети вызвано именно ростом концентрации CO₂ в XIX–XX вв. в атмосфере Земли. Эти цифры обоснованы физическими измерениями в течение последних 150 лет как динамики средней мировой температуры приземной атмосферы, так и динамики роста концентрации CO₂ в атмосфере Земли (IPCC 2014; 2021). Углекислый газ постоянно накапливается

в атмосфере Земли, а объемы его выбросов в настоящее время находятся в апогее (ВР 2021; IEA 2020a; 2021a). Согласно данным Всемирной метеорологической организации, в 2021 г. средняя глобальная температура повысилась уже на 1,2 °С по сравнению с доиндустриальным уровнем в +14 °С, что является прямым следствием антропогенной деятельности (WMO 2021). Изменение климата стало одной из самых острых проблем, с которыми сталкивается человечество. Его последствия наблюдаются повсеместно¹. Увеличивается температура мирового океана, наблюдаются таяние ледников и повышение уровня моря (Lindsey 2020), экстремальные погодные условия становятся более стремительными, суровыми и разрушительными: наводнения, ураганы. Только в течение 2020 г. в мире произошло более 415 природных катастроф (Statista 2022). Стихийные бедствия в среднем убивают 60 000 человек в год во всем мире (Ritchie, Roser 2021). Темпы деградации пахотных земель превышают исторические темпы в 30–35 раз (ООН 2021)², происходят опустынивание территорий и снижение урожайности (Группа Всемирного банка 2014; МГЭИК 2019; ООН 2019; Ortiz-Bobea *et al.* 2021), связанные в том числе с истощением запасов воды. Согласно организации Welthungerhilfe, в 2020 г. от голода пострадали 811 млн человек (Welthungerhilfe 2021), что в свою очередь может привести к появлению регионального напряжения и усугублению существующих конфликтов. Климатологи показали, что если до середины века не уменьшить выбросы CO₂ в два-три раза, то потепление не удержать на уровне 2 °С, и к концу XXI в. оно превысит 3–4 °С, что приведет к катастрофическим последствиям (IPCC 2021), поэтому необходимо срочно принимать меры.

В 2015 г. было принято Парижское соглашение, целью которого стало удержание потепления на уровне 1,5–2 °С (United Nations 2016). Для достижения этой цели, по расчетам Международной группы экспертов по изменению климата, необходимо сокращение энергетических выбросов парниковых газов в атмосферу в три раза по сравнению с выбросами 2019 г. (33,3 Гт) примерно к 2050 г. (1,5 °С) или к 2070 г. (2 °С) (IPCC 2018).

Как известно, выбросы углекислого газа могут иметь естественную и антропогенную природу. Естественные выбросы выделяются океанами при проявлениях вулканической активности, при естественных пожарах и в процессе перегнивания органических материалов. Ранее, в естественном состоянии, такие выбросы поглощались природными процессами, сохранялось равновесие. В результате антропогенной деятельности (сжигание ископаемого топлива, вырубка лесов, земледелие и т. д.) равновесие было нарушено (*Ibid.*).

¹ Этот вопрос был в центре внимания многих недавних отчетов Римского клуба. См.: Randers 2012; Maxton *et al.* 2016; Wijkman, Skånberg 2017; Randers *et al.* 2018; von Weizsäcker, Wijkman 2018; Berg 2019.

² См.: Ковалева, Столпникова 2022.

В настоящее время около 15–20 % выбросов CO₂ генерирует сектор сельского хозяйства, лесного хозяйства и землепользования (Climate Watch 2021; Our World in Data 2020). Источниками углекислого газа стали осваиваемые человеком почвы. Увеличение глобальной температуры вызывает более интенсивное выделение углекислого газа из почв. Ежегодно в атмосферу из почв поступает около 60 петаграмм CO₂ за счет «дыхания» (Our World in Data 2020).

Безусловно, на глобальный уровень индустриальных выбросов CO₂ в атмосферу значительным образом влияет энергопотребление (которое уже достигло 14 млрд тонн нефтяного эквивалента в год [BP 2021]), а также структура мирового топливно-энергетического баланса. Вклад энергопотребления в глобальные выбросы CO₂ сегодня превышает 73 % (Our World in Data 2020). На протяжении исторического периода структура энергопотребления постоянно менялась, происходили так называемые «энергетические переходы» от текущей модели энергопотребления к новой, от преимущественного использования одного ресурса к другому ресурсу (Смил 2012). В истории известны три таких перехода – от биомассы к углю, от угля к нефти и от нефти к природному газу (ИНЭИ РАН 2019). В настоящий момент доли источников энергии в мировом энергопотреблении распределяются следующим образом: нефть – 31,2 %, природный газ – 24,7 %, уголь – 27,2 %, атомная энергетика – 4,3 %, гидроэнергия – 6,9 %, возобновляемые источники энергии – 5,7 % (BP 2021). В XXI в. прогнозируется четвертый энергетический переход к возобновляемым источникам энергии. Великий энергетический переход от использования доминирующих в настоящее время ископаемых углеводородов к преимущественному использованию возобновляемых источников энергии (ВИЭ), когда доля ВИЭ в общем энергобалансе превысит 40 %, может состояться в 2060-е гг.

Возможные сценарии дальнейшего развития ситуации

Для того чтобы спрогнозировать предстоящий энергетический переход и выбрать оптимальный сценарий развития топливно-энергетического баланса в XXI в., была разработана специализированная математическая модель (см.: Malkov *et al.* 2023). Для разработки и верификации модели были изучены сложившиеся в настоящее время тенденции в энергопотреблении и проанализированы статистические данные по энергопотреблению и топливно-энергетическому балансу следующих организаций: BP (2021; 2020), Международное энергетическое агентство (IEA 2020*b*; 2021*c*), Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (IRENA 2020; 2021), Межправительственная группа экспертов по изменению климата (IPCC 2014; 2018; 2021), Всемирная ядерная ассоциация (WNA 2020), Мировой энергетический совет (WEC 2019), Организация

стран – экспортеров нефти (ОПЕС 2021), Equinor (2020; 2021), Greenpeace (2015), DNV GL (DNV 2021a; 2021b), Shell (2013; 2018), «Сколково» (ИНЭИ РАН 2019), REN21 (2019; 2021), ExxonMobil (2019; 2021) и др.

Предложенная математическая модель позволяет прогнозировать изменение средней глобальной температуры приземной атмосферы в XXI в. (Акаев, Davydova 2020; 2021a; 2021b) в соответствии со следующим расчетным механизмом:

- расчет различных сценариев роста населения (Акаев, Sadovnichii 2010; Капица 2008);

- расчет сценариев развития динамики спроса на энергию (Акаев 2012; 2014);

- прогноз динамики структуры энергопотребления по видам источников энергии (уголь, нефть, газ, возобновляемые источники энергии, атомная энергия, гидроэнергетика) (Акаев, Davydova 2021a; 2021b);

- расчет динамики выбросов CO₂ в атмосферу при сжигании углеродородного топлива с учетом структурных изменений в потреблении органического ископаемого топлива (уголь, нефть, газ), а также использования технологий улавливания и хранения углерода;

- расчет динамики накопления CO₂ в атмосфере с учетом непрямых выбросов CO₂ (из-за вырубки лесов и эрозии почв) и поглощения части выбросов океанами и наземными экосистемами;

- расчет изменения средней глобальной температуры приземной атмосферы на основе использования методики (Тарко 2005), связывающей динамику отклонения средней глобальной температуры с ростом динамики накопления углерода (углекислого газа) в атмосфере Земли.

С учетом статистических данных за период 1960–2021 гг. и наблюдаемых в последние годы трендов в сфере энергопотребления, а также внедряемых энергоэффективных технологий, были отобраны и рассчитаны три сценария роста средней глобальной температуры приземной атмосферы в XXI в.: консервативный сценарий, амбициозный сценарий и сценарий Net Zero. Консервативный сценарий предполагает, что государственная политика, технологии и социальные предпочтения продолжают развиваться так же, как и в недавнем прошлом. Амбициозный сценарий предусматривает введение мер, приводящих к существенному снижению выбросов углерода в результате использования энергии, что, в свою очередь, дает возможность ограничить рост глобальной температуры в XXI в.³ Сценарий Net Zero предполагает, что меры, предложенные в амбициозном сценарии, дополняются и подкрепляются существенными изменениями

³ О сценариях глобального развития в экономическом, социальном и политическом измерениях, актуальных для проблемы предотвращения катастрофических климатических изменений, см.: Grinin L. E., Grinin A. L., Malkov 2023a; 2023b; Grinin, Malkov, Korotayev 2023; Grinin L. E., Grinin A. L., Korotayev 2023; Grinin, Korotayev 2023; Korotayev *et al.* 2023.

в поведении и предпочтениях общества. Динамика изменения структуры мирового топливно-энергетического баланса на XXI в. при реализации консервативного сценария, амбициозного сценария и сценария Net Zero представлена на рис. 1–3:

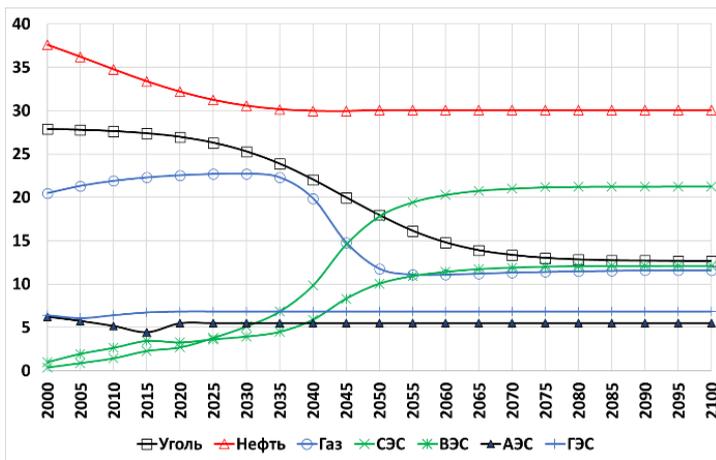


Рис. 1. Динамика изменения структуры мирового топливно-энергетического баланса на XXI в. при реализации консервативного сценария

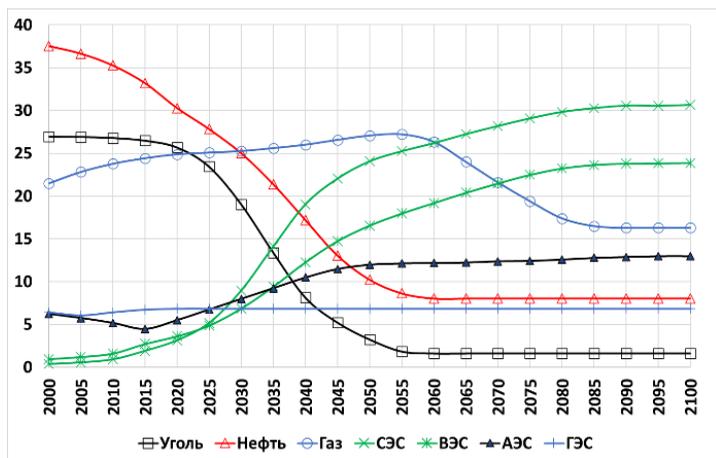


Рис. 2. Динамика изменения структуры мирового топливно-энергетического баланса на XXI в. при реализации амбициозного сценария

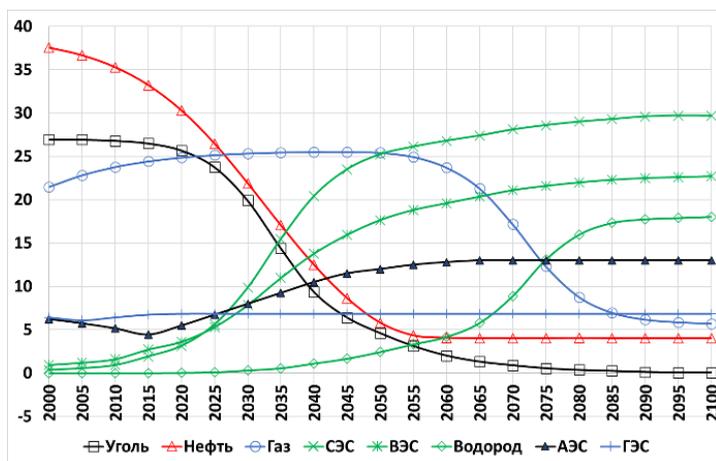


Рис. 3. Динамика изменения структуры мирового топливно-энергетического баланса на XXI в. при реализации сценария Net Zero

С помощью разработанной модели был найден оптимальный сценарий (Net Zero), при реализации которого будут выполнены требования Парижского климатического соглашения по удержанию глобального потепления на уровне 1,5–2 °С по сравнению с доиндустриальным уровнем. Сценарий Net Zero предполагает (Акаев, Davydova 2021a; 2021b):

- использование энергоэффективных технологий (Randers *et al.* 2018);
- широкое использование водорода как энергоносителя;
- дальнейшее развитие возобновляемых источников энергии;
- широкое использование химической технологии по улавливанию, связыванию и захоронению углекислого газа.

Существует множество энергоэффективных технологий, способствующих снижению выбросов углерода. Пример значительной экономии энергопотребления – широкое применение интеллектуальных цифровых технологий для управления расходом энергии. Данные, собираемые «умными датчиками», являются ключевым фактором в системе энергопотребления, работа которой оптимизируется интеллектуальными цифровыми устройствами, путем регулирования спроса и предложения в реальном времени.

«Умные сети» на основе данных производителей и потребителей позволяют в режиме реального времени синхронизировать спрос и предложение оптимальным образом (ИНЭИ РАН 2019). Они способны с учетом сложившихся метеоусловий регулировать потоки электроэнергии из одних регионов в другие.

В настоящее время также разрабатываются «умные устройства – потребители энергии» (ИНЭИ РАН 2019). Потребитель устанавливает оборудование для оптимизации режимов отбора электрической энергии на основе потребностей и нагрузки системы. Таким образом, для потребителя становится возможным не только принимать энергию, но и отдавать ее в сеть, получая прибыль.

В настоящее время 26 % мировых выбросов CO₂ генерируется транспортным сектором (IEA 2019). Решить проблему таких выбросов могут транспортные средства, приводимые в движение электродвигателями. Гибридные электромобили уже достигли большей топливной эффективности на 65 %, чем автомобили с бензиновым двигателем (Vograth 2015). Транспортные средства, работающие на бензине, потребляют в четыре раза больше энергии по сравнению с полностью электрическими транспортными средствами (*Ibid.*; Energy Efficiency Day 2020; Virta 2021). В 2019 г. во всем мире было продано более 2 млн новых электромобилей (IEA 2021b), но их количество необходимо существенно увеличивать.

Также следует расширять использование различных энергоэффективных технологий для дома. Например, благодаря солнечным панелям годовые выбросы парниковых газов могут быть снижены на более чем 1350 кг в пределах одного домовладения. Использование экологически чистой возобновляемой солнечной энергии для обеспечения энергией миллиона домов позволяет сократить выбросы углекислого газа на 4,3 млн тонн в год (NCAT 2021). Ветрогенераторы могут применяться для генерации постоянного или переменного тока с дальнейшим преобразованием его в тепло посредством тепловых насосов с целью обогрева зданий и нагревания воды. «Холодные крыши» помогают снизить расходы на кондиционирование в летнее время года на 15 %. Светодиодное освещение благодаря высокому КПД светодиодов и низкой потребляемой мощности позволяет экономить до 80 % электроэнергии (Janeway 2015). Учитывая, что около 20 % потерь тепла из дома происходит через плохо изолированные окна, установка энергосберегающих окон с двойным или тройным остеклением дает эффект снижения расходов на отопление в холодный период года и кондиционирование в жаркое время года. Согласно информации Лаборатории Лоуренса Беркли, от 5 до 10 % всего домашнего энергопотребления тратится на работу техники в режиме ожидания, что в конечном итоге способствует 1 % глобальных выбросов углекислоты в атмосферу (Meier 2021). Умные удлинители могут вовремя отключать неиспользуемые приборы, уменьшая таким образом расход электроэнергии. Программируемые комнатные термостаты позволяют сэкономить до 30 % электроэнергии, поскольку нагрев помещений производится не постоянно, а в определенные интервалы времени. Приборы, имеющие сертификат

ENERGY STAR, каждый год будут потреблять на 10–50 % меньше энергии, чем его неэффективные эквиваленты (HomeAdvisor 2021).

Таким образом, один из важных залогов успеха – развитие самых разнообразных энергосберегающих и энергоэффективных технологий, улавливателей CO₂ и других загрязняющих веществ, а не только попытка заменить углеродные энергетические технологии зелеными.

Хотя водород широко используется в настоящее время, он далек от полного раскрытия своего потенциала в качестве источника энергии. Требуется множество исследований для обеспечения дешевой и устойчивой экологически чистой водородной энергии, полученной только из возобновляемых источников (с помощью гидроэнергетики, солнечных панелей или ветряных электростанций) без выбросов или, по крайней мере, с использованием систем хранения углерода (CCS), которые помогают избежать его выбросов в атмосферу. Зеленый водород производится путем электролиза, когда электричество вырабатывается только из источников с нулевым содержанием углерода. Эта технология позволяет существенно снизить выбросы CO₂, но в настоящее время она является слишком дорогой (IRENA 2019). В 2015 г. себестоимость производства 1 кг зеленого водорода составляла 6 долларов США (Casey 2021). За последние пять лет стоимость снизилась до 3 долларов за килограмм (S&P Global 2021). Для сравнения, один килограмм серого водорода, производимого из углеродных источников, стоит 1,80 доллара, голубого водорода (с использованием технологии CCS) – 2,40 доллара. Министерство энергетики США ожидает, что в 2025 г. себестоимость производства зеленого водорода снизится до 2 долларов за килограмм, и в этом случае он может стать конкурентоспособным по сравнению с другими невозобновляемыми источниками (EIA US 2021). Европейский союз, Япония, Южная Корея, Австралия, Нидерланды, Норвегия, Чили и Канада уже разработали водородные стратегии. Европейский союз поставил перед собой цель увеличить мощность электролизеров до 6 ГВт к 2024 г. и до 40 ГВт к 2030 г. (Patel 2021).

Сегодня доля зеленого водорода составляет менее 1 % от общего объема произведенного водорода. В ближайшие десятилетия ожидается экспоненциальный (до 60 % в год) рост производства зеленого водорода (Holbrook 2021). В целом в большинстве отчетов предполагается, что водород, произведенный только из возобновляемых источников энергии, будет составлять 10–25 % энергопотребления в XXI в. (Buli 2021; Flowers 2020; Scott 2020). Расчеты по разработанной модели показывают, что зеленый водород достигнет 18 % энергопотребления в XXI в. (см. рис. 4).

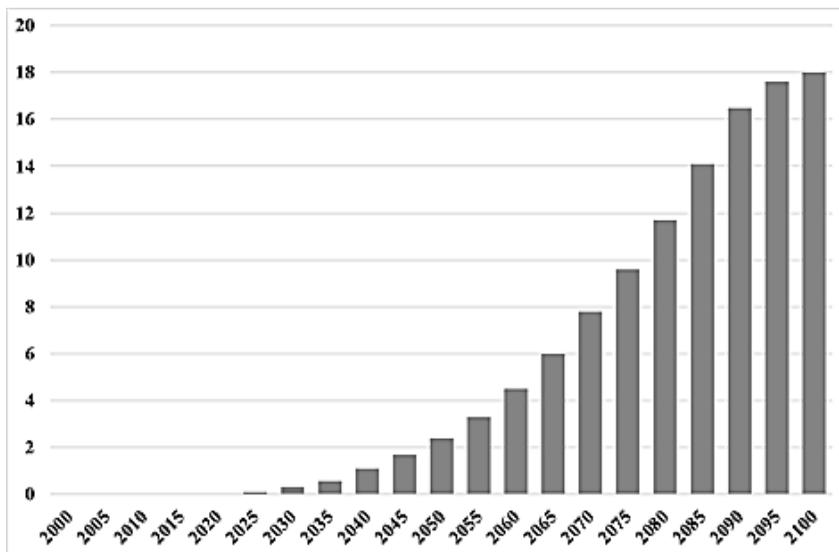


Рис. 4. Доля «зеленого» водорода в структуре мирового топливно-энергетического баланса на XXI век (сценарий Net Zero) (рассчитано авторами)

Также требуется широкое использование химической технологии по улавливанию, связыванию и захоронению углекислого газа как в процессе сжигания углеводородов в энергоустановках, так и непосредственно из атмосферы, что отражено в расчетах по модели. Однако этому препятствует дороговизна технологии.

Очевидно, что для успешной реализации сценария Net Zero требуются значительные инвестиции. К сожалению, инвестиционные потоки в настоящее время направляются в те области, которые приносят максимальную прибыль, а не пользу обществу в долгосрочной перспективе (Randers 2012; Maхton *et al.* 2016). Только в случае, когда появляются убедительные доказательства ущерба, деньги тратятся на снижение негативных последствий потепления климата, то есть на то, что можно было предотвратить.

Результаты прогнозных расчетов динамики сокращения антропогенных выбросов углекислого газа в атмосферу в XXI в. при реализации консервативного сценария, амбициозного сценария и сценария Net Zero представлены на рис. 5–7:



Рис. 5. Динамика сокращения антропогенных выбросов углекислого газа (CO_2) в атмосферу в XXI в. при консервативном сценарии энергоперехода



Рис. 6. Динамика сокращения антропогенных выбросов углекислого газа (CO_2) в атмосферу в XXI в. при амбициозном сценарии энергоперехода



Рис. 7. Динамика сокращения антропогенных выбросов углекислого газа (CO₂) в атмосферу в XXI в. при сценарии энергоперехода Net Zero при использовании водорода и технологии CCS для улавливания и захоронения части CO₂

Результаты прогнозных расчетов динамики отклонения средней глобальной температуры приземной атмосферы в XXI в. при реализации консервативного сценария, амбициозного сценария и сценария Net Zero представлены на рис. 8–10:

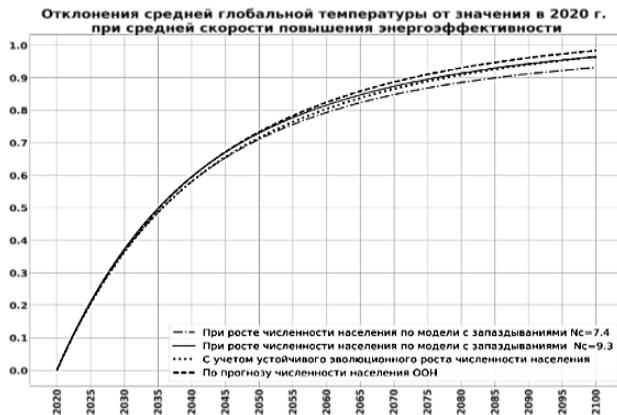


Рис. 8. Динамика отклонения средней глобальной температуры приземной атмосферы в XXI в. при реализации консервативного сценария энергоперехода, а также применения технологии CCS в угольной энергетике

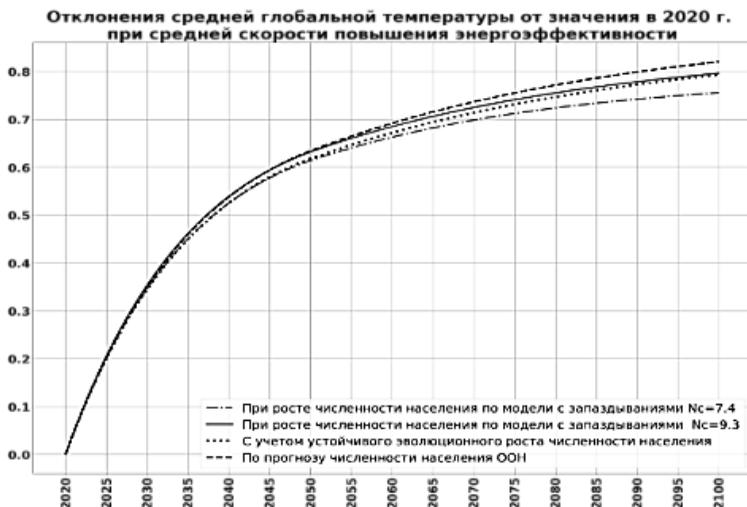


Рис. 9. Динамика отклонения средней глобальной температуры приземной атмосферы в XXI в. при реализации амбициозного сценария «Великого энергоперехода», а также применения технологий CCS в угольной энергетике

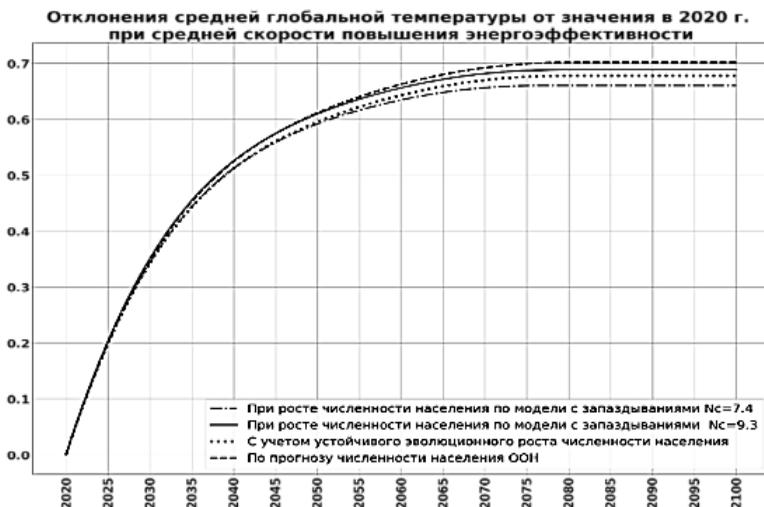


Рис. 10. Динамика отклонения средней глобальной температуры приземной атмосферы в XXI в. при реализации сценария энергоперехода Net Zero, применения технологии CCS в угольной энергетике и использования водорода

Заключение

Расчеты показывают, что при реализации консервативного сценария глобальное потепление достигнет 2 °С, при реализации амбициозного сценария составит 1,8 °С. Сценарий Net Zero позволит удержать глобальное потепление на уровне 1,7 °С (Акаев, Davydova 2021a; 2021b).

Так как консервативный сценарий предполагает, что к 2050 г. доля ископаемых источников энергии останется на уровне 60–65 %, это приведет к недопустимому уровню выбросов CO₂. Это далеко от текущих амбициозных целей – сокращения выбросов на 50–80 % к 2050 г. При реализации консервативного сценария в ближайшие десятилетия будут наблюдаться более частые экстремальные погодные явления. Во многих местах наводнения, ранее происходившие один раз в столетие, к 2050 г. будут случаться гораздо чаще, возможно, ежегодно. При подъеме уровня моря на несколько метров будет затоплено около 30 % суши, являющейся густонаселенной территорией (Мир 24 2021). Согласно исследованию, проведенному учеными Потсдамского института изучения климатических изменений, к 2100 г. вследствие таяния континентальных льдов уровень Мирового океана может повыситься на 0,75–1,5 метра (Potsdam... 2013). В итоге через 100 лет под воду уйдет Венеция, еще через 50 лет – Амстердам, Гамбург, Лос-Анджелес, Санкт-Петербург и другие города.

Климатического кризиса можно избежать, если мир начнет действовать решительно и сообща и примет меры, необходимые для снижения выбросов углекислого газа. В частности, мировому сообществу необходимо перенаправить инвестиционные потоки с наиболее выгодных на те, которые принесут пользу обществу в долгосрочной перспективе. Ежегодные глобальные инвестиции в климат в среднем составляли 632 млрд долларов в год в течение 2019 и 2020 гг. (Burg 2021). Для сравнения, глобальный ВВП в 2020 г. составил 85 трлн долларов США, то есть в настоящий момент глобальные инвестиции в климат составляют менее 1 % мирового ВВП. Как показывают расчеты, для успешной реализации сценария Net Zero требуются значительные инвестиции в развитие возобновляемых источников энергии. Сценарий Net Zero предполагает увеличение доли возобновляемых источников энергии в топливно-энергетическом балансе до 50–60 % к 2050 г. с текущих 6 %. Таким образом, необходимо более существенно расширять использование солнечной и ветряной энергии. Инвестиции необходимы также для расширения использования энергоэффективных технологий, в том числе интеллектуальных цифровых технологий и энергоэффективных технологий для дома. Изучение и совершенствование химической технологии по улавливанию, связыванию и захоронению углекислого газа также требует финансирования. Кроме того, инвестиции следует направить на развитие водородной, атомной и термоядерной энергетики. Частично они могут быть получены посредством

увеличения налогов на выбросы CO₂, что в свою очередь способствует решению проблемы глобального потепления. Как показывают расчеты, при реализации вышеперечисленных мер будут выполнены требования Парижского климатического соглашения по удержанию глобального потепления на уровне 1,5–2 °С по сравнению с доиндустриальным уровнем.

Библиография

- Группа Всемирного банка. 2014.** Убавьте тепло: Лицом к лицу с новой климатической нормой. URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/ru/318441468238479152/pdf/927040v10Russi0s0010ES0with0embargo.pdf>.
- ИНЭИ РАН. 2019.** *Прогноз развития энергетики мира и России 2019. Доклад ИНЭИ РАН.* М.: Московская школа управления СКОЛКОВО.
- Капица С. П. 2008.** *Очерк теории роста человечества. Демографическая революция и информационное общество.* М.: Никитский клуб.
- Ковалева Н. О., Столпникова Е. М. 2022.** Экология: жизнь в «неустойчивой биосфере». *История и современность* 4: 58–80.
- МГЭИК. 2019.** Глобальное потепление на 1,5 °С: Резюме для политиков. URL: https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwim_5DkxJX2AhVOiYsKHVygB9MQFnoECBIQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.ipcc.ch%2Fsite%2Fassets%2Fuploads%2Fsites%2F2%2F2019%2F09%2FSR15_Summary_Volume_russian.pdf&usg=AOvVaw119bQPnLk_sZCqmgbvvp40.
- Мир 24. 2021.** В ближайшие годы произойдет глобальная природная катастрофа. *Мир 24* 17 января. URL: <https://mir24.tv/news/16492071/klimatolog-v-blizhai-shie-gody-proizoidet-globalnaya-prirodnaya-katastrofa>.
- ООН. 2019.** Борьба с изменением климата. URL: <https://www.un.org/ru/aboutun/booklet/climate.shtml>.
- ООН. 2021.** Всемирный день борьбы с опустыниванием и засухой. 17 июня. URL: <https://www.un.org/ru/observances/desertification-day/background>.
- Смил В. 2012.** *Энергетика: мифы и реальность. Научный подход к анализу мировой энергетической политики.* М.: АСТ-ПРЕСС КНИГА.
- Тарко А. М. 2005.** *Антропогенные изменения глобальных биосферных процессов.* М.: ФИЗМАТЛИТ.
- Акаев А. А. 2012.** Stabilization of the Planetary Climate in the Twenty-First Century by Transition to a New Paradigm of Energy Consumption. *Doklady Earth Sciences* 446(2): 1180–1184.
- Акаев А. А. 2014.** The Stabilization of Earth’s Climate in the 21st Century by the Stabilization of Per Capita Consumption. *The Oxford Handbook of the Macroeconomics of Global Warming*, pp. 499–554. New York: Oxford University Press.
- Акаев А. А., Davydova O. I. 2020.** The Paris Agreement on Climate is Coming into Force: Will the Great Energy Transition Take Place? *Herald of the Russian Academy of Sciences* 90(5): 588–599.
- Акаев А. А., Davydova O. I. 2021a.** A Mathematical Description of Selected Energy Transition Scenarios in the 21st Century, Intended to Realize the Main Goals of the Paris Climate Agreement. *Energies* 14: 2558. DOI: 10.3390/en14092558.

- Akaev A. A., Davydova O. I. 2021b.** Mathematical Description of Energy Transition Scenarios Based on the Latest Technologies and Trends. *Energies* 14: 8360. DOI: 10.3390/en 14248360.
- Akaev A. A., Sadovnichii V. A. 2010.** Mathematical Model of Population Dynamics with the World Population Size Stabilizing about a Stationary Level. *Doklady Mathematics* 82(3): 978–981.
- Berg Ch. 2019.** *Sustainable Action: Overcoming the Barriers*. N. p.: The Club of Rome.
- BP. 2020.** Energy Outlook 2020 Edition. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2020.pdf>.
- BP. 2021.** *Statistical Review of World Energy*. London: British Petroleum Co. URL: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>.
- Buli N. 2021.** Green Hydrogen to Account for 20 % of European Power Demand by 2050 – Statkraft. URL: <https://www.reuters.com/business/energy/green-hydrogen-account-20-european-power-demand-by-2050-statkraft-2021-10-21/>.
- Burg N. 2021.** Who Funds the Fight Against Climate Change? URL: <https://meansandmatters.bankofthewest.com/article/sustainable-living/taking-action/who-funds-the-fight-against-climate-change/>.
- Casey J. P. 2021.** *Will China do for Hydrogen What It Did for Solar Power?* London: Future Power Technology, Inc. URL: <https://www.power-technology.com/features/will-china-do-for-hydrogen-what-it-did-for-solar-power/>.
- Climate Watch. 2021.** World Resources Institute. *World Greenhouse Gas Emissions in 2019 by Sector, End Use and Gases*. URL: https://www.climatewatchdata.org/key-visualizations?topic=sectoral_emissions&visualization=4.
- DNV. 2021a.** Energy Transition Outlook 2020. URL: <https://download.dnvgl.com/eto-2020-download> (дата обращения: 14.12.2021).
- DNV. 2021b.** Energy Transition Outlook 2021. URL: <https://eto.dnv.com/2020/index.html> (дата обращения: 15.12.2021).
- EIA US. 2021.** Hydrogen Explained. URL: <https://www.eia.gov/energyexplained/hydrogen/>.
- Energy Efficiency Day. 2020.** Electric Vehicles: An Efficient Choice for Transportation and the Grid. URL: <https://energyefficiencyday.org/electric-vehicles-an-efficient-choice-for-transportation-and-the-grid/>.
- Equinor. 2020.** Energy Perspectives 2020. URL: <https://www.equinor.com/en/sustainability/energy-perspectives.html>.
- Equinor. 2021.** Energy Perspectives 2021. URL: <https://www.equinor.com/en/sustainability/energy-perspectives.html>.
- ExxonMobil. 2019.** Outlook for Energy: a Perspective to 2040. URL: https://corporate.exxonmobil.com/-/media/Global/Files/outlook-for-energy/2019-Outlook-for-Energy_v4.pdf.
- ExxonMobil. 2021.** 2021 Outlook for Energy. URL: <https://corporate.exxonmobil.com/Energy-and-innovation/Outlook-for-Energy>.

- Flowers S. 2020.** Future Energy – Green Hydrogen. Could It Be a Pillar of Decarbonization. URL: <https://www.woodmac.com/news/the-edge/future-energy-green-hydrogen/> (дата обращения: 05.12.2022).
- Greenpeace. 2015.** Energy Revolution 2015. URL: <https://wayback.archive-it.org/9650/20200212151746/http://p3-raw.greenpeace.org/international/en/publications/Campaign-reports/Climate-Reports/Energy-Revolution-2015/>.
- Grinin L., Grinin A., Korotayev A. 2023.** Future Political Change. Toward a More Efficient World Order. *Overcoming the Limits to Growth. A Report to the Club of Rome* / Ed. by V. Sadovnichy *et al.* Cham: Springer (in print).
- Grinin L., Grinin A., Malkov S. 2023a.** Economics. Optimizing Growth. *Overcoming the Limits to Growth. A Report to the Club of Rome* / Ed. by V. Sadovnichy *et al.* Cham: Springer (in print).
- Grinin L., Grinin A., Malkov S. 2023b.** Socio-Political Transformations. A Difficult Path to Cybernetic Society. *Overcoming the Limits to Growth. A Report to the Club of Rome* / Ed. by V. Sadovnichy *et al.* Cham: Springer (in print).
- Grinin L., Korotayev A. 2023.** Africa – the Continent of the Future. Challenges and Opportunities. *Overcoming the Limits to Growth. A Report to the Club of Rome* / Ed. by V. Sadovnichy *et al.* Cham: Springer (in print).
- Grinin L., Malkov S., Korotayev A. 2023.** High Income and Low Income Countries. Toward a Common Goal at Different Speeds. *Overcoming the Limits to Growth. A Report to the Club of Rome* / Ed. by V. Sadovnichy *et al.* Cham: Springer (in print).
- Holbrook E. 2021.** Study Says Global Green Hydrogen Production to Skyrocket 57 % to 2030. *Environment + Energy Leader*. URL: <https://www.environmentalleader.com/2021/01/study-says-global-green-hydrogen-production-to-skyrocket-57-to-2030/> (дата обращения: 12.11.2021).
- HomeAdvisor. 2021.** Pros, Cons and Costs: Energy Star Appliances. URL: <https://www.homeadvisor.com/r/energy-star-appliances/> (дата обращения: 29.07.2021).
- IEA. 2019.** *Global CO₂ Emissions by Sector*. Paris: IEA. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-co2-emissions-by-sector-2019>.
- IEA. 2020a.** *Energy Related CO₂ Emissions, 1990–2019*. Paris: IEA. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/energy-related-co2-emissions-1990-2019>.
- IEA. 2020b.** *World Energy Outlook 2020*. Paris: IEA. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>.
- IEA. 2021a.** *Global Energy Review 2021*. Paris: IEA. URL: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021/co2-emissions>.
- IEA. 2021b.** *Global EV Outlook 2020 Entering the Decade of Electric Drive?* Paris: IEA. URL: https://iea.blob.core.windows.net/assets/af46e012-18c2-44d6-becd-bad21fa844fd/Global_EV_Outlook_2020.pdf.
- IEA. 2021c.** *World Energy Outlook 2021*. Paris: IEA. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>.

- IPCC. 2014.** Climate Change 2014. Synthesis Report. *Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* / Ed. by R. K. Pachauri, L. A. Meyer. Geneva: IPCC.
- IPCC. 2018.** Global Warming of 1.5°C. *An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty* / Ed. by V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner *et al.* Geneva: IPCC.
- IPCC. 2021.** Summary for Policymakers. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* / Ed. by V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani *et al.* Cambridge: Cambridge University Press.
- IRENA. 2019.** *Hydrogen: A Renewable Energy Perspective*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- IRENA. 2020.** *Global Renewables Outlook: Energy Transformation 2050*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- IRENA. 2021.** *World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- Janeway K. 2015.** Consumer Reports. How an LED Uses So Much Less Energy. URL: <https://www.consumerreports.org/lightbulbs/why-an-led-uses-so-little-energy-/>.
- Korotayev A., Shulgin S., Ustyuzhanin V., Zinkina J., Grinin L. 2023.** Modeling Social Self-Organization and Historical Dynamics. Africa's Futures. *Overcoming the Limits to Growth. A Report to the Club of Rome* / Ed. by V. Sadovnichy *et al.* Cham: Springer (in print).
- Lindsey R. 2020.** Climate Change: Global Sea Level. NOAA. URL: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-sea-level>.
- Maxton G., Randers J., Suzuki D. 2016.** *Reinventing Prosperity*. URL: <https://www.clubofrome.org/publication/reinventing-prosperity-2016/>.
- Malkov S., Grinin L., Grinin A., Musieva J., Korotayev A. 2023.** Modeling Social Self-Organization and Historical Dynamics. Global Phase Transitions. *Overcoming the Limits to Growth. A Report to the Club of Rome* / Ed. by V. Sadovnichy *et al.* Cham: Springer (in print).
- Meier A. 2021.** *Should the Next Standby Power Target Be 0-Watt?* Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory. URL: <https://escholarship.org/content/qt566951pn/qt566951pn.pdf>.
- The National Center for Appropriate Technology (NCAT). 2021.** *Solar Energy*. URL: <https://www.ncat.org/solar-energy/> (дата обращения: 04.08. 2021).
- NOAA. 2022.** Trends in Atmospheric Carbon Dioxide, Mauna Loa CO2 Weekly Mean and Historical Comparisons. URL: <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/data.html>.
- The Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC). 2021.** World Oil Outlook 2021. URL: <https://woo.opec.org/pdf-download/>.

- Ortiz-Bobea A., Ault T. R., Carrillo C. M. et al. 2021.** Anthropogenic Climate Change has Slowed Global Agricultural Productivity Growth. *Nature Climate Change* 11: 306–312. DOI: 10.1038/s41558-021-01000-1.
- Our World in Data. 2020.** Emissions by Sector. URL: <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>.
- Patel S. 2021.** Countries Roll Out Green Hydrogen Strategies, Electrolyzer Targets, Power. URL: <https://www.powermag.com/countries-roll-out-green-hydrogen-strategies-electrolyzer-targets/>.
- Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK). 2013.** Expert Assessment: Sea-level Rise could Exceed One Meter in This Century. URL: <https://www.pik-potsdam.de/en/news/latest-news/archive/2013/expert-assessment-sea-level-rise-could-exceed-one-meter-in-this-century>.
- Randers J. 2012.** *2052: A Global Forecast for the Next Forty Years*. White River Junction, VT: Chelsea Green Publishing. URL: <http://www.2052.info/>.
- Randers J., Rockström J., Stoknes P. E., Golüke U., Collste D., Cornell S. 2018.** *Transformation is Feasible*. Stockholm: Stockholm Resilience Centre. URL: <https://www.clubofrome.org/publication/transformation-is-feasible/>.
- REN21. 2019.** Перспективы глобального перехода к возобновляемой энергетике. *Глобальный доклад REN21 «Возобновляемая энергетика 2019»*. URL: www.ren21.net/GSR.
- REN21. 2021.** *Renewables 2021 Global Status Report*. URL: <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>.
- Ritchie H., Roser M. 2021.** Natural Disasters. *Our World in Data*. URL: <https://ourworldindata.org/natural-disasters>.
- Scott M. 2020.** Green Hydrogen, The Fuel Of The Future, Set For 50-Fold Expansion. *Forbes* December 14. URL: <https://www.forbes.com/sites/mikescott/2020/12/14/green-hydrogen-the-fuel-of-the-future-set-for-50-fold-expansion/?sh=6f5485306df3>.
- Shell. 2013.** New Lens Scenarios. A Shift in Perspective for a World in Transition [Электронный ресурс]. URL: https://www.google.ru/url?sa=t&rc=t=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwih_7mr-4ftAhVMr4sKHT_tBAEQFjABegQIAx-AC&url=https%3A%2F%2Fwww.shell.com%2Fcontent%2Fdam%2Froyaldutchshell%2Fdocuments%2Fcorporate%2Fscenarios-newdoc.pdf&usq=AOvVaw2yKURs_ZGNsFk9icrtWoM1.
- Shell. 2018.** Sky Meeting the Goals of the Paris Agreement. URL: https://www.shell.com/promos/business-customers-promos/download-latest-scenario-sky/_jcr_content.stream/1530643931055/eca19f7fc0d20adbe830d3b0b27bcc9ef72198f5/shell-scenario-sky.pdf.
- Statista. 2022.** Annual Number of Natural Disaster Events Globally from 2000 to 2020. URL: <https://www.statista.com/Shellstatis-tics/510959/number-of-natural-disasters-events-globally/>.
- S&P Global. 2021.** Experts Explain Why Green Hydrogen Costs Have Fallen and will Keep Falling. URL: <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/latest-news-headlines/experts-explain-why-green-hydrogen-costs-have-fallen-and-will-keep-falling-63037203>.

- United Nations. 2016.** Paris Agreement. URL: <https://unfccc.int/process/conferences/pastconferences/paris-climate-change-conference-november-2015/paris-agreement>.
- Virta. 2021.** Myth Buster: Electric Vehicles will Overload the Power Grid. URL: <https://www.virta.global/blog/myth-buster-electric-vehicles-will-overload-the-power-grid>.
- Vorrath S. 2015.** Top 10 Technologies to Double the Energy Efficiency, Deliver Zero Emissions. *Renew Economy* [Электронный ресурс]. URL: <https://reneweconomy.com.au/top-10-technologies-to-double-energy-efficiency-deliver-zero-emissions-65210/>.
- Weizsäcker E. U. von, Wijkman A. 2018.** *Come On! Capitalism, Short-Termism, Population and the Destruction of the Planet*. Cham: Springer.
- Welthungerhilfe. 2021.** Global Hunger Index. URL: <https://www.welthungerhilfe.org/hunger/global-hunger-index/>.
- Wijkman A., Skånberg K. 2017.** *The Circular Economy and Benefits for Society. Jobs and Climate Clear Winners in an Economy Based on Renewable Energy and Resource Efficiency. A Study Pertaining to Finland, France, the Netherlands, Spain and Sweden*. N. p.: Club of Rome, MAVA Foundation.
- World Energy Council (WEC). 2019.** World Energy Scenarios 2019. URL: https://www.worldenergy.org/assets/downloads/2019_Scenarios_Full_Report.pdf.
- World Nuclear Association (WNA). 2020.** The Nuclear Fuel Report: Expanded Summary – Global Scenarios for Demand and Supply Availability 2019–2040. Report No. 2020/005. URL: <https://world-nuclear.org/getmedia/b488c502-baf9-4142-8d12-42bab97593c3/nuclear-fuel-report-2019-expanded-summary-final.pdf.aspx>.
- World Meteorological Organization (WMO). 2021.** State of the Global Climate 2020. URL: https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21880#.Yf79XfhRVD9.

3

Климат и человек: новый критерий связи и новый метод прогноза*

Алексей Александрович Фомин

Международный центр образования и социально-гуманитарных исследований

В статье предварительно обосновывается наличие сильной связи между климатом и деятельностью человека начиная со времен ок. 2,1 тыс. лет до н. э. и до начала нашей эры, что делается с помощью нового, ранее неизвестного критерия, суть которого связана с наличием корреляции между некоторыми демографическими и ранее неизвестными климатическими циклами. В результате дано объяснение нарастающим в последние годы климатическим колебаниям как следствию нарастания соответствующих экономических колебаний, приводящих к аналогичному антропогенному влиянию на климат.

Ключевые слова: климатические циклы, демографические циклы, климатические угрозы, метод описания температурной динамики, демографические пузыри, климатические пузыри, «дикий капитализм», постиндустриальное общество.

ВВЕДЕНИЕ

Связь между климатическими циклами и демографическими (а следовательно, и социально-экономическими) рождает принципиально новый взгляд на исторический процесс в контексте климатического на него влияния. В соответствии с ним, всякого рода климатические влияния, радикально изменяющие исторический процесс, могут быть вовсе не случайными внешними факторами по отношению к человеку: они могут образо-

* **Для цитирования:** Фомин А. А. 2023. Климат и человек: новый критерий связи и новый метод прогноза. *История и Математика: Анализ глобального социоприродного развития* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев. Волгоград: Учитель. С. 58–74. DOI: 10.30884/978-5-7057-6258-3_04.

For citation: Fomin A. A. 2023. Climate and People: a New Criterion Communications and a New Forecast Method. *History and Mathematics: Analysis of Global Socio-Natural Development* / Ed. by L. E. Grinin, A. V. Korotayev. Volgograd: Uchitel. Pp. 58–74 (in Russian). DOI: 10.30884/978-5-7057-6258-3_04.

вывать с историей единое, взаимосвязанное и взаимообуславливающее целое. То есть это означает, что климат нельзя рассматривать как не зависящую от истории переменную. Например, известные в истории социально-экономические кризисы, произошедшие из-за влияния климата, нельзя рассматривать как случайность, радикально изменившую ход истории: эта климатическая «случайность» может быть обусловлена всем ходом предыдущей истории. Так, многие считают, что современные нарастающие климатические угрозы являются продуктом накопившегося антропогенного влияния. Подобные кризисы в истории могли случаться не раз и, скорее, должны являться закономерностью.

В статье на основе данных по температуре за последние примерно 23 млн лет также обосновывается, что и до возникновения человека существовала связь между циклами, аналогичными демографическим (протодемографические, биотические циклы), и температурой. Это открывает принципиально новое видение происхождения демографических, соответствующих социально-экономических (исторических) циклов и их связь с климатическими, что открывает новые перспективы понимания исторической эволюции через биологическую и наоборот.

Предложенный в статье метод описания температурной динамики ранее зарекомендовал себя при описании разных экономических показателей (Сорнетте 2003), землетрясений (см., например: Sornette, Sammis 1995), ледотрясений (см., например: Failletaz *et al.* 2009) и оползней (см., например: Pralong *et al.* 2005). И соответствующие выявленные численные закономерности в климатических данных открывают также новую главу в климатологии. В частности потому, что позволяют численно прогнозировать климатическую динамику (в некоторых диапазонах времен) без привлечения сложных вычислений на суперкомпьютерах и открывают принципиально новый подход в прогнозировании погоды (как долгосрочном, так и краткосрочном).

ПУЗЫРИ

Качественно

Наличие упомянутой связи между климатом и демографией утверждается на том основании, что каждому упомянутому демографическому циклу соответствует свой синхронный пузырь как в климатических (температура и т. п.), так и в демографических данных с примерно одинаковыми (для каждого демографического цикла) точками сингулярности.

«Пузырь» – это последовательность подциклов с сокращающимися периодами. Он имеет момент – точку сингулярности, – когда частота циклов формально обращается в бесконечность. То есть такие точки сингулярности оказываются примерно одинаковыми как для климатических,

так и для примерно синхронных демографических пузырей, развивающихся в течение каждого из упомянутых демографических циклов.

И поскольку рост народонаселения планеты идет примерно по гиперболическому закону и не может иметь в качестве главной причины климат, то упомянутая корреляция между демографическими и климатическими пузырями косвенно указывает на влияние демографических циклов на климатические.

Что заставляет взглянуть по-новому не только на проблему глобального потепления, но и ставит новые задачи изучения влияния социально-экономической эволюции саму на себя с помощью обратного, опосредованного влияния через климат. К концу упомянутых пузырей (каждый из которых соответствует своему демографическому циклу) климатические колебания становятся особенно частыми. Угрозу для человека (сельского хозяйства и др.) представляет не столько потепление или похолодание само по себе, а тот момент, когда такие процессы развиваются слишком быстро для того, чтобы человек успел достаточно адекватно к ним приспособиться. Именно это и может оказывать, например, губительное влияние на сельское хозяйство, провоцируя кризисы. В результате не исключено, что такое обратное влияние является мощным синхронизирующим фактором социально-экономической эволюции, способствующим тому, что в разных пространственно удаленных частях мира социально-экономические процессы начинают развиваться относительно синхронно. Если это так, то это является новым важным аспектом в понимании развития мировой истории.

Математическое определение пузыря

Традиционно для описания эволюции разных глобальных социально-экономических процессов используются гиперболы. Например, при описании динамики мирового народонаселения – это обычная гипербола ($\sim 1/(t_{\text{синг}} - t)$) (Капица 1996), при описании мировой грамотности и численности крупнейших поселений мира – квадратичная гипербола ($\sim 1/(t_{\text{синг}} - t)^2$) (Коротаев 2006). В той же работе обычная гипербола используется для описания эволюции душевого ВВП.

С другой стороны, для описания разных показателей финансовых рынков (например, стоимость акций, инфляции, различные индексы – Доу-Джонса и др.) используется так называемая логостепенная параметризация (Сорнетте 2003), которая отражена формулой (1). Такая закономерность и есть то, что выше называлось пузырем.

$$C_2 + C_3 (t_{\text{синг.}} - t)^{C_5} + C_4 (t_{\text{синг.}} - t)^{C_5} \cos\{\omega \log(t_{\text{синг.}} - t) + \varphi\}, \quad (1)$$

где C , φ , $t_{\text{синг.}}$ – константы. Первые два члена (верхняя строчка) представляют собой степенную зависимость. Третий описывает так называемые

логоколебания¹ – колебания с сокращающимися от цикла к циклу периодами в одно и то же количество раз. Причем их амплитуда меняется со временем по точно тому же закону, что и второй член. Константа $t_{\text{синг.}}$ представляет собой момент, когда частота колебаний формально обращается в бесконечность.

ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ

В (Фомин 2016) показано, что динамика народонаселения планеты тоже описывается соотношением (1) (в варианте, когда $C_2 = 0$):

$$231085080/(2037,44 - t) + 17710390 \cos\{11,62 \log(2037,44 - t) + 1,42\}/(2037,44 - t). \quad (2)$$

Колебательная составляющая этого соотношения выше и называлась демографическими циклами. Для их границ (локальные минимумы упомянутой колебательной составляющей) получаются значения (в календарных годах): –48252, –12441, –2131, 837, 1692, 1938, 2009. Промежутки между этими датами последовательно слева направо известны с той или иной степенью условности как верхний палеолит (массово используются каменные инструменты), неолит (массово используются микролитические, каменные технологии, состоящие в изготовлении орудий из составных частей с использованием комбинации каменных заготовок до нескольких сантиметров каждая), рабство (металл), феодализм (широко используется энергия воды и ветра), дикий капитализм (энергия пара), постиндустриальное общество (массово распространяется электричество). То есть с некоторой степенью условности данные циклы однозначно связаны с процессом массового распространения каких-то ключевых для каждого из этих циклов технологий. Что, соответственно, связано с развитием соответствующих экономических отраслей.

ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ПУЗЫРИ

Введение

В связи с этим выглядит неслучайным, что, как обосновывается в той же статье, каждому демографическому циклу соответствует свой пузырь в динамике народонаселения. Потому что, как выше уже отмечалось, точно такие же по математической форме пузыри известны для разных показателей финансовых рынков – например, стоимости акций того или иного предприятия (примеры см.: Сорнетте 2003). Такая стоимость – это не что иное, как косвенный показатель экономического развития. А динамика народонаселения – это тоже косвенный показатель экономического развития, если людей рассматривать с экономической точки зрения – как рабо-

¹ «Лого» происходит от того, что в логарифмическом масштабе времени, когда время отсчитывается от точки сингулярности $t_{\text{синг.}}$, они являются постоянно-периодическими.

чую силу, растущую в числе по мере роста/распространения соответствующих технологий, типичных для того или иного демографического цикла. В (Фомин 2016) рассматривались демографические пузыри (в данных по населению мира), соответствующие демографическим логоциклам, которые там названы феодальным циклом и циклом дикого капитализма. В настоящей статье вместо термина «феодальный» будет использован термин «средневековый». Для более древнего демографического логоцикла, который в упомянутой статье называется рабовладельческим, а в этой – просто древним, неполнота данных толком не позволяла увидеть демографический пузырь напрямую (то есть по данным мирового народонаселения). Но в упомянутой статье для этого цикла и остальных, более молодых циклов, они рассматривались косвенно – по количеству одновременно протекающих войн (для пузырей которых, как там показывалось, тоже имеет место соответствие с демографическими циклами).

Древний цикл

Для того чтобы исправить упомянутый пробел, для древнего логоцикла на Рис. 1 показан пузырь, соответствующий ему хотя и не для всего мирового населения, но для частоты археологических находок людей в Евразии.

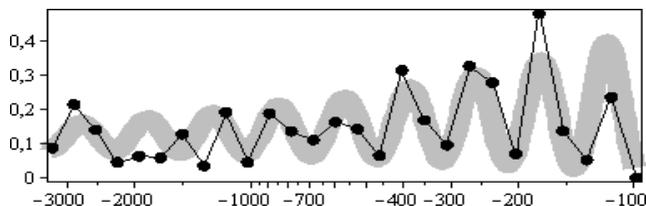


Рис. 1. Демографический пузырь Евразии древнего цикла

Ордината: число датированных радиоуглеродным методом находок индивидов в пересчете за год², абсциссы: годы³, с началом отсчета в точке сингулярности логостепенной параметризации (плавная линия) $0,0936 + 1,242/(882,830 - t)^{0,503} + 2,051/(882,830 - t)^{0,503} \cos\{36,756 \log(882,83 - t) - 0,686\}$, t – календарные годы. Точка сингулярности = 882,83 г. до н. э. Диапазоном точек соответствует 2396,4 г. до н. э. – 784,2 г. н. э. Исходные данные: (Леви и др. 2011: 472–511).

Как видно, пузырь хронологически примерно совпадает с древним демографическим циклом и имеет точку сингулярности примерно в его конце.

² Точки получены разбиением всего исходного диапазона на эквидистантные промежутки времени в логарифмическом масштабе времени с началом отсчета в 840 г. В качестве ординаты взято число находок индивидов на интервалах, разделенное на их длительность в годах, а абсцисса каждой из точек – среднее датировок каждого из упомянутых интервалов.

³ В рассматриваемом источнике приведены некалиброванные датировки, которые были переведены (с точностью до σ) с помощью программы calib704 в календарный возраст (бралась середина диапазона).

Средневековый цикл

Совершенно аналогичный демографический пузырь развивается и на протяжении средневекового демографического цикла (Рис. 2).

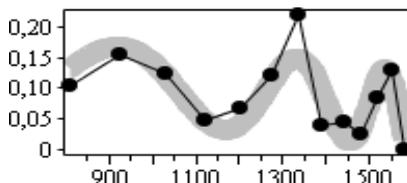


Рис. 2. Демографический пузырь Евразии средневекового логочикла

Ордината: число датированных радиоуглеродным методом находок индивидов в пересчете за год, абсцисс: календарные годы⁴. Плавная линия – логостепенная параметризация пузыря (получена минимизацией дисперсии): $-28441,23 + 28441,16 (1732,0 - t)^{0,00000093} + 0,064 (1732,0 - t)^{0,00000093} \cos\{20,421 \log(1732,0 - t) - 2,824\}$, t – календарные годы, точки сингулярности = 1732 г. (109,9 % / 107,7 %), коэффициенты корреляции = 0,611, абсцисс: 807,9–1582,8 гг. (8,1 % – 78,0 % / – 2,5 % – 76,5 %). Данные, калибровка – как на Рис. 1.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПУЗЫРИ

Аналогично для всех демографических циклов и даже их экстраполяций в прошлое, для которых это позволяют сделать данные, можно увидеть пузыри в динамике температуры или косвенных ее показателях. Ниже приводятся такие пузыри по разным, в основном региональным данным, начиная от рабовладельческого демографического цикла и вплоть до современности.

Древний цикл

Для древнего демографического цикла этот пузырь показан на Рис. 3 сверху в динамике относительной поверхностной морской температуры (по динамике доли тяжелого изотопа кислорода) из осадочного керна у побережья юго-запада США: он показан вместе с более мелким типом колебаний, нанизанных на него на Рис. 3 (снизу).

Между температурой и упомянутой долей имеет место почти линейная связь (см., например: Jouzel *et al.* 2007: Fig. 2). Поэтому данная доля может быть показателем динамики температуры поверхности Земли. Только эта связь такова, что росту доли тяжелого изотопа соответствует снижение температуры.

⁴ Метод разбиения интервалов для получения точек – как на Рис. 1, только в качестве точки сингулярности был взят 1800 г.

Пузыри имеют фрактальную структуру, когда на один тип колебаний наизнан более мелкий тип, на тот – еще более мелкий и т. д. (см.: Сорнетте 2003). Причем для всех них точки сингулярности получаются примерно одинаковыми (Там же), равно как и в рассматриваемом случае. Это свойство является одним из дополнительных индикаторов наличия пузыря, так как не всегда пузырь можно отчетливо увидеть по относительно крупным колебаниям из-за того, что периодов этих колебаний может быть относительно немного, как на Рис. 3 сверху.

Для пузыря на Рис. 3, в отличие от подавляющего большинства пузырей, соответствующих демографическим циклам или их экстраполяциям в прошлое (в настоящей статье приводится лишь небольшая их часть), с точкой сингулярности получилось исключение. Так как она оказалась скорее не в конце цикла, а чуть ли не в середине следующего за ним демографического цикла. Но это исключение может быть связано с локальной вариацией развития пузыря в температуре юго-западного побережья США.

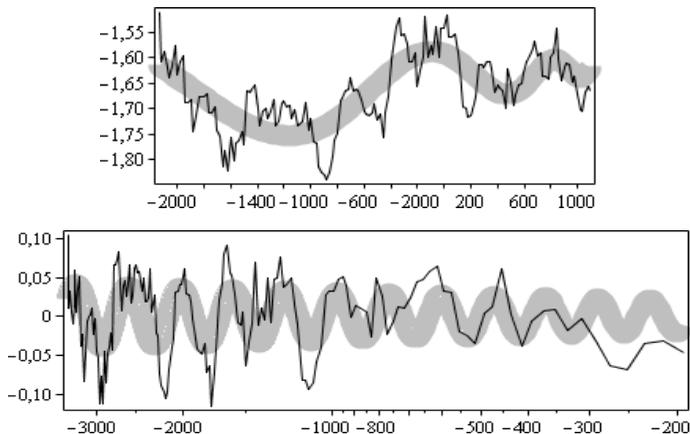


Рис. 3. Пузырь древнего демографического цикла в динамике доли (промилле в единицах стандарт PDB) изотопа кислорода ^{18}O (по осадочным фораминиферам), по скважине 79GGC (у архипелага Флорида-Кис, юго-запад США) с шагом в 20 лет. Плавные линии: параметризации вида (1) – получены минимизацией дисперсии

Сверху: плавная = $-1,614 - 0,0000971 (1291,1 - t)^{0,798} + 0,000181 (1291,1 - t)^{0,798} \cos\{13,2 \log(1291,1 - t) - 3,709\}$, коэффициент корреляции = 0,73, точка сингулярности = 1291 г., абсцисс = $-2141,0 - 1099$ календарные годы.

Снизу: ломаная – разность между ломаной и плавной рис. сверху, плавная = $0,00647 (1292,3 - t)^{0,230} \cos\{59,44 \log(1292,3 - t) - 1,789\}$, точка сингулярности = 1292,3 г., абсцисс – годы в десятичном, логарифмическом масштабе, отсчитываемые от нее.

Данные: Lund, Curry 2004.

Средневековый цикл и цикл «дикого капитализма»

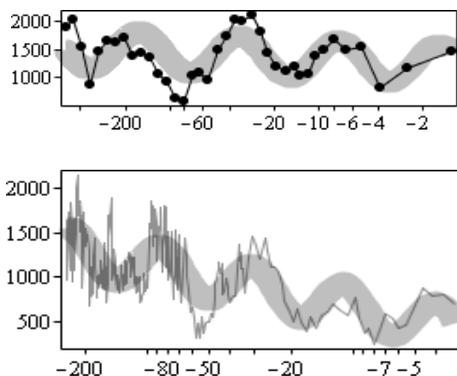


Рис. 4. Пузыри во встречаемости фораминифер (число на грамм) Карибского бассейна (кern PL07-71), соответствующие демографическим циклам

Абсцисс: годы, отсчитываемые от точек сингулярностей $t_{\text{синг.}}$. Параметры получены минимизацией дисперсии.

Сверху: средневековый цикл; $-717966 + 719180 (1701,9 - t)^{0,0000702} + 350,0 (1701,9 - t)^{0,0000702} \cos\{9,4 \log(1701,9 - t) - 1,8\}$; $t_{\text{синг.}}=1701,9$ г.; диапазону точек соответствуют 1198,0–1700,6 гг.

Снизу: цикл «дикого капитализма»; $-1484536,6 + 1484718,6 (1948,8 - t)^{0,000138} + 245,6 (1948,8 - t)^{0,000138} \cos\{14,12 \log(1948,8 - t) - 2,16\}$, $t_{\text{синг.}}=1948,8$ г., 1700,64–1945,63 гг.

Данные: Black *et al.* 1999.

Установлено, что встречаемость фораминифер⁵ почти линейно снижается с ее ростом (Black *et al.* 1999), а поэтому колебания в ней позволяют идентифицировать и пузыри, соответствующие демографическим циклам. Для средневекового цикла и цикла «дикого капитализма» это отражено на Рис. 4.

Цикл постиндустриального общества

Для демографического цикла постиндустриального общества демографический пузырь, вероятно, не позволяет увидеть неполнота данных – из-за того, что демографические колебания, соответствовавшие ему, имели бы слишком малые периоды. Столь малые, что, поскольку продолжительность жизни человека много выше этой длительности, их очень трудно заметить. Вероятно, они есть, но намного выше погрешности данных по мировому народонаселению за послевоенное время. Аналог этого пузыря, скорее, следовало бы искать в данных по динамике безработицы.

⁵ Фораминиферы – одноклеточные организмы с раковиной. Современные имеют размер 0,1–1 мм, некоторые вымершие виды достигали 20 см (Фораминиферы 2016).

Зато можно увидеть пузырь демографического цикла постиндустриального общества для средней температуры поверхности Земли (получена по прямым метеонаблюдениям) (Рис. 5). Как и для предыдущего рисунка, на более крупный тип логоколебаний (Рис. 5 сверху) нанизаны более мелкие колебания примерно с той же самой точкой сингулярности (Рис. 5 снизу).

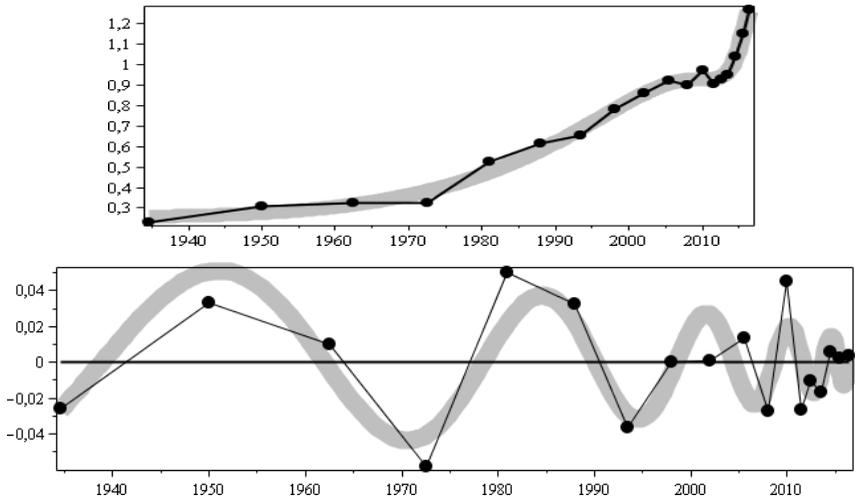


Рис. 5. Пузырь логоцикла постиндустриального общества в средней приповерхностной температуре Земли

Примечание. Ордината – ее отклонение в градусах от некоторого значения. Параметризации (плавные линии) получены минимизацией дисперсии.

Абсцисс: 1934,5–2016,5 гг.⁶

Сверху: параметризация: $1,605 - 0,410 (2017,16 - t)^{0,261} + 0,0445 (2017,16 - t)^{0,261} \cos\{5,485 \log(2017,16 - t) + 0,129\}$, точка сингулярности = 2017,15 г., коэффициент корреляции = 0,996.

Снизу: разность между ломаной и плавной рис. сверху, параметризация: $0,00718 (2019,07 - t)^{0,466} \cos\{21,29 \log(2019,07 - t) + 1,28\}$, точка сингулярности = 2019,07 г.

Исходные данные (шаг – год): Hansen *et al.* 2017: Fig. 2a.

Более древние климатические логоциклы и пузыри

Соответствие между пузырями демографических логоциклов и температурными пузырями, развивающимися на их телах и имеющими примерно такие же, что и демографические пузыри, точки сингулярности, можно проследить еще и для двух более древних логоциклов (начиная от верхнего палеолита, ок. 48 тыс. л. до н. э.) по сравнению с рассмотренными. Это и будет сделано в нашей готовящейся книге.

⁶ Метод разбиения интервалов для получения точек – как на Рис. 1, только в качестве точки сингулярности был взят 2019 г.

Есть все основания полагать, что экстраполированные демографические циклы, описываемые (2) во времена задолго до человека, продолжают обладать тем же свойством влияния на климат, что и во времена человека. Для таких протодемографических циклов тоже существуют свои пузыри в температурных показателях, аналогичных рассмотренным выше (на этот счет готовятся к печати соответствующая книга). На Рис. 6 показаны колебания в концентрации тяжелого изотопа кислорода после 23 млн л. н., идущие скорее асинхронно с математической экстраполяцией в прошлое демографических циклов (или синхронно с колебаниями температуры, поскольку она почти линейно растет с уменьшением концентрации тяжелого изотопа кислорода).

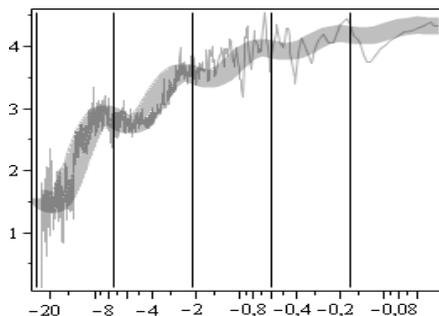


Рис. 6. Экстраполированные в прошлое демографические циклы (плавная линия) в доле тяжелого изотопа кислорода ^{18}O (ломаная) в кернах № 1147 и № 1148 программы бурения севера Южно-Китайского моря по отношению к обычному ^{18}O в промилле (в единицах международного стандарта PDB)

Примечание. Для уменьшения искажения закономерности постоянно-периодическими шумами ломаная линия была получена усреднением⁷ исходных данных (Tian *et al.* 2008) по периоду одного из типов циклов Миланковича в 41 тыс. л.⁸ Плавная линия (получена минимизацией дисперсии): $4,531 - 0,755 (0,002037 - t)^{0,430} + 0,121 (0,002037 - t)^{0,430} \cos\{11,619 \log(0,002037 - t) + 1,317\}$. Оптимизировались все параметры, кроме точки сингулярности, взятой из (2). Абсцисс: время в млн л., отсчитываемое от точки сингулярности из (2) (равной 0,002037 млн лет) в десятичном, логарифмическом масштабе, соответствует диапазону $-23,10105 - 0,04005$ календарных млн лет. Вертикальные линии — концы демографических циклов, экстраполированных в прошлое, то есть локальные минимумы колебательной составляющей (2).

⁷ По всевозможным наборам соседних точек рис. сверху, уступающих во всевозможные интервалы в 41 тыс. лет. Таких, что начало каждого интервала совпадает с одной из точек рис. сверху. Каждому такому набору поставлена в соответствие точка рис. снизу со значениями осей координат, равными средним значениям этих осей по набору.

⁸ Долгопериодические, или «вековые» колебания угла наклона оси Земли к плоскости ее орбиты, вызванные возмущающим действием других планет.

ВЫВОДЫ

О будущем

Как мы видим на Рис. 5, рост температуры поверхности Земли с 1970 по 2010 г. примерно в два раза меньше, чем за последующий период до 2017 г. Несмотря на это, особо интенсивно климатические изменения происходят лишь в последние годы. Например, аномально прохладная погода (весеннего уровня) в Москве в начале лета 2017 г. и, наоборот, аномально теплые периоды зимой 2016 г. Это указывает на то, что не само по себе потепление привело к такому результату, а то, что эти аномалии как раз приходится на конец цикла постиндустриального общества. Потому что именно на этот период приходится и особенно интенсивные климатические колебания температурного пузыря постиндустриального общества. На Рис. 5 показаны лишь два типа таких колебаний. Но пузыри обладают таким свойством, что их существует множество, наложенных друг на друга (Сорнетте 2003), просто шаг не менее года (как на Рис. 5) не позволяет их увидеть. А если брать шаг меньше, то соответствующие колебания будут «забиты» сезонными температурными колебаниями.

Как только в ближайшие годы прекратится развитие климатического пузыря постиндустриального общества, температурные аномалии последних лет резко пойдут на спад.

Критическое влияние на человеческое общество может оказывать не климат сам по себе, а его колебания. Соответствующие пузыри могут развиваться, вообще говоря, не только на фоне роста температуры, но и на фоне ее примерного постоянства, как для древнего демографического цикла (Рис. 3), или даже понижения. Все это прямо способствует разбалансировке не только социально-экономической системы (главным образом из-за неурожаев, ущерба инфраструктуре из-за аномальных наводнений, ураганов, снегопадов), но и биотической. А последнее может оказывать обратное, разбалансирующее влияние и на человека – например, в виде нашествия саранчи на поля или вырезания хищниками домашних животных в голодные для них годы.

Причем такие годы могут наступать не обязательно из-за ухудшений климата по сравнению с усредненной нормой, но и наоборот – из-за кратковременно слишком благоприятного климата. Хищники в этом случае могут хорошо размножаться, а потом не успеть приспособиться к слишком быстрым изменениям климата при возвращении к условной норме, и в результате будут вынуждены переключиться на домашних животных.

Обратное влияние природных экосистем на человека может наблюдаться и в виде зарождения (распространения) в них заболеваний, которые потом передадутся человеку и распространятся в виде эпидемий. Например, аномально дождливое лето может благоприятствовать распро-

странению комаров, а вместе с ними – и различных заболеваний (например, малярии).

Всему подобному тоже могут благоприятствовать аномалии в природных экосистемах. Например, «казни Христовы» (наводнения, нашествия вредителей, засуха), обрушившиеся на Древний Египет и описанные в Библии, тоже пришлись на конец одного из демографических циклов (неолитического). Выглядит неслучайным то, что «казни Христовы» в Библии описывались именно как казни – божественное отмщение за неблагоприятные деяния правителей Древнего Египта: это было как раз время конца неолитического демографического цикла, когда типичные его технологии уже исчерпывали себя, что порождало кризис всей социально-экономической системы. Выходом из него стала новая технологическая революция, связанная с массовым распространением металла (которая породила новый цикл, выше названный древним).

Ситуация совершенно аналогична современной. И опять Африку (и не только) поражают разные несчастья. Это «арабская весна», войны, разруха, голод. В результате по состоянию на сентябрь 2014 г., по данным ООН, количество беженцев в мире стало сопоставимо с таковым во время Второй мировой войны (после нее тоже развился новый социально-экономический цикл постиндустриального общества). А 10 марта 2017 г. глава отдела ООН по гуманитарным вопросам Стивен О'Брайан заявил о происходящей в мире крупнейшей гуманитарной катастрофе со времен 1945 г. и уточнил, что 20 млн человек в четырех странах страдают от голода и что состояние человечества близко к тому, которое оно испытало после Второй мировой войны (а примерно с ее концом завершился другой демографический цикл, предшествующий современному). Также он сказал, что эти 20 млн человек умрут от голода, если к июлю мировое сообщество не соберет 4,4 млрд долларов, передав их Йемену, Южному Судану, Сомали и Нигерии.

Одной из главных непосредственных причин катастрофы является отсутствие урожая в тропических районах Африки из-за засухи. Но это в свою очередь не является полностью внешней причиной по отношению к социально-экономическому кризису конца цикла постиндустриального общества: еще в 1997 г. П. Граймс предупреждал о неизбежности подобного сценария в первую очередь в тропических районах, что он объяснял наименьшей их устойчивостью к опустыниванию в связи с интенсивным ведением сельского хозяйства, сопровождающимся устранением естественных препятствий для развития пустыни (вырубка леса, кустарника), а также истощением почвы за счет смыва ее плодородного слоя вместе с поливными водами (Grimes 1999).

Если толчком для выхода из кризиса конца неолитического демографического цикла стал металл, то для выхода из нынешнего кризиса тако-

вым тоже обещает стать новая технологическая революция – нанореволюция.

Чем дальше вглубь времен, тем сильнее обратное влияние природных экосистем на вмешательство в них человека, поскольку тогда последний был гораздо более зависим от природных экосистем, чем сейчас. Когда европейцы впервые приплыли к Тасмании, они были поражены тем, что увидели там сплошь пожары (Кабо 1975). Как потом выяснилось, так тасманийские аборигены расчищали места для пастбищ животным, на которых они охотились. Такое выжигание радикально изменило природные экосистемы Тасмании и Австралии и очень сильно повлияло на выбросы парникового (углекислого) газа. Тасманийские аборигены тогда находились на уровне развития, сопоставимом со среднепалеолитическим (для большей части мира это времена ~200–40 тыс. л. н.), так как основным их инструментом являлось характерное для среднего палеолита скребло (Кабо 1975). Это указывает на то, что радикальное влияние человека на климат могло осуществляться еще со среднепалеолитических времен (порядка 180 тыс. л. н.). Это могло быть влияние через специально устраиваемые пожары для поимки диких животных или расчистки места для пастбищ. Впоследствии это влияние переросло в форму удаления деревьев для ведения сельского хозяйства. Со времен промышленной революции это еще и выбросы парниковых газов, главным образом благодаря сжиганию ископаемого топлива.

Биоценозы и техноценозы: прямая эволюционная преемственность

Это указывает на то, что современное климатическое влияние человека на биосферу постепенно выросло из вполне аналогичного биотического влияния по мере возникновения человека. Человек в этом плане не уникален. Б. И. Кудриным давно была подмечена функциональная параллель между биоценозами и аналогичными человеческими конструктами, которые он назвал техноценозами (Кудрин 1980; 1998). Анализ этой статьи указывает на то, что такая параллель – не просто функциональная, а «генетическая»: биоценозы постепенно, эволюционно перерастали в техноценозы, позаимствовав их свойства (например, ранговые, гиперболические распределения, о них см., например: Он же 2007) и сменив свою основу на эволюционно более мобильную, связанную с человеком.

В (Фомин 2010) уже обосновывалось наличие такого перерастания на основе анализа динамики палеонтологического биоразнообразия. Автор сделал вывод о том, что по мере роста темпов эволюции лавинообразно возникают все новые и новые экологические ниши, которые заполняются биотическими таксонами. Но при достаточно высоких темпах мы наблюдаем ситуацию, когда эти новые таксоны просто не успевают достаточно интенсивно появляться по мере возникновения этих экологических ниш,

так как скорость появления новых биотических таксонов ограничена, из-за чего и начинает развиваться технологическая эволюция, компенсирующая упомянутый недостаток скорости. Как обоснуется в упомянутой статье (в частности, на основе количественного анализа), прямым эволюционным предшественником гиперболического роста количества людей Земли мог быть гиперболический рост количества биологических видов. На некотором этапе эволюции эти виды уже не смогли возникать со столь же высокой интенсивностью, и их рост продолжился в рамках одного вида (человека), но в форме разных видов человеческой деятельности.

Ускоренность эволюции

Сейчас темпы эволюции продолжают нарастать. И если тысячу лет назад период демографических циклов (2) был много больше человеческой жизни, то сейчас он уже стал сопоставим с ней. Через 10 лет он уже станет меньше нее. Приближается аналогичная ситуация, когда население Земли не сможет следовать гиперболическому росту из-за ограниченной скорости рождения людей. Но гиперболический рост какое-то время может еще продолжаться в форме роста количества роботов.

Столь быстрое ускорение глобальной эволюции означает, что, кроме климатических пузырей, соответствующих демографическим циклам (как, например, современный, см. Рис. 5), от цикла к циклу все более интенсивный, стрессовый для человека климатический вклад будут давать не только такие пузыри, но и глобальный пузырь, описываемый (2). То есть следует ожидать нарастания климатических катаклизмов вплоть до глобальной точки сингулярности. По (2), она оказывается равной около 2037 г. Но эта величина имеет погрешность. Более подробный анализ, который мы планируем опубликовать в уже упоминавшейся книге, не только на основе демографии и не только по социально-экономической эволюции, но и по широкому комплексу эволюционных показателей указывает, что более вероятное значение глобальной точки сингулярности – около 2044 г.

Практическая ценность

Но прогнозы на несколько лет вперед уже сейчас можно строить на основе знания о существовании температурных пузырей, как на Рис. 5. Они подчиняются относительно простым математическим закономерностям и не требуют для своего анализа суперкомпьютеров.

Совершенно аналогичные, но гораздо более короткие климатические пузыри (например, с длительностью в годы или дни) могут позволить строить обычные прогнозы погоды и стать мощным и незаменимым инструментом, дополняющим дорогие и малоэффективные суперкомпьютерные вычисления.

Это не значит, что на климат не оказывают сильное влияние разные астрофизические постоянно-периодические циклы (известные циклы Миланковича). Их влияние с точки зрения изменения температуры может оказаться даже сильнее. Но несмотря на это, именно циклы с сокращающимися периодами могут представлять главную опасность для человека и природных экосистем. Вообще говоря, они даже могут вносить относительно небольшой вклад в среднюю температуру по сравнению с внешними циклами, накладываясь на них, как небольшая рябь, но при этом оказывать особенно заметный эффект.

Вышерассмотренная связь демографических циклов с климатическими открывает новую главу в изучении взаимодействия климата и человека, указывает на то, что такое взаимодействие имеет глубокую историю, уходящую своими корнями глубоко в биологическую эволюцию, задолго до появления человека, что придает большую важность изучению разных биотических циклов еще до возникновения человека. Поскольку если есть прямая эволюционная связь между демографическими циклами и их древними биотическими аналогами, то выявление и более подробное изучение протодемографических циклов позволит более точно строить прогноз на будущее, в частности в том, что касается климата.

Эта статья предлагает принципиально новый методологический подход, позволяющий прогнозировать климатические изменения и увязывать их с человеческой деятельностью, что открывает широкие и многообещающие перспективы соответствующих, в том числе междисциплинарных, исследований.

Библиография

- Кабо В. 1975.** *Тасманийцы и тасманийская проблема.* М.: Наука. URL: <https://vladimirkabo.com/books/tasmanians>.
- Капица С. П. 1996.** Феноменологическая теория роста населения Земли. *УФН* 166: 63–80. URL: <http://ufn.ru/ru/articles/1996/1/c/>.
- Коротаев А. В. 2006.** Периодизация истории Мир-Системы и математические макромодели 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.: Едиториал УРСС.
- Кудрин Б. И. 1980.** Исследования технических систем как сообществ изделий – техноценозов. *Методологические проблемы: ежегодник.* М.: Наука. URL: <http://www.kudrinbi.ru/public/10091/index.htm>.
- Кудрин Б. И. 1998.** *Технетика: новая парадигма философии техники (третья научная картина мира).* Томск: Изд-во Томского ун-та. URL: <http://www.kudrinbi.ru/public/10414/archive.rar>.
- Кудрин Б. И. 2007.** Мои семь отличий от Ципфа. *Общая и прикладная ценология* 4: 25–33. URL: <http://www.kudrinbi.ru/public/10683/index.htm>.

- Леви К. Г., Задонина Н. В., Язев С. А. 2011. *Радиоуглеродная хронология природных и социальных феноменов Северного полушария*. Иркутск: Изд-во Иркутского гос. ун-та. Т. 2. URL: <http://www.twirpx.com/file/1096099/>.
- Сорнетте Д. 2003. Как предсказывать крахи финансовых рынков. URL: <http://finansero.ru/stock/1896-dide-sornette-kak-predskazyvat-krakhi.html>.
- Фомин А. А. 2010. Степенно-логарифмическая связь между количеством соседних таксонов в биологии как основа для поиска аналогичной связи в технике. Междисциплинарность ценологических представлений. Общая и прикладная ценология. *Труды XIV конференции-семинара с международным участием по технетике и ценологии (Москва, 19 ноября 2009 г.)* / Общ. ред. Б. И. Кудрина. Вып. 43. *Ценологические исследования*. М.: Технетика. URL: http://cliodynamics.ru/index.php?option=com_afm&task=files.download&cid=92.
- Фомин А. А. 2016. О синтезе двух математических методов описания социально-экономической эволюции. *История и Математика: Мегаисторические аспекты* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, с. 205–244. Волгоград: Учитель.
- Фораминиферы. 2016. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Фораминиферы>.
- Black D. E., Peterson L. C., Overpeck J. T., Kaplan A., Evans M. N., Kashgarian M. 1999. Eight Centuries of North Atlantic Ocean-Atmosphere Variability. *Science* 286: 1709–1713. URL: <http://science.sciencemag.org/content/286/5445/1709.short>, data: <https://www.ncdc.noaa.gov/paleo-search/study/2532>.
- Faillietaz J., Fumk M., Sornette D. 2009. *Icequakes as Precursors of Ice Avalanches*. URL: <http://arxiv.org/abs/0906.5528>.
- Grimes P. E. 1999. The Horsemen and the Killing Fields. *Ecology and the World-System* / Ed. by W. L. Goldfrank, D. Goodman, A. Szasz. Westport, CT: Greenwood Press.
- Hansen J., M. Sato P., von Schuckmann K. K., Beerling D. J., Cao J., Marcott S., Masson-Delmotte V., Prather M. J., Rohling E. J., Shakun J., Smith P., Lais A., Russell G., Ruedy R. 2017. Young People's Burden: Requirement of Negative CO2 Emissions. *Earth System Dynamics* 8: 577–616. DOI: 10.5194/esd-8-577-2017.
- Jouzel J., Masson-Delmotte V., Cattani O., Dreyfus G., Falourd S., Hoffmann G., Minster B., Nouet J., Barnola J. M., Chappellaz J., Fischer H., Gallet J. C., Johnsen S., Leuenberger M., Loulergue L., Luthi D., Oerter H., Parrenin F., Raisbeck G., Raynaud D., Schilt A., Schwander J., Selmo E., Souchez R., Spahni R., Stauffer B., Steffensen J. P., Stenni B., Stocker T. F., Tison J. L., Werner M., Wolff E. W. 2007. Orbital and Millennial Antarctic Climate Variability over the Past 800,000 Years. *Science* 317(5839): 793–796. URL: <http://science.sciencemag.org/content/317/5839/793>, <http://epic.awi.de/16356/1/Fis2007b.pdf>.
- Lund D. C., Curry W. B. 2004. Late Holocene Variability in Florida Current Surface Density: Patterns and Possible Causes. *Paleoceanography* 19: PA4001. URL: <http://>

onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2004PA001008/full;jsessionid=C6A0A2907E1D7B58FFC5AEF8EFE086C8.f01t01?wol1URL=/doi/10.1029/2004PA001008/full®ionCode=KG&identityKey=6eede0d8-84ec-43a0-a1b6-0cf770df8fcb (data: <https://www.ncdc.noaa.gov/paleo/study/2645>).

- Pralong A., Birrer C., Stahel W. A., Funk M. 2005.** On the Predictability of Ice Avalanches. *Nonlinear Processes in Geophysics* 12: 849–861. URL: <http://www.nonlin-processes-geophys.net/12/849/2005/npg-12-849-2005.html>.
- Sornette D., Sammis Ch. G. 1995.** Complex Critical Exponents from Renormalization Group Theory of Earthquakes: Implications for Earthquake Predictions. *J. Phys. I France* 5: 607–619. URL: <https://jp1.journaldephysique.org/articles/jp1/abs/1995/05/jp1v5p607/jp1v5p607.html>.
- Tian B., Waliser D. E., Kahn R. A., Li Q., Yung Y. L., Tyranowski T., Geogdzhaev I. V., Mishchenko M. I., Torres O., Smirnov A. 2008.** Does the Madden-Julian Oscillation Influence Aerosol Variability? *Journal of Geophysical Research* 113: D12215. DOI: 10.1029/2007JD009372.

4

Экономодинамика: хозяйственная деятельность человека с точки зрения физика*

Владимир Николаевич Покровский
Московский государственный университет
экономики, статистики и информатики

Обсуждаются основные понятия и проблемы теории экономической динамики с точки зрения естествоиспытателя. Демонстрируется, что прогресс в хозяйственной деятельности человека связан не только с успехами в технологическом использовании усилий человека и источников энергии, но и с совершенствованием организации общественных отношений. В макроэкономическом (феноменологическом) приближении описываются основные закономерности динамики производственной системы как системы, производящей стоимости. Обсуждаются правила распределения общественного продукта и формулируется условие стационарного существования общественной системы, которое необходимо учитывать при практической организации хозяйственной деятельности.

Ключевые слова: валовой внутренний продукт, динамика производства, закон замещения, принцип эволюции, стоимость, экономодинамика, энергия.

1. Введение

Человек живет в искусственно созданном окружении – среди вещей, которые сам сконструировал по своим потребностям. Человек строит жилища, в которые поступают тепло и вода, производит одежду и пищу. Все созданные людьми объекты (материальные: здания, сети доставки, машины, транспортные средства, мебель, домашние приборы и т. п., а также нема-

* **Для цитирования:** Покровский В. Н. 2023. Экономодинамика: хозяйственная деятельность человека с точки зрения физика. *История и Математика: Анализ глобального социоприродного развития* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев. Волгоград: Учитель. С. 75–104. DOI: 10.30884/978-5-7057-6258-3_05.

For citation: Pokrovsky V. N. 2023. Econodynamics: Human Economic Activity from the Point of View of a Physicist. *History and Mathematics: Analysis of Global Socio-Natural Development* / Ed. by L. E. Grinin, A. V. Korotayev. Volgograd: Uchitel. Pp. 75–104 (in Russian). DOI: 10.30884/978-5-7057-6258-3_05.

териальные: принципы организации материи и общества, произведения искусства и литературы и прочие, как говорят, духовные ценности) появились в результате творческой деятельности человека.

Исследователи не могли не обратить внимание на такое грандиозное явление, когда «дикие» формы различных веществ приобретают новую, полезную для людей форму. Производственная деятельность человека стала объектом изучения (Blaug 1997); для характеристики искусственных объектов было выработано понятие *стоимости*, измеряемой специальными денежными единицами, и *все экономические науки так или иначе обсуждают создание, перемещение и исчезновение стоимости*, рассматривая реальные объекты как носители стоимости. Понятие стоимости в экономических науках так же важно и занимает такое же место, как понятия энергии и энтропии в физике.

Теория хозяйственной деятельности человека описывает закономерности функционирования производства, которые носят объективный характер, являются независимыми от людей экономическими законами. Важнейшим законом является закон производства стоимости – основной экономический закон, определяющий первоисточники богатства; с обсуждения этого закона мы начинаем обзор экономодинамики, в деталях изложенной в монографии (Pokrovskii 2018). При организации хозяйственной деятельности общества возникают некоторые правила взаимодействия, которые следует отличать от объективных экономических законов. Различие общественных систем связано не с экономическими законами, а с нелегитимизованными правилами общежития, которые устанавливаются людьми в пользу всех или только некоторых избранных личностей. Фундаментальной задачей экономической теории является не только *описание закономерностей развития производства, но и формулировка предложений для наилучшей общественной организации распределения созданных продуктов*, учитывая при этом интересы и всего общества в целом, и индивидуальных участников экономических процессов.

Предлагаемая статья знакомит читателя с закономерностями производства и с правилами распределения стоимости в феноменологическом, или, как говорят экономисты, в макроэкономическом приближении. Макроэкономические законы справедливы для больших хозяйственных систем, возникающих, например, в национальных образованиях (государствах), которые мы и будем иметь в виду при дальнейшем изложении. В статье обсуждаются явления, традиционно рассматриваемые представителями науки, которая в начале XIX в. называлась политической экономией и рассматривала широкий круг вопросов общественного развития (Blaug 1997). Со временем наука об обществе дифференцировалась, появились специфические общественные науки со своей методологией, хотя объект изучения сохранил свою цельность; общественные явления привлекли внимание естествоиспытателей (Soddy 1924; Scott 1933; Hall *et al.* 2001; Чернавский и др. 2002). Объектом экономической науки, или, быть

может, лучше сказать, совокупности экономических наук, является общественной системой производства и распределения вещей и услуг, необходимых для выживания человечества.

2. Основной вопрос теории хозяйственной деятельности

В течение столетий исследователи пытались понять, как вещи приобретают свою стоимость, найти некий универсальный источник богатства, или, иными словами, старались свести производство стоимости в денежных единицах к значениям некоторых универсальных, созидających стоимость величин, получивших название *производственных факторов*. Такого рода соотношение играет фундаментальную роль в экономических теориях и потому вправе считаться *основным экономическим законом*.

2.1. Валовой внутренний продукт

В центре хозяйственной деятельности находится производственная система, которую можно представить (не обращая внимания на организационные формы) как совокупность процессов преобразования вещества. Оценкой достижений хозяйственной деятельности в пределах нации является валовой внутренний продукт (ВВП), представляющий стоимость всех вещей и услуг, произведенных за единицу времени, и являющийся оценкой результатов деятельности общества по поддержанию и развитию популяции как общественной системы. Для иллюстрации на рис. 1 показана величина ВВП Соединенных Штатов Америки, измеренная различными единицами стоимости.

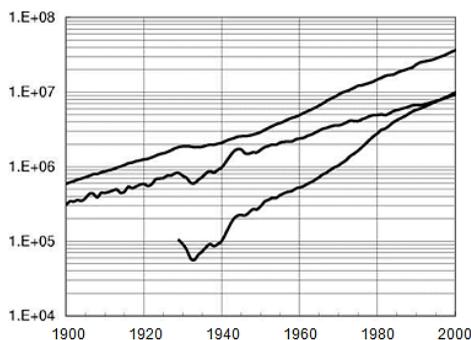


Рис. 1. Производство стоимости в экономике США

Примечание. Самая крутая короткая кривая изображает ВВП в миллионах текущих долларов, средняя кривая в млн долларов 1996 г. Последняя кривая показывает рост реального дохода, измеренного денежной единицей постоянной покупательной способности. Верхняя кривая представляет значения ВВП в млн условных энергетических единиц, в качестве которой принято значение 50 000 джоулей (см. раздел 2.5).

Методы оценки ВВП разрабатывались по инициативе национальных правительств в связи с необходимостью оценки возможных налоговых сборов и выработки управляющих воздействий (Studenski 1961; Студенский 1968). При этом политиков и экспертов всегда интересовал вопрос, можно ли указать некие универсальные источники богатства, которые возможно успешно эксплуатировать. В макроэкономическом (феноменологическом) описании проблема сводится к выявлению некоторых универсальных характеристик производственного процесса, так называемых производственных факторов, которые определяют выпуск Y , измеренный единицами стоимости. Такого рода соотношение между выпуском и производственными факторами явно или неявно лежит в основе любой экономической теории и может быть названо основным экономическим законом; теории различаются прежде всего по выявленным производственным факторам.

2.2. Труд как первоисточник стоимости

Бенджамин Франклин, известный своими работами по электричеству (Капица 1956), одним из первых сформулировал утверждение, что источником стоимости является труд, затраченный при производстве (Franklin 1729). Эта идея явилась центральной в политической экономии начала XIX столетия, нашла особенное развитие в трудах Адама Смита, Давида Рикардо и Карла Маркса. Трудовая теория стоимости утверждает, что затраты труда L при производстве являются единственным фактором, производящим стоимость, что можно формализовать как

$$Y = Y(L). \quad (1)$$

И в настоящее время не возникает разногласий по поводу того, что затраты труда (в обобщенном смысле, включая труд крестьян, рабочих и служащих) L являются важнейшим производственным фактором, то есть источником стоимости, но в эпоху, когда при производстве используются машины, темп роста выпуска превышает темп роста затрат рабочей силы, что демонстрирует увеличение производительности труда и необходимость введения дополнительного, связанного с оборудованием производственного фактора.

2.3. Роль производственного оборудования

При беглом взгляде на современные производственные предприятия бросается в глаза обилие разнообразного оборудования, общий объем которого универсальным образом оценивается его стоимостью K . Вопрос о роли производственного оборудования в теории производства стоимости вызвал оживленную дискуссию (Stiglitz 1974; Lazzarini 2011). Роберт Соллоу, представляющий американский Кембридж, настаивал (Solow 1957),

что характеристической величиной является само количество производственного оборудования K (называемого производственным капиталом), так что

$$Y = Y(K, L). \quad (2)$$

Выпуск Y и капитал K измеряются денежными единицами, а трудозатраты L , например, – в рабочих часах за год. С существенными поправками представления Солоу нашли практическое применение при анализе экономического роста и сохранились до настоящего времени (Aghion, Howitt 2009), несмотря на то что теория, независимо от конкретной формы функции (2), не оставляет места для технического прогресса, который, однако, как показали исследования, является в конечном счете источником экономического роста в развитых странах в последних столетиях.

Этой точке зрения оппонировала Джоан Робинсон из британского Кембриджа, указывая на активную роль производственного оборудования в процессе образования стоимости (Robinson 1953–1954). Машины и приспособления устанавливаются для того, чтобы выполнять определенные действия, облегчать определенную работу, и необходима какая-то характеристика активности существующего основного капитала, и не столь важно, сколько оборудования мы имеем, как то, какова польза от установленного оборудования.

Монография (Pokrovskii 2018) содержит описание той картины, которая получается при должном развитии идей Джоан Робинсон, что позволяет более адекватно по сравнению с неоклассической теорией описать механизм производства стоимости и развития производства. Приходится сожалеть, что альтернативная теория не была оформлена ранее, и интерпретация стоимости производственного оборудования как фактора, производящего стоимость, при игнорировании его активной роли получила распространение.

2.4. Закон замещения

Функциональную ролью оборудования в производственном процессе является замещение усилий человека работой машин, движимых внешними источниками энергии, в то время как степень этой замены зависит от применяемой технологии. Анализ показывает (Pokrovskii 2003; 2007), что универсальной характеристикой процесса является работа производственного оборудования, которая может быть названа работой замещения и обычно обозначается как P (изложение деталей можно найти в нашей монографии [Pokrovskii 2018]). Работа производственного оборудования замещает усилия людей и во всех отношениях является эквивалентной усилиям рабочих.

При простейшей схематизации производственная система рассматривается как совокупность оборудования (измеренная его стоимостью K), получающего способность действовать при использовании труда L и производительной энергии P , так что рыночная оценка стоимости произведенных продуктов является функцией трех производственных факторов:

$$Y = Y(K, L, P). \quad (3)$$

При этом, в отличие от активных факторов L и P , истинных источников стоимости, капитал K является пассивным производственным фактором, измеряемым, так же как и выпуск Y , денежными единицами стоимости. Трудозатраты L и замещающая работа внешних источников энергии P измеряются в энергетических единицах.

Общая зависимость (3) может быть конкретизирована. Технологическое описание предполагает, что энергозатраты P и трудозатраты L следует рассматривать как замещающие друг друга, а количество производственного оборудования, универсально измеренного его стоимостью K , следует считать комплементарным к работе (L и P) производственного оборудования. Учитывая, что описание должно быть справедливым для любой начальной точки отсчета времени (принцип универсальности), и предполагая также, что производство является гомогенным, то есть закон производства стоимости не меняется при изменении масштаба производства, используем степенную функцию и записываем производственную функцию (выражение для производства стоимости) (3) в виде двух альтернативных соотношений (Pokrovskii 2018):

$$Y = \begin{cases} \xi K, & \xi > 0 \\ Y_0 \frac{L}{L_0} \left(\frac{L_0 P}{L P_0} \right)^\alpha, & 0 < \alpha < 1, \end{cases} \quad (4)$$

где L_0 и P_0 – значения трудозатрат и энергозатрат в базисном году. Технологический индекс α связан с эффективностью использования производственных факторов. Зависимые от времени величины α и ξ являются взаимосвязанными внутренними характеристиками производственной системы.

Две формулировки основного закона формализуют две интерпретации процесса производства стоимости. Первая линия соотношения (4) связывает выпуск со стоимостью производственного оборудования K (основной капитал), что дает основание для утверждения о производительной силе капитала. Однако истинными источниками стоимости являются трудозатраты L и работа внешних источников энергии P ; теория трудовой стоимости Смита – Маркса дополнена законом замещения, который

утверждает, что при производстве стоимости работа сторонних сил природы посредством производственного оборудования замещает усилия людей: труд функционирует в комплексе как труд плюс работа оборудования. Производственные факторы взаимозаменяемы и в этом смысле являются эквивалентными, так что труд остается, в конечном счете, используя слова Адама Смита, «единственно универсальной, так же как единственно точной мерой стоимости, или единственным стандартом, по которому мы можем сравнить стоимости различных товаров во все времена и во всех местах».

Наблюдаемый научно-технический прогресс сводится к процессам введения инноваций, то есть последовательной замене орудий, материалов, конструкций, приспособлений и прочего более совершенными с той или иной точки зрения образцами. Среди всех процессов замещения исключительную роль играет процесс замещения живого труда работой машин при содействии сил природы. Работа, которая должна быть выполнена, чтобы произвести что-то, может быть сделана непосредственно рабочими или же некоторыми приспособлениями, которые используются, чтобы сделать ту же самую работу с помощью внешних источников энергии. Безразмерное отношение замещающей работы к оценке трудовых усилий P/L определяет число «механических работников», приходящихся на одного «живого работника», и потому может быть удобной характеристикой технологического процесса. Так, например, это соотношение было больше десяти для производства США в конце прошлого века, в то время как для производства России эта величина достигла двух в конце 1980-х гг., но начала быстро уменьшаться после 1990 г. (см. Fig. 2, 9 в: Pokrovskii 2018), что свидетельствует не только о количественной, но и о технологической деградации общественного производства России.

2.5. Энергетическая мера стоимости

Валовой внутренний продукт оценивается в денежных единицах. Деньги определяют текущий масштаб стоимости, который не остается постоянным с течением времени, что создает проблемы в реальной жизни и при теоретическом рассмотрении. При термодинамической интерпретации производственных процессов выясняется, что понятие стоимости родственно понятию энтропии, что позволяет ввести энергетическую меру стоимости (Beaudreau, Pokrovskii 2010).

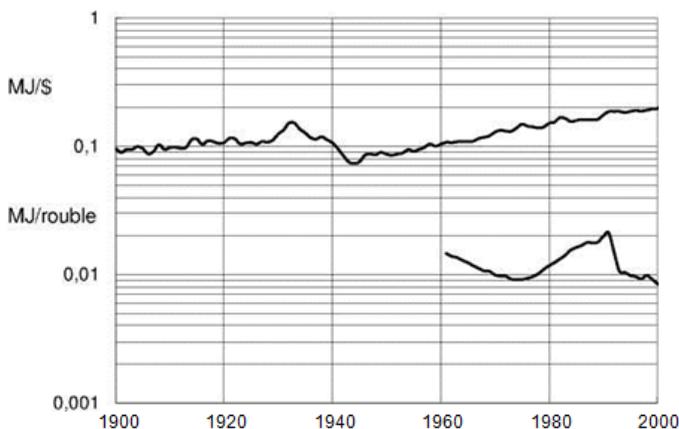


Рис. 2. «Энергетическое содержание» денежных единиц

Примечание. Кривые показывают количество работы, необходимое для создания продукта стоимостью один доллар 1996 г. (верхняя кривая) и один рубль 2000 г. (нижняя кривая) в различные годы. По работе (Beaudreau, Pokrovskii 2010) с уточнением значений для России

Утверждение трудовой теории стоимости, что только труд является источником всего созданного богатства и абсолютной мерой стоимости, было справедливо при интерпретации раннего развития производства (примерно до начала 2-го тыс. н. э.), когда привлечение энергии в производстве было незначительно (см. гл. 12 в: Pokrovskii 2018). При учете эффекта замещения можно ожидать, что общая сумма работы, включая должным образом оцененную работу занятых в производстве и истинную работу производственного оборудования, окажется абсолютной мерой стоимости. Чтобы убедиться в справедливости этого утверждения, Б. Бодро и В. Покровский (Beaudreau, Pokrovskii 2010) сравнили полную работу по производству стоимости в единицу времени $L + P$, измеренную энергетическими единицами с выпуском Y . Затраты труда L обычно оцениваются в человеко-часах, чтобы перейти к энергетической оценке, учтено, что за час работы человек затрачивает дополнительно $h \sim 4,18 \cdot 10^5 \text{ joule/hour}$.

Отношение $(L + P)/Y$ определяет работу, необходимую для того, чтобы произвести вещь или услугу стоимостью в одну денежную единицу, или, другими словами, «энергетическое содержание» денежной единицы. Рис. 2 показывает оценки этой величины для Соединенных Штатов и Российской Федерации. Пульсации этой величины могут быть связаны с естественными изменениями во вкладе труда (в единицах энергии). Среднее «энергетическое содержание» доллара 1996 г. в последние годы столетия (1960–2000) равно $1,4 \times 10^5$ джоулей на доллар, в то время как среднее

«энергетическое содержание» рубля 2000 г. в те же самые годы (1960–2000) равно $0,12 \times 10^5$ джоулей на рубль.

Среднее «энергетическое содержание» доллара в 14 раз превышает «энергетическое содержание» рубля, чему должна соответствовать бóльшая покупательная способность доллара по сравнению с рублем. Паритет покупательной способности рубля примерно в два раза меньше официального валютного курса, который был равен в те годы приблизительно 30 рублям за доллар, так что сравнение вычисленных «энергетических содержаний» доллара и рубля подтверждает возможность введения универсальной энергетической единицы стоимости.

Абсолютная мера стоимости эквивалентна некоторому энергетическому масштабу ϵ_{ref} , который представляет некоторое стандартное референтское «энергетическое содержание» денежной единицы. За оценку этой величины для США удобно принять значение $\epsilon_{\text{ref}} = 10^5$ джоулей, но чтобы нарисовать отличительную кривую на рис. 1 в энергетических единицах, использовано значение $\epsilon_{\text{ref}} = 50\,000$ джоулей.

3. Динамика общественного производства

Функционирование производственной системы приводит к накоплению множества искусственных объектов (сооружения, различные машины, произведения искусства, принципы организации, результаты научных исследований и мн. др.), которые так или иначе оказываются полезными для людей. В совокупности стоимость накопленного общественного богатства W определяется простым балансовым уравнением:

$$\frac{dW}{dt} = Y - C - \mu W, \quad (5)$$

что представляет разницу между результатом продуктивной деятельности членов общества за некоторую единицу времени Y (валовым внутренним продуктом) и исчезновением общественного продукта за этот же период времени, как в результате непосредственного потребления C , так и из-за старения или износа μW . Величина d является коэффициентом выбытия, принимаемым здесь для простоты единым для всех компонент общественного богатства.

3.1. Схемы описания производства

Современная производственная система общества включает множество производственных единиц: заводов, фабрик, транспортных коммуникаций, сетей энергоснабжения и много всего прочего, в чем нуждается человек. Для описания функционирования системы используют различные агрегированные схемы. В простейшем случае общественная производственная система рассматривается как единая отрасль, производящая валовой внутренний продукт Y , что является стоимостью всех созданных

производственной системой в единицу времени вещей и услуг, как уже было отмечено в разделе 2.1. Соотношение между выпуском производственной системы и факторами производства рассматривалось в предыдущих разделах и может быть, наряду с выражениями (4), представлено в следующем виде:

$$Y = \beta L + \gamma P. \quad (6)$$

Создание стоимости Y связано с использованием доступных *общественных ресурсов*, которыми являются усилия людей L , истинная работа производственного оборудования P , а также вещество и объекты окружающей среды. Предельная производительность β и γ в выражении (6) является, вообще говоря, функцией отношения P/L ; форма функций зависит от способа оценки стоимости выпуска Y . Соотношение (6) между выпуском производственной системы и факторами производства универсально, но предельная производительность β и γ изменяется при технологических изменениях производства.

При более детальном, но также макроэкономическом (в противопоставлении микроэкономическому подходу) приближении необходимо учитывать разнообразие производимых продуктов, их различное предназначение, согласно которому производственная система рассматривается как совокупность отраслей (Leontief 1986) и, соответственно, разбивается валовой внутренний продукт. В простом случае мы можем представить разбиение системы на три отрасли и соответственно разбиение всех произведенных продуктов на три части. Первая часть включает продукты, которые непосредственно потребляются людьми, в количестве C (см. соотношение 5); вторая – продукты, необходимые для поддержания и развития общественной производственной системы, – инвестиции; третья – стратегические накопления G в материальной и нематериальной форме, которые также необходимы обществу. Таким образом,

$$Y = I + G + C. \quad (7)$$

При таком разбиении общественного продукта схематизация хозяйственной деятельности оказывается универсальной и удобной для анализа и планирования. В практической работе учета и управления возникает необходимость использовать более детальное разбиение производственной системы на отрасли.

При многоотрасловом приближении производственная система предстает как совокупность потоков различных продуктов между отраслями. Производственные потоки сопровождаются потоками денег, которые циркулируют в производственной системе как средство (инструмент) обмена; два потока (продуктов и денег) движутся по одним и тем же контурам навстречу друг другу, но оказываются относительно независимыми. Потоки продуктов определены наличными технологическими условиями; начало их лежит в естественном окружении; заканчиваются потоки при

конечном потреблении продуктов. Начало потоков денег – эмиссия наличных и кредитных денег, которая должна соответствовать функционированию и возможному развитию производственной системы, но не всегда соответствует: потоки продуктов и денег не связаны непосредственно, они связаны через оценки и действия банковских агентов (Pokrovskii, Sehinekus 2016; Sehinekus *et al.* 2018).

Кроме неизбежной схематизации производственной системы, при описании используются некоторые допущения. Так, если потоки денег не могут существовать и быть рассмотрены в отрыве от реального производства, то реальное производство может быть рассмотрено без потоков денег в случае, если соблюдается соответствие потоков денег потокам продуктов, что мы и предполагаем в этой статье. В противном случае необходимо явное рассмотрение взаимодействия продуктовых и денежных потоков. Другое допущение связано с операциями обмена. Известно, что рыночная цена (стоимость) продукта увеличивается, если спрос превышает предложение, и наоборот. Процессы установления цен являются быстрыми по сравнению с процессами развития производства, и потому можно в начальном приближении рассматривать, что спрос равен предложению, то есть рассматривать сбалансированные или, как говорят экономисты, равновесные процессы.

3.2. Общественные ресурсы

Условия жизни популяции человека определяются производственной системой, развитие которой связано с возможностью использовать в производстве рабочую силу и производительную энергию, которые являются истинными источниками богатства. Важнейшими общественными ресурсами предстают также производственная инфраструктура и естественное окружение как источник сырья для промышленности.

3.2.1. Участники производственных процессов

Производство создается для удовлетворения потребностей человека, но, с другой стороны, в создании и функционировании производственных процессов человек играет активную роль. При рассмотрении экономических явлений следует принимать во внимание все наличное население, но экономическая теория все же выделяет группу людей, которые могут активно участвовать в производстве – *экономически активных людей*. Их численность составляет обычно приблизительно половину всего населения или несколько больше для развитых стран. Совокупные затраты труда этих людей L являются наиболее важным производственным фактором, роль которого тщательно исследовалась в политической экономии и неоклассической экономике.

Трудозатраты L измеряются в человеко-часах, однако поправки, соответствующие характеру труда (тяжелый или легкий), интенсивности рабо-

ты и других факторов, принимают во внимание. Истинной мерой труда следует считать работу (в единицах энергии), выполняемую занятыми в производственном процессе. Энергия, необходимая для работающего человека, может более чем в два раза превышать энергию, необходимую для покоящегося человека (Rivers, Payne 1982) и равна приблизительно 100 ккал/час или 4.18×10^5 Дж/час. Возможности человеческого двигателя были ниже в более ранние времена, как было установлено (Fogel, Costa 1997) на основе исторических данных для Франции и Великобритании в 1785 и 1790 гг. соответственно.

Человек выполняет различные функции в производстве; в самом простом случае единственный человек оказывается инициатором, координатором, исполнителем и бенефициаром проекта. Когда организуются сложные проекты, различные функции выполняются различными людьми; при этом возникают общественные (производственные) отношения людей. Возникает некоторое распределение людей по их ролям в производстве; для анализа удобно разделить всех участников производства на две группы: бизнесмены (предприниматели) и исполнители (нанятые рабочие). Отношения этих двух групп (классов) были объектом специального интереса Карла Маркса и его последователей. Предприниматель нанимает рабочих (исполнителей) на определенное время (на час, на день, на год). Рабочий принадлежит предпринимателю только на определенное операционное время, в течение остального времени человек предоставлен сам себе. Он может развлекаться, проводить время в семье, заботиться о здоровье своем и своих близких. Ситуация может быть описана таким образом, что предприниматель арендует исполнителя на определенное время за определенную оплату, а все другое его не интересует (Ellerman 2015). Все участники производственного процесса получают вознаграждение в денежной форме. Исполнители (наемные рабочие) получают заработную плату w для компенсации расходов, необходимых для поддержания существования, образования и обучения, или, как говорят, для воспроизведения рабочей силы. Организаторы производства (предприниматели-капиталисты), кроме зарплаты, получают дополнительный доход в форме дивидендов и процентов.

Величина вознаграждения зависит от роли участника производственного процесса; вопрос о распределении индивидуумов по доходу является одним из наиболее обсуждаемых вопросов экономодинамики (Yakovenko 2007). Как установил впервые В. Парето (Pareto 1897; 1964), функция плотности распределения $p(x)$ по индивидуальному доходу x определяется степенной функцией:

$$p(x) = Ax^{-(1+\alpha)}. \quad (8)$$

Величина $p(x)\Delta x$ представляет число людей, имеющих доход между x и $x + \Delta x$. При типичном значении индекса $\alpha = 1,5$ распределение (8) описы-

вает крайне неравномерное распределение индивидуумов по богатству, что связано с несимметричностью элементарных переходов; при каждом акте обмена преимущество имеет тот агент, который получает больший доход (см. раздел 11.4.3 в: Pokrovskii 2020). Этому можно удивляться, поскольку предполагается, что при рыночном β и γ механизме каждый агент свободен и добровольно заключает договоренности об обменах; ни о какой дискриминации не может быть и речи. Возникает своего рода парадокс, решение которого следует искать в обстоятельствах совершения обменов; участники договорных отношений находятся в неэквивалентных ситуациях (см. гл. 9 в: Каменецкий, Патрикеев 2004). Типичная ситуация для представителя «рабочей силы» сводится к необходимости найти хоть какую-нибудь работу, чтобы только обеспечить свое существование. На представителей «рабочей силы» оказывается неперсонифицированное воздействие, создается атмосфера страха, неуверенности и незащитности. Другая сторона осознает это и использует ситуацию в свою пользу.

3.2.2. Энергия в производственных процессах

Можно найти множество слов и аргументов в литературе в пользу признания универсальной роли энергии в жизнедеятельности популяции человека (Cottrell 1955; Kimmel 1982; Mirowski 1988; Капица 1976; 1977). П. Л. Капица (1976) писал об этом как об известном факте: «Общепризнанно, что основным фактором, определяющим развитие материальной культуры людей, является создание и использование источников энергии. Производимая ими работа теперь во много раз превосходит мускульную». Производственная система играет роль механизма, привлекающего энергию от разнообразных источников, среди которых – остатки прежних биосфер: лес, уголь, нефть; прямая и косвенная солнечная энергия в форме потоков воздуха и воды; энергия расщепления и синтеза атомных ядер. Эта энергия через различные приспособления используется для преобразования веществ естественной окружающей среды в предметы искусственной окружающей среды, созидая полезную для людей сложность.

Из общего количества первичных энергоносителей можно выделить ту часть, которая используется для приведения в действие различных приспособлений, позволяющих замещение трудовых усилий работой производственного оборудования. Истинная *работа замещения или производительная энергия P* , что действительно заменяет усилия работающих, является очень малой долей общего потребления энергии. В Соединенных Штатах Америки в начале прошлого века эта доля составляла около 0,001, но увеличилась примерно до 0,01 к концу века. Для сравнения, в России в 2000 г. доля работы замещения в общем потреблении энергии была менее 0,001 (см. табл. А2 и А3 в: Pokrovskii 2018).

Основы предложений использования энергии в производственных целях лежат в залежах знаний, которые кажутся бесполезными, пока не ис-

пользуются в рутинных производственных процессах. Аналогично тому, как предложение рабочей силы может быть связано с численностью населения, которое можно рассматривать как резервуар, откуда рабочая сила появляется, предложение работы замещения P может быть связано с архивом знаний, играющим роль бассейна (резервуара), из которого появляются предложения по использованию энергии. Действительно, можно найти большое количество блестящих примеров преобразования знаний в способы использования энергии в истории технологии. Например, можно указать изобретение паровой машины или двигателя внутреннего сгорания.

Замещающая работа P как производственный фактор получает особую цену, отличную от цены энергоносителей как обычных промежуточных или конечных продуктов. Использование окружающих нас источников энергии связано с разработкой и использованием производственного оборудования. Количество использованного оборудования, которое необходимо, чтобы поддержать замещающую работу P , следует оценить как μK (μ – коэффициент амортизации, ср. с уравнением 5), так что цена замещающей работы как производственного фактора определяется соотношением:

$$p = \frac{\mu K}{P}. \quad (9)$$

Хотя бесспорно, что знание делает энергию доступной для людей, остается вопрос, можно ли описать это в количественных терминах. Должен ли архив знаний как результат фундаментальных наук, исследований и проектных работ быть оценен стоимостью затрат на их проведение или альтернативно архив знаний должен быть измерен непосредственно в натуральных единицах, то есть числе зарегистрированных патентов, технических журналов, книг в печати и т. д. Знание воплощено в организациях и культурах больше, чем в людях, хотя индивидуальные навыки также являются частью этой категории. В любом случае архив знаний является ресурсом, и можно думать, что внимание к этому ресурсу как истинному источнику экономического роста (Lucas 1988; Romer 1986; 1990; см. также учебник [Aghion, Howitt 2009]) может помочь решить проблему.

3.2.3. Искусственное и естественное окружение

С материальной точки зрения, процесс производства есть процесс преобразования природных материалов, которые человек находит в естественном окружении, в законченные и незаконченные предметы. Можно наблюдать, как глина превращается в горшок, как глина, песок, и камень становятся строениями, как руды и сырье преобразуются в самолет, который поднимается в воздух. Действительно, при таком подходе создавае-

мые продукты (жилье, пища, одежда, здания, машины, транспортные средства, канализация, домашние приборы, машины и другие предметы потребления) могут рассматриваться как результат преобразования «диких» естественных форм веществ в «полезные» формы.

Кроме естественного окружения как источника «диких» веществ и энергии, необходимых для производства, человек находится в окружении искусственных вещей, созданных самим человеком в течение многих веков; особое внимание в экономической теории уделяется производственному оборудованию, которое было изобретено и установлено для выполнения различных операций. Производственное оборудование представляет материальную реализацию технологии. Стоимость производственного оборудования K определяют как *основной производственный капитал* – величину, обсуждаемую в предыдущих разделах.

Производственное оборудование, в отличие от описанных выше производственных факторов, пассивно: его функция – предоставлять различные средства для привлечения к производству труда L и работы замещения P , которые являются истинными источниками стоимости. Характеристикой этой способности капитала являются величины трудозатрат и энергии на единицу (по стоимости) производственного оборудования:

$$\lambda = \frac{\Delta L}{\Delta K}, \quad \varepsilon = \frac{\Delta P}{\Delta K}. \quad (10)$$

Установленное оборудование появляется в результате усилий многих поколений людей и фактически является общественной собственностью, хотя используется отдельными предпринимателями, которые рассматриваются как владельцы производственного оборудования. Но для того, чтобы оборудование действовало, бизнесмен-предприниматель должен привлечь общественные ресурсы: рабочую силу и замещающую работу, не говоря уже о «диком» веществе окружения.

Увеличение основного производственного капитала приводит к увеличению выпуска, как показано в первой строке соотношений (4), и это дало основание для мифа о производственной силе капитала в широком понимании. Если вы имеете производственные акции – получаете дивиденды, если деньги лежат в банке – получаете проценты. Акции и деньги – капитал в более широком понимании. Однако это только символы, которые не приносят ничего без огромной работы по производству стоимости в рамках капиталистической организации народного хозяйства. Мистическая сила капитала приносить прибыль следует из правил распределения общественного продукта, созданного работающими и замещающей работой. Только усилия людей (с учетом закона замещения) приводят, как мы уже обсуждали в разделе 2.4, к увеличению стоимости, то есть к созданию богатства.

3.3. Динамика производственных факторов

3.3.1. Балансовые соотношения

Количество производственного оборудования или основных производственных фондов, универсально оцениваемых их стоимостью K , удовлетворяет известному (Ramsey 1928) балансовому соотношению:

$$\frac{dK}{dt} = I - \mu K, \quad (11)$$

где I есть производственные инвестиции – часть валового внутреннего продукта, которая накапливается в материальной форме производственного оборудования, в то время как другая часть валового продукта идет на потребление и непроизводственное накопление (см. соотношение 7). Второе слагаемое в правой стороне уравнения (11) описывает уменьшение капитала из-за выбытия из службы с коэффициентом выбытия или обесценивания μ . Заметим, что инвестиции – это не только и не столько деньги. Инвестиции в конечном итоге должны быть материальны – это постройки, новое оборудование, новые технологии.

Расширение производства, характеризующегося изменениями производственных фондов (накопленной стоимости), требует дополнительных трудозатрат и замещающей работы оборудования, и текущее состояние технологии определяет, какое количество трудозатрат L и работы внешних источников (ветер, вода, уголь, нефть и др.) P необходимо привлечь для того, чтобы установленное оборудование работало. Динамика факторов производства записывается (Pokrovski 1999) как пара уравнений баланса:

$$\frac{dL}{dt} = \lambda I - \mu L, \quad \frac{dP}{dt} = \varepsilon I - \mu P. \quad (12)$$

Первые члены в правой стороне этих отношений описывают необходимое увеличение потребления факторов производства при введении инвестиций I , которые проявляются как движущая сила развития. Вторые слагаемые в правых частях уравнений (12) отражают уменьшение производственных факторов при удалении или изнашивании части оборудования. Уменьшение количества производственного оборудования (капитала) характеризуется коэффициентом амортизации μ .

3.3.2. Динамика технологических коэффициентов

В уравнениях (12) присутствуют универсальные технологические характеристики производственного оборудования λ и ε , которые определяют необходимые количества соответственно трудозатрат и производственных энергозатрат на единицу (в стоимостной мере) введенного оборудования. Технологические коэффициенты удобно определить в безразмерном виде:

$$\bar{\lambda}(t) = \frac{K}{L} \lambda, \quad \varepsilon(t) = \frac{K}{P} \varepsilon. \quad (13)$$

Если данные величины оказываются меньше единицы, это означает, что трудосберегающие и энергосберегающие технологии вводятся в этот момент. Заметим, что комбинация технологических коэффициентов определяет индекс α в соотношениях (4):

$$\alpha = \frac{1 - \bar{\lambda}}{\bar{\varepsilon} - \bar{\lambda}}. \quad (14)$$

Это соотношение имеет нетривиальный смысл, поскольку технологический индекс α оказывается включенным в производственную функцию и может быть оценен независимо.

Предполагается, что технологические коэффициенты меняются таким образом, чтобы имеющиеся общественные ресурсы были использованы наиболее полным образом. Это определяет релаксационные уравнения для безразмерных технологических коэффициентов:

$$\frac{d\bar{\lambda}}{dt} = -\frac{1}{\tau} \left(\bar{\lambda} - \frac{\tilde{\nu} + \mu}{\tilde{\delta} + \mu} \right), \quad \frac{d\bar{\varepsilon}}{dt} = -\frac{1}{\tau} \left(\bar{\varepsilon} - \frac{\tilde{\eta} + \mu}{\tilde{\delta} + \mu} \right), \quad (15)$$

где τ – время ввода производственного оборудования в действие, то есть время перехода от одной технологической ситуации к другой. Символами $\tilde{\delta}$, $\tilde{\nu}$ и $\tilde{\eta}$ обозначены возможные (потенциальные) темпы роста факторов производства: капитала K , трудозатрат L и производительной энергии P соответственно.

3.3.3. Инвестиции и три типа развития

В уравнения (11) и (12) входят инвестиции I , которые не могут быть произвольными: при определении инвестиций следует принять во внимание ограничения, наложенные внутренними (дефицит наличной продукции и обеспечение необходимого уровня потребления) и внешними причинами (доступность труда и энергии). Реализуемые инвестиции I , очевидно, определяются конкуренцией между возможностями производственной системы, с одной стороны, и доступностью труда и энергии – с другой. В случае, когда производственная система стремится использовать все доступные общественные ресурсы, следует записать для инвестиций:

$$I = (\delta + \mu)K = \min \begin{cases} (\tilde{\delta} + \mu)K \\ (\tilde{\nu} + \mu)K/\bar{\lambda} \\ (\tilde{\eta} + \mu)K/\bar{\varepsilon} \end{cases}. \quad (16)$$

Очевидно, что темпы реального роста факторов производства δ , ν и η не превышают темпов потенциального роста $\tilde{\delta}$, $\tilde{\nu}$ и $\tilde{\eta}$ соответствующих факторов и отличаются от них.

Соответственно трем возможностям, записанным в уравнениях (16), существуют три моды экономического развития. Первая строка уравнений приложима к случаю дефицита производственных возможностей и избытию рабочей силы L , доступной энергии P и сырья. Вторая строка действительна в случае дефицита труда, избытия производственных возможностей, энергии и сырья. Последняя строка уравнений приложима к случаю дефицита энергии и избытию производственных возможностей, труда и сырья.

При изучении функционирования народного хозяйства обнаружены циклы различной продолжительности; короткие деловые циклы в общественном производстве связаны с существованием альтернативных мод функционирования системы производства (Pokrovskii 2011). В США реализуются попеременно вторая и третья моды по соотношению (16) с периодом около четырех лет (см. Section 5.4.2 и 6.6.2 в: Pokrovskii 2018). В России, по-видимому, реализуется и первая мода, свидетельствующая о недостатке производственных возможностей. Особый интерес вызывают очень длинные циклы – циклы Кондратьева продолжительностью 40–60 лет (Гринин 2013), природа которых не до конца понята. Возможно, медленные падения и подъемы производства можно связать с колебаниями общественного настроения между двумя способами хозяйствования, которые описаны А. В. Щербаковым (2013) как производящий и присваивающий (см.: Там же: табл. 7). При *производящей* системе хозяйствования место и роль человека в обществе оцениваются по его трудовому вкладу (как физическому, так и интеллектуальному) в общественное производство. При *присваивающей* человек ценится по его богатству; наиболее почетное занятие – «делать деньги», работать – «стыдно». Для того чтобы построить математическую модель явления и проанализировать проблему, нужно рассматривать совместно динамику производства и денежного обращения.

3.4. Фундаментальная система уравнений эволюции

Записанный в предыдущем разделе закон производства стоимости (4) вместе с уравнениями динамики производственных факторов (11), (12), (15) и (16) представляет основу теории функционирования и развития производственной системы и позволяет сформулировать фундаментальную систему уравнений эволюции (Pokrovski 2003) (см. также: Pokrovskii 2018: ch. 6). Теория устанавливает, что эволюция производственной системы определяется в конце концов возможностью привлечь дополни-

тельные ресурсы, которые задаются темпами потенциального роста производственных факторов: производственного оборудования δ , трудозатрат $\tilde{\nu}$ и производительной энергии $\tilde{\eta}$. Для оценки справедливости этого утверждения было рассмотрено (Pokrovski 2003) развитие народного хозяйства США в течение последнего столетия. Вычисления воспроизводят реальную динамику со спадами и всплесками выпуска, которые связаны со сменой описанных ранее типов развития: период с предельным использованием труда сменяется периодом с предельным использованием производительной энергии – малые циклы развития.

Задание доступности производственных факторов и предполагаемых технологических изменений определяет возможные сценарии развития производственной системы, однако определение темпов потенциального роста само по себе является предметом непростого исследования, и потому используют более простые методы построения сценариев развития, как это продемонстрировано на примере производственной системы России в гл. 8 монографии (Pokrovskii 2018).

3.5. Принцип развития

Изучение биологических популяций и экосистем дало основание для утверждения, что популяции и их ассоциации (экосистемы), способные извлекать большее количество энергии из окружающей среды, имеют преимущество для выживания (Lotka 1925; Odum 1996). Можно утверждать, что сформулированный таким образом *энергетический принцип развития* является также справедливым для популяций человека с учетом того, что популяции человека используют не только *биологически организованный поток энергии*, но и поток энергии, поступающий через производственную систему, – *общественно организованный*.

Траектория развития производственной системы определяется стремлением последней использовать все доступные ресурсы. Это поведение системы является следствием суммы усилий многих предпринимателей, стремящихся получить наибольшую прибыль. Человеческие усилия являются, конечно, главной движущей силой, но при условии $\bar{\lambda} < 1$ усилия работающих частично замещаются работой машин, подвижных сторонними источниками энергии, в результате чего производительность труда увеличивается. При этом остается ведущим принцип экономии живого труда: выигрывают те, кто заместил трудозатраты большей величиной работы машин. Однако закона экономии энергии не существует; по крайней мере, он остается в тени закона экономии живого труда.

Предшествующая история человечества подтверждает справедливость энергетического принципа развития. Обладание огромным количеством энергии позволяет человеческой популяции выживать во всех климатических зонах Земли и распространиться по всему земному шару.

Кроме того, как можно видеть из истории человечества, нации, которые обладали методами использования доступной энергии, приобретали преимущество перед другими нациями. Можно обратиться к классическим примерам: индустриальная революция и процветание Великобритании начались со времени изобретения паровой машины, которая позволила в большом количестве использовать химическую энергию, хранящуюся в угольных запасах. Мирровая история может быть переписана как история борьбы за контроль над потоками энергии.

4. Проблема распределения общественного продукта

Кроме экономических законов, примером которых является соотношение (4) между выпуском и используемыми общественными ресурсами, жизнь общества определена правилами, которые устанавливаются людьми, например *правилами распределения* созданного общественного продукта. Правила записываются и формулируются в законах, утвержденных парламентом, регистрируются в конституции: правила распределения общественного продукта узаконены, и жизнь общества (общественные отношения, включая производственные) организовывается таким способом, чтобы гарантировать выполнение зарегистрированных правил.

4.1. Прибавочный продукт

Характер отношений при общественном производстве полезных вещей определяет две группы экономически активных людей: бизнесмены-предприниматели и наемные рабочие. Эти группы не могут существовать друг без друга и совместно создают стоимость Y – валовой внутренней продукт, который оценивается денежными единицами и соотносится с производственными факторами: усилиями работающих L и замещающей работой P (см. уравнение 4). Естественно, расходы на восстановление использованных общественных ресурсов: рабочей силы и производительной энергии – должны быть компенсированы из выпуска Y , если, конечно, организаторы производства не ставят своей целью разрушить общественную производственную систему.

Бизнесмены – организаторы производства оплачивают эксплуатационные расходы: компенсацию стоимости использованного оборудования (в виде оплаты за использование замещающей работы $p = \mu K/P$) и расходы на восстановление рабочей силы – в виде заработной платы наемным рабочим и служащим w . После вычитания текущих расходов производства из общественного продукта Y , представленного соотношением (6), остается все еще некоторое количество продукта, называемое (по К. Марксу) прибавочным продуктом:

$$\Delta Y = (\beta - w)L + (\gamma - p)P. \quad (17)$$

Владелец-арендатор производственного оборудования по традиции считается собственником общественного продукта, и необходимо согласиться с этим, поскольку бизнесмен является организатором и координатором производственных процессов, но при одном важном условии. Используемые общественные ресурсы должны быть полностью компенсированы. Полагают, что величина оплаты работающих ω является результатом соглашения между бизнесменом и нанятыми сотрудниками. Однако обстоятельства привлечения работающих таковы, что позволяют бизнесмену занижать уровень заработной платы рабочих. При стремлении бизнесмена максимизировать прибыль и, соответственно, снизить до минимума расходы оказывается, что оплата работающим ω за непосредственно проделанную работу, как правило, не компенсирует всех расходов (образование, здравоохранение...) на восстановление населения и даже, как говорят, рабочей силы. Аналогично, эксплуатационные расходы бизнесмена по обслуживанию оборудования p не дают компенсацию общественным расходам по исследованию и проектированию приспособлений, которые позволяют использовать энергию в производительных целях¹. Очевидно, что необходим общественный контроль для того, чтобы установить «правильные» значения ω и p , при которых общественная производственная система не была бы разрушена.

В качестве гаранта сохранения и развития общественных ресурсов и регулятора общественных отношений выступает правительство (государство) как центральный национальный орган, который представляет интересы (внутренняя и внешняя безопасность, инфраструктура, социальные программы, окружающая среда и так далее) всех членов общества. Центральный орган (правительство, государство) вынужден заботиться о некотором наборе общественных проектов; инвестиции в демографические и научно-исследовательские проекты, например, дают эффекты через годы и, как правило, не привлекают частный бизнес. Более полный набор забот правительства должен включать энергоснабжение, транспорт, коммуникации, защиту против эпидемий и стихийных бедствий, дороги, почтовое обслуживание, образование, информационное обслуживание, внутреннюю и внешнюю безопасность, социальное страхование, заботу о стариках и инвалидах, так же как заботу о сохранении среды обитания. Центральный орган организует и выполняет национальные проекты, и для этого тем или другим образом должна быть выделена доля общественного продукта, созданного производственными предприятиями. Кроме того, центральный орган вынужден вмешиваться в отношения между людьми на основе неопределенного и не всегда адекватного представления о спра-

¹ Такого рода расходы частично компенсируются оплатой за использование изобретений и ноу-хау в производстве через различные патентные и лицензионные схемы.

ведливости. Центр принимает обязанности и получает соответствующие права.

4.2. Условие существования и развития

Таким образом, в самом элементарном приближении при рассмотрении распределения общественного продукта Y необходимо учитывать три совокупных экономических субъекта: группу бизнесменов (предпринимателей), группу наемных рабочих и служащих (исполнителей) и центральный орган (правительство), который, по определению, представляет общенациональные интересы, и разделить произведенную стоимость на три соответствующие части:

$$Y = \Pi + V + T. \quad (18)$$

Каждый из экономических субъектов принимает участие в общественном производстве и стремится увеличить свою долю ограниченного общественного продукта. Таким образом, возникает проблема оптимального распределения общественного продукта. Экономические субъекты вынуждены сотрудничать друг с другом, чтобы установить приемлемое для всех распределение.

Правительство выступает гарантом справедливого использования общественных ресурсов, и для контроля этого вводится дополнительное принудительное изъятие части прибавочного продукта (17) в соответствии с использованными в производстве усилиями работающих и замещающей работы, и, таким образом, распределение общественного продукта между группой бизнесменов, группой наемных сотрудников и правительством, соответственно, должно быть установлено следующим образом:

$$\begin{aligned} \Pi &= (\beta - \omega - d_L)L + (\gamma - p - d_P)P, \\ V &= \omega L, \\ T &= d_L L + d_P P. \end{aligned} \quad (19)$$

Величина изъятых долей прибавочной стоимости с нормами изъятия за использование рабочей силы и замещающей работы, d_L и d_P , соответственно, компенсирует недостатки непосредственной компенсации затрат общественных ресурсов (Покровский 2017). Соотношение между нормами оплаты затрат трудовой и замещающей работы d_L и d_P устанавливается согласно средним значениям величин: предельных производительностей β и γ , непосредственной компенсации затрат факторов производства ω и p и доли дохода бизнесменов в полном конечном выпуске $\pi = \Pi/Y$ – и рассчитываются согласно соотношениям:

$$d_L + \omega = \beta(1 - \pi), \quad d_P + p = \gamma(1 - \pi). \quad (20)$$

Средний доход бизнесменов Π контролируется обществом и должен быть обеспечен в разумном количестве; таким образом, нормы не могут быть слиш-

ком большими; с другой стороны, платежи должны компенсировать истощение общественных ресурсов и по возможности обеспечивать их увеличение, так что величины d_d и d_p не могут быть слишком маленькими.

Условием существования общества является такое распределение общественного продукта, при котором общественные ресурсы, по крайней мере, полностью компенсируются. Соотношения (19) и (20) позволяют оценить необходимые нормы изъятия доли прибавочного продукта при заданном значении среднего дохода бизнесменов Π , который контролируется обществом.

4.3. О налогах

Отчисление части созданного продукта для общенациональных целей существует в каждом обществе. Эта часть обеспечивает расходы для образования, профессионального обучения, заботы о здоровье и так далее, что обеспечивает восстановление населения и методов производства. Оплата обеспечивает расходы на поиски новых энергетических источников, исследование возможности использования энергии в целях производства. Во всяком случае, два фактора производства: жизнедеятельность людей и способность энергии совершать работу – должны быть поддержаны центральным органом. Понимание налогов как компенсации использования общественных ресурсов снимает споры по поводу величины налогов; необходимая доля изъятия может быть рассчитана по приведенным выше формулам.

Однако, по сложившейся традиции, изъятие доли прибавочного продукта происходит в форме налогов, которые представляют (не обсуждая деталей) вычитание от прибыли предприятий и дохода людей. Существующие схемы налогообложения (с плоской или прогрессивной шкалой отчисления) не выглядят справедливыми и вызывают некоторые вопросы: почему деньги, которые я, например, заработал нелегким трудом, принадлежат не только мне, но также и тому человеку, который не сделал ничего? Прогрессивная шкала налогов также несправедлива: человек, который зарабатывает больше, должен заплатить больше. Бизнесмены стремятся уклоняться от налогов: существуют офшорные схемы, теневые предприятия, черные зарплаты и другие хитрости. Праву правительства забирать часть продукта бросают вызов; бизнесмены убеждены, что прибавочный продукт принадлежит им справедливо. Существующий механизм распределения общественного продукта оказывается несовершенным, тем не менее фактически никто не может отрицать, что прибавочный продукт принадлежит не только владельцу-арендатору средств производства, но также и всему обществу.

На основе соотношений (19) и (20) при обращении к сведениям о состоянии производственной системы может быть разработан метод оценки

отчислений, необходимых для гармоничного существования и развития общества (Покровский 2017). Каждое предприятие оплачивает использованную «рабочую силу» и замещающую работу. Должна быть также добавлена важная оплата за использование производством естественной окружающей среды как за один из основных общественных ресурсов. Таким образом, три основных платежа за использование общественных ресурсов должны быть установлены. Эти платежи не исключают введения других платежей для того, чтобы более точно настроить систему производства.

Преимущество принципа оплаты общественных ресурсов заключается, во-первых, в справедливости распределения платежей по предприятиям, во-вторых, в упрощении контроля сбора платежей в общественный фонд, так как используемые ресурсы легче контролировать, чем прибыль и доход. И последнее, но, тем не менее, возможно, самое важное: такая система включает автоматический механизм обнаружения и исключения неэффективных предприятий, что приводит к увеличению производительности труда.

4.4. Эффективность предприятия и предпринимательская премия

Согласно Й. Шумпетеру (Schumpeter 1911; Шумпетер 1982), предприниматель является центральной фигурой производства; он – вдохновитель и организатор производственного процесса и надеется получить от проекта прибыль. Ожидания предпринимателя основаны на праве собственности на средства производства, которые, как он считает, безоговорочно сопровождаются правом собственности на созданный продукт². Хотя это утверждение получило широкое распространение³, следует отметить, что право собственности на созданный продукт появляется только в случае, если предприниматель полностью оплачивает используемые обществен-

² Дэвид Эллерман (Ellerman 2007) называет «фундаментальным мифом» широко распространенную веру в то, что владелец предприятия имеет право присвоить продукт, созданный этим предприятием.

³ В течение столетий это утверждение казалось таким фундаментальным и прочным, что вопрос о собственности средств производства оказывался основным вопросом всех социальных преобразований. В 1917 г. в России большевики изо всех сил боролись за то, чтобы средства производства были национализированы; смысл преобразований 80–90-х гг. прошлого столетия в России – борьба за передачу средств производства в частные руки. Как в одном, так и в другом случае эта борьба оказывается борьбой за право эксплуатировать наемных рабочих; изменение общественной ситуации не привело к устойчивым общественным отношениям, и это заставляет думать о причинах существующих проблем. Следует согласиться с С. С. Сулакшиным (2018), что корень проблемы не в том, что люди владеют производственными активами, а в том, что они используют общественные ресурсы, не заботясь об их поддержке и развитии. Принцип присвоения прибавочной стоимости без каких-либо ограничений разрушает любое общество, что, к сожалению, случилось в России. Но это является проблемой каждого национального общества.

ные ресурсы. Созданный продукт можно рассматривать как собственность бизнесмена после полной оплаты, продукт может быть потреблен, продан, уничтожен, использован в производстве, то есть с ним можно делать все, что пожелает бизнесмен, только после того, как он *полностью* компенсировал используемые общественные ресурсы. Одна из обязанностей правительства – контролировать права собственности, опираясь на законодательную базу, которая должна быть создана (Каменецкий, Патрикеев 2004).

Использование общественных ресурсов лежит в основе технологической деятельности предприятий, и оценка эффективности такой деятельности определяется в конце концов тем, насколько разумно используются общественные ресурсы: природные ресурсы, труд и производительная энергия, что влияет на предельные производительности β и γ . Дело в том, что предельные производительности отдельного предприятия, $\hat{\beta}$ и $\hat{\gamma}$, отличаются, вообще говоря, от их средних значений для всей производственной системы. Значения предельных производительностей предприятия могут превышать их средние значения, если владелец предприятия реализует в производстве новый продукт или новую технологию по сравнению с существующими. В этом случае предприниматель, которого, по Шумпетеру (Schumpeter 1911; Шумпетер 1982), можно назвать ново-предпринимателем, получает дополнительную прибыль. Талант бизнесмена раскрывается в эффективном использовании общественных ресурсов; самые успешные бизнесмены получают дополнительную прибыль – *предпринимательскую премию*, и предприятие завладевает преимуществом для выживания. Другие предприниматели должны удовлетворяться средним значением прибыли. В случае, когда локальные значения предельных производительностей оказываются меньшими, чем их средние значения для всей системы, владелец предприятия будет сталкиваться с трудностями и должен принять меры, чтобы улучшить процессы производства, например заменить ручную работу механической (это увеличивает отношение P/L и в свою очередь – предельные производительности). Иначе предприятие будет устранено. Таким образом, распределение (19) без каких-либо дополнительных призывов стимулирует увеличение эффективности использования общественных ресурсов. Следует заметить, что традиционная схема налогообложения не обладает таким свойством. Более того, традиционное налогообложение угнетает производственную деятельность и стимулирует укрывательство прибыли и доходов.

Принимая описанные принципы формирования общественного фонда, правительство получает инструмент для оценки эффективности использования общественных ресурсов, который позволит регулировать распределение общественного продукта и контролировать производительность труда. Изложенные правила направлены на стимулирование эффективного развития, создание, но не разрушение. Рост производительности

труда приведет к улучшению благосостояния каждого члена общества, что убирает противоречия и смягчает нравы. Следует отметить, что правила могут работать эффективно только при свободе предпринимательства, когда любой член общества может организовать бизнес согласно его собственным пожеланиям и инициативам.

5. Заключение

Экономодинамика продолжает традицию рассмотрения человеческой популяции как естественного явления, доступного естественно-научному анализу, особенностью которого является установление причинных связей явлений. До дифференциации наук это был естественный метод рассмотрения, которому следовали и Т. Мальтус как один из родоначальников этой традиции в демографии, и К. Маркс как один из родоначальников современной науки об обществе. Естественно-научный подход покоится на эмпирическом обосновании, и потому краеугольным камнем теории является основной экономический закон в форме (4) – соотношение, которое подтверждается на опыте. С этой точки зрения, соотношение (2) представляет туниковую ветвь экономической теории.

Обсуждаемая теория сближает теорию общественного развития с термодинамическим подходом, имеющим универсальное применение (Morrowitz 1968; Prigogine 1980). Процесс производства может рассматриваться как процесс преобразования «диких» форм природы в формы, полезные для людей (главным образом без изменения внутренней энергии), и потому напрашиваются аналогии с термодинамическими понятиями. Технологические процессы можно рассматривать как термодинамические, которые, выполняя работу по преобразованию форм природной материи, уменьшают энтропию окружающей среды, так что стоимость может быть сопоставлена энтропии с обратным знаком. В термодинамической интерпретации поток информации и работа в конечном счете определяют новую организацию вещества, которое приобретает формы различных предметов потребления (сложность), посредством чего процессы производства можно рассматривать как процессы материализации информации (Рокровскии 2020: раздел 8.4). При этом реализуются процессы, которые приводят не только к уменьшению энтропии, но и к ее увеличению. Однако значение процессов диссипации не нужно преувеличивать, как делают некоторые исследователи (Georgescu-Roegen 1971), не замечая созидательной роли производственной системы, приводящей к уменьшению энтропии (см. критическое обсуждение в [Auges 1997]).

Организация общественного хозяйства определяется как экономическими законами, примером которых является основной экономический закон (4), так и установленными людьми правилами. Капиталистическая система хозяйствования, например, основана на правилах, при которых весь общественный продукт считается собственностью владельцев капи-

тала, под которым понимаются как непосредственные средства производства (физический капитал), так и разнообразные свидетельства о собственности (деньги, акции и прочие бумаги). Подчеркнем, что именно присвоение прибавочного продукта, а не частное владение средствами производства, является определяющим признаком капитализма. Топ-менеджеров, не владеющих средствами производства, но присваивающих прибавочную стоимость, следует отнести скорее к классу капиталистов, чем к классу наемных рабочих. Все инструменты распределения и перераспределения прибавочной стоимости в капиталистическом обществе, такие как акции, дивиденды и налоги, настроены на поддержание существующих правил распределения (Келсо Л. О., Келсо П. Х. 2007). Не имея убедительных словесных аргументов обоснования своей диктатуры, буржуазия создает силовой аппарат, поддерживающий установленные правила.

Хотя капиталистическая организация народного хозяйства широко распространилась по земному шару, она не является наилучшей и единственно возможной, и время от времени возникают планы и попытки реализации других правил распределения общественного продукта (Скобликов 2014). Люди не могут изменить экономические законы, но могут сформулировать более разумные правила общежития. В отличие от капиталистического, альтернативные подходы предполагают, что прибавочный продукт является национальным достоянием и должен находиться в общественном распоряжении. Это может быть достигнуто различными методами, что дает основание для различных определений такого рода альтернативной общественной системы. Подчеркнем, однако, что именно использование прибавочного продукта в общественных интересах, а не общественное владение средствами производства, следует считать определяющим признаком альтернативной системы. Вопрос о присвоении прибавочной стоимости не следует подменять вопросом о праве собственности на средства производства.

Можно думать, что в конце концов человечество как самоорганизующаяся система, проектируя свое собственное будущее, разработает разумные принципы общежития для того, чтобы обеспечить свое процветание, и предложит на основе всего того, что мы знаем, варианты будущего развития человеческой популяции.

Библиография

- Гринин Л. Е. 2013.** Динамика Кондратьевских волн в свете теории производственных революций. *Мировая динамика: Закономерности, тенденции, перспективы* / Ред. А. А. Акаев, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, с. 291–347. М.: URSS, КРАСАНД.
- Каменецкий В. А., Патрикеев В. П. 2004.** *Собственность в XXI столетии*. М.: Экономика.
- Капица П. Л. 1956.** Научная деятельность Вениамина Франклина. *Успехи физических наук* 58(2): 169–182.

- Капица П. Л. 1976.** Энергия и физика. *Успехи физических наук* 118(2): 307–314.
- Капица П. Л. 1977.** Глобальные проблемы и энергия. *Успехи физических наук* 122(2): 327–337.
- Келсо Л. О., Келсо П. Х. 2007.** *Демократия и экономическая власть*. Сан-Франциско: Ин-т Келсо по изучению экономических систем. URL: <http://kelsoinstitute.org/louiskelso/downloadable-books/mssian/>.
- Покровский В. Н. 2017.** Принципы налогообложения и производительность труда. *Аудит и финансовый анализ* 2: 17–23. URL: <https://www.researchgate.net/publication/325644333>.
- Скобликов Е. А. 2014.** *Третий путь – через революцию, переворот или трансформацию общества?* Монреаль: Т/О НЕФОРМАЛ, Accent Graphics Communications.
- Студенский П. 1968.** *Доход наций (Теория, измерение и анализ: прошлое и настоящее)*. М.: Статистика.
- Сулакшин С. С. 2018.** *Марксу спасибо, а мы идем вперед!* М.: Центр научной политической мысли и идеологии. URL: <http://rusrand.ru/ideas/marksu-spasibo-amu-idyom-vpered>.
- Чернавский Д. С., Старков Н. И., Щербаков А. В. 2002.** О проблемах физической экономики. *Успехи физических наук* 172(9): 1045–1066.
- Шумпетер И. 1982.** *Теория экономического развития*. М.: Прогресс.
- Щербаков А. В. 2013.** Управление кризисами в экономике. *Мировая динамика: Закономерности, тенденции, перспективы* / Ред. А. А. Акаев, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, с. 362–394. М.: URSS, КРАСАНД.
- Aghion P., Howitt P. 2009.** *The Economics of Growth*. Cambridge: MIT Press.
- Ayres R. U. 1997.** Comments on Georgescu-Roegen. *Ecological Economics* 22: 285–287.
- Beaudreau B. C., Pokrovskii V. N. 2010.** On the Energy Content of a Money Unit. *Physica A. Statistical Mechanics and its Applications* 389: 2597–2606.
- Blaug M. 1997.** *Economic Theory in Retrospect*. 5th ed. Cambridge; New York: Cambridge University Press.
- Cottrell W. F. 1955.** *Energy and Society: The Relation Between Energy, Social Change and Economic Development*. New York: McGraw Hill.
- Ellerman D. 2007.** On the Role of Capital in “Capitalist” and in Labor-Managed Firms. *Review of Radical Political Economics* 39(1): 5–26.
- Ellerman D. 2015.** On the Renting of Persons: The Neo-Abolitionist Case against Today’s Peculiar Institution. *Economic Thought* 4.1: 1–20. URL: <http://www.worldeconomicsassociation.org/files/journals/economicthought/WEA-ET-4-1-Ellerman.pdf>.
- Fogel R. W., Costa D. L. 1997.** A Theory of Technophysio Evolution, with Some Implications for Forecasting Population, Health Care Costs, and Pension Costs. *Demography* 34(1): 49–66.
- Franklin B. A. 1729.** *Modest Enquiry into the Nature and Necessity of a Paper Currency*. Philadelphia: Electronic Text Center, University of Virginia Library. URL: <http://etext.lib.virginia.edu/modeng/modengB.browse.html>.

- Georgescu-Roegen N. 1971.** *The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Hall Ch., Lindenberger D., Ktimmel R., Kroeger T., Eiehorn W. 2001.** The Need to Reintegrate the Natural Sciences with Economies. *BioScience* 51(8): 663–673.
- Ktimmel E. 1982.** The Impact of Energy on Industrial Growth. *Energy* 7(2): 189–203.
- Lazzarini A. 2011.** *Revisiting the Cambridge Capital Theory Controversies: A Historical and Analytical Study*. Pavia: Pavia University Press.
- Leontief W. W. 1986.** *Input-Output Economics*. 2nd ed. New York; Oxford: Oxford University Press.
- Lotka A. J. 1925.** *Elements of Physical Biology*. Baltimore: Williams and Wilkins.
- Lucas E. E. Jr. 1988.** On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics* 22(21): 3–42.
- Mirowski Ph. 1988.** Energy and Energetics in Economic Theory: A Review Essay. *Journal of Economic Issues* 22(4): 811–830.
- Morowitz H. J. 1968.** *Energy Flow in Biology: Biological Organisation as a Problem in Thermal Physics*. New York; London: Academic Press.
- Odum H. T. 1996.** *Environmental Accounting: Emergy and Environmental Decision Making*. New York: John Wiley & Sons.
- Pareto V. 1897.** *Corns d'economique politique*. 1ère éd. London: Macmillan.
- Pareto V. 1964.** *Corns d'economie politique*. Geneva: Librairie Droz.
- Pokrovski V. N. 1999.** *Physical Principles in the Theory of Economic Growth*. Aldershot: Ashgate.
- Pokrovski V. N. 2003.** Energy in the Theory of Production *Energy* 28(8): 769–788.
- Pokrovski V. N. 2007.** Productive energy in the US economy. *Energy* 32(5) 816–822.
- Pokrovskii V. N. 2011.** Pulsation of the Growth Rate of Output and Technology. *Physica A. Statistical Mechanics and its Applications* 390(23–24): 4347–4354.
- Pokrovskii V. N. 2018.** *Econodynamics: The Theory of Social Production*. 3rd ed. Dordrecht; Heidelberg; London; New York: Springer.
- Pokrovskii V. N. 2020.** *Thermodynamics of Complex Systems: Principles and Applications*. Bristol: IOP Publishing.
- Pokrovskii V. N., Sehinikus Ch. 2016.** An Elementary Model of Money Circulation *Physica A. Statistical Mechanics and its Applications* 463: 111–122.
- Prigogine I. 1980.** *From Being to Becoming: Time and Complexity in the Physical Sciences*. New York: Freeman & Company.
- Ramsey F. P. 1928.** A Mathematical Theory of Saving. *Economic Journal* 38: 543–559.
- Rivers J. P. W., Payne P. R. 1982.** The Comparison of Energy Supply and Energy Needs: A Critique of Energy Requirements. *Energy and Effort* / Ed. by G. A. Harrison, pp. 85–105. London: Taylor and Francis.
- Robinson J. 1953–1954.** The Production Function and the Theory of Capital. *The Review of Economic Studies* 21(2): 81–106.
- Romer P. M. 1986.** Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy* 94: 1002–1037.

- Romer P. M. 1990.** Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy* 98: 71–102.
- Schumpeter J. A. 1911.** *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung: Eine Untersuchung über Unternehmengewinn, Kapital, Kredit, Zins und den Konjunkturzyklus*. Berlin: Dunker und Humblot.
- Scott H. 1933.** *Introduction to Technocracy*. New York: The John Day Company.
- Shinekus Ch., Altuekov Yu. A., Pokrovskii V. N. 2018.** Empirical Justification of the Elementary Model of Money Circulation. *Physica A. Statistical Mechanics and its Applications* 493: 228–238.
- Soddy F. 1924.** *Cartesian Economics: The Bearing of Physical Sciences upon State Stewardship*. London: Hendersons.
- Solow E. 1957.** Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economic Studies* 39: 312–330.
- Stiglitz J. E. 1974.** The Cambridge-Cambridge Controversy in the Theory of Capital: a View from New Haven: a Review Article. *Journal of Political Economy* 82: 893–903.
- Studenski P. 1961.** *The Income of Nations Theory, Measurement and Analysis: Past and Present*. New York: New York University Press.
- Yakovenko V. M. 2007.** Econophysics, Statistical Mechanics Approach to. *Encyclopedia of Complexity and System Science* / Ed. by R. A. Meyers, pp. 2800–2826. Berlin, Heidelberg: Springer.

Раздел III. ТЕХНОЛОГИИ И ЭКОНОМИКА

5

Модернизация как глобальный процесс*

Сергей Юрьевич Малков

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова;
Институт экономики РАН

Ольга Игоревна Давыдова

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

В статье проведен анализ эмпирических данных по долгосрочной демографической и экономической динамике стран мира за период с начала XIX в. по настоящее время. Выявлены основные особенности этой динамики. Предложена математическая модель, описывающая демографо-экономическую динамику стран мира как отражение происходивших в них процессов социально-экономической модернизации (перехода от аграрного к индустриальному обществу). Приведены результаты моделирования.

Ключевые слова: модернизация, страны мира, долгосрочная демографическая и экономическая динамика, математическое моделирование.

Введение

Новое и Новейшее время – это время глобальных перемен, эпоха модернизации, перехода от аграрного общества к индустриальному на основе динамичного развития научно-технических знаний. Процесс модерниза-

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 20-61-46004).

Для цитирования: Малков С. Ю., Давыдова О. И. 2023. Модернизация как глобальный процесс. *История и Математика: Анализ глобального социоприродного развития* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротчаев. Волгоград: Учитель. С. 105–128. DOI: 10.30884/978-5-70-57-6258-3_06.

For citation: Malkov S. Yu., Davydova O. I. 2023. Modernization as a Global Process. *History and Mathematics: Analysis of Global Socio-Natural Development* / Ed. by L. E. Grinin, A. V. Korytchayev. Volgograd: Uchitel. Pp. 105–128 (in Russian). DOI: 10.30884/978-5-7057-6258-3_06.

ции проходил в разных странах по-разному, с различной скоростью и интенсивностью, но тем не менее это поистине глобальный процесс. Это хорошо видно на рис. 1 и 2, где представлены графики демографического роста и роста ВВП на душу населения в ряде стран мира в период с 1820 по 2008 г.

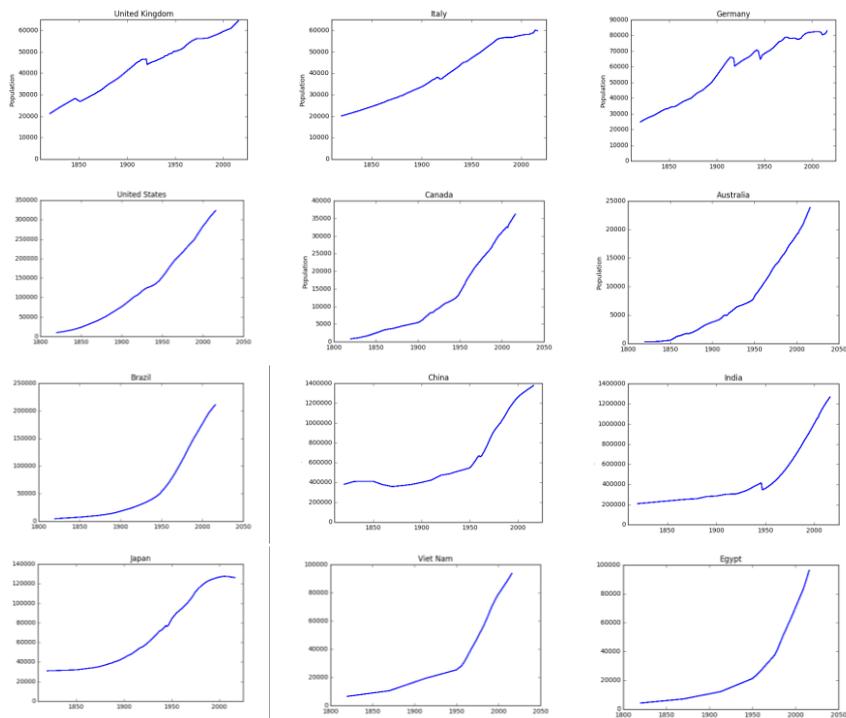


Рис. 1. Динамика численности населения ряда стран мира в период с 1820 по 2008 г., тыс. чел.

Источник: www.ggd.net/maddison.

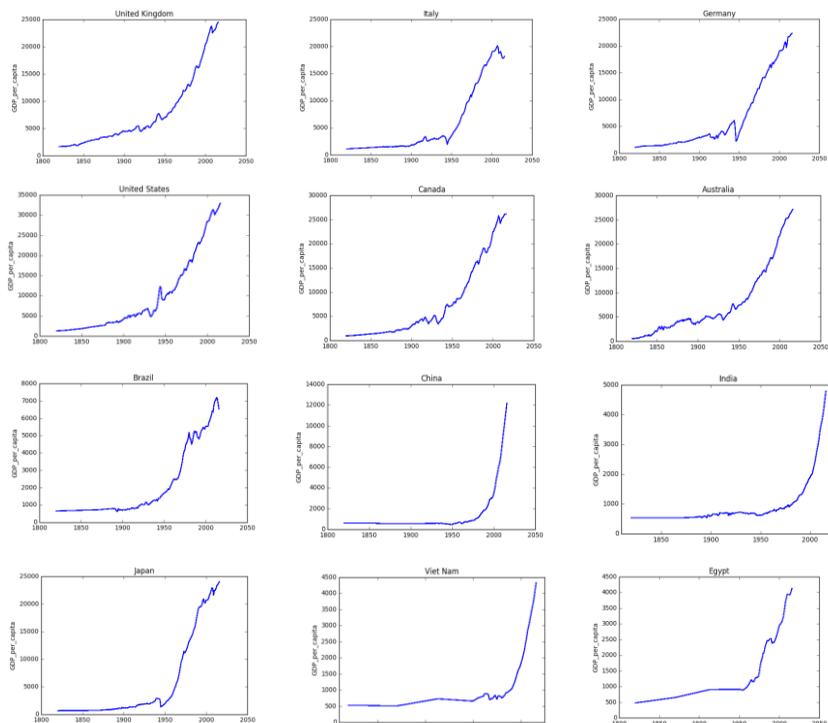


Рис. 2. Динамика ВВП на душу населения в ряде стран мира в период с 1820 по 2008 г. (ВВП измеряется в международных долларах США 1990 г.)

Источник: www.ggdnc.net/maddison.

Видно, что графики, отражающие демографическую и экономическую динамику, могут существенно отличаться от страны к стране в своих деталях. Однако для развитых стран обращает на себя внимание эмпирическая закономерность, что на первом этапе модернизации численность населения и ВВП на душу населения, как правило, растут быстро и согласованно, затем ВВП на душу населения начинает обгонять рост населения, далее рост населения начинает тормозиться, а вслед за ним начинает тормозиться и ВВП на душу населения. То есть возникает определенный цикл последовательного ускорения темпов роста демографических и экономических характеристик, а затем их последовательного замедления. В развивающихся странах, как правило, указанная закономерность отслеживается хуже, по-видимому, в силу нестабильности их демографического и экономического развития, а также вследствие того, что эти страны

находятся на начальных этапах модернизации (то есть пока еще только в начале описанного выше цикла).

Развитие теории модернизации

В настоящее время термин «модернизация», как правило, рассматривается в нескольких аспектах. Ведущий эксперт в области социальной модернизации С. Н. Гавров выделяет следующие определения модернизации. Во-первых, исторически модернизация может рассматриваться как внутреннее развитие государств Западной Европы и Северной Америки (Гавров 2009). Такую модернизацию часто именуют первичной или органической. Во-вторых – как развитие государств, не относящихся к Западной Европе и Северной Америке, но стремящихся заимствовать и внедрить западные технологии, догнать новаторов (вторичная, неорганическая, догоняющая модернизация). Также модернизация может пониматься как постоянный процесс развития, характеризующийся периодическими реформами, реорганизацией, реконструкцией и инновациями.

В классических работах началом модернизации считаются промышленная революция, начавшаяся в Великобритании, Великая французская революция, европейские революции 1848–1849 гг., затронувшие Францию, Австрийскую империю, Германию, итальянские государства, Польшу, Валахию и Молдавию, то есть процессы перехода от аграрного (традиционного) общества к индустриальному. Эксперт по вопросам модернизации В. Мур определяет ее как тип социальной организации общества «продвинутых» стран Запада, для которого свойственны стремительное экономическое развитие и политическая стабильность (Кравченко 2002: 16–17).

Фердинанд Тённис, один из основателей немецкой профессиональной социологии, определил основополагающие характеристики традиционного и индустриального обществ. По утверждению Тённиса, традиционное («естественное») общество – это общество, во главе которого лежат семейные отношения, а все социальные связи основаны на родстве. Индустриальное общество («рациональная воля») Тённис определяет как общество, основанное на экономических и безличных отношениях, как общество, в котором преобладают деловая организация, труд и потребление (Ионин 1979).

Томас Мальтус в свое время обратил внимание на демографические аспекты модернизации и подчеркнул, что человек в значительной степени зависит от имеющихся природных ресурсов. Мальтус показал, что, как правило, численность населения растет быстрее, чем необходимые людям ресурсы, что многократно приводило к голоду, эпидемиям и войнам в доиндустриальных обществах (Мальтус 1993).

Одним из основоположников теории модернизации является Карл Маркс, который во главу модернистского (капиталистического) общества

ставил частную собственность и капитал. Маркс утверждал, что государства-новаторы являются примером развития для других стран, поскольку все страны в ходе модернизации проходят одни и те же стадии, несмотря на культурные различия (Маркс 1985).

Со временем социологи пришли к выводу, что решающим фактором модернизации является культурная и ментальная трансформация, то есть замена традиционных ценностей в общественном сознании. М. Вебер, например, рассматривал рациональность управления и отрицание религиозного сознания как основные условия модернизации (Вебер 1990). В отличие от К. Маркса, Вебер был уверен в том, что капитализм, зародившийся в Европе, не всегда может быть воспринят и внедрен в других странах в силу особенностей их развития и устоявшейся идеологии. Дэниэл Лернер полагал, что модернизация представляет собой некое состояние сознания человека, в котором преобладают тенденция к экономическому росту, способность приспосабливаться к изменениям, а также уверенность в прогрессе (Lerner 1958). Марион Леви определял модернизированное общество как общество, способное применять источники энергии и машины с целью увеличения производительности труда (Levy 1966; 1967). Необходимость изменения стиля мышления для осуществления модернизации отмечал и Георг Зиммель. Социолог акцентировался на вопросе «абстрактизации», в том числе продемонстрировал, что отношения в модернизирующемся мире являются более абстрактными и формальными (Громов и др. 1996).

Следует также отметить последователя М. Вебера – Толкотта Парсонса, основоположника структурного функционализма, который утверждал, что человеческое общество подобно биологическому организму, в котором все части взаимосвязаны и взаимозависимы. В обществе каждый социальный институт наделяется определенными функциями, что способствует стабильности («гомеостатическому равновесию»). При изменении в одном из институтов перемены заметны во всех остальных. Парсонс и Шилз определили « типовые переменные », характеризующие модернизированное общество, среди которых аффективная нейтральность, универсализм, индивидуалистская ориентация, достижение и функциональная специализация (Парсонс 1998: 210, 227). Теория Парсонса оказала большое влияние на развитие теории модернизации в целом.

В процессе модернизации трансформируется не только общество, но и модель личности. Происходит переход от ценностей коллективизма к ценностям индивидуализма, провозглашаются равные гражданские права, возможность социального выбора. Эмиль Дюркгейм рассматривал модернизацию как переход в систему общественных отношений, базирующихся на различии индивидов и, соответственно, на функциональном разделении труда (Дюркгейм 1991).

Макс Вебер, Эмиль Дюркгейм, Георг Зиммель, Карл Маркс, Фердинанд Тённис и другие социологи заложили основы классической теории модернизации. Современная теория модернизации возникла в середине XX в., в период ослабления и разрушения европейских колониальных империй и образования новых независимых стран. Постепенно произошла переоценка роли государств Запада в модернизации. Сложившиеся теории, утверждающие модель западного общества как единственно возможную, потеряли свою актуальность. Если ранее национальные и культурные особенности стран считались помехой модернизации и искоренялись, то в настоящее время рассматриваются как преимущество. Более того, автор мир-системного анализа Иммануил Валлерстайн доказал, что в силу деления мира на доминирующий центр, полупериферию и периферию модернизирующаяся страна практически не имеет возможности вырваться вперед и превратиться в высокоразвитую, поскольку находится в зависимости от центра (Wallerstein 2011). Нередко в процессе модернизации возникают так называемые «ловушки развития», тормозящие преобразование общества (Гринин 2010; Гринин, Коротаев 2012). Часто искоренение традиций и смена жизненных укладов при попытке модернизации по западному пути приводят к острым общественным конфликтам, экономическим, политическим и социальным кризисам (Grinin 2012). При этом модернизация в некотором смысле способствует укреплению традиций. Такой позиции придерживаются многие ученые современности, включая создателя концепции этнокультурного разделения цивилизаций Сэмюэла Хантингтона (2003), исследователя позднего модерна Зигмунта Баумана (2004), эксперта в области исследований цивилизаций, революций и модернизации Шмуэля Эйзенштадта (2010), исследователя постиндустриального общества Алена Турена (2014), одного из самых влиятельных социологов XX в. Роберта Мертона (Ермаханова 2005) и др. Ярким и успешным примером модернизации на основе национальной культуры является Япония. Еще одной незападной моделью модернизации можно назвать социализм, имевший место в Советском Союзе (Гринин 2010), некоторых государствах Восточной Европы и Китае. Данная модель развития не смогла конкурировать с капитализмом и была разрушена. Снова появилась уверенность в том, что капитализм непобедим и является единственным возможным способом модернизации (Fukuyama 1992). Однако в настоящее время во многих странах модернизация рассматривается как синтез передовых технологий (в том числе западных) и исторических традиций.

В свете возникновения большого количества экологических проблем активное развитие получила теория экологической модернизации, основоположниками которой являются Йозеф Хубер и Артур Мол (Mol 1992; 2000; Huber 1991). Авторы считали, что модернизация должна проводиться посредством внедрения более совершенных технологий, благодаря ко-

торым экологии в ходе производственной деятельности наносится меньший урон.

Некоторые страны в настоящий момент вступают в эпоху постмодернизации, в которой главенствующая роль отдана личности человека, ее многообразию и самовыражению (Штомпка 1996).

С появлением исторических баз данных и развитием количественных методов стало возможным изучение исторических закономерностей с помощью математических моделей. Благодаря моделям появляется возможность восстанавливать и исследовать исторические процессы, анализировать сложившиеся пути развития, а также их альтернативные варианты, определять последствия проведенных реформ и т. д.

Наибольшее развитие получили математические модели, описывающие демографические процессы. В ряде моделей исследователи ограничивались лишь экстраполяцией статистических рядов, на основе которых предсказывался либо слишком большой рост численности населения, либо ее стремительное убывание (von Foerster *et al.* 1960; Malthus 1798). Причиной таких прогнозов служило отсутствие обратных связей в моделях и, соответственно, равновесных состояний (Turchin 2003). Ярким примером является широко известная мальтузианская модель роста, созданная английским демографом Томасом Мальтусом. Модель предсказывает численность населения (N) на основе текущей численности населения (N_0), темпов прироста населения (r) и временной переменной (t), характеризующей интервал времени между текущим моментом и моментом в будущем (Malthus 1798):

$$N(t) = N_0 e^{rt}. \quad (1)$$

Мальтузианская модель была доработана Пьером Ферхюльстом (Verhulst 1838), который добавил в модель обратную связь – слагаемое, отвечающее за ограничение роста численности населения, зависящее от емкости среды (K):

$$N(t) = \frac{kN_0 e^{rt}}{K + N_0 (e^{rt} - 1)}. \quad (2)$$

Согласно модели, при наличии необходимых ресурсов численность населения растет по экспоненциальному закону, но при достижении емкости среды сокращается потребление на душу населения, что приводит к войнам и эпидемиям, которые в свою очередь значительно сокращают численность населения. Таким образом, подушевое потребление увеличивается и снова начинается рост населения.

Колебания численности населения наблюдались во многих регионах мира, включая Китай, Западную Европу, Россию, и исследовались большим количеством ученых (Zhao, Xie 1988; Lieberman 2003; Lewit 1991; Нефедов 2002). Опираясь на теорию Мальтуса и используя количествен-

ные методы, Джек Голдстоун исследовал вопрос о том, как рост численности населения влияет на социально-политическую нестабильность и каковы причины возникновения революций (Goldstone 2002). Он также разработал структурно-демографическую теорию, на основе которой Петр Турчин построил математическую теорию крушения государства (Turchin, Korotayev 2006).

Еще одним классом моделей являются модели, используемые для прогнозирования численности взаимозависимых популяций, в которых на численность популяции влияют не только внутренние процессы и ограничения, но и соседствующие популяции. Примером является математическая модель Лотки – Вольтерра, применяемая в системах «хищник – жертва» (Турчин 2008), чаще всего в биологии и экологии. Переменные модели – численность хищников (y), численность жертв (x), время (t):

$$\frac{dx}{dt} = (\alpha - \beta y)x; \quad (3)$$

$$\frac{dy}{dt} = (-\gamma + \delta x)y, \quad (4)$$

где $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ – коэффициенты, характеризующие взаимодействия между популяциями. Модель демонстрирует периодический рост и падение численности популяций.

Если рассматривать численность населения на большом временном интервале, можно сделать вывод о том, что она подчинена гиперболическому закону. Одними из первых с помощью математической модели это показали Хайнц фон Ферстер, Патриция Мора и Лоуренс Эмиот (von Foerster *et al.* 1960):

$$N(t) = \frac{C}{t_0 - t}, \quad (5)$$

где C и t_0 – константы (t_0 соответствует 13 ноября 2026 г.).

Существенный вклад в развитие данной теории внес Сергей Капица, разработавший математическую модель гиперболического роста численности населения Земли (Капица 1999). Он утверждал, что скорость роста численности населения пропорциональна квадрату ее численности:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{N^2}{C} = \frac{C}{(t_0 - t)^2}, \quad (6)$$

где C – константа. В 60-х гг. XX в. гиперболический закон перестал работать, темпы роста населения уменьшились, благодаря развитию индустриального общества произошел демографический переход, для описания которого Капица добавил в модель характерное время жизни человека $\tau = 42$ года:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{N^2}{C} = \frac{C}{(t_0 - t)^2 + \tau^2}. \quad (7)$$

С помощью данной модели Капица спрогнозировал стабилизацию численности населения на уровне 12–13 млрд человек к 2100–2150 гг.

Альтернативный подход использовался в опубликованном в 1972 г. докладе Римскому клубу «Пределы роста», в котором авторы с помощью математической модели рассчитали сценарии увеличения численности населения и исчерпания природных ресурсов (Медоуз и др. 1991). В основе модели, состоящей из почти двух десятков нелинейных дифференциальных уравнений, лежат следующие переменные: невозобновляемые ресурсы, промышленный капитал, сельскохозяйственный капитал, капитал сферы услуг, свободная земля, сельскохозяйственные угодья, городская и промышленная земля, неудаляемые загрязнители, народонаселение. Основным выводом моделирования стало утверждение о том, что в случае сохранения сложившихся на тот момент тенденций пределы роста будут достигнуты за один век, после чего неминуемо резкое и значительное сокращение численности населения. Модель несколько раз пересчитывалась с учетом новых данных, а также экономических, политических, социальных, демографических и других изменений, произошедших во многих странах (Медоуз и др. 2007; Randers 2012), но результаты остались прежними. Если не изменить объемы потребления природных ресурсов сейчас, то уже в ближайшее время возникнут серьезные глобальные конфликты, что станет причиной сокращения мировой численности населения. Михайло Месарович и Эдуард Пестель с помощью разработанной ими модели, основанной на теории многоуровневых иерархических систем, также предсказали серию региональных катастроф (Mesarovic, Pestel 1974).

Наряду с демографическими моделями широкое распространение получили экономические модели исторического развития, в которых большое внимание уделено моделированию мирового валового продукта (ВВП). Для расчета объемов производства (Q) часто используется функция Кобба – Дугласа, зависящая от труда (L) и капитала (K), и различные ее аналоги (Cobb, Douglas 1928):

$$Q = AL^\alpha K^\beta, \quad (8)$$

где A – коэффициент, характеризующий технический прогресс, α и β – коэффициенты эластичности.

Основываясь на функции Кобба – Дугласа и постулатах Мальтуса, Майкл Кремер разработал модель для расчета производимого населением продукта (Kremer 1993; Jones 1992):

$$G = TN^a V^{1-a}, \quad (9)$$

где G – производимый продукт; T – уровень технологий ($\frac{dT}{dt} = bN^\psi T^\varphi$); V – используемые земельные ресурсы; $0 < \alpha < 1$ – параметр; b – средняя продуктивность работы одного изобретателя; ψ, φ – параметры.

Сергей Махов исследовал макромодель мировой динамики и устойчивого развития индустриального и постиндустриального обществ, включающую две переменные: технологии T и ресурсы R (Махов 2005):

$$\frac{dR}{dt} = -\lambda R^\alpha T^b; \quad (10)$$

$$\frac{dT}{dt} = \sigma R^{\alpha m} T^d - \mu T, \quad (11)$$

где λ, σ, μ – параметры, а численность населения считается пропорциональной T . С помощью модели несложно доказать, что только при открытии новых ресурсов можно говорить об устойчивом развитии.

Коллективом ученых (Коротаев и др. 2005) также была разработана математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования (позже усовершенствованная), включающая в себя три нелинейных дифференциальных уравнения для описания численности населения (N), производительности труда (T) и грамотности (L) (Там же):

$$\frac{dN}{dt} = aNS(1-L); \quad (12)$$

$$\frac{dS}{dt} = bNS; \quad (13)$$

$$\frac{dL}{dt} = cLS(1-L); \quad (14)$$

$$G = N(S+m), \quad (15)$$

где $S = T - m$; G – мировой ВВП; a, b, c, m – константы.

Наряду с моделями глобального развития имеется также большое количество работ, посвященных более узкому кругу проблем. Например, нобелевский лауреат Роберт Фогель применял математические модели для изучения влияния железнодорожного строительства на экономический рост США в XIX в. (Fogel 1964), а российский историк И. Д. Ковальченко на основе статистических методов разработал концепцию аграрной эволюции России XIX в. (Ковальченко 2004).

В настоящей работе математические методы будут использованы для моделирования процесса модернизации в различных странах.

Модель модернизации

Представляется, что циклы последовательного ускорения темпов роста демографических и экономических характеристик, а затем их последова-

тельного замедления отражают общую логику процесса модернизации, и их можно формализовать в виде математической модели. Прототип модели изложен в работах (Садовничий и др. 2014; Малков 2015). Суть модели в следующем.

Модернизация рассматривается как процесс постепенной трансформации традиционного общества под влиянием возникшего в нем инновационного сектора в соответствии с логикой, изложенной ниже (см. рис. 3).

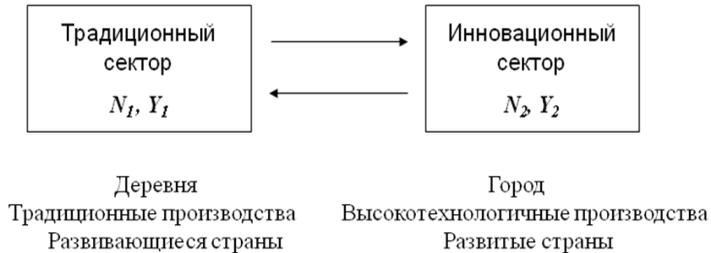


Рис. 3. Схема взаимодействия традиционного и инновационного секторов общества в процессе модернизации (N – численность населения, Y – уровень производства)

Первоначально общество, которому предстоит пройти путь модернизации, является традиционным. Это означает, что его экономическую основу составляет сельское хозяйство, в котором используются в основном ручной труд и традиционные технологии, подавляющая часть населения живет в сельской местности. Такое общество в силу ограниченности ресурсной базы оказывается в мальтузианской ловушке, в среднем численность населения находится на уровне демографической емкости территории и практически не растет (Мальтус 1993).

Суть модернизации заключается в том, что в указанном традиционном обществе возникает инновационный сектор, в котором начинают использоваться машинный труд и высокопроизводительные технологии. Причины возникновения и развития инновационного сектора могут быть как внутренними (примером этому является модернизация в Англии начиная с XVI в.), так и внешними, обусловленными влиянием более развитых стран. В любом случае центрами развития инновационного сектора экономики являются промышленные поселки и города, куда начинает мигрировать избыточное население из сельской местности, обеспечивая инновационный сектор дешевой рабочей силой. Причина миграции заключается в том, что в силу более высокой производительности труда в инновационном секторе уровень жизни его работников превышает таковой в традиционном секторе. Вследствие повышения уровня жизни падает детская смертность, демографическое равновесие нарушается, прирост населения становится положительным, начинается демографический рост.

Если этот рост поддерживается опережающим ростом производительности труда, то он переходит в демографический взрыв. Это первая, неустойчивая фаза модернизации, для которой характерно возникновение диспропорций (например, формирование «молодежного бугра» [Коротаев и др. 2012]), возможны откаты назад, социальная нестабильность, политические кризисы. На этой фазе положительные обратные связи преобладают над отрицательными, доля инновационного сектора экономики быстро растет.

Вторая фаза модернизации начинается, когда большая часть населения переезжает жить из сельской местности в города, а само сельскохозяйственное производство становится все более высокотехнологичным и переходит из традиционного сектора в инновационный. В таком обществе уровень материального благосостояния растет, но при этом изменяется модель семьи: она трансформируется из многодетной в малодетную. Рождаемость снижается до уровня смертности, вследствие чего происходит стабилизация численности населения. На этой фазе в демографии преобладающими становятся отрицательные обратные связи, общество становится более стабильным, более старым, обремененным грузом новых проблем: если раньше проблемой был очень быстрый рост населения, то сейчас проблемой становятся прекращение этого роста и стремительное старение населения.

Базовая математическая модель, описывающая изложенную выше логику процесса модернизации, имеет следующий вид:

$$\frac{dN_1}{dt} = (\text{воспроизводство } N_1) - (\text{миграция в города}) \approx a_1(t)N_1 - b(t)N_1N_2, \quad (16)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = (\text{воспроизводство } N_2) + (\text{миграция в города}) \approx a_2(t)N_2 + b(t)N_1N_2, \quad (17)$$

$$y = (\text{ВВП}) / (\text{численность населения}) = \frac{Y}{N_1 + N_2}, \quad (18)$$

где N_1 – численность населения, включенного в традиционный сектор экономики; N_2 – численность населения, включенного в инновационный сектор экономики; a_1 , a_2 – коэффициенты воспроизводства групп населения N_1 и N_2 , зависящие от стадии модернизационного процесса; b – коэффициент миграции, зависящий от стадии модернизационного процесса; Y – производимый в обществе валовой внутренний продукт (ВВП); y – производство ВВП на душу населения. Для оценки величины производимого ВВП может быть использовано выражение:

$$Y = Y_1 + Y_2 = y_1(t)N_1 + y_2(t)N_2, \quad (19)$$

где Y_1 и Y_2 – ВВП, производимый в традиционном и инновационном секторе соответственно; $y_1(t)$ и $y_2(t)$ – ВВП на душу населения, производимый в традиционном и инновационном секторе соответственно ($y_1(t) < y_2(t)$).

Соотношение величин $y_1(t)$ и $y_2(t)$ в процессе модернизации изменяется. Изменение этого соотношения может быть охарактеризовано функцией $g(t)$:

$$g(t) = (y_2(t) - y_1(t))/y_1(t), \quad (20)$$

где время t отсчитывается от начала процесса модернизации.

В процессе модернизации величина $g(t)$ поступательно растет от нуля до больших величин (однако этот рост в конце процесса модернизации замедляется, поскольку отдача от внедряемых технологий постепенно приходит в насыщение). Для развитых стран рост величины $g(t)$ определяется логикой развития научной сферы и скоростью внедрения новых технологий в производство. Для развивающихся стран рост величины $g(t)$ определяется в основном диффузией инноваций из развитых стран.

Уравнения (16)–(20) представляют собой базовую модель модернизации. Для дальнейшей ее конкретизации необходимо доопределить вид функций $a_1(t)$, $a_2(t)$, $b(t)$, $y_1(t)$, $g(t)$, входящих в эти уравнения в качестве изменяемых во времени коэффициентов. Поскольку целью данного исследования является попытка на основе эмпирических данных создать *общую* модель процессов модернизации, то желательно, чтобы указанные коэффициенты были не функциями времени t , а функциями переменных модели N_1 и N_2 , то есть чтобы система уравнений была автономной¹. С этой точки зрения целесообразно описать изменение коэффициентов модели в зависимости от изменения величины N_2/N_1 , характеризующей соотношение инновационного и традиционного секторов в обществе. Рассмотрим последовательно каждый из указанных коэффициентов.

Коэффициент демографического воспроизводства a_1 в ходе процесса модернизации растет от нуля до некоторого постоянного значения (прежде всего вследствие снижения детской смертности в сельской местности). Коэффициент демографического воспроизводства a_2 в ходе процесса модернизации постепенно снижается до нуля (вследствие снижения рождаемости в городской местности). Поскольку в рамках модели изменение a_1 и a_2 зависит от стадии, на которой находится модернизация общества (которая в свою очередь характеризуется значением величины N_2/N_1 , отражающим степень вовлеченности населения в инновационный сектор), то коэффициенты a_1 и a_2 могут быть представлены как функции величины N_2/N_1 , например, в виде:

$$a_1 = \frac{a_{11} \frac{N_2}{N_1}}{\frac{N_2}{N_1} + a_{12}}, \quad (21)$$

¹ Автономная система дифференциальных уравнений – частный случай, когда аргумент t не входит явным образом в функции, задающие систему.

$$a_2 = \frac{a_{21}}{\frac{N_2}{N_1} + a_{22}}, \quad (22)$$

где a_{ij} – параметры, учитывающие специфику демографических процессов в рассматриваемом обществе.

Типовой вид зависимостей a_1 и a_2 , соответствующий (21) и (22), представлен на рис. 4.

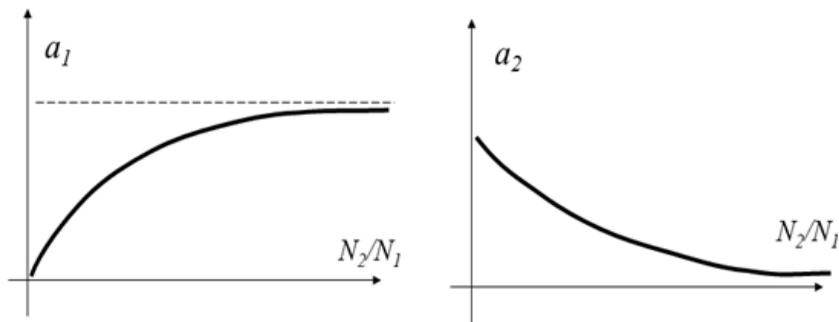


Рис. 4. Типовой вид зависимостей a_1 и a_2 , характеризующих воспроизводство населения в традиционном и инновационном секторах общества в ходе модернизации

Величина коэффициента миграции b зависит от того, насколько сильно отличаются величины y_1 и y_2 в инновационном и в традиционном секторах, насколько привлекательнее инновационный сектор по отношению к традиционному. В простейшем случае примем, что значение b прямо пропорционально значению g , то есть чем сильнее значение y_1 превышает значение y_2 , тем интенсивнее миграционный поток из традиционного сектора в инновационный:

$$b = b_0 \cdot g, \quad (23)$$

где b_0 – коэффициент пропорциональности.

При этом величина g в ходе процесса модернизации растет. Будем в рамках модели считать, что g растет от нуля до некоторого постоянного значения (поскольку отдача от внедряемых технологий постепенно приходит в насыщение):

$$g = \frac{g_0 \frac{N_2}{N_1}}{\frac{N_2}{N_1} + k}, \quad (24)$$

где g и k – коэффициенты. Типовой вид зависимости $g(N_2/N_1)$ аналогичен виду зависимости $a_1(N_2/N_1)$ (см. рис. 4).

В соответствии с (19) ВВП рассматриваемой страны с учетом обоих секторов описывается выражением:

$$Y = Y_1 + Y_2 = y_1 N_1 + y_2 N_2 = y_1(N_1 + N_2(g+I)). \quad (25)$$

Население страны равно:

$$N = N_1 + N_2. \quad (26)$$

Уравнения (16)–(26) представляют собой модель модернизации, где все величины являются функциями от N_2/N_1 .

Необходимо отметить, что, хотя обоснование модели проводилось на примере, когда под миграцией понимался переезд сельских жителей из деревень в города, реально миграции существенно шире. Например, миграцией из традиционного сектора в инновационный может быть переход сельского населения от традиционных методов обработки земли с использованием в основном ручного труда к фермерскому хозяйству, основанному на использовании современной техники.

Апробация модели

Работоспособность модели (16)–(26) необходимо проверить на реальных данных мировой статистики. Модель была верифицирована на статистических данных следующих стран: Соединенные Штаты Америки, Канада, Великобритания, Франция, Германия, Испания, Австрия, Италия, Бельгия, Бразилия, Япония, Китай, Турция, Египет, Иран, Индия, Индонезия. Страны выбирались таким образом, чтобы в их число вошли представители с различным уровнем развития (развитые и развивающиеся страны), а также страны из различных регионов мира (Северная Америка, Южная Америка, Европа, Азия, Африка).

Одной из основных задач являлось определение параметров модели a_{11} , a_{12} , a_{21} , a_{22} , g_0 , b_0 , k , y_1 , N_{10} , N_{20} на основе имеющихся статистических данных (в рамках данной работы было принято допущение, что y_1 является постоянной величиной; N_{10} и N_{20} – начальные значения N_1 и N_2). Эмпирическими данными для идентификации указанных параметров послужили статистические ряды численности населения и ВВП вышеперечисленных стран за период 1500–2016 гг. Данные были собраны из двух источников:

- историческая база данных, созданная Ангусом Мэддисоном (Maddison 2010);
- Всемирный банк (предоставляющий данные начиная с 1960 г.) (The World Bank n. d.).

Для удобства расчетов обе базы данных были объединены в одну таблицу. Данные были выражены в относительных единицах, где единица – значение соответствующего показателя (численности населения, ВВП)

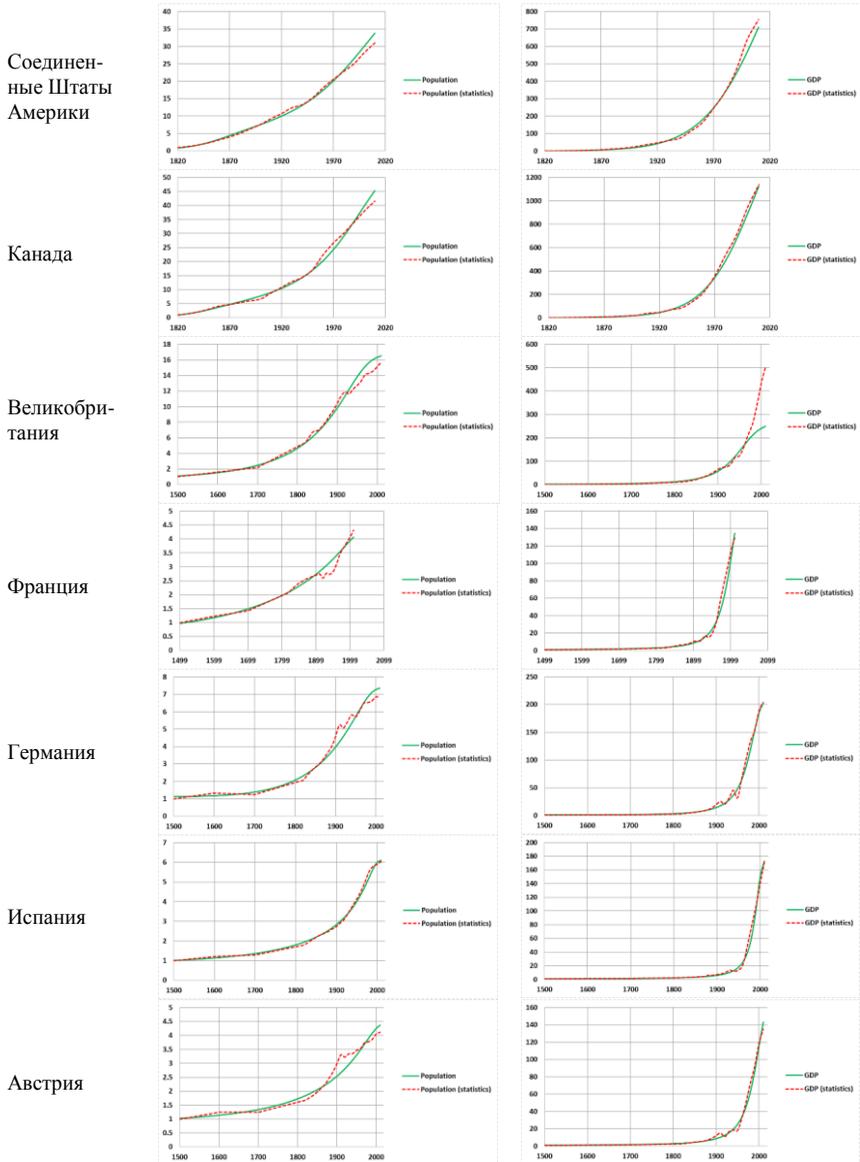
в начальном году расчета. Вычисления по модели производились начиная либо с 1500 г., либо с 1820 г., в зависимости от конкретной страны.

Для идентификации параметров использовался специально разработанный программный комплекс, в котором рассчитывается квадратичная функция невязок, являющаяся суммарным отклонением теоретических рядов значений численности населения и ВВП от их реальных статистических значений на интервале 1500–2016 гг. Для каждой страны находится такой набор параметров, при подстановке которого в модель значение функции невязок минимально. Многопараметрическая задача поиска минимума решается методом случайного спуска, реализованного в программном комплексе. Более подробно с данным инструментом можно ознакомиться в работе (Максимов, Филипповская 1982). В результате процедуры идентификации были определены параметры для каждой из стран (см. табл. 1).

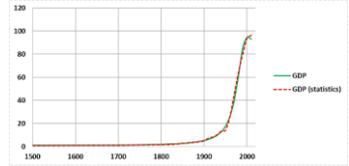
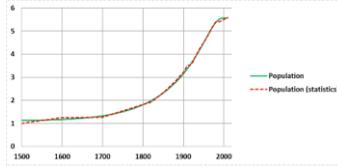
Табл. 1. Параметры модели, полученные в результате процедуры идентификации с использованием статистических данных для ряда стран

	a_{11}	a_{22}	a_{12}	g_0	b_0	y_1	a_{21}	k
США	0.09	0.65	-0.03	31.34	0.0003	0.94	0.77	0.03
Канада	0.11	0.88	-0.01	30.90	0.0004	0.96	0.65	0.00
Великобритания	0.11	0.87	0.15	14.29	0.0022	1.03	0.11	0.24
Франция	0.04	1.37	0.02	46.13	0.0032	1.05	0.04	0.44
Германия	0.09	0.8	0.18	24.35	0.0049	1.14	0.19	1.35
Испания	0.29	1.15	0.82	22.40	0.0123	1.19	0.05	1.02
Австрия	0.12	0.83	0.37	34.47	0.0058	1.10	0.07	0.78
Италия	0.08	0.93	0.14	16.11	0.0150	0.98	0.15	1.63
Бельгия	0.05	0.96	0.01	30.54	0.0021	1.11	0.17	1.01
Бразилия	0.92	0.77	0.46	13.18	0.0016	1.03	0.23	0.10
Япония	0.29	1.20	0.22	46.50	0.0060	1.02	0.00	0.18
Китай	0.08	1.15	0.03	10.23	0.0752	0.86	0.58	1.25
Турция	1.05	1.16	0.72	10.01	0.0408	1.08	0.01	0.04
Египет	0.33	1.25	0.04	24.77	0.0030	1.01	0.12	0.02
Иран	1.04	1.07	0.77	10.78	0.0241	0.94	0.04	0.02
Индия	0.93	1.43	0.65	4.97	0.0596	1.00	0.00	0.12
Индонезия	0.21	1.61	0.02	22.26	0.0058	0.99	0.12	0.18

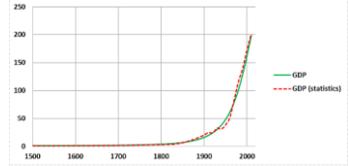
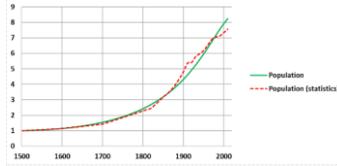
Ниже на рис. 5 представлено сопоставление статистических и расчетных данных, полученных путем подстановки в модель идентифицированных параметров для каждой из перечисленных выше стран.



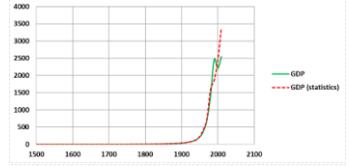
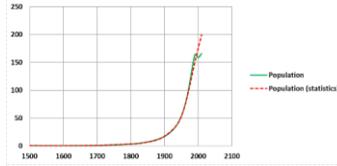
Италия



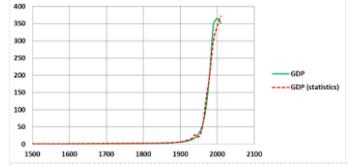
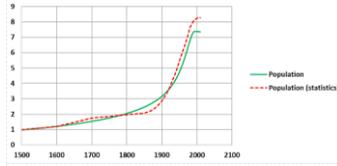
Бельгия



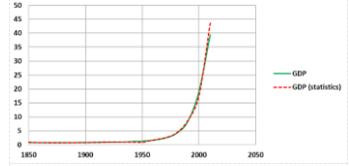
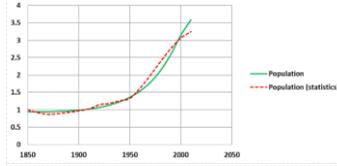
Бразилия



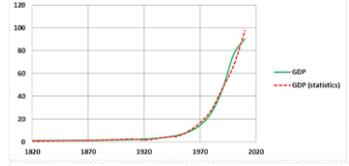
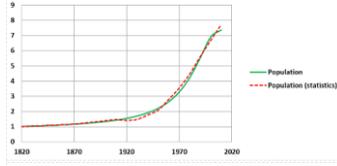
Япония



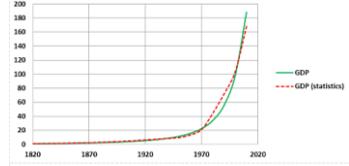
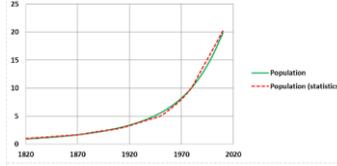
Китай



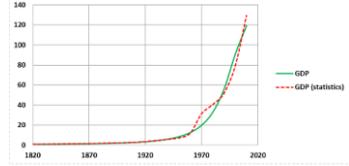
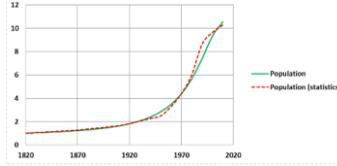
Турция



Египет



Иран



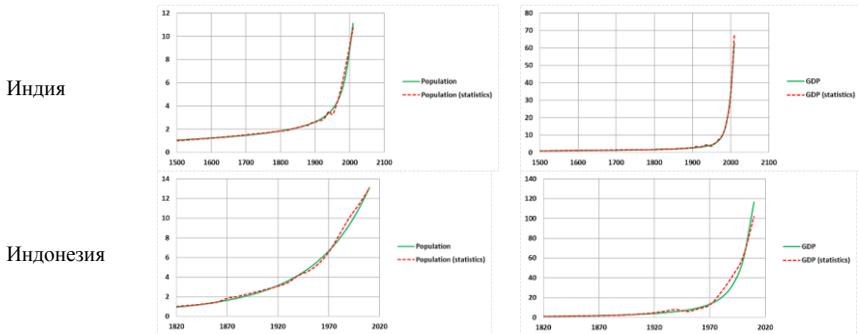


Рис. 5. Сопоставление расчетных (сплошная линия) и статистических данных (штриховая линия), отражающих динамику населения и ВВП в рассмотренных странах

Видно, что, несмотря на свою простоту, модель хорошо описывает долгосрочную демографическую и экономическую динамику в различных странах мира (как развитых, так и развивающихся) в период глобальных перемен. Отклонения расчетных кривых от статистических данных, как правило, наблюдаются в периоды войн и экономических кризисов, которые не учитываются моделью. Обращает на себя внимание расхождение расчетных и эмпирических данных по экономической динамике Великобритании во второй половине XX в. Возможно, это связано с тем, что в данный период значительную часть доходов в этой стране стала приносить не производственная, а финансовая деятельность. Также обращают на себя внимание в табл. 1 отрицательные значения коэффициента a_{12} : таким способом в рамках модели косвенно учитывается то, что в США и Канаде пополнение населения в существенной степени происходило за счет эмигрантов.

Представляет интерес выяснить, какие страны близки друг к другу по значениям параметров (а значит, и протеканию процесса модернизации). Для этого страны были разделены на группы с помощью метода иерархической кластеризации, в ходе которого строится иерархия (дерево) вложенных кластеров. В работе был использован агломеративный метод, в котором новые кластеры образуются посредством объединения более мелких кластеров. На начальном этапе определяются и образуют новый кластер объекты (страны), евклидовы расстояния между которыми в пространстве значений параметров минимальны. Для расчета расстояний между кластерами применяется метод полной связи, в котором расстояние между двумя кластерами считается равным максимальному расстоянию между двумя элементами из разных кластеров. Для наглядного представления результатов

кластеризации построена дендрограмма с использованием библиотек `hcluster` и `matplotlib` языка программирования Python (см. рис. 6).

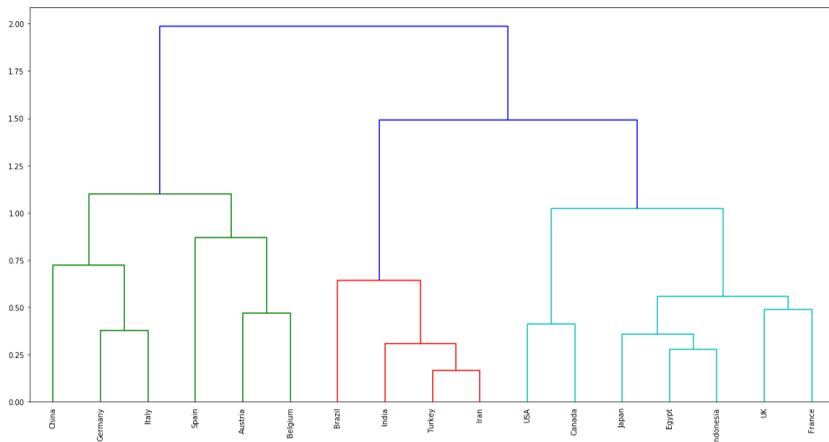


Рис. 6. Дендрограмма, отражающая кластеризацию стран в пространстве значений параметров модели

По результатам кластеризации выделяются следующие кластеры:

А) Соединенные Штаты Америки – Канада;

Б) Австрия – Бельгия – Испания – Италия – Германия – Китай;

В) Бразилия – Индия – Иран – Турция;

Г) Великобритания – Франция;

Д) Египет – Индонезия – Япония.

Для наглядного отображения результатов кластеризации на двумерной плоскости использован метод главных компонент, позволяющий уменьшить размерность данных (в данном случае с восьми до двух) с минимальной потерей количества информации (см. рис. 7). Применен метод PCA библиотеки `sklearn` языка программирования Python.

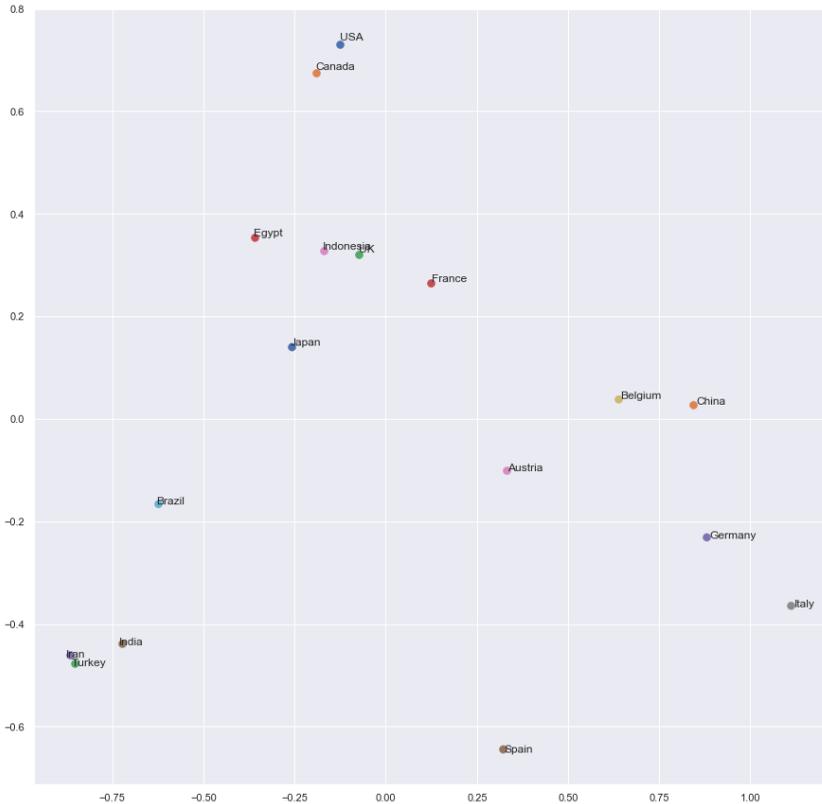


Рис. 7. Кластеризация стран методом PCA

Таким образом, анализ эмпирических данных по долгосрочной демографической и экономической динамике стран мира позволил выделить общие закономерности и формализовать их в виде математической модели. Модель представляет собой автономную систему дифференциальных уравнений, в общем виде описывающую процесс модернизации. Тестирование модели показало ее высокое качество применительно к описанию долгосрочных демографических и экономических изменений в развитых и развивающихся странах в период происходящего в течение последних столетий перехода от аграрного общества к индустриальному и постиндустриальному. В дальнейшем предполагается развитие данной модели и ее использование для анализа и прогноза демографической и экономической динамики в различных странах мира.

Библиография

- Бауман З. 2004.** *Глобализация. Последствия для человека и общества*. М.: Весь мир.
- Вебер М. 1990.** Протестантская этика и дух капитализма. В: Вебер М., *Избр. произведения*, с. 44–271. М.: Прогресс.
- Гавров С. Н. 2009.** Социокультурные процессы модернизации. *Вопросы социальной теории*. Т. III. Вып. 1(3): 359–368.
- Гринин Л. Е. 2010.** Мальтузианско-Маркссова «ловушка» и русские революции. *О причинах Русской революции* / Ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, с. 198–224. М.: Изд-во ЛКИ.
- Гринин Л. Е., Коротаев А. В. 2012.** *Циклы, кризисы, ловушки современной Мир-Системы. Исследование кондратьевских, жюгляровских и вековых циклов, глобальных кризисов, мальтузианских и постмальтузианских ловушек*. М.: Изд-во ЛКИ.
- Громов И. А., Мацкевич А. Ю., Семенов В. А. 1996.** Формальная социология Г. Зиммеля. В: Громов И. А., Мацкевич А. Ю., Семенов В. А., *Западная теоретическая социология*. М.: Ольга. URL: <https://all.alleng.me/d/sociol/soc039.htm>.
- Дюркгейм Э. 1991.** *О разделении общественного труда. Метод социологии*. М.: Наука.
- Ермаханова С. А. 2005.** Теория модернизации: история и современность. *Актуальные проблемы социально-экономического развития: взгляд молодых ученых*: сб. статей, с. 233–247. Новосибирск: Ин-т экономики и ОПП СО РАН.
- Ионин Л. Г. 1979.** Социологическая концепция Фердинанда Тённиса. *История буржуазной социологии XIX – начала XX века* / Ред. И. С. Кон, с. 164–179. М.: Наука.
- Капица С. П. 1999.** *Общая теория роста человечества: Сколько людей жило, живет и будет жить на Земле*. М.: Наука.
- Ковальченко И. Д. 2004.** *Аграрный строй России второй половины XIX – начала XX в.* М.: РОССПЭН.
- Коротаев А. В., Малков С. Ю., Бурова А. Н., Зинькина Ю. В., Ходунов А. С. 2012.** Ловушка на выходе из ловушки. Математическое моделирование социально-политической дестабилизации в странах мир-системной периферии и события Арабской весны 2011 года. *Моделирование и прогнозирование глобального, регионального и национального развития* / Отв. ред. А. А. Акаев, А. В. Коротаев, Г. Г. Малинецкий, С. Ю. Малков, с. 210–276. М.: ЛИБРОКОМ/URSS.
- Коротаев А. В., Малков А. С., Халтурина Д. А. 2005.** *Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования*. М.: ИПМ им. М. В. Келдыша РАН.
- Кравченко И. И. 2002.** Модернизация сегодняшней России. *Этапистские модели модернизации* / Отв. ред. В. Н. Шевченко, с. 16–17. М.: ИФРАН.
- Максимов Ю. А., Филипповская Е. А. 1982.** *Алгоритмы решения задач нелинейного программирования*. М.: МИФИ.

- Малков С. Ю. 2015.** Современный этап модернизации: на пути к Мир-организму. *Вестник МГУ. Сер. XXVII. Глобалистика и геополитика* 1/2: 88–109.
- Мальтус Т. 1993.** *Опыт о законе народонаселения*. Петрозаводск: Петроком.
- Маркс К. 1985.** *Капитал*. М.: Политиздат.
- Махов С. А. 2005.** *Математическое моделирование мировой динамики и устойчивого развития на примере модели Форрестера*. М.: ИПМ им. М. В. Келдыша РАН.
- Медоуз Д. Х., Медоуз Д. Л., Рэндерс Й., Беренс Ш В. В. 1991.** *Пределы роста*. М.: Изд-во МГУ.
- Медоуз Д. Х., Медоуз Д. Л., Рэндерс Й. 2007.** *Пределы роста. 30 лет спустя*. М.: Академкнига.
- Нефедов С. А. 2002.** О демографических циклах в истории средневековой Руси. *Клио* 3: 193–203.
- Парсонс Т. 1998.** *Система современных обществ*. М.: Аспект Пресс.
- Садовничий В. А., Акаев А. А., Коротаев А. В., Малков С. Ю. 2014.** *Комплексное моделирование и прогнозирование развития стран БРИКС в контексте мировой динамики*. М.: Наука.
- Турен А. 2014.** Идея революции. *Социологическое обозрение* 13(1): 98–116.
- Турчин П. В. 2008.** Лекция № 14. Популяционная динамика. *Биологическое образование в МФТИ*. URL: <http://bio.fizteh.ru/student/files/biology/biolections/lecture14>.
- Хантингтон С. 2003.** *Столкновение цивилизаций*. М.: АСТ.
- Штомпка П. 1996.** *Социология социальных изменений*. М.: Аспект Пресс.
- Эйзенштадт Ш. 2010.** Срывы модернизации. *Неприкосновенный запас* 6(74). URL: <https://magazines.gorky.media/nz/2010/6/sryvy-modernizaczii.html>.
- Cobb C. W., Douglas P. H. 1928.** A Theory of Production. *The American Economic Review* 18(1): 139–165.
- Foerster H. von, Mora P., Amiot L. 1960.** Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026. At This Date Human Population will Approach Infinity if it Grows as it has Grown in the last Two Millennia. *Science* 132: 1291–1295.
- Fogel R. 1964.** *Railroads and American Economic Growth: Essays in Econometric History*. Baltimore: Johns Hopkins Press.
- Fukuyama F. 1992.** *The End of History and the Last Man*. New York: Free Press.
- Goldstone J. 2002.** Population and Security: How Demographic Change Can Lead to Violent Conflict. *Journal of International Affairs* 56: 11–12.
- Grinin L. 2012.** State and Socio-Political Crises in the Process of Modernization. *Cliodynamics: The Journal of Theoretical and Mathematical History* 3(1): 124–157.
- Huber J. 1991.** Ecological Modernization. A Way from Scarcity, Soberness and Bureaucracy. *Technologie en Milieubeheer* / Ed. by A. Mol, G. Spaargaren, A. Kalxijk. Den Haag: SDU.

- Jones C. 1992.** *R&D Based Models of Economic Growth*. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology.
- Kremer M. 1993.** Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990. *The Quarterly Journal of Economics* 108: 681–716.
- Lerner D. 1958.** *The Passing of Traditional Society: Modernizing the Middle East*. Glencoe, IL: Free Press.
- Levy M. J. 1966.** *Modernization and the Structure of Societies*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Levy M. J. 1967.** Social Patterns (Structures) and Problems of Modernization *Readings on Social Change* / Ed. by W. Moore, R. M. Cook, pp. 196–201. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Lewit T. 1991.** *Agricultural Productivity in the Roman Economy A. D. 200–400*. Oxford: Tempus Reparatum.
- Lieberman V. 2003.** *Strange Parallels: Southeast Asia in Global Context*, pp. 800–1830. Cambridge: Cambridge University Press.
- Maddison Database 2010.** URL: <https://www.rug.nl/ggdc/historicaldevelopment/maddison/releases/maddison-database-2010>.
- Malthus T. R. 1798.** *An Essay on the Principle of Population*. N. p.: Library of Economics.
- Mesarovic M. D., Pestel E. C. 1974.** *Mankind at the Turning Point*. New York: Reader's Digest Press.
- Mol A. 1992.** Sociology, Environment and Modernity: Ecological Modernization as a Theory of Social Change. *Society and Natural Resources* 5: 323–344.
- Mol A. 2000.** The Environmental Movement in an Era of Ecological Modernisation. *Geoforum* 31: 45–56.
- Randers J. 2012.** *2052: A Global Forecast for the Next Forty Years*. White River Junction, VT : Chelsea Green Publishing Co.
- The World Bank. N.d.** Countries and Economies. URL: <https://data.worldbank.org/country>.
- Turchin P. 2003.** *Complex Population Dynamics: A Theoretical/Empirical Synthesis*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Turchin P., Korotayev A. 2006.** Population Dynamics and Internal Warfare: A Reconsideration. *Social Science and History* 5(2): 121–158.
- Verhulst P. F. 1838.** Notice sur la loi que la population poursuit dans son accroissement. *Correspondance mathématique et physique* 10: 113–121.
- Wallerstein I. 2011.** *The Modern World-System IV: Centrist Liberalism Triumphant, 1789–1914*. 1st ed. Berkeley; Los Angeles; London: University of California Press. URL: www.jstor.org/stable/10.1525/j.ctt1pnkzv.
- Zhao W., Xie S. Z. 1988.** *Zhongguo ren kou shi: China Population History*. Peking: People's Publisher (in Chinese).

6

Глобальная финансовая сеть. Золотой стандарт и потоки инвестиций*

Юлия Викторовна Зинькина

Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ

Сергей Георгиевич Шульгин

Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ

Глобальные потоки драгоценных металлов с давних времен пронизывали афроевразийскую мир-систему, а затем, с открытием Америки и серебряных рудников в Потоси, и весь мир. По мнению Й. Остерхаммеля, «свободный рынок серебра был главным глобализирующим фактором с раннего Нового времени до позднего XIX века» (Osterhammel 2014: 732). Инновация XIX в. состояла в попытках стран создать международную финансовую регуляторную систему, с тем чтобы управлять этими потоками не на национальном, а на более высоком уровне. Одним из ярких проявлений этого стремления стали международные монетные союзы и системы – наибольшую известность и распространенность среди них получила система золотого стандарта.

Еще одной важнейшей темой XIX в. становится создание подлинно глобального финансового рынка капитала (чему в немалой степени способствовало распространение системы золотого стандарта). Следует отметить, что эта система имела ряд важных отличий от современного нам глобального рынка инвестиций, о которых мы подробнее расскажем далее.

Ключевые слова: золотой стандарт, монетарная система, золото, серебро, деньги, потоки инвестиций, глобальная финансовая сеть, иностранные инвестиции.

* **Для цитирования:** Зинькина Ю. В., Шульгин С. Г. 2023. Глобальная финансовая сеть. Золотой стандарт и потоки инвестиций. *История и Математика: Анализ глобального социоприродного развития* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев. Волгоград: Учитель. С. 129–139. DOI: 10.30884/978-5-7057-6258-3_07.

For citation: Zinkina Yu. V., Shulgin S. G. 2023. Global Financial Network. Gold Standard and Investment Flows. *History and Mathematics: Analysis of Global Socio-Natural Development* / Ed. by L. E. Grinin, A. V. Korotayev. Volgograd: Uchitel. Pp. 129–139 (in Russian). DOI: 10.30884/978-5-7057-6258-3_07.

1. Международная монетарная система золотого стандарта

В начале XIX в. монетарные системы многих стран допускали одновременную чеканку и обращение как золотых, так и серебряных монет – иными словами, в этих странах использовался биметаллический стандарт. В ряде стран, таких как германские государства, Австро-Венгерская империя, страны Скандинавии, Россия и государства Дальнего Востока, использовался серебряный стандарт. Наконец, Британия была единственной страной, где еще с начала XIX в. (а именно с 1821 г.) использовался золотой стандарт.

В 1717 г. управляющий Монетного двора сэра Исаак Ньютон установил слишком низкую серебряную цену за золотую гинею; таким образом, цена «денежного» серебра оказалась заметно ниже рыночной, в результате чего практически все серебро в стране исчезло из обращения (Andreï 2011: 146–147). Во время Наполеоновских войн возросшие расходы привели к инфляции и приостановке конвертируемости банкнот. В 1819 г. парламент обязал Английский банк сделать его банкноты вновь конвертируемыми в золото по рыночной цене 1821 г. После этого в Великобритании был установлен новый монетарный порядок – система золотого стандарта. Эта система гарантировала, что каждая выпущенная денежная единица может быть в любой момент и по первому требованию обменена на соответствующее количество золота. Обеспечение функционирования золотого стандарта происходило следующим образом: Королевский монетный двор был обязан торговать золотом в неограниченных количествах по фиксированной цене; Английский банк и любой другой британский банк были обязаны обменивать банкноты на золото; импорт и экспорт золота не имели ограничений. Золото функционировало в качестве резерва для всего объема денег в стране.

Однако вплоть до середины XIX в. Великобритания оставалась единственной страной с подобной системой. В континентальной Европе в 1865 г. был основан Латинский монетный союз, в рамках которого Франция, Бельгия, Италия и Швеция (а позднее и многие другие страны – Испания, Греция, Румыния и др.) постановили привести свои валюты к биметаллическому стандарту с фиксированным соотношением между серебром и золотом. Реальной валютой союза было серебро, поскольку каждая страна определяла собственную валюту в привязке к фиксированному весу серебра.

Во второй половине XIX столетия биметаллические системы стали упраздняться, чему способствовали заметные флуктуации цен на серебро и становление Англии в качестве мирового торгового и финансового центра; одно за другим европейские правительства переходили к золотому стандарту (что существенно способствовало получению международных займов и торговле с Англией). Первой стала Германия (1873 г.), тесно свя-

занная с Британией в финансовом отношении; ее переход к золотому стандарту (вкуче с открытием новых месторождений серебра) способствовал падению рыночной цены серебра и побудил другие страны – Данию, Швецию, Норвегию, Голландию и государства Латинского монетного союза – также перейти к системе золотого стандарта (Eichengreen 1996: 17–18). В 1879 г. к золотому стандарту присоединились и США, хотя Конгресс признал это лишь в 1900 г. Наконец, в 1897 г. система золотого стандарта распространилась и на Россию. Таким образом, к началу XX в. все страны Европы имели одинаковый вид валюты – здесь интеграция оказалась даже выше, чем в торговле (так как к системе свободной торговли Россия не присоединилась).

Однако система золотого стандарта не ограничилась рамками Европы. Япония перешла на золотой стандарт в 1898 г., использовав репарации, выплаченные Китаем после поражения в войне 1895 г., для создания золотовалютного резерва в своем центральном банке. В том же 1898 г. английская колониальная администрация Индии (британской колонии, долгое время придерживавшейся серебряного стандарта) привязала курс рупии к курсу фунта, то есть к золоту. В Латинской Америке конвертируемость национальных банкнот в золото ввели Аргентина, Мексика, Перу и Уругвай (Eichengreen 1996: 19). Принятие золотого стандарта означало «международную респектабельность» страны, ее готовность уважать западные правила игры, а также надежду на западные инвестиции (Osterhammel 2014: 733).

Золотой стандарт как регуляторный механизм, действовавший от США до Японии, был не абстрактным аппаратом, <...> но требовал от правительства желания делать все необходимое для защиты конвертируемости валюты. Предполагалось, что никто из участников системы не будет даже задумываться о девальвации или переоценке своей валюты и что в высококонкурентной международной системе правительства будут готовы решать финансовые кризисы взаимными соглашениями и взаимопомощью. Это произошло, например, во время паники 1890 г., когда крупный британский частный банк объявил себя неплатежеспособным, и лишь быстрое получение поддержки со стороны французского и русского государственных банков помогло ему сохранить ликвидность на лондонском рынке (*Ibid.*: 734; см. также: Eichengreen 1996: 34).

Тем не менее все же не следует представлять себе мир конца XIX в. как унифицированно охваченный системой золотого стандарта и играющей по одним и тем же финансовым правилам.

Во-первых, золотой стандарт охватывал не все страны – вне его оставались Китай, продолжавший придерживаться «архаичного» серебра, ряд государств Центральной Америки и многие колонии.

Во-вторых, даже у государств, принявших золотой стандарт, «правила игры» различались – вернее, различался уровень щепетильности в следовании этим правилам. Так, хотя многие государства Латинской Америки объявили о принятии золотого стандарта, они (вплоть до 1920-х гг.) не имели центробанков или частных банков, которые могли бы предоставить надежные гарантии от кризиса, приостанавливать входящий или исходящий поток металлических денег. Население слабо верило в правительственные гарантии золотого обеспечения бумажных денег. Нередко конвертируемость золота приостанавливалась в интересах олигархов или крупных землевладельцев (экспортеров сырья, заинтересованных в высокой инфляции и слабости национальной валюты) (Osterhammel 2014: 735).

Лишь в четырех странах – Англии, Германии, Франции и США – золотой стандарт соблюдался «в чистом виде» – в обращении ходили золотые монеты; в центральных же банках содержалось достаточно золота, чтобы покрыть имеющиеся в обращении бумажные деньги (Obstfeld, Taylor 2004: 20).

При этом даже финансово сильные нации-кредиторы, такие как Германия или Франция, предоставляли своим монетарным властям инструменты для защиты золотых запасов в случае угрозы. В исключительных случаях строгое обеспечение золотом бумажных денег могло быть отменено (*Ibid.*: 195).

Тем не менее к концу XIX в., в период расцвета золотого стандарта, складывается подлинно международная финансовая система, основанная на данном стандарте. Нет сомнений, что столь широкое распространение системы золотого стандарта было бы невозможно в своей зрелой форме без открытия крупных месторождений золота после 1848 г. на трех континентах, за счет чего его мировая добыча возросла примерно в 10 раз (Eichengreen 1996: 13; Osterhammel 2014: 736).

Важно подчеркнуть роль международной системы золотого стандарта в формировании сетевого пространства глобальной экономики, в частности в сфере международных инвестиций. Этот вопрос будет подробнее рассмотрен ниже.

2. Рождение глобальной финансовой сети в XIX в.

Появление глобальной сети потоков капитала следует считать безусловной инновацией XIX в. Разумеется, сами по себе прецеденты вложения капитала, инвестирования средств были созданы значительно раньше – так, одна из первых в истории попыток законодательно регламентировать вложения частного капитала и прибыль от таковых относится к кодексу Хаммурапи. В последующие века и тысячелетия торговля на дальние расстояния требовала развития все новых и все более разнообразных финансовых инструментов для сбора первоначального капитала при снаряжении дальних торговых экспедиций, а также закрепления финансовых гарантий

каждого участника. Подчеркнем, что эти процессы наблюдались в самых разных регионах афроевразийской мир-системы. Как отмечает Ф. Бродель, «мы без конца будем встречать от Египта до Японии капиталистов, получателей рент с крупной торговли, крупных купцов, тысячи исполнителей, комиссионеров, маклеров, менял, банкиров. И, с точки зрения орудий, возможностей и гарантий обмена, никакая из этих купеческих групп не уступала своим собратьям на Западе. В Индии и за ее пределами купцы – тамилы, бенгали, гуджарати – образовывали узкие ассоциации, и их дела, их контракты переходили от одной группы к другой, как в Европе от флорентийцев к жителям Лукки и генуэзцам, или к немцам из Южной Германии, или к англичанам... Со времен раннего Средневековья в Каире, в Адене и в портах Персидского залива существовали даже “церию купцов”» (Бродель 1986–1992, т. 3: 501).

Однако, несмотря на изобилие финансовых инструментов, обеспечивавших ведение торговли на дальние расстояния, существовавших и активно использовавшихся уже в Средневековье, таких как кредит, займы на различные сроки, инвестиции, разнообразные формы долговых обязательств и участия в коммерческих партнерствах (подробнее см.: Postan 1978), говорить о глобальной финансовой сети в этот период еще явно не приходится.

Распространено мнение, что начало «финансовой революции» международного уровня произошло в Голландии в эпоху наивысшего могущества этой страны в конце XVI в. и было связано с развитием рынка векселей и обеспечивавшей их системой взаимодействующих между собой коммерческих банков в Антверпене, Лондоне и Амстердаме. Первым инструментом, сколько-нибудь значительно и регулярно применявшимся для совершения международных финансовых транзакций, стал подлежащий покупке и продаже иностранный вексель, созданный в одном из крупнейших международных торгово-финансовых центров – Антверпене. На оборотной стороне векселей оставлялось пустое пространство для серии передаточных надписей, что делало их пригодными для оборота и позволило развиваться торговле этими векселями. Есть сведения о том, что в крупных портовых городах векселя служили формой обмена валюты в дополнение к местным деньгам (Neal 1990: 5–7; Obstfeld, Taylor 2004: 18).

Важной вехой на пути становления глобальной системы движения капитала стало открытие в Амстердаме первой постоянно действующей фондовой биржи, превратившей город «не только в центральный склад мировой торговли, но и в центральный рынок денег и капитала для европейского мира-экономики» (Арриги 2006: 194). Амстердамская биржа не являлась первым в мире фондовым рынком, «однако новыми были объемы, ликвидность, открытость, свобода спекулятивных сделок» (Бродель 1986–1992, т. 2: 88). Избыточный капитал со всей Европы «перекачивался» на Амстердамскую биржу и в банковские институты, созданные для

ее обслуживания – «в первую очередь таковым был Wisselbank, основанный в 1609 году и выполнявший функции, типичные для будущих центральных банков. <...> Установился круг экспансии с положительной обратной связью, посредством которого крепнущая ключевая позиция Амстердама в отношении торговли и финансов породила для всех сколько-нибудь значительных европейских деловых и политических организаций необходимость быть представленными на Амстердамской бирже» (Арриги 2006: 195); «благодаря встрече крупных негодантов и тучи посредников все здесь решалось разом: товарные операции, операции вексельные, участия, морские страховые сделки» (Бродель 1986–1992, т. 2: 87).

Тем не менее, как справедливо отмечает Й. Остерхаммель, функционирование торгово-финансовых инструментов даже в эпоху Амстердамской биржи (или, в терминологии Дж. Арриги, в эпоху голландского финансового цикла) было ограничено региональными мир-экономиками (к примеру, мусульманской или европейской): «Космополитизм раннего Нового времени был ограничен Европой; ни один правитель и ни одно частное лицо из Азии или Африки не помышляло о займе денег в Лондоне или Париже, Амстердаме или Антверпене. Это изменилось в XIX в., особенно его второй половине» (Osterhammel 2014: 737).

Глобальный экспорт капитала был по сути своей инновацией второй половины XIX в. В 1820 г. глобальных инвестиций было очень мало, и абсолютное большинство их происходило из Британии, Голландии или Франции. Однако после 1850 г. для них и за пределами Европы постепенно сформировались необходимые предпосылки: специальные финансовые институты в странах-заемщиках и странах-заимодавцах, аккумуляция сбережений новым средним классом и новое осознание возможностей зарубежного инвестирования.

Табл. 1. Общий объем капитала, размещенного за рубежом, в млрд текущих долларов США

Страна	1825 г.	1855 г.	1870 г.	1900 г.	1914 г.
Великобритания	0,5	0,7	4,9	12,1	19,5
Франция	0,1	н. д.	2,5	5,2	8,6
Германия	н. д.	н. д.	н. д.	4,8	6,7
Нидерланды	0,3	0,2	0,3	1,1	1,2
США	0	0	0	0,5	2,5
Канада	н. д.	н. д.	н. д.	0,1	0,2

Источник: Woodruff 1967: 150–159.

Иностранный капитал, размещенный в других государствах, чаще всего имел одну из следующих четырех форм: 1) кредит иностранным правительствам; 2) займы частным лицам, живущим в других государствах; 3) держание иностранцами корпоративных акций; 4) прямые инвестиции европей-

ских фирм в другие страны, часто через филиалы и дочерние предприятия (Osterhammel 2014: 737).

Крупнейшим экспортером капитала, глобальным источником иностранных инвестиций в конце XIX – начале XX в. была Великобритания, по праву называемая «мировым банкиром» этого периода. Пиковое значение доли британского капитала во всем глобальном экспорте капитала было колоссальным – 80 % (для сравнения, аналогичная доля США в 2000 г. составляла 25 %) (Obstfeld, Taylor 2004: 55). Лондонский рынок капитала мобилизовал кредит в международном масштабе и финансировал бизнес далеко за пределами Британской империи, привлекая средства со всего мира и курируя вопросы эмиссии ценных бумаг во многих странах. «Британский капитал в XIX в. присутствовал везде. Он финансировал строительство канала Эри, первые железные дороги в Аргентине и Японии, а также конфликты, такие как война 1846–1848 гг. между США и Мексикой» (*Ibid.*).

Оценки объема британского капитала, размещенного за рубежом, по состоянию на 1914 г. варьируются от 4,1 до 6,6 млрд фунтов (20–33 млрд долларов)¹ (обзор оценок см.: Twomey 2000: 42). Из этого объема прямые иностранные инвестиции составляли менее половины; примерно 30 % составляли займы правительствам и муниципалитетам, еще 35 % – капитал, вложенный в железные дороги (*Ibid.*: 42). Сходное распределение наблюдалось и в экспорте французского капитала, занимавшего второе место в мире (но при этом серьезно отстававшего от Британии по объемам); более половины здесь отводилось на государственные и муниципальные займы, около 15 % получало строительство железных дорог и около трети (как и в Британии) составляла доля прочих частных предприятий. Крупнейшим рынком французского капитала была Россия, примерно пятую часть всех французских иностранных инвестиций получала Латинская Америка и лишь десятую часть – французские колонии (*Ibid.*: 47).

Накануне Первой мировой войны, когда Британия уже утратила свое безусловное промышленное превосходство, ее 50%-ная доля всего мирового капитала, инвестированного за рубежом, все еще позволяла ей оставаться крупнейшим источником иностранных инвестиций, за которым с большим отставанием следовали Франция и Германия. США были крупнейшим импортером капитала, однако в его глобальном экспорте не играли значительной роли (Obstfeld, Taylor 2004: 55).

В целом в 1870 г. капитал, размещенный за рубежом, составлял лишь 7 % мирового ВВП, однако к 1900–1914 гг., к периоду зенита классического золотого стандарта, эта доля выросла до 20 %. Данный показатель, обвалившийся после Первой мировой войны, вновь достиг такого уровня лишь в 1980-х гг. (*Ibid.*: 55–56). В этот период (1900–1914 гг.) уже можно

¹ Чаще встречаются оценки ближе к нижней границе указанного диапазона.

достаточно отчетливо проследить структуру складывающейся сети глобальных потоков капитала. Согласно весьма точному определению Й. Остерхаммеля,

хотя международные финансы развивались в качестве ответа на нужды глобальной торговли и коммуникаций, было бы неверно думать о базовой структуре потоков капитала как о полностью развитой сети. Они не имели взаимности торговых отношений: капитал не обменивался, а перемещался из центра в периферию. Обратный поток из стран, получавших кредиты и инвестиции, состоял не из заемного капитала, но из прибыли, исчезающей в карманах финансистов. Таким образом, это было типично имперское «созвездие», где асимметрия была отчетливо видна. Экспорт капитала мог управляться намного лучше, чем торговые потоки, потому как центров контроля было всего несколько. В отличие от торговли, он предполагал создание современных институтов, таких как банки, страховые компании и биржи (Osterhammel 2014: 737–738).

Помимо того, что сеть была асимметричной по линии взаимодействий стран-доноров и стран – реципиентов капитала, следует отметить, что и распределение капитала среди реципиентов было крайне неравномерным, а «институциональные структуры отечественных рынков капитала варьировались от примитивных до современных» (Davis, Gallman 2001: 4). Так, в Британии в период 1870–1914 гг. годовой объем экспортируемого капитала составлял 4–5 % ВВП, достигая в отдельные годы 8–10 % (Obstfeld, Taylor 2004: 60). Примерно треть всех британских сбережений вкладывалась за рубежом – колоссальная для того времени цифра (Davis, Gallman 2001: 5). Однако при этом примерно половина всего британского капитала, вкладывавшегося за пределами страны, направлялась всего в четыре государства – США, Аргентину, Австралию и Канаду. Основной сферой вложения капитала служили железные дороги (см. об этом ниже), а также горнодобывающая промышленность, освоение новых земель, развитие сельского хозяйства и т. д. (*Ibid.*).

При рассмотрении объемов иностранных инвестиций (в том числе прямых) в глобальном масштабе можно выделить следующих наиболее значимых реципиентов таких инвестиций: в первую очередь это «поселенческие» страны Северной Америки (США, Канада, в меньшей степени Мексика), Латинской Америки (Аргентина, Чили), Африки (Южно-Африканский Союз) и Океании (Австралия); здесь объем иностранных инвестиций в 1913 г. составлял от 100 до 400 долларов на душу населения. «Второй эшелон» получателей инвестиций (от 25 до 75 долларов на душу населения) составляли различные государства Латинской Америки – Бразилия, Мексика, Гондурас, Перу, Ямайка, а также крупные государства (в том числе европейские колонии и протектораты) Ближнего Востока – Египет, Алжир, Турция, Тунис. Наконец, «третий эшелон» с уровнем иностранных инвестиций менее 25 долларов (или даже менее 10 долларов)

на душу населения составляли преимущественно страны Восточной Азии – Индия, государства Индокитая, Китай, Таиланд, Корея и др. (см. табл. 2). При этом следует понимать, что некоторые страны из «третьего эшелона», в частности Индия и Китай, в реальности являлись весьма крупными получателями инвестиций и попали в эту группу скорее по причине своего чрезвычайно большого населения, а отнюдь не из-за отсутствия внимания инвесторов. В частности, Индия стояла на первом месте среди всех стран третьего мира по абсолютному объему иностранных инвестиций накануне Первой мировой войны.

Табл. 2. Объем иностранных инвестиций и прямых иностранных инвестиций на душу населения в странах – реципиентах иностранного капитала, 1913 г.

Страна	ИИ на душу населения, в текущих долларах США	ПИИ на душу населения, в текущих долларах США
Канада 1913	385	73
Австралия 1914	275	70
Аргентина 1913	266	186
Южно-Африканский Союз 1913	202	140
Куба 1913	175	147
Чили 1913	114	74
Египет 1914	63	29
Бразилия 1913	59	35
Малайзия 1914	58	45
Мексика 1910	54	46
Гондурас 1913	50	13
Алжир 1914	48	15
Перу 1913	44	44
Турция 1913	41	14
Ямайка 1913	31	13
Гана 1911	29	24
Тунис 1914	22	6
Венесуэла 1913	17	10
Марокко 1914	13	4
Индонезия 1914	12	11
Колумбия 1913	10	6
Филиппины 1914	10	9
Индокитай	9	4
Индия 1911	7	2
Таиланд 1914	6	2
Китай 1914	3	2
Корея 1914	2	1

Источник данных: Twomey 2000.

При рассмотрении объема иностранных инвестиций относительно объема экономики, а не численности населения страны, картина несколько видоизменяется (см. табл. 3), но тем не менее первые места сохраняют поселенческие экономики – Аргентина, Южно-Африканский Союз, Чили. Имеются данные, согласно которым во многих поселенческих экономиках годовой приток капитала превышал 5 % ВВП, а в отдельные годы – даже 10 % ВВП (Obstfeld, Taylor 2004: 58–60).

Табл. 3. Объем иностранных инвестиций и прямых иностранных инвестиций в % от ВВП в странах – реципиентах иностранного капитала, 1913 г.

Страна	ИИ	ПИИ
Аргентина 1913	248	173
Южно-Африканский Союз 1913	235	163
Чили 1913	197	127
Перу 1913	168	168
Гондурас 1913	156	42
Малайзия 1914	148	115
Канада 1913	146	23
Куба 1913	138	116
Мексика 1910	119	101
Египет 1914	105	48
Алжир 1914	103	32
Турция 1913	98	34
Австралия 1914	80	20
Гана 1911	75	60
Бразилия 1913	65	34
Ямайка 1913	59	25
Филиппины 1914	53	47
Индонезия 1914	51	47
Венесуэла 1913	49	29
Марокко 1914	44	18
Тунис 1914	43	11
Таиланд 1914	40	15
Индия 1911	35	10
Колумбия 1913	25	16
Китай 1914	24	16
Корея 1914	14	6

Источник данных: Twomey 2000.

Что касается распределения этих средств, приведем два показательных примера. В Аргентине основная масса средств распределялась примерно поровну между государственным долгом (около 30 %), строительством железных дорог (около 35 %), владельцами которых являлись исключительно иностранцы (выкупать железные дороги в национальное владение

правительство активно начало лишь после окончания Первой мировой войны); что касается прочих предприятий, их доля иностранного капитала также составляла около 35 % и значительно варьировалась по секторам (Twomey 2000: 154–157). Можно привести также достаточно типичный пример Турции, где государственные займы по объему превышали все остальные виды использования иностранного капитала; что же касается конкретно иностранных инвестиций, примерно две трети всех инвестируемых средств приходились на строительство железных дорог (*Ibid.*: 150).

Таким образом, конец XIX в. действительно можно назвать временем рождения глобальной финансовой сети. В последующие десятилетия ее конфигурация не единожды претерпевала изменения, однако повторим: весьма показательным остается тот факт, что доля Британии «на пике» составляла 80 % всех мировых иностранных инвестиций (для сравнения, доля США в 2000 г. – «лишь» 25 %). В 1900–1914 гг., в эпоху расцвета золотого стандарта, зарубежные вложения составляли почти 20 % ВВП – уровень, которого миру удалось вновь достичь лишь в 80-е гг. XX в. (Obstfeld, Taylor 2004: 55).

Библиография

- Арриги Дж. 2006. *Долгий двадцатый век: Деньги, власть и истоки нашего времени*. М.: Территория будущего.
- Бродель Ф. 1986–1992. *Материальная цивилизация, экономика и капитализм, XV–XVIII вв.*: в 3 т. М.: Прогресс.
- Andrei L. C. 2011. *Money and Market in the Economy of All Times: Another World History of Money and Pre-Money Based Economies*. London: Xlibris Corporation.
- Davis L. E., Gallman R. E. 2001. *Evolving Financial Markets and International Capital Flows: Britain, the Americas, and Australia, 1865–1914*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Eichengreen B. 1996. *Globalizing Capital: A History of the International Monetary System*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Neal L. 1990. *The Rise of Financial Capitalism: International Capital Markets in the Age of Reason*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Obstfeld M., Taylor A. M. 2004. *Global Capital Markets: Integration, Crisis, and Growth*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Osterhammel J. 2014. *The Transformation of the World: A Global History of the Nineteenth Century: A Global History of the Nineteenth Century*. Princeton: Princeton University Press.
- Postan M. M. 1978. *Medieval Trade and Finance*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Twomey M. 2000. *A Century of Foreign Investment in the Third World*. London; New York: Routledge.
- Woodruff W. 1967. *Impact of Western Man: A Study of Europe's Role in the World Economy 1750–1960*. New York: St Martin's Press.

7

Долгосрочная динамика технологического роста (с 40 000 лет до н. в. до раннего XXII в.), количественный анализ*

Леонид Ефимович Гринин

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

Антон Леонидович Гринин

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

Андрей Витальевич Коротаев

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

В настоящей статье рассматривается долгосрочная динамика технологического прогресса на протяжении всего исторического процесса и на основании этих результатов, а также наших теорий даны прогнозы на ближайшие 100 лет. Мы основываемся на теории принципов производства и производственных революций, которая дает основания для измерения скорости технологического прогресса и позволяет строить некоторые прогнозы. Нам удалось установить общую динамику ускорения технологического роста за последние 40 000 лет, которая может быть описана с высокой точностью ($R^2 = 0,99$) с помощью простого гиперболического

* Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект 23-11-00160 «Моделирование и прогнозирование развития стран БРИКС в XXI в. в контексте мировой динамики»).

Для цитирования: Гринин Л. Е., Гринин А. Л., Коротаев А. В. 2023. Теоретический анализ революционных процессов в XX в. *История и Математика: Анализ глобального социо-природного развития* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев. Волгоград: Учитель. С. 140–207. DOI: 10.30884/978-5-7057-6258-3_08.

For citation: Grinin L. E., Grinin A. L., Korotayev A. V. 2023. Natural Factor in the Aspect of Social Evolution and Evolution of Ideas. *Hystory and Mathematics: Analysis of Global Socio-Natural Development* / Ed. by L. E. Grinin, A. V. Korotayev. Volgograd: Uchitel. Pp. 140–207 (in Russian). DOI: 10.30884/978-5-7057-6258-3_08.

уравнения: $y_i = C/t_0 - t$, где y_i является скоростью технологического роста, измеряемого в числе технологических фазовых переходов за единицу времени, при постоянных переменных t_0 и C , где t_0 можно интерпретировать как точку технологической сингулярности.

Ключевые слова: технологический прогресс, принцип производства, производственная революция, фаза, скорость технологического прогресса, фазовые переходы, глобальное старение.

Несмотря на то что технологический прогресс с периода 40 000 л. н. показывает постоянный рост, следуя гиперболическому ускорению, в этом росте можно наблюдать заметные флуктуации. Эти флуктуации могут быть объяснены тем фактом, что технологическое развитие идет в рамках сверхдлинных циклов. Мы показываем, что в рамках этих циклов фазы аккумуляции основных прорывных инноваций заменяются фазами быстрого роста совершенствования и распространения инноваций. Мы также обсуждаем, какую дату принять за точку сингулярности в наших расчетах. Согласно расчетам, основанным на выборе ключевых периодов фазовых переходов в технологической эволюции, дата сингулярности пришлась на начало XXI в. Сингулярность рассматривается нами не как формальный математический момент, но как некий аттрактор, в районе которого можно ожидать радикального изменения прежней модели технологического прогресса со всеми вытекающими из этого последствиями. Некоторые из них нами будут показаны.

В настоящее время довольно распространенным является представление, что технологический прогресс замедляется с 1970-х гг. Однако, как уже было отмечено, в скорости технологического прогресса на протяжении всей его истории наблюдаются значительные флуктуации. Основываясь на теории производственных революций, мы ожидаем нового мощного ускорения технологического развития после 2030-х гг. и затем замедления прогресса в конце XXI – начале XXII столетия. Мы предполагаем, что глобальное старение станет как одним из важнейших факторов этого ускорения, так и (к концу XXI – началу XXII столетия) фактором, тормозящим технологический прогресс. В настоящей статье мы рассмотрим социально-экономические механизмы такого ускорения и замедления.

1. ВВЕДЕНИЕ

Рост скорости исторического процесса

В современном мире люди ежедневно имеют дело с бесчисленным количеством достижений научно-технологического прогресса, становясь все более зависимыми от них и уделяя все больше времени их освоению.

В целом вся история человечества, особенно последние столетия, может быть описана (хотя и с некоторыми существенными оговорками)

в аспекте научно-технологических достижений, особенно информационных технологий (Kurzweil 2001; Galor, Tsiddon 1997; Kremer 1993; Carree 2003; Phillips 2011; Kayal 1999; Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015а; 2015б; Grinin L., Grinin A. 2016; Grinin L., Grinin A., Korotayev 2017а; 2020а; 2020б). Технологический рост является одним из наиболее важных факторов социального преобразования и развития. И поэтому весьма важно определить основные паттерны в истории технологического развития и попытаться предвидеть предстоящие изменения в технологиях и обществе. К сожалению, этому вопросу посвящено недостаточно исследований. Также существует недостаток работ, которые могли бы систематически и последовательно описать технологическое развитие и дать научное объяснение того, почему и как происходят технологические революции.

Вопрос о скорости технологического роста обсуждался нами ранее (Grinin 2006; Гринин 2006а; 2009; Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015а; Grinin, Korotayev 2015а; Grinin L., Grinin A., Korotayev A. 2020а; 2020б). На эту тему опубликовано множество интересных (хотя часто и противоречивых) сценариев и дискуссий о развитии технологического прогресса (Huebner 2005; Modis 2005).

Стоит отметить сильную взаимосвязь между различными социальными факторами. На наш взгляд, технологический фактор можно отнести к особенно важным социальным факторам, наиболее влияющим на другие¹, по нескольким причинам:

1. Значительные изменения в производственной базе приводят к увеличению избыточного продукта, богатства и на протяжении большей части человеческой истории к быстрому росту населения, что, в свою очередь, значительно повлияло на рост производства, а также на скорость инноваций (Kremer 1993; Korotayev 2005; 2006б; 2007а; 2008; 2012; Grinin 2011; 2012; Гринин 2016). Эти процессы привели к изменениям во всех сферах жизни (Grinin 2006; 2007а; Гринин 2009; 2012; Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015а; 2015б; Grinin L. E., Grinin A. L. 2016; Korotayev 2006а; 2007б; 2009; 2013; Korotayev, Zinkina *et al.* 2011; Korotayev, Zinkina, Andreev 2016). Между тем переход к новым общественным отношениям, новым религиозным формам и т. д. связан не столько с экономическими и демографическими изменениями, сколько с технологическими преобразованиями.

2. Несмотря на то что возникновение больших объемов прибавочного продукта может быть объяснено и некоторыми другими факторами (естественное изобилие, удачная торговля, война и др.), исключительные условия нельзя заимствовать и внедрить, как новые технологии, которые мо-

¹ Важно отметить, что мы имеем в виду не непрерывное и регулярное влияние, а, скорее, качественный прорыв. Если после прорыва в более фундаментальной сфере другие сферы не догоняют его, развитие в рамках первой замедляется (подробнее см.: Гринин 2006а; Grinin L., Grinin A., Korotayev 2017а).

гут распространяться, и, таким образом, они появляются во многих обществах.

3. Производственные технологии касаются общества в целом и, что особенно важно, они связаны прежде всего с основной массой работающего населения, в отличие от элитарной культуры или престижного потребления, которые касаются только верхних слоев общества.

Важно учитывать, что чем выше скорость технологического прогресса, тем более заметно его воздействие на социальные изменения и социальную эволюцию. Исторический процесс имеет тенденцию ускоряться вместе с технологическим ростом, в то время как за этим не успевает ни индивидуальное, ни общественное сознание. Это обоснованно вызывает опасения за будущее общества и Мир-Системы, в связи с чем важно любое исследование, позволяющее прогнозировать изменения скорости технологических инноваций. В настоящей статье на основе изучения технологического роста мы делаем попытку прогноза возможных флуктуаций в скорости технологического развития в ближайшие десятилетия. Конечно, прогнозирование, касающееся путей технологического прогресса, – сложная задача. Но, несмотря на это, мы верим, что это возможно, во-первых, с помощью понимания важнейших процессов прошлых и настоящих ритмов и трендов, а во-вторых, с использованием теорий, помогающих описывать и анализировать относительно повторяющиеся паттерны в определенные промежутки времени (Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015а; Grinin L., Grinin A., Korotayev 2017a).

Цели исследования

Настоящая статья ставит своей целью: 1) предложить теорию, объясняющую механизмы и циклы масштабных технологических изменений (революций) с кратким изложением технологической эволюции на протяжении всего исторического процесса в соответствии с теорией; 2) предложить концепцию и методологию расчета скорости технологической эволюции начиная с глубокой древности и до первых десятилетий XXII столетия; 3) показать, как, когда и по каким причинам в ближайшем будущем скорость технологического прогресса начнет изменяться и в итоге замедляться. Поскольку технологический прогресс, по нашему мнению, во многом задает темп всему историческому процессу, несомненно, что изменения в его скорости повлекут значительные изменения в развитии человеческой цивилизации в целом и, возможно, даже в эволюции человечества и человека.

Структура статьи

Статья состоит из введения, пяти частей и заключения. В первой части мы очень кратко представляем основные идеи теории принципов производ-

ства и производственных революций, даем краткое описание технологических изменений в течение всего исторического процесса согласно периодизации, вытекающей из предложенной теории, а также некоторые прогнозы относительно новой волны технологических изменений (заключительной фазы кибернетической революции) до конца текущего столетия. Таким образом, наше исследование охватывает очень широкий промежуток между верхним палеолитом, или человеческой революцией (Mellars, Stringer 1989), и предстоящей «постчеловеческой» революцией, последствия которой неясны во многих отношениях, но которая, очевидно, положит начало новой эре (подробнее см.: Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015а; Grinin L., Grinin A. 2016).

Следующие две части посвящены математической интерпретации технологического прогресса в соответствии с предложенной моделью и методами, описанными во введении. В третьей части мы представляем математическую интерпретацию хронологии (описанной в нарративном виде в первой части), а именно длительность 24 этапов технологической эволюции и измерение различных пропорций между ними.

Четвертая часть содержит расчеты скорости технологического прогресса и даты его замедления.

Последняя, пятая, часть посвящена проблемам взаимосвязи между глобальным старением и технологическим прогрессом, поскольку мы считаем глобальное старение одним из наиболее важных факторов (и при этом фундаментально новым в истории), который может сначала ускорить, а затем замедлить научно-технический прогресс. Заключение посвящено вопросам о возможном влиянии глобального старения на модель потребления.

Материалы и методы

Для решения указанных задач мы используем, во-первых, теорию принципов производства и производственных революций (которая успешно разрабатывается нами уже на протяжении 30 лет), позволяющую понять логику технологического развития в рамках исторического процесса и их периодизацию. Теория была детально описана ранее (Гринин 2006а; 2009; 2012; 2015а; Grinin 2006; 2007а; 2007b; 2012; Grinin L., Grinin A. 2013а; 2013b; 2014; 2015а; 2015b; 2016; Grinin, Korotayev 2015а; Grinin L., Grinin A., Korotayev A. 2017а). Во-вторых, мы используем математические методы, которые позволяют, опираясь на указанную периодизацию, показать скорость технологического прогресса (как частоту фазовых переходов в единицу времени). Для этого используется методология, приложенная к более длительным процессам (см., в частности: Modis 2005). Мы также использовали достаточно известные формулы, которые позволяют сравнить наши результаты с результатами, полученными исследователя-

ми, измерявшими скорость общей эволюции на Земле, в том числе определяя так называемую сингулярность, которая показывает, когда можно ожидать переломного момента и качественных изменений в исследуемом процессе.

Проблема глобальной исторической сингулярности, особенно в рамках проблематики Большой истории, обсуждается уже несколько десятилетий (см., например: Панов 2004; 2005; 2006; 2008; 2009; 2013; Kurzweil 2005; Ayres 2006; Modis 2006; Muehlhauser, Salamon 2012; Magee, Devezas 2011; Eden *et al.* 2012; Shanahan 2015; Callaghan *et al.* 2017; Korotayev 2018; Nazaretyan 2015; 2016; 2017; 2018; см. также: LePoire, Korotayev 2020). Сингулярность стала особенно популярной благодаря Р. Курцвейлу, техническому директору в области машинного обучения и обработки естественного языка компании *Google*, в особенности его книге *The Singularity is Near* (2005), а также через создание им Университета Сингулярности (2009), активную PR-кампанию и др.

Несмотря на критику, гипотеза сингулярности может представлять определенный интерес для анализа социальной макроэволюции и теории исторического процесса на современном этапе развития человеческого общества.

Для объяснения причин замедления в будущем скорости технологического процесса мы стремились выделить реальные механизмы и отношения, способные замедлить это движение. Мы связываем последнее с глобальным старением (как одним из важнейших результатов технологического прогресса), однако мы увидим, что влияние старения на скорость технологического прогресса не линейна, здесь можно выделить по крайней мере два крупных этапа.

Насколько нам известно, подобных исследований еще не было. Оно тем более важно, что в истории человечества еще не было ситуации, когда пожилые люди составляли бы столь большую долю населения и в перспективе эта доля росла. И от ответа на этот вызов во многом будет зависеть дальнейший ход социальной эволюции. Стоит отметить, что влияние глобального старения на темпы и направления научно-технологического прогресса исследуется недостаточно (Galor, Weil 2000; Prettnner 2013; Цирель 2008; de Grey, Rae 2008). Идеи Ф. Фукуямы также не потеряли своего значения в этом отношении (например, о возможном будущем эйджизме [Fukuyama 2002; наш анализ рисков, связанных с глобальным старением, см.: Goldstone *et al.* 2015; Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015a; 2015b; 2017; Гринин, Коротаев 2015; Grinin, Korotayev 2010; 2015b; 2016a; 2016b; Grinin L., Grinin A., Korotayev 2017a]). Это тем более важно, поскольку часто прогноз технологического развития строится на эмпирических или феноменологических обобщениях, например на известном законе Мура (Kurzweil 2005; Farmer, Lafond 2015), который не имеет достаточного тео-

ретического объяснения и, по-видимому, перестает действовать по разным причинам (см., например: Kish 2002)².

Новизна нашего исследования заключается в том, что мы пытались взять за переменную в исследовании развития будущих технологий темпы изменения в возрастном составе населения. В итоге мы *получили нетривиальный результат, согласно которому в ближайшие десятилетия именно процесс глобального старения способен вызвать технологическое ускорение и изменить его направление, а затем – ближе к концу настоящего и в начале будущего столетия, – напротив, пожилое общество может оказаться тормозом научно-технологического прогресса*. Мы также делаем предположение о том, что и современная модель потребления может измениться.

2. РАЗВИТИЕ ИСТОРИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В СВЕТЕ ТЕОРИИ ПРИНЦИПОВ ПРОИЗВОДСТВА

2.1. Принципы производства и производственные революции

Согласно нашей концепции (Гринин 2006а; 2009; 2012; 2013; Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015а; Grinin, Korotayev 2015а), весь исторический процесс наиболее продуктивно можно разделить на четыре больших периода на основе смены крупнейших этапов развития мировых производительных сил, названных нами *принципами производства*. Принцип производства – это понятие, которое обозначает значительные качественные ступени развития мировых производительных сил в историческом процессе. Это система неизвестных ранее форм производства и технологий, принципиально превосходящих старые (по возможностям, масштабам, производительности, продуктивности, а во многом и по номенклатуре продукции и т. п.).

Мы выделяем четыре принципа производства:

- 1) охотничье-собирательский;**
- 2) аграрно-ремесленный;**
- 3) промышленно-торговый³;**
- 4) научно-кибернетический** (он находится еще в начале развития).

Из всех многообразных технологических и производственных изменений, имевших место в истории, наиболее глубокие и всеобъемлющие последствия для общества имели три революции (см. рис. 1):

1. **Аграрная**, или сельскохозяйственная. Ее результат – переход к систематическому производству пищи и на этой базе – к сложному обще-

² Существуют различные взгляды на функцию роста научно-технического прогресса: экспонента (Kurzweil 2001), суперэкспонента (Nagy 2011), логистическая кривая (Ayres 2006), множественные S-образные кривые (Sood, Tellis 2005). Кроме того, различные типы технологий развиваются с разными скоростями и функциями (см., например: Koh, Magee 2006).

³ Для краткости часто обозначаемый как промышленный.

ственному 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 (причем не только в сфере физического труда, но и в учете, контроле, управлении, обмене, кредите, передаче информации).

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 в разных сферах деятельности, которые смогут функционировать без вмешательства человека. Кибернетическая революция еще продолжается. Мы считаем, что она позволит сделать огромные шаги в улучшении здоровья человека, качества нашей жизни и способности влиять на человеческий организм и контролировать его (подробнее см. ниже; см. также: Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015а; Grinin, Grinin, Korotayev 2017а; Grinin L., Grinin A. 2015а; 2016).



Рис. 1. Производственные революции в истории

Цикл каждой производственной революции выглядит следующим образом: начальная инновационная фаза (проявление нового революционного сектора) – фаза модернизации (распространение, синтез и совершенствование новых технологий) – завершающая инновационная фаза (когда новые технологии приобретают свои зрелые характеристики).

Фазы принципа производства

Каждую производственную революцию можно рассматривать как неотъемлемую часть принципа производства. Производственная революция является первой «половиной» принципа производства, тогда как последу-

ющие три (послереволюционных) этапа – это период доведения заложенных в нем возможностей до максимальной степени развития как в структурном и системном, так и в пространственном смысле. Во второй «половине» происходит разработка зрелых технологий, основанных на принципе производства. Цикл принципа производства может быть представлен в шести этапах/фазах (эти понятия в статье используются как синонимы). На этой схеме основан наш математический анализ. Цикл выглядит следующим образом.

Первые три его этапа соответствуют трем фазам производственной революции.

1. *Этап начала производственной революции.* Формируется новый, еще неразвитый и неполный принцип производства.

2. *Этап первичной модернизации,* распространения и укрепления принципа производства.

3. *Этап завершения производственной революции.* Приобретение принципом производства развитых характеристик.

Это еще не полностью развившийся принцип производства.

4. *Этап зрелости и экспансии принципа производства.* Широкое географическое и отраслевое распространение новых технологий, доведение принципа производства до зрелых форм, виток трансформаций в социально-экономической сфере.

5. *Этап абсолютного доминирования принципа производства.* Окончательная победа принципа производства в мире, интенсификация технологий, доведение возможностей до предела, за которым возникают кризисные явления.

6. *Этап несистемных явлений, или подготовительный* (к переходу к новому принципу производства). Интенсификация ведет к возникновению несистемных элементов, которые подготавливают условия для появления нового принципа производства. (Когда при благоприятных обстоятельствах эти элементы смогут сложиться в систему, в некоторых обществах начнется переход к новому принципу производства, и цикл повторится.)

Последние три этапа принципа производства характеризуют уже его зрелые черты.

Развитие принципа производства – это период зарождения, развития и трансформации новых форм, систем и парадигм организации хозяйствования, во много раз превосходящих по важнейшим параметрам прежние. (Хронологию принципов производства и их этапов см. в табл. 1.)

Основываясь на этом шестиэтапном цикле принципа производства, мы делаем наши расчеты скорости технического прогресса, где переход от одной стадии к другой рассматривается как фазовый переход. Следующие

параграфы в этом разделе посвящены описанию истории технологических изменений в рассматриваемом макропериоде.

2.2. Охотничье-собирательский принцип производства

Нам представляется, что будет более верным в рамках предложенной периодизации считать началом исторического процесса (и соответственно началом первого – охотничье-собирательского – принципа производства) период примерно 40–50 тыс. л. н., то есть время появления первых бесспорных признаков подлинно человеческой культуры и общества, когда уже можно говорить о человечестве как совокупности социумов. Полагаем, что только такая точка отсчета (для удобства берем ближнюю к нам датировку – 40 тыс. л. н.) дает представляемой периодизации достаточно логичное концептуальное и формальное единство в своем основании.

Итак, наша периодизация открывается революцией, в результате которой формируется подлинно человеческое общество, и этот переход вполне можно считать «протопроизводственной» революцией, особенно если учесть, что сами люди, несомненно, являясь важнейшей частью производительных сил, а язык, знания и навыки – важнейшей частью технологий⁴. Весь период охотничье-собирательского принципа производства и первой формации, в нашем понимании, в ее восходящей части составляет примерно 30–40 тыс. лет: от появления уже «полностью социального» *Homo sapiens sapiens* (40–50 тыс. л. н.) до начала перехода к сельскому хозяйству (примерно 12–9 тыс. л. н.). После этого общества присваивающего хозяйства существовали и развивались еще многие тысячи лет, но они уже были вне ведущей траектории развития исторического процесса и Мир-Системы.

Из-за скудости сведений о первобытности этапы охотничье-собирательского принципа производства наиболее продуктивно связывать с качественными рубежами приспособления к природе и овладения ею (которые можно рассматривать также в качестве своего рода фазовых переходов в рамках окончательного становления социальной макроэволюции). Нельзя не учитывать, что размеры коллективов, орудия труда, способы хозяйствования, образ жизни – словом, почти все в очень высокой степени зависело от окружающих природных условий. Если соотносить этапы также с крупными изменениями в природных условиях, появляется возможность привязаться к абсолютной хронологии в общечеловеческом

⁴ Иногда этот рубеж перехода к собственно человеческому обществу называют «верхнепалеолитической революцией». Используя название книги П. Мелларса и К. Стрингера, такое резкое изменение также можно было бы назвать «человеческой революцией» (*The Human Revolution* [см.: Mellars, Stringer 1989]).

масштабе. Это тем более обоснованно, что в соответствии с предлагаемой концепцией часть географической среды должна (в теоретической модели) рассматриваться как органическая часть системы производительных сил, причем системная роль природных компонентов в общей системе производительных сил тем важнее, чем слабее их техническая часть (см.: Гринин 1996; 2000; 2003; 2006б; 2009). Такие подходы, хотя и недостаточно развитые, уже давно прокладывают себе дорогу (см., например: Ким 1981: 13; Данилова 1981: 119; Анучин 1982: 325; Кульпин 1990; 1996). Исходя из представленной выше теоретической установки, мы и будем давать характеристики этапам принципов производства.

Первый этап охотничье-собираетельского принципа производства можно связать с «верхнепалеолитической революцией» (40 000–30 000 BP)⁵ (подробнее см.: Mellars, Stringer 1989; Marks 1993; Bar-Yosef 2002; Shea 2007; 2013; Марков 2012; Mellars *et al.* 2007; Powell *et al.* 2009) и появлением собственно человеческой культуры и созданием хотя и примитивных, но уже социальных производительных сил (см.: Гринин, Коротаев, Марков 2012; Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015б). В этот период имелось уже более ста типов орудий (Борисковский 1980: 180; см. также: Tattersall 2008: 150–158; 2012: 166–173; Jochim 2011b; о технологическом и инструментальном «наследии» антропогенеза см.: d'Errico, Backwell 2005; Марков 2011a; 2011б; Jochim 2011a). Люди проникают в различные части ойкумены, например Сибирь, первоначальное заселение которой, возможно, происходило «широким фронтом» с Южного Урала, из Казахстана и Центральной Азии (см., например: Мочанов 1977).

Второй этап (примерно и очень условно 30 тыс. л. н. – 23 [20] тыс. л. н.) привел к почти полному преодолению того, что можно назвать остаточным противоречием антропогенеза: между биологическими и социальными регуляторами жизнедеятельности⁶ (подробнее см.: Grinin, Korotayev 2009; Гринин, Коротаев, Марков 2012; Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015a). Этот этап связан с интенсивным расселением людей и освоением удобных для жизни мест, в том числе заселением Сибири (Долуханов 1979: 108) и, нельзя полностью исключить, некоторых областей Нового Света (Зубов 1963: 50; 2002; Сергеева 1983), хотя здесь датировки очень разбросаны (см., например: Мочанов 1977: 254; Сергеева 1983; Березкин 2007a; 2007б). Но насколько бы условной ни была хронологическая датировка этого этапа (так как привязаться к чему-либо здесь сложно), главное

⁵ Здесь и далее все даты охотничье-собираетельского и аграрно-ремесленного принципов производства, а также некоторые другие даны приблизительно, они округлены для целей вычисления (вариации более точных датировок см.: Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015б; Grinin L. Grinin A. 2016).

⁶ Это остаточное противоречие проявлялось в том числе в расогенезе (Ярыгин и др. 1999, кн. 2; Алексеев 1986; интересные примеры биологических адаптаций приведены, в частности, у Г. Спенсера [1899, т. 1]).

в характеристике этого этапа – появление необходимого разнообразия первичных человеческих культур, что явилось важнейшей предпосылкой как для разнообразных социокультурных адаптаций, так и для появления на базе этих адаптаций новых аргентных инноваций и столь широкого расселения людей, что резкие изменения климата уже не могли в одинаково сильной степени повлиять на все человечество в целом (а следовательно, и не были столь фатальными).

Третий этап продолжался до 18–16 тыс. л. н. На это время приходится период максимального похолодания планетарного масштаба за всю геологическую историю развития Земли⁷. И хотя это было далеко не первое оледенение, но в этот раз люди уже имели достаточный уровень развития производительных сил и социальности, чтобы часть коллективов смогла не только выжить в более суровых условиях, но даже благоденствовать на базе получения некоторого излишка продукции. Огромные изменения происходят в разнообразии и количестве орудий труда (Чубаров 1991: 94). Именно в это время появляются зоны быстрой смены типов и наборов каменных инструментов, например во Франции (Григорьев 1969: 213; Jochim 2011b), а в Леванте (18 тыс. л. н.) появляются микролиты (Долуханов 1979: 93, Shea 2013). Это свидетельствует о совершении второго этапа описанной выше «протопроизводственной» (сапиентной, «верхнепалеолитической») революции. Во многих местах на этом и последующих этапах основными эволюционными изменениями, связанными с эппалеолитом, были усиление экономической интенсификации и рост населения (Shea 2013: 162). В течение этого и следующего четвертого этапа – примерно 17–14 (18–15) тыс. л. н. – степень приспособления к изменяющимся природным условиям сильно возрастает (Jochim 2011b; 2011c). Там, где не было катастрофического похолодания, появлялись также интенсивные собиратели (Холл 1986: 201; Харлан 1986: 200; Файнберг 1986: 185; Goring-Morris *et al.* 2009; Shea 2013).

Пятый этап – 14–11 (15–12) тыс. л. н., то есть конец палеолита – начало мезолита (Файнберг 1986: 130), – можно связать с началом отступления ледников и сильным изменением климата (Ясаманов 1985: 202–204; Короновский, Якушова 1991: 404–406; Goring-Morris, Belfer-Cohen 2017). В результате этого потепления и изменения ландшафтов крупных млеко-

⁷ Во время последней ледниковой эпохи (так называемый вюрм III), которому в Европейской России соответствует осташковское, или поздневалдайское, оледенение. Максимум оледенения и похолодания приходился примерно на период 20–17 тыс. л. н., температуры в среднем снизились более чем на 5 градусов (см.: Величко 1989: 13–15; см. также: Любин 1970: 25). О технологиях и археологических данных см.: Jochim 2011b; Shea 2013. Для обозначения культур, которые не были полностью или частично затронуты климатическими изменениями в конце ледникового периода, как, например, для Леванта, Северной Африки и Юго-Западной Азии в период после верхнего палеолита и до неолита, между приблизительно 20 000 и 10 000 л. н. археологи используют термин «эппалеолит». Таким образом, он пересекается с поздним верхнепалеолитом и мезолитом в Европе (Shea 2013). В нашей периодизации эппалеолит сочетается с третьей – шестой фазами.

питающих стало меньше. Поэтому на данном и следующем этапах в ряде районов происходил переход к индивидуальной охоте (Марков 1979: 51; Чайлд 1949: 40, Файнберг 1986; Jochim 2011c; Shea 2013; для более позднего периода см.: Simmons 2013). Появились технические средства (лук, копьёметалка, ловушки, сети, гарпуны, топоры и т. п.) для поддержания автономного существования более мелких групп и даже отдельных семей (Марков 1979: 51; Придо 1979: 69; Авдусин 1989: 47). Возникло или приобрело важное значение рыболовство на реках и озерах (Матюшин 1972; Ritchie *et al.* 2016; Bergsvik, Ritchie 2018). Были разработаны новые типы каменных наконечников стрел: листообразные, рифленые, с полым основанием и крылатые. Костяные и деревянные наконечники стрел имели изогнутую, а затем колючую и гарпунную форму (Семенов 1968: 323, 324).

Шестой этап (примерно 12–10 [11–9] тыс. л. н.) также связан с продолжающимися потеплением климата, изменениями природной среды и переходом в конце его к голоцену (Хотинский 1989: 39, 43; 43; Wymer 1982), а в археологической периодизации – к неолиту, который связан с большим прогрессом в технике обработки камня (Семенов 1968; Монгайт 1973; Авдусин 1989; Янин 2006; Milisauskas 2011b). Этот период свидетельствует о большом количестве важных нововведений, которые в целом открыли путь к новому, аграрно-ремесленному принципу производства (см., например: Mellaart 1975; Ammerman, Cavalli-Sforza 2014; Shea 2013). Особенно интересны в этом плане народы – собиратели урожая как потенциально более ароморфно-перспективная ветвь развития. Такое собирательство может быть очень продуктивным (см., например: Липс 1954; Антонов 1982: 129; Шнирельман 1989: 295–296; Lamberg-Karlovsky, Sabloff 1979; см. также: Tanno *et al.* 2013; March 2013; Conte *et al.* 2018).

Аграрно-ремесленный принцип производства

Начало аграрной революции датируют интервалом 12–9 тыс. л. н., хотя в некоторых случаях следы первых культурных растений или костей одомашненных животных датируются даже 14 000–15 000 л. н. Но первые следы – это еще не революция. Поэтому весьма условно можно говорить, что **первый этап** аграрно-ремесленного принципа производства продолжался примерно в интервале от 10,5 тыс. до 7,5 тыс. л. н. (то есть это время 9–6-го тыс. до н. э.). Как видно, мы берем некоторый промежуточный интервал дат для начальной инновационной фазы аграрной революции / первого этапа ремесло-аграрного принципа производства, то есть от 10 000 до 7300 л. н. Стоит отметить, что термин «неолитическая революция» может быть связан только с этой фазой аграрной революции и началом следующей.

Какие бы растения ни выращивались, самостоятельное изобретение сельского хозяйства всегда имело место в особых природных условиях

(в отношении Юго-Восточной Азии см., например: Деопик 1977: 15). Соответственно, развитие производства зерновых могло происходить только в определенных природных и климатических условиях (Гуляев 1972: 50–51; Шнирельман 1989: 273; 2012a; Мелларт 1982: 128; Harris, Hillman 1989; Массон 1967: 12; Lamberg-Karlovsky, Sabloff 1979; Ammerman, Cavalli-Sforza 2014; Milisauskas 2011a; 2011b). Предполагается, что выращивание зерновых культур началось где-то на Ближнем Востоке: на холмах Палестины (Mellaart 1975; Мелларт 1982), в районе Верхнего Евфрата (Алексеев 1984: 418; Холл 1986: 202) или в Египте (Харлан 1986: 200). В целом (но не в каждом обществе) был одомашнен довольно большой набор растений. Так, по некоторым данным, в южном и восточном Китае культивировалось 97 различных растений (Londo *et al.* 2006). Данный период заканчивается формированием Переднеазиатского региона земледелия, а в целом можно говорить о формировании Мир-Системы (Korotayev 2005; 2007a; 2012; 2013; Korotayev, Malkov, Khalitourina 2006a; Grinin, Korotayev 2009; 2012; 2013a; 2013b; 2014a; 2018), в том числе ее первых протогородских центров (о протогодах и первых городах см.: Lamberg-Karlovsky, Sabloff 1979; Массон 1989; Schultz, Lavenda 1998: 214–215; Balter 2006; Korotayev 2006b; Korotayev, Grinin 2006; 2012; 2013).

Второй этап условно можно датировать периодом 8–5 тыс. л. н. (VI – середина-конец IV тыс. до н. э.; но для целей вычисления мы берем интервал 7300–5000 л. н.), то есть до начала складывания единого государства в Египте и формирования там достаточно эффективного ирригационного хозяйства. Он включает в себя образование новых очагов земледелия (Milisauskas 2011b; Milisauskas, Kruk 2011a), распространение из Передней Азии сельскохозяйственных культур в другие регионы. В этот период завершается domestикация мелкого рогатого скота, а также первых тягловых животных – быков (Шнирельман 2012б; Meadows *et al.* 2007; см. также: Roberts 1998; Gupta 2004; Zeder, Hesse 2000; Bryner 2008). Идет активный обмен достижениями: культурами, сортами, технологиями и т. п. (Zinkina *et al.* 2017; 2019). Этим периодом датируются первые медные артефакты и инструменты в Египте и Месопотамии, а также Сирии (начиная с 5-го тыс. до н. э.) (Tylecote 1976: 9). В этот период происходит так называемая городская революция, по Г. Чайлду (Childe 1952: ch. 7; см. также: Lamberg-Karlovsky, Sabloff 1979; Массон 1980; 1989: 33–41; Oppenheim 1968; Adams 1981; Pollock 2001: 45; Bernbeck, Pollock 2005: 17; Bondarenko 2006: 50; Mellaart 1975; Wenke 1990: 326–330; Turnbaugh *et al.* 1993: 464–465; Harris 1997: 146; Schultz, Lavenda 1998: 214–215; Balter 2006)⁸.

⁸ Формирование производящих экономик в Центральном Андах и Мезоамерике началось в 7–6-м тыс. до н. э. (см.: Березкин 2007б; 2013: 17; Dillehay *et al.* 2010; Quilter *et al.* 1991; Vega-Centeno 2010).

Третий этап длился в интервале от 5000 до 3500 (5300–3700) л. н., то есть 3000–1500 гг. до н. э. В целом он совпадает со второй фазой аграрной революции, то есть переходом к интенсивному земледелию (сначала ирригационному, потом уже и неполивному плужному). Выделяются в самостоятельные отрасли скотоводство, ремесло и торговля (о ремесленной специализации см.: Costin 2005; 2015; Hruby, Flad 2007). Хотя ремесло, согласно нашим взглядам, не определяло в решающей степени процесс развития аграрной революции, однако важно заметить, что именно в конце второго и начале третьего этапов аграрно-ремесленного принципа производства, то есть 3500–3000 гг. до н. э. (Чубаров 1991; о плуге см. также: McNeill 1963: 24–25; Крамер 1965; Ренфрю 2002; Bunch, Hellemans 2004; Milisauskas, Kruk 2011*b*), создаются или начинают широко внедряться в мир-системном ядре важнейшие технологические инновации: колесо, плуг, гончарный круг, упряжь (ярмо), а также металлургия бронзы⁹ (о бронзе и металлургии см.: Tylecote 1976: 9; Chernykh 1992; Harding 2011; см. также: Duistermaat 2017; Roux 2017; Li Shuicheng 2018). Именно в этот период появляются первые государства, а затем формируются первые империи в Египте и на Ближнем Востоке. Урбанизация в этот период набирает темпы, охватывая новые регионы, хотя в отдельные промежутки времени и в отдельных местах (в особенности после середины 3-го тыс. до н. э.) она приостанавливается и идет частичная дезурбанизация. Говоря словами А. Л. Оппенгейма (1990: 88), шло непрерывное противоборство анти- и проурбанистических тенденций. Этот этап условно заканчивается периодом серьезного хозяйственного, агротехнического и ремесленного подъема в Египте в начале Нового царства (Виноградов 2000), что соответствует и появлению там первого развитого государства (Гринин 2010). Это был период, когда на Ближнем Востоке возникли первые государства, а затем и империи. Урбанизация также расширилась, достигнув новых регионов (He Nu 2018; Chen Chun, Gong Xin 2018). В данном случае стоит отметить, что в районах интенсивного поливного земледелия роль государства в производстве была огромной, поэтому появление нового типа государств свидетельствовало о новых возможностях для качественного роста производства и принципа производства в целом.

Четвертый этап (3500–2200 [3700–2500] л. н., или 1500–200 гг. до н. э.) – период утверждения во многих зонах Мир-Системы интенсивного, в том числе плужного неполивного, сельского хозяйства. В этот период наблюдался невиданный ранее рост ремесла, городов, торговли, появились новые цивилизации, шло внедрение и широкое распространение

⁹ Отметим, что некоторые из этих технологических новаций (например, гончарный круг) впервые фиксируются в более ранний период, однако именно в рассматриваемый период происходит их действительно широкое внедрение в областях мир-системного ядра (см., например: Jarrige 1977; Jasim 1983).

металлургии железа (Tylecote 1976; Чубаров 1991; Колосовская, Шкунаев 1988: 211–212; Дэвис 2005: 61; Wells 2011), происходили и другие процессы, которые свидетельствовали, что новый принцип производства начал обретать зрелость. В конце этого этапа формируются мир-империи принципиально нового масштаба и уровня организации (на западе – Римская республика, на востоке – первое централизованное государство в Китае) (Chase-Dunn, Hall 1997; Chase-Dunn *et al.* 2010; Гринин 2010; 2011; Grinin *et al.* 2016). Сам факт появления таких империй свидетельствовал о начавшемся переходе принципа производства к этапу высокой зрелости, а с другой стороны, наличие таких империй в дальнейшем определило самые существенные изменения как в производительных силах, так и в других сферах жизни Мир-Системы.

Пятый этап (конец III в. до н. э. – начало IX в. н. э.) – период наиболее полного развития производительных сил аграрно-ремесленного хозяйства, расцвета и гибели древних цивилизаций, появлений цивилизаций нового типа (арабской, европейской и др.; см.: Chase-Dunn, Hall 1997; 2011; Chase-Dunn, Manning 2002; Гринин 2011).

Шестой этап (IX – первая треть XV в. н. э.) характеризуется тем, что сначала происходят важные изменения в производстве и других сферах в арабо-исламском мире и Китае, в частности, во второй половине I-го тыс. до н. э. в бассейне Индийского океана от восточного побережья Африки до Индонезии и далее, до Юго-Восточной Азии и Китая, сложился прообраз Мир-Системы, связанной океанами (см. об этой широкой международной торговле, в которой играли важную роль персидские, арабские, индийские и другие купцы: Bentley 1996; Chew 2014; 2016; Boussac *et al.* 2016; о трансевразийской торговле см.: Abu-Lughod 1989; о диффузии инноваций см.: Grinin, Korotayev 2015a; Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015б). Затем начинается рост городов и хозяйственный подъем в Европе, который в конце концов создает первые очаги промышленности и предпосылки для начала промышленной революции (см. также: Grinin, Korotayev 2013a; 2013b; 2015a).

Торгово-промышленный принцип производства

Первый этап промышленной революции, а соответственно и **первый этап** промышленного принципа производства, можно датировать второй третью XV – XVI в. На авансцену выходят те виды деятельности, которые одновременно были способны к генерированию нововведений и могли аккумулировать наибольшее количество прибавочного продукта: торговля (Манту 1937: 61–62; Бернал 1956: 21; Cameron 1989; см. также: Acemoglu *et al.* 2005; Голдстоун 2014; Grinin, Korotayev 2015a), колониальное хозяйство (Бакс 1986), которые с XVI в. все прочнее сплетались, промышленность. Действительно, в это же время в отдельных местах сложилась при-

митивная, но уже именно промышленность. Именно в конце этого периода, согласно И. Валлерстайну, складывается капиталистическая мир-экономика (Wallerstein 1974; 1980; 1987; 1988).

Здесь уместно упомянуть точку зрения, согласно которой наряду с промышленной революцией XVIII в. также произошла более ранняя промышленная революция (или даже промышленные революции). Этот технологический подъем, имевший место в Европе между 1100 и 1600 гг., был замечен давно, еще в 1930-х гг. – начиная с работ Льюиса Мамфорда (Mumford 1934), Марка Блоха (Bloch 1935), Элеоноры Карус-Уилсон (Carus-Wilson 1941), и активно изучался экономическими историками в 1950–1980 гг. (Lilley 1976; Forbes 1956; Armytage 1961; Gille 1969; White 1978; Gimpel 1992; см. также подробнее: Hill 1955; Johnson 1955; Bernal 1965; Braudel 1973; Исламов, Фрейдзон 1986: 84; Гуревич 1969: 68; Дмитриев 1992: 140–141; Хут 2010; Lucas 2005). Этот период также вполне справедливо считается временем научного прорыва или, скорее, ряда революционных прорывов в таких областях, как математика, астрономия, география, картография и т. д. (см., например: Singer 1941; Годстоун 2014). Хотя идея выделения раннего Нового времени (конец XV – XVIII в.) и привлекла ряд сторонников, все эти ученые не связывают раннее Новое время с более ранней промышленной революцией. Между тем это может дать прекрасную возможность глубже понять логику технологической эволюции в целом.

Конец XVI – первая треть XVIII в. – это **второй этап (молодость)** нового принципа производства, период роста и развития новых секторов, пока они не стали ведущими в отдельных обществах (Голландия и Англия). Согласно нашей теории, в течение именно этого периода в рамках Мир-Системы наблюдается начало формирования первых зрелых государств, которые были также связаны с формированием целой системы мегалополисов с населением в несколько сотен тысяч каждый; этот переход стал особенно очевиден в течение следующей фазы (см. подробнее: Grinin 2006; Korotayev, Grinin 2006). Это также период, в течение которого, благодаря изменениям в производстве и торговле, которые оказали огромное влияние на трансформацию сельского хозяйства, впервые в истории человечества возникла достаточно устойчивая тенденция к выходу из мальтузианской ловушки, то есть тенденция, которая способствовала тому, что рост производства продуктов питания в конечном счете стал опережать рост населения. Эту тенденцию мы назвали контрмальтузианской модернизацией, которая завершилась только в результате второго этапа промышленной революции (Гринин, Коротаев, Малков 2008). В целом этот период можно рассматривать как подготовительный к промышленной революции с довольно ярким проявлением ранних капиталистиче-

ских отношений и форм производства в некоторых регионах Европы (Северная Италия, Южная Германия, Нидерланды, Южная Франция [см., например: Pirenne 1920–1932; Wallerstein 1974; Postan 1987; Мильская, Рутенбург 1993; Lucas 2005; Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015*б*; Grinin L., Grinin A. 2016; Grinin, Korotayev 2015*а*]).

Период со второй трети XV в. до конца XVI в. является начальным этапом промышленной революции. Он связан с развитием мореплавания, мануфактуры и механизации на базе водяной мельницы, распространением и совершенствованием различных машин, развитием разделения труда. В это время в разных частях Европы можно было наблюдать значительные прорывы в разных направлениях, которые к концу периода образовали общую систему нового производства в Западной Европе (Johnson 1955; Braudel 1973; Wallerstein 1974; Барг 1991; Ястребицкая 1993; Davies 1996; Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015*б*; Grinin L. E., Grinin A. L. 2016; Grinin, Korotayev 2015*а*). Изменения в одной стране имели тенденцию оказывать существенное влияние на экономику и жизнь людей в других странах. Это происходило благодаря распространению инноваций, изданию специальных технических книг, перемещению ремесленников и специалистов в разные страны, внедрению различных достижений и инноваций, которые нередко осуществлялись самими королями и императорами, и т. д. Многочисленны примеры впечатляющих достижений в области механизации горных работ в Южной Германии и Богемии. Исключительно значимы продвижения в развитии судоходства, географических открытий и мировой торговли, которых достигли испанцы и португальцы, а также англичане. Нельзя не упомянуть разработки технологий мануфактурного производства в итальянских и фламандских городах; серьезные сдвиги в сельском хозяйстве на севере Франции и в Нидерландах. Имели место важные научные и математические открытия ученых Италии, Франции, Польши, Англии. Распространились новые финансовые технологии, разработанные в Италии. И все это быстро стало общим достоянием всей Европы (Barone 1993; Davies 1996; 2001; Collins, Taylor 2006; Goldstone 2009; 2012; Ferguson 2011; Porter 2012; Голдстоун 2014).

Период с начала XVII в. до первой трети XVIII в. (1600–1730) является вторым этапом торгово-промышленного принципа производства (его также можно рассматривать как модернизационную фазу промышленной революции). В это время можно было наблюдать формирование сложного промышленного сектора и капиталистической экономики, усиление механизации и углубление разделения труда. Это была эпоха торгового лидерства голландцев, преемника гегемонии Испании и Португалии. В Нидерландах создана беспрецедентная индустрия кораблестроения, механизированных портовых сооружений и рыболовства (Boxer 1965; Jones 1996;

de Vries, van der Woude 1997; Rietbergen 2002; Israel 1995; Allen 2009; Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015в; 2016; Grinin, Korotayev 2015а; Голдстоун 2014).

Однако XVII в. – это еще и век очень больших изменений в военной технике, науке и машиностроении. В результате войн и других факторов в этот период Нидерланды теряют свое лидерство, которое постепенно переместилось в Британию (Rayner 1964; Boxer 1965; Snooks 1997; Jones 1996; de Vries, van der Woude 1997; Rietbergen 2002). Таким образом, на данном этапе промышленной революции (и нового принципа производства) новые отрасли промышленности стали доминирующими в некоторых странах (о развитии инноваций в разных европейских странах в этот период, а также в более ранние и более поздние периоды, особенно в Нидерландах и Великобритании, см.: Grinin, Korotayev 2017).

Наконец, период между 1730 и 1830 гг. можно определить как третий этап торгово-промышленного принципа производства (и одновременно завершающую фазу промышленной революции). Этот прорыв сопровождался созданием секторов с машинным производством и использованием паровой энергии. Замена ручного труда машинами имела место в хлопчатобумажном производстве, которое развивалось в Великобритании (Berlanstein 1992; Мокыр 1993; 1999; Griffin 2010; Манту 1937). Паровой двигатель Уатта начал использоваться в 1760-х и 1770-х гг. Развивалась новая мощная отрасль – машиностроение. Промышленный переворот был более или менее завершен в Великобритании в 1830-х гг. Хотя Великобритания явно была здесь лидером, мы уже наблюдаем в этот период ряд важных процессов, которые можно отнести к общеевропейским (включая развитие военных технологий, торговли, науки, общеевропейских коммерческих и промышленных кризисов второй половины XVIII в., начало демографической революции – см. ниже). В этом подходе мы ясно видим результат коллективных достижений различных обществ Европы в промышленной революции, своего рода эстафету достижений (см.: Grinin, Korotayev 2015а; Korotayev, Grinin 2017). Успехи индустриализации были очевидны в ряде стран к тому времени, и это также сопровождалось значительными демографическими преобразованиями (Armengaud 1976; Minghinton 1976: 85–89; Chesnais 1992; Caldwell 2006; Dyson 2010; Livi-Bacci 2012).

Четвертый этап (с 1830-х гг. до конца XIX в. [1830–1890-е гг.]) – это период победы машиностроения и его мощного распространения (подробнее см.: Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015в; Grinin L. E., Grinin A. L. 2016). Этот период соответствовал второму технологическому укладу в хронологии длинных кондратьевских циклов (железнодорожные дороги, уголь, сталь) и началу формирования третьего уклада (электроэнергетика, химическая промышленность и тяжелое машиностроение). Это время не-

вероятного количества инноваций (см.: Bunch, Hellemans 2004; Korotayev, Grinin 2017).

Пятый этап (1890–1929 гг.) имел место в конце XIX – начале XX в. до мирового экономического кризиса конца 1920-х – 1930-х гг. За этот период произошли значительные изменения (подробнее см.: Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015г; Grinin L. E., Grinin A. L. 2016). Химическая промышленность развивалась быстрыми темпами, включая производство искусственных материалов, произошел прорыв в производстве стали. Широкое использование электричества (вместе с нефтью) постепенно начало вытеснять уголь. Электрические двигатели заменили паровые, поэтому они сильно изменили облик заводов и повседневную жизнь. Развитие двигателя внутреннего сгорания привело к широкому распространению автомобилей. Благодаря введению сборочной линии производство автомобилей резко возросло. Это был период первых изобретений в электронике.

Шестой этап продолжался до середины XX в. (1929–1955 гг.). Период 1930-х гг. дал множество базовых инноваций, многие из которых были внедрены в 1940–1970-х гг. Особенно много было достижений в военной сфере, в авиации, ракетных и более поздних космических разработках, в ядерной энергетике. Это был период стремительного роста автомобильного, химического производства и начала производства электроники, включая первые компьютеры. В этот период произошли активная интенсификация производства и внедрение научных методов его организации. Произошли беспрецедентное развитие стандартизации и расширение производственных единиц. Признаки предстоящей кибернетической революции становились все более и более очевидными.

Научно-кибернетический принцип производства и кибернетическая революция

Научно-кибернетический принцип производства находится в начале своего развития (см. рис. 2 и 3). Первая его фаза только завершилась, а вторая еще продолжается. Это дает возможность произвести гипотетический расчет длительности будущих его фаз.

Первый этап научно-кибернетического принципа производства имел место в период между 1950-ми и серединой 1990-х гг., когда наблюдалось активное развитие информационных технологий и началась экономическая глобализация. Он также связан с переходом к научным методам управления. Особенно важные изменения произошли в информационных технологиях. Кроме того, производственная революция имела несколько других направлений: в энергетических технологиях, в производстве синтетических материалов, автоматизации, освоении космоса и сельском хозяйстве. Тем не менее ее основные результаты еще впереди.

Как должен помнить читатель, первая фаза нового принципа производства соответствует начальной фазе новой производственной революции (см. рис. 2). Производственная революция, которая началась в 1950-х гг. и продолжается до настоящего времени, в ее ранний период иногда называлась научно-технической революцией (см., например: Bernal 1965; Venson, Lloyd 1983). Однако было бы более уместно называть ее кибернетической революцией, поскольку ее основные изменения предполагают расширение возможностей управления различными процессами с помощью саморегулируемых систем.

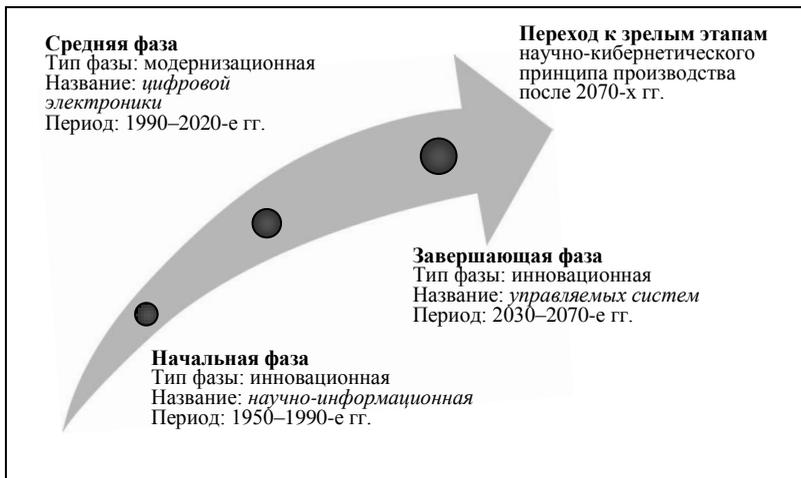


Рис. 2. Фазы кибернетической революции

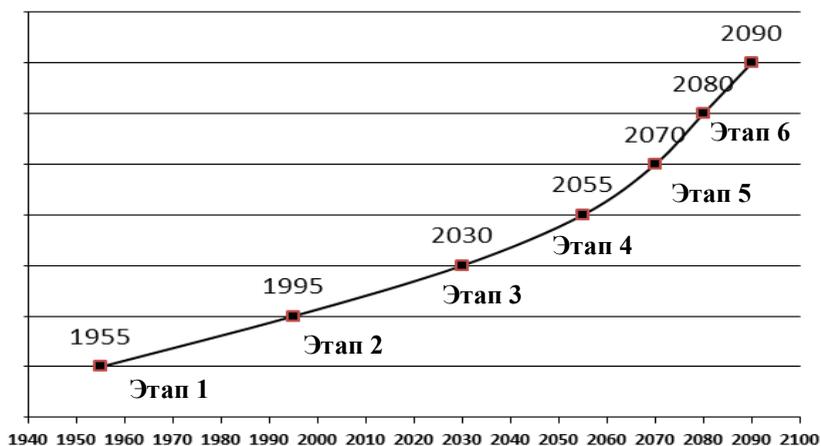


Рис. 3. Научно-кибернетический принцип производства

Второй этап научно-кибернетического принципа производства (= модернизационная фаза кибернетической революции, см. рис. 3) начался в середине 1990-х гг. в связи с развитием и широким распространением компьютеров, технологий связи, сотовых телефонов и т. д. Медицина, биотехнологии и некоторые другие инновационные области также достигли значительного прогресса (см.: Grinin L. E., Grinin A. L. 2015a; 2015b; 2016: Chs. 3–4; Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015a; Grinin L., Grinin A., Korotayev 2017a). Этот этап продолжается до настоящего времени, но приближается к своему завершению.

Прежде чем мы начнем обсуждать будущие преобразования, стоит уточнить наше понимание современных и будущих темпов технического прогресса. Ряд исследователей считают, что скорость как технического, так и научного прогресса уже замедляется (Maddison 2007; Teulings, Baldwin 2014; Панов 2009; Phillips 2011; см. также: Коротаев, Божевольнов 2010); Это также можно косвенно наблюдать, если сравнить число изобретений за десятилетие 1950–1960 гг. с 1970–1990 гг., согласно данным (Bunch, Helleman 2004).

Мы не считаем, что в будущем скорость технического прогресса будет снижаться, однако она и не будет постоянной. В обозримом для нашей теории времени скорость будет нелинейной. В начальной фазе кибернетической революции скорость технического прогресса ускорилась, а в модернизационной (с 1990-х гг.) она замедлилась. Мы считаем, что этот темп не изменится существенно до середины 2030-х – начала 2040-х гг. (см. также: Phillips 2011), а после этого технологический рост будет испытывать новое ускорение. Затем будет наблюдаться постепенное замедление до точки сингулярности с последующим изменением паттерна (см. ниже).

Третий этап научно-кибернетического принципа производства, вероятно, начнется в 2030-х гг. Он обозначит начало заключительного этапа кибернетической революции, которая, по нашему мнению, может стать эпохой саморегулирующихся систем. Завершающая фаза этой революции может начаться в сфере медицины и будет связана с ее инновационными отраслями. Преобразования в этой фазе ведут к серьезной модификации человеческого организма (подробнее см.: Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015a; Grinin L. E., Grinin A. L. 2016; Grinin, Korotayev, Tausch 2016; Grinin L., Grinin A., Korotayev 2017a).

Движущими силами заключительного этапа кибернетической революции станут медицинские технологии, аддитивное производство (3D-принтеры), нано- и биотехнологии, робототехника, информационные технологии, когнитивные технологии, которые вместе образуют сложную

систему саморегулирующегося производства. Мы можем обозначить этот комплекс как МАНБРИК-конвергенцию¹⁰. При этом медицина станет основной интегрирующей частью (см.: Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015а; Grinin L. E., Grinin A. L. 2016; Grinin, Korotayev 2016а; 2016b; Grinin, Korotayev, Tausch 2016; Grinin L., Grinin A., Korotayev 2017а).

Ожидаемая продолжительность *четвертого, пятого и шестого этапов* научно-кибернетического принципа производства составляет 2055–2070; 2070–2080; 2080–2090 гг. соответственно.

Четвертый этап предполагает, что сформировавшийся сектор самоуправляемых систем будет в течение следующих двух десятилетий быстро совершенствоваться и с огромной скоростью распространяться на различные области и регионы. Здесь мы можем встретиться с эффектом ускорения технологического процесса (подробнее см. ниже). Одновременно это должен быть период значительного роста ожидаемой продолжительности жизни и соответственно процесса глобального старения населения, в том числе он захватит и ныне молодые по возрастам регионы (Африку и др.) (Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015б; Grinin L. E., Grinin A. L. 2016; Grinin, Korotayev, Tausch 2016; Grinin L., Grinin A., Korotayev 2017а; 2017b).

Пятый и шестой этапы в связи с ростом и уровнем сложности самоуправляемых систем (а вместе с этим и рост процесса управления обществом и производством) и серьезными продвижениями в медицине могут быть связаны с началом перехода к новой системе экономики (см. ниже). С другой стороны, возможно, глубокие и болезненные перемены в обществах и в рамках Мир-Системы будут связаны с серьезными конфронтациями.

К этому времени процесс глобального старения охватит очень многие страны. В то же время более консервативное пожилое население, возможно, будет больше влиять на инновации и их направление. Это станет сопровождаться глубокими болезненными изменениями и конфронтациями в обществах Мир-Системы. Кроме того, будет расти число социальных саморегулируемых систем, которые в основном еще будут работать автономно, регулируя поведение большого числа людей в определенных ситуациях. Их использование будет направлено для создания положительных или отрицательных поведенческих стимулов (метод кнута и пряника) для регулирования поведения человека. Это будет иметь фундаментальные, с одной стороны, и противоречивые – с другой, последствия, которые мо-

¹⁰ Порядок букв в аббревиатуре не отражает относительной важности областей комплекса. Например, биотехнологии будут важнее нанотехнологий, не говоря уже об аддитивном производстве. Порядок определяется просто удобством произношения.

гут как привести к росту консерватизма со стороны старшего поколения, так и вызвать обратную реакцию. Отметим, что уже сегодня мы начинаем сталкиваться с действием таких социальных саморегулируемых систем, внедрение которых в практику усилилось в связи с коронавирусом.

Отметим также, что к этому времени закончится шестая К-волна и начнется трансформация кондратьевских волн (о чем мы уже писали: Grinin, Korotayev, Tausch 2016; Grinin L., Grinin A., Korotayev 2017a; 2017b).

Как мы увидим далее, развитие медицинских технологий и глобальное старение будут находиться в сложной нелинейной зависимости (см. также: Phillips 2011). На третьем, но особенно на последующих этапах произойдут значительные изменения в количестве людей, занятых в различных профессиях, а также серьезные изменения в номенклатуре профессий, часть которых начнет исчезать под влиянием новых технологий (в том числе роботизации). По нашему мнению, неквалифицированные услуги будут особенно подвержены риску. В то же время сфера квалифицированных и высококвалифицированных услуг претерпит значительные преобразования (более подробную информацию см.: Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015е).

Все это свидетельствует о том, что конец XXI и начало XXII столетия могут стать переломными в отношении современной человеческой цивилизации. Начнут формироваться уже принципиально новые отношения, контуры которых пока не очень ясны. В любом случае роль технологического прогресса изменится, так же как и сам его характер. Это будет довольно заметно на шестом этапе в начале XXII в., при этом замедление прежнего типа технологического прогресса будет означать подготовку к переходу к новым формам общественных отношений.

3. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА (В РАМКАХ ИСТОРИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА)

Основные задачи данного раздела:

1) показать в цифрах длительность каждого из четырех принципов производства и длительность каждого из шести этапов в рамках одного принципа производства. Эти данные представлены в табл. 1 и 2. Из них видны: а) общие временные параметры принципов производства; б) ускорение технологической эволюции как в рамках каждого принципа производства от этапа к этапу, так и особенно при сравнении предшествующего и последующего принципов производства. Таким образом, мы видим не просто ускорение техноэволюции, но разный ритм этого ускорения, а, со-

ответственно, и разное количество инноваций в единицу времени, поскольку именно инновации при их внедрении и способствуют общему росту ускорения; в) эти данные позволяют лучше обобщить нарративно-хронологическое описание технологической эволюции, которое мы дали в предыдущей части;

2) показать, что принцип производства – не просто определенная ступень развития мир-системных производительных сил, а довольно сложный цикл технических инноваций и организационно-технологических системных перестроек производства, которые неизбежно, с одной стороны, требуют глубоких изменений в разных сферах жизни общества, а с другой – влекут за собой новые изменения. В табл. 3 и 4 сделаны расчеты соотношений между этапами (и комбинациями этапов) в рамках каждого принципа производства, которые показывают очень интересные моменты, а именно: отношение длины каждой фазы (и комбинации фаз) к общей длине соответствующего принципа производства в процентах (Табл. 3) и сравнение соотношений длин фаз для каждого принципа производства в процентах (Табл. 4) в каждом цикле принципа производства сохраняют удивительное постоянство, которое не может быть случайным. Например, длительность первого и третьего этапов каждого принципа производства в процентах от общей длительности всего принципа производства составляет соответственно от 28 % до 33 %; от 16 % до 18 % (колеблются вокруг аттракторов соответственно 30,6 и 17,6). Напомним, что это наиболее важные этапы производственных революций. Довольно близким является и соотношение длительности этапов друг к другу – например, во всех четырех принципах производства соотношение колеблется в довольно узких рамках от 120 % до 150 %. Небольшой разброс пропорций, колеблющихся вокруг некоего аттрактора, виден во всех 19 соотношениях, приведенных в табл. 3 и 4. Эти устойчивые паттерны демонстрируют определенные глубинные и фундаментальные закономерности развития технологического процесса и технологической эволюции в рамках исторического процесса. Все это позволяет нам делать прогнозы о длительности будущих этапов научно-кибернетического принципа производства;

3) дать основу для расчета ускорения технологического прогресса, который мы приводим в следующей части.

В табл. 1 представлены даты всех фаз всех принципов производства. Однако следует принять во внимание, что для удобства в хронологии все даты усредняются. В табл. 2 представлены абсолютные длины фаз в тыс. лет.

Табл. 1. Хронология этапов принципа производства

Принцип производства	1-й этап	2-й этап	3-й этап	4-й этап	5-й этап	6-й этап	Итого весь принцип производства
1. Охотничье-собирательский	40000–30000 (38000–28000 до н. э.) 10	30000–22000 (28000–20000 до н. э.) 8	22000–17000 (20000–15000 до н. э.) 5	17000–14 000 (15000–12000 до н. э.) 3	14000–11500 (12 000–9500 до н. э.) 2,5	11500–10000 (9500–8000 до н. э.) 1,5	40000–10000 (38000–8000 до н. э.) 30
2. Аграрно-ремесленный	10000–7300 (8000–5300 до н. э.) 2,7	7300–5000 (5300–3000 до н. э.) 2,3	5000–3500 (3000–1500 до н. э.) 1,5	3500–2200 (1500–200 до н. э.) 1,3	2200–1200 (200 до н. э. – 800 н. э.) 1,0	800–1430 н. э. 0,6	10000–570 (8000 до н. э. – 1430 н. э.) 9,4
3. Промышленный	1430–1600 0,17	1600–1730 0,13	1730–1830 0,1	1830–1890 0,06	1890–1929 0,04	1929–1955 0,025	1430–1955 0,525
4. Научно-кибернетический	1955–1995* 0,04	1995–2030 0,035	2030–2055 0,025	2055–2070 0,015	2070–2080 0,01	2080–2090 0,01	1955–2090 0,135–0,160

Примечание. Цифра перед скобкой – абсолютная шкала (л. н. от современности), цифра в скобках – до н. э. (более подробную хронологию см.: Гринин 2006а; 2009). Полужирным шрифтом обозначена длительность этапов (в тыс. лет). Длительность этапов научно-кибернетического принципа производства предположительная.

Начиная со второго столбца строки мы даем оценки ожидаемых длин этапов научно-кибернетического принципа производства.

Табл. 2. Длительность принципов производства и их этапов (в тыс. лет)

Принцип производства	1-й этап	2-й этап	3-й этап	4-й этап	5-й этап	6-й этап	Итого весь принцип производства
1. Охотничье-собирательский	10	8	5	3	2,5	1,5	30
2. Аграрно-ремесленный	2,7	2,3	1,5	1,3	1,0	0,6	9,4

Окончание табл. 2

Принцип производства	1-й этап	2-й этап	3-й этап	4-й этап	5-й этап	6-й этап	Итого весь принцип производства
3. Промышленный	0,17	0,13	0,1	0,06	0,04	0,025	0,525
4. Научно-кибернетический	0,04	0,035*	0,025	0,015	0,01	0,01	0,135

Примечание. * В этой строке указываются наши оценки ожидаемой длины этапов научно-кибернетического принципа производства.

Таким образом, предлагаемая периодизация демонстрирует стабильные паттерны повторяющихся циклов развития (каждый из которых включает шесть фаз), однако *каждый последующий цикл оказывался короче, чем предыдущий, благодаря ускорению технологического роста.* Стоит отметить, что это повторяющиеся циклы, потому как в каждом цикле в некотором отношении развитие происходит по схожей схеме: каждая фаза в рамках каждого цикла играет функционально схожую роль, и, более того, пропорции длин фаз и их комбинации остаются довольно стабильными (см. табл. 3, 4 и выше). Это подтверждается расчетами в табл. 3 и 4, согласно которым пропорции длин фаз и их комбинации остаются неизменными при изменении принципов производства.

Табл. 3 представляет результаты расчетов отношения длины каждого этапа к длине соответствующего принципа производства с использованием довольно простой методологии. Абсолютная длина этапа (или сумма длин двух или трех этапов) делится на полную длину соответствующего принципа производства. Например, если продолжительность охотничье-собирательного принципа производства составляет 30 000 лет, то продолжительность его первого этапа составляет 10 000, второго – 8000, а третьего – 5000. Отношение длины первой фазы к общей основной длине производства составит 33,3 %; отношение суммы длительности первой и второй фаз к общей длительности принципа производства – 60 %; а отношение суммы длительности первой, второй и третьей фаз к общей длительности основного принципа производства – 76,7 %.

В табл. 4 используется аналогичная методология для сравнения длины фаз (и комбинаций фаз) в рамках одного принципа производства. Например, для охотничье-собирательского принципа производства отношение длины первой фазы (10 000 лет) ко второй (8000 лет) равно 125 %, тогда как отношение второй фазы к третьей (5000 лет) составляет 160 %. Между тем отношение суммы длин первой и второй фаз к сумме третьей и четвертой фаз (3000 лет) составляет 225 %. В табл. 3 и 4 также представлены средние показатели по всем принципам производства.

Табл. 3. Отношение длительности каждого этапа и их комбинаций к длительности принципа производства (в процентах)

Принцип производства	1	2	3	4	5	6	1-2	3-4	5-6	1-3	4-6
1. Охотничье-собирательский	33,3	26,7	16,7	10	8,3	5	60	26,7	13,3	76,7	23,3
2. Аграрно-ремесленный	28,7	24,5	16,0	13,8	10,6	6,4	53,2	29,8	17	69,1	30,9
3. Промышленный	32,4	24,8	19	11,4	7,6	4,8	57,1	30,5	12,4	76,2	23,8
4. Научно-кибернетический	29,6	25,9	18,5	11,1	7,4	7,4	55,6	29,6	14,8	74,1	25,9
Среднее значение	31	25,5	17,6	11,6	8,5	5,9	56,5	29,2	14,4	74,0	26,5

Табл. 4. Сравнение соотношения длительности этапов каждого принципа производства (в процентах)

Принцип производства	1:2	2:3	3:4	4:5	5:6	(1+2): (3+4)	(3+4): (5+6)	(1+2+3): (4+5+6)
1. Охотничье-собирательский	125	160	166,7	120	166,7	225	200	328,6
2. Аграрно-ремесленный	117,4	153,3	115,4	130	166,7	178,6	175	224,1
3. Промышленный	130,8	130	166,7	150	160	187,5	246,2	320
4. Научно-кибернетический	114,3	140	166,7	150	100	187,5	200	285,7
Среднее значение	121,4	144,2	149,7	133,3	160,9	190,3	205,3	282,1

Таким образом, количественный анализ данных, представленный в таблицах выше, демонстрирует следующее:

а) эволюция каждого принципа производства во времени имеет повторяющиеся особенности, при этом наблюдается устойчивое математическое соотношение между длиной фаз и комбинациями фаз в рамках каждого принципа производства (табл. 3, 4);

б) анализ цикла показывает, что резкий рост скорости технологического развития является результатом производственной революции;

в) благодаря анализу устойчивых математических соотношений цикла принципов производства можно сделать некоторые предварительные прогнозы (в частности, в отношении длины будущих этапов научно-кибернетического принципа производства).

4. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА, МЕТОДОЛОГИЯ РАСЧЕТОВ

Каждый принцип производства – шестифазовый цикл. Переход на каждый новый этап в рамках принципа производства можно рассматривать как важный технологический сдвиг или фазовый переход. Ниже представлена периодизация, включающая 24 фазы и, соответственно, 23 фазовых перехода (см. Табл. 5, хронология фаз представлена в этой же таблице).

Сложные и длительные процессы, как правило, не могут идти равномерно. Это в полной мере касается технологической эволюции. Как уже было верно отмечено (Kaual 1999), технологический прогресс – это череда ускорений и замедлений скорости развития технологий. В статье (*Ibid.*) автор пытался показать механизм таких ритмов. Однако нам представляется, что это слишком общие (хотя и верные) рассуждения.

Согласно нашей теории, ритм ускорения и замедления зависит от функциональных особенностей каждой временной фазы в рамках цикла технологических изменений (то есть принципа производства). На одних этапах имеет место как бы «взрыв» инноваций, здесь мы можем заметить ускорения (это, например, первый и третий этапы), на других – эти инновации улучшаются и распространяются, и мы видим замедление (например, на втором этапе). На одних фазах идет мощная экспансия нового принципа производства, здесь должно быть ускорение (например, пятый этап), на других возникают уже кризисные явления и происходит замедление (это шестой, последний этап).

Для расчетов скорости технологического роста мы использовали методологию, предложенную А. Д. Пановым (2004; 2005; 2006; 2008; 2009; 2013; Panov 2005; 2011; 2017), в соответствии с которой временная дистанция между фазовыми переходами (= временная длина фаз) пересчи-

тывается в частоту фазовых переходов = количество фазовых переходов = макроэволюционная скорость роста. Панов использовал методику для расчета скорости планетарного макроэволюционного развития; в нашем случае эту переменную вполне можно интерпретировать как скорость технологического роста в рамках исторического процесса (ее также можно назвать макротехнологическим ростом).

Примечательно, что, как и во временных рядах А. Д. Панова (а также в аналогичных временных рядах Т. Модиса [Modis 2002; 2003], Р. Курцвейла [Kurzweil 2001; 2005] и Д. ЛеПуара [LePoire 2009; 2013] – анализ этих рядов приведен в [Korotayev 2018; Коротаев 2020a]), временная длина фаз в наших временных рядах систематически уменьшается, в то время как скорость макротехнологического роста увеличивается (см. Табл. 5).

4.1. Расчет сингулярности при незавершенности научно-кибернетического принципа производства

Важно отметить, что сингулярность указывает не на точку, где значение соответствующей переменной фактически становится бесконечной, а скорее на точку, до которой гиперболическая форма соответствующей кривой должна измениться на какую-либо другую траекторию, подразумевающую некоторое замедление, соответствующие признаки которого наблюдались уже в последние десятилетия (Huebner 2005; LePoire 2005; Phillips 2011; Korotayev 2018). Ниже мы обсудим возможность нового ускорения технологического роста.

Мы полагаем, что расчет сингулярности можно делать как от точки, на которой мы находимся сегодня, так и от предполагаемой в будущем точки, насколько можно предвидеть развитие исследуемого процесса в будущем. Вот почему мы используем двойной подход к определению сингулярности.

В первом случае мы показываем, что если остановиться только на том, что есть сейчас, точка сингулярности приблизится. В этом плане расчет будет близок к тому, что наблюдается у Р. Курцвейла, Т. Модиса и А. Д. Панова, и это показывает, что наш математический аппарат вполне адекватен.

Но одного математического аппарата без сущностной теоретической части явно мало. А поскольку мы, надеемся, убедительно доказали, что замедление и ускорение технологического процесса происходят циклично, приведем ниже расчет сингулярности в соответствии с прогнозом предполагаемого ускорения технологического процесса после 2030–2040-х гг. И именно этот расчет сингулярности является главным в данной статье.

Табл. 5. Основные этапы производства, их сроки, продолжительность и динамика темпов технологического роста (только для эмпирически наблюдаемых данных)

Фазовый переход (фазы принципа производства)	Дата начала этапа	Длина фазы (годы)	Скорость макротехнологического раз- вития (частота фазовых пере- ходов в год)
Охотничье-собирательский 1	40 000 л. н.	10000	$1,0 \times 10^{-4}$
Охотничье-собирательский 2	30 000 л. н.	8000	$1,3 \times 10^{-4}$
Охотничье-собирательский 3	22 000 л. н.	5000	$2,0 \times 10^{-4}$
Охотничье-собирательский 4	17 000 л. н.	3000	$3,3 \times 10^{-4}$
Охотничье-собирательский 5	14 000 л. н.	2500	$4,0 \times 10^{-4}$
Охотничье-собирательский 6	11 500 л. н.	1500	$6,7 \times 10^{-4}$
Аграрно-ремесленный 1	10 000 л. н.	2700	$3,7 \times 10^{-4}$
Аграрно-ремесленный 2	5300 до н. э.	2300	4,3E-04
Аграрно-ремесленный 3	3000 до н. э.	1500	6,7E-04
Аграрно-ремесленный 4	1500 до н. э.	1300	7,7E-04
Аграрно-ремесленный 5	200 до н. э.	1000	1,0E-03
Аграрно-ремесленный 6	800 н. э.	630	1,6E-03
Промышленный 1	1430	170	5,9E-03
Промышленный 2	1600	130	7,7E-03
Промышленный 3	1730	100	1,0E-02
Промышленный 4	1830	60	1,7E-02
Промышленный 5	1890	39	2,6E-02
Промышленный 6	1929	26	3,8E-02
Научно-кибернетический 1	1955	40	2,5E-02
Научно-кибернетический 2	1995		

Графическое представление макротехнологической скорости роста в соответствии с нашими временными рядами выглядит следующим образом (см. рис. 4):

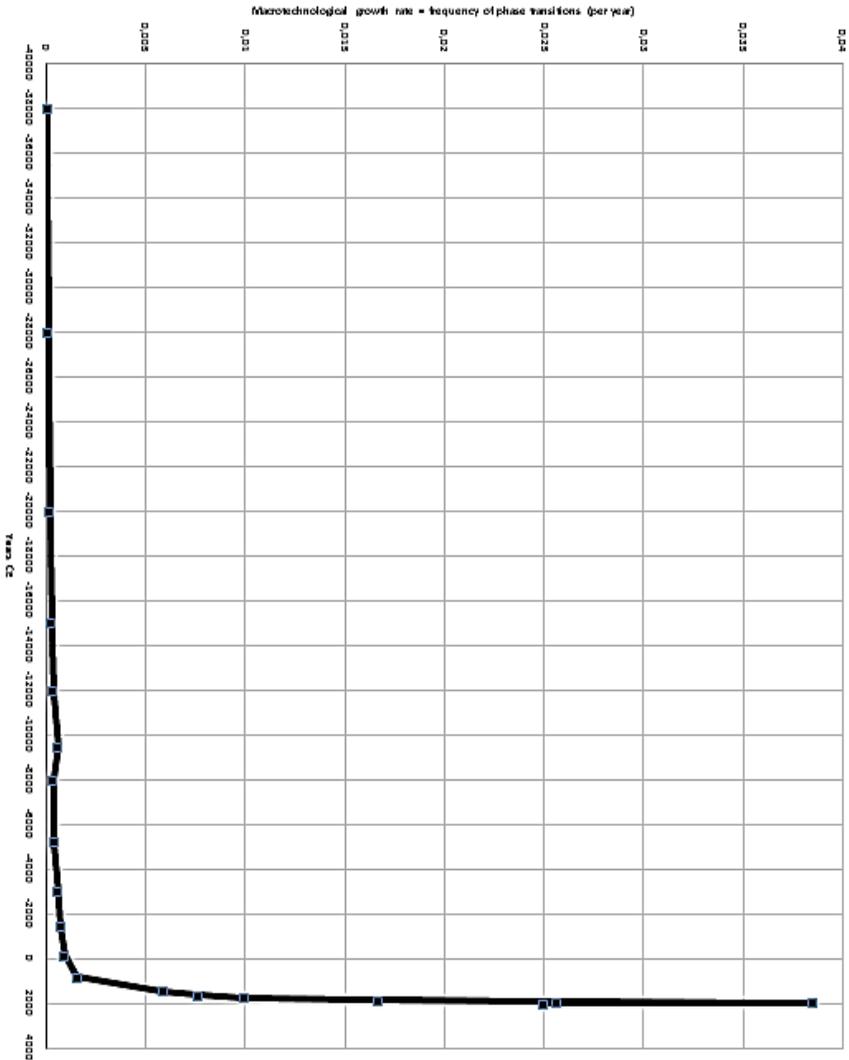


Рис. 4. Динамика темпов роста макротехнологий (= частота фазовых переходов в год), 40 000 л. н. до конца XX в.

Несложно заметить, что результирующая кривая безошибочно образует гиперболу и, как известно, гиперболы имеют выраженную математическую сингулярность.

Пусть ось X представляет время до сингулярности (тогда как ось Y будет представлять скорость технологического роста). Вычислив дату сингулярности, мы можем получить такую гиперболу, ко-

торая описывала бы наши временные ряды наиболее точно. Результаты этого анализа представлены на рис. 5 (наш математический анализ определил дату сингулярности для этого временного ряда как 2018 г.):

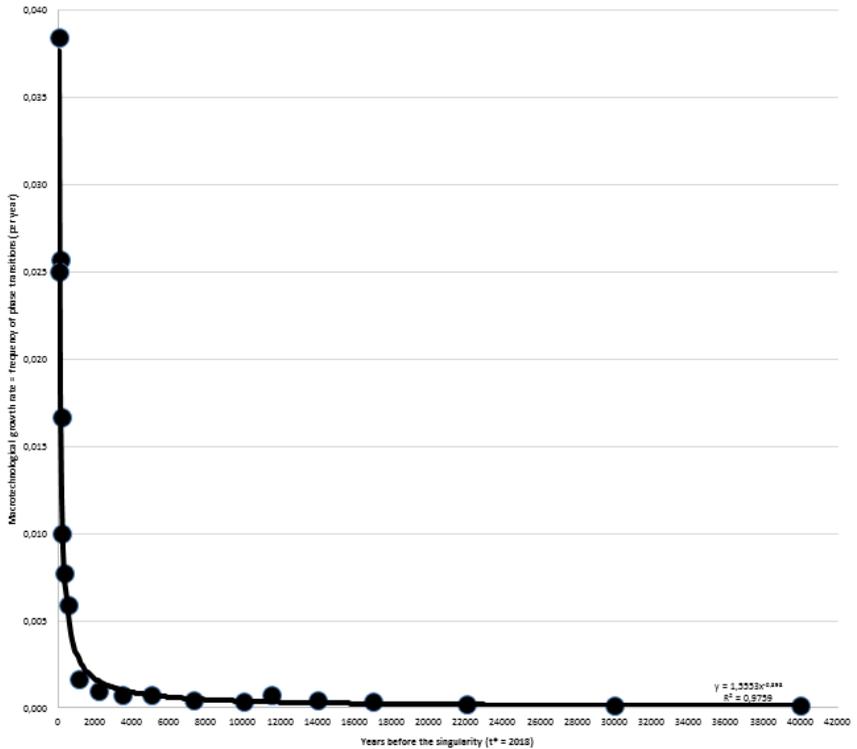


Рис. 5. Диаграмма рассеяния точек фазовых переходов, описанных в табл. 5, с подобранной степенной линией регрессии, где дата сингулярности определена как 2018 г. методом наименьших квадратов (натуральная шкала)

Ниже тот же рисунок представлен в двойной логарифмической шкале (см. рис. 6):

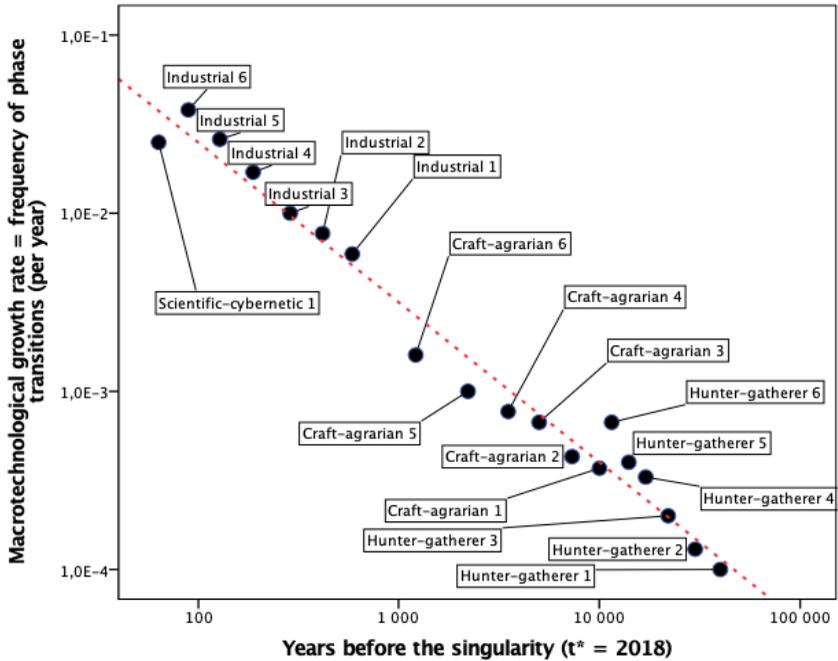


Рис. 6. Диаграмма рассеяния точек фазовых переходов, описанных в табл. 5, со встроенной линией степенной регрессии, где дата сингулярности определена как 2018 г. методом наименьших квадратов (двойная логарифмическая шкала)

Проанализируем результаты. Как мы видим, наша степенная регрессия по точкам данных фазовых переходов технологического роста, представленная выше в табл. 5, определила наиболее соответствующее уравнение, описывающее этот временной ряд с высокой точностью ($R^2 = 0,98$):

$$V_t = \frac{1,55}{x^{0,9}}, \quad (1)$$

где V_t – скорость глобального макротехнологического развития, x – время, оставшееся до сингулярности, а 1,55 и 0,9 – постоянные.

Стоит обратить внимание, что показатель знаменателя (0,9) не так сильно отличается от 1; следовательно, есть некоторые основания использовать это уравнение в следующей упрощенной форме:

$$V_t = \frac{1,55}{x}, \quad (2)$$

где V_t – скорость глобального макротехнологического развития, x – время, оставшееся до сингулярности, а 1,55 – константа. Конечно, x (время, остав-

шея до сингулярности) в момент времени t равно $t^* - t$, где t^* – время сингулярности. Таким образом,

$$x = t^* - t.$$

Следовательно, уравнение (2) можно записать следующим образом:

$$V_t = \frac{1,55}{t^* - t}, \quad (3)$$

где V_t – глобальная скорость макротехнологического развития в момент времени t , t^* – время сингулярности, а 1,55 – постоянная.

Вспомним, что наш анализ наименьших квадратов точек фазовых переходов, описанных в табл. 5, идентифицировал дату сингулярности как 2018 г. Таким образом, уравнение (3) может быть в дальнейшем переписано следующим образом:

$$V_t = \frac{1,55}{2018 - t}. \quad (4)$$

В более общем виде это может быть записано следующим образом:

$$V_t = \frac{C}{t^* - t}, \quad (5)$$

где C и t^* – константы.

Обратите внимание, что алгебраическое уравнение типа:

$$V_t = \frac{C}{t^* - t} \quad (5)$$

можно рассматривать как решение следующего дифференциального уравнения:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{y^2}{C} \quad (6)$$

(см., например: Korotayev, Malkov, Khalitourina 2006a: 118–120).

Следовательно, схема ускорения, подразумеваемая уравнением (4), может быть записана следующим образом:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{V^2}{1,55} \approx 0,65V^2. \quad (7)$$

Таким образом, общая картина ускорения глобального технологического роста, которая довольно точно описывает точки данных фазовых переходов технологического роста, представленные выше в табл. 5 с моделью (4)/(5), может быть изложена следующим образом: на протяжении большей части человеческой истории (по крайней мере, после революции верхнего палеолита) увеличение макротехнологического темпа роста в разы сопровождалось увеличением скорости его ускорения; таким образом, двукратное увеличение скорости развития макротехнологий сопровождалось четырехкратным увеличением темпа ускорения развития; увеличение макротехнологической скорости развития в 10 раз, как правило, сопровождалось 100-кратным увеличением этой скорости развития; и так далее... **на протяжении большей части человеческой истории (по крайней мере, после верхнепалеолитической революции, см. выше) увели-**

чение скорости глобального макротехнологического развития в a раз сопровождается увеличением темпов его ускорения в a^2 ; таким образом, двукратное увеличение скорости макротехнологического развития сопровождалось четырехкратным увеличением темпов ускорения; увеличение макротехнологической скорости развития в 10 раз, как правило, сопровождалось 100-кратным увеличением темпов этой скорости развития; и так далее...

Прошлое время используется в приведенном выше утверждении, потому что глобальный технологический рост, по-видимому, не следовал этой модели в последние десятилетия из-за вышеупомянутого замедления (в противном случае, кстати, он стал бы бесконечным уже в 2018 г.). С другой стороны, ниже мы обсудим возможность и последствия нового ускорения глобального технологического роста.

О паттернах ускорения

Стоит обратить внимание, что довольно похожая схема ускорения была обнаружена ранее для ряда Модиса – Курцвейла «канонические вехи / скачки сложности» (Modis 2002; 2003; Kurzweil 2005), а также для ряда Панова «глобальные фазовые переходы / биосферные революции» (Панов 2005; Panov 2017; Korotayev 2018). Примечательно, что ряд Модиса – Курцвейла начинается с возникновения Млечного Пути 10 млрд л. н. и заканчивается появлением Интернета и секвенированием генома человека около 1995 г., тогда как серия Панова начинается с происхождения жизни на Земле 4 x 10⁹ л. н. и заканчивается с информационной глобализацией от Панова до 1991 г. н. э.

Действительно, схема ускорения, обнаруженная в ряде Модиса – Курцвейла, описывается с точностью 99,89 % следующим уравнением:

$$y = \frac{2,054}{(2029-t)^{1,003}}, \quad (8)$$

где y – скорость глобального макроразвития (число фазовых переходов в единицу времени), а 2029 г. – наиболее точная оценка точки сингулярности, упрощенная версия этой модели выглядит так:

$$y_t = \frac{2,054}{2029-t}, \quad (9)$$

тогда как алгебраическое выражение можно рассматривать как решение для следующего дифференциального уравнения:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{y^2}{2,054} \approx 0,5y^2. \quad (10)$$

С другой стороны, диаграмма ускорения, обнаруженная в серии Панова, описывается с точностью 99,91 % следующим уравнением (Korotayev 2018; Коротаев 2020б):

$$y = \frac{1,886}{(2027-t)^{1,01}}. \quad (11)$$

Упрощенная версия этой модели выглядит так:

$$y = \frac{1,9}{2027-t}, \quad (11)$$

тогда как такое алгебраическое уравнение можно рассматривать как решение следующего дифференциального уравнения, очень похожего на то, которое мы получили выше для ряда Модиса – Курцвейла, а также для нашего ряда технологических фазовых переходов:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{y^2}{1,9} \approx 0,5y^2. \quad (12)$$

Можно увидеть, что все три ряда описываются точно очень схожей математической моделью с очень схожими параметрами, включая t^* (временная точка сингулярности).

На самом деле это совсем не удивительно. Действительно, список «биосферных революций» / «фазовых переходов» Панова после революции верхнего палеолита выглядит следующим образом (Panov 2005: 221):

- Верхнепалеолитическая революция – 40×10^3 л. н.
- Неолитическая революция [Аграрная революция¹¹] – $12-9 \times 10^3$ л. н.
- Городская революция (начало Древнего мира) – 4000–3000 гг. до н. э.
- Железный век, эпоха империй, революция Осевого времени – 750 лет до н. э. Появление нового типа государственных образований – империй и культурной революции. Новые виды мыслителей, таких как Заратустра, Сократ, Будда и др.
- Начало Средневековья – 500 г. н. э.
- Начало современного периода, первая промышленная революция (начальная фаза промышленной революции) – 1500 г. н. э.
- Вторая промышленная революция (пар и электричество) [начало стадии зрелости и расширения принципа торгово-промышленного производства] – 1830 г.
- Информационная революция, начало постиндустриальной эпохи [начальная фаза кибернетической революции] – 1950 г. н. э.

Как можно видеть, в описании семи из восьми «биосферных» революций, определенных Пановым, он упоминает о связанных с ними основных технологических прорывах. То же самое в какой-то степени верно в отношении ряда Модиса – Курцвейла (Modis 2002; 2003; Kurzweil 2005). Таким образом, для обоих рядов относительно периода после 40 000 лет до н. э. канонические вехи / скачки сложности / глобальные фазовые переходы / биосферные революции в основном отождествлялись с крупны-

¹¹ В квадратных скобках мы даем названия фазовых переходов из нашей периодизации, которые соответствуют периодам по Панову.

ми технологическими прорывами / фазовым переходом, поэтому неудивительно, что модели ускорения, обнаруженные в обеих сериях фазовых переходов, оказываются действительно очень похожими. С другой стороны, примечательно, что схема ускорения технологического роста, обнаруженная для периода после 40 000 л. н., хорошо соответствует схеме ускорения планетарной макроэволюции, определенной для периода с момента возникновения жизни на нашей планете до верхнего палеолита.

Здесь представляется уместным вспомнить о том, что в 1960 г. Х. фон Ферстер, П. Мора и Л. Амиот опубликовали в журнале *Science* сообщение об удивительном открытии (von Foerster *et al.* 1960). Они показали, что между 1 и 1958 г. н. э. динамика численности народонаселения мира (N) может быть с необычайно высокой точностью описана при помощи следующего поразительно простого уравнения:

$$N_t = \frac{C}{(t^* - t)^{0.99}}, \quad (13)$$

где N_t – это население мира в момент времени t , а C и t^* – константы, при этом t^* соответствует так называемой «демографической сингулярности».

Тот факт, что уравнение, которое так хорошо описывает динамику мирового населения, оказывается настолько близким к формуле динамики темпов глобального технологического роста, является логичным и означает, что в долгосрочной перспективе темпы глобального технологического роста должны быть пропорциональны численности населения мира. Отметим, что, как было продемонстрировано Р. Таагерперой (Taagerpera 1976; 1979), М. Кремером (Kremer 1993), А. В. Подлазовым (2000; 2017) и С. В. Цирелем (Tsirel 2004), глобальные темпы технологического роста действительно пропорциональны численности населения мира (подробнее об этом см.: Коротаев 2020б).

Расчет сингулярности с учетом прогнозируемых фаз принципа научно-кибернетического производства

Как мы уже говорили выше, существуют разные способы оценки точки сингулярности в отношении теоретических подходов к прогнозированию будущего развития технического прогресса. Обратите внимание, что уравнение (1) выше было рассчитано на основе только эмпирически наблюдаемых данных. Тем не менее теория принципов производства позволяет спрогнозировать еще несколько точек данных.

Как мы продемонстрировали выше, есть основания ожидать, что вторая фаза научно-кибернетического принципа производства (модернизационная фаза кибернетической революции), которая началась в середине 1990-х гг., продлится приблизительно до 2030-х гг. В это время мы ожидаем наступления третьего этапа, соответствующего завершающей фазе кибернетической революции, которая, по нашему мнению, может стать эпохой саморегулируемых систем, то есть огромного расширения возможно-

стей для целенаправленного воздействия на различные природные и производственные процессы и управления ими. Третий этап, как мы уже говорили, продлится приблизительно до 2055 г., после чего предполагается переход к четвертому этапу, который будет характеризоваться тем, что сформированный сектор саморегулируемых систем будет быстро улучшаться в течение следующих двух десятилетий и распространяться в различных областях с огромной скоростью.

В то же время это должен быть период значительного роста продолжительности жизни. Длительность двух последних этапов была оценена выше и составляет около 20 лет. Это позволяет добавить в список эмпирических данных несколько прогнозируемых точек, которые приведены в табл. 6.

Табл. 6. Основные фазы принципов производства, их датировка, продолжительность и скорость технологического роста (для эмпирически наблюдаемых и прогнозируемых точек данных)

Фазовый переход (фазы принципа производства)	Дата начала этапа	Длина фазы (годы)	Скорость макротехнологического развития (частота фазовых переходов в год)
Охотничье-собирательский 1	40 000 ВР	10000	$1,0 \times 10^{-4}$
Охотничье-собирательский 2	30 000 ВР	8000	$1,3 \times 10^{-4}$
Охотничье-собирательский 3	22 000 ВР	5000	$2,0 \times 10^{-4}$
Охотничье-собирательский 4	17 000 ВР	3000	$3,3 \times 10^{-4}$
Охотничье-собирательский 5	14 000 ВР	2500	$4,0 \times 10^{-4}$
Охотничье-собирательский 6	11 500 ВР	1500	$6,7 \times 10^{-4}$
Аграрно-ремесленный 1	10 000 ВР	2700	$3,7 \times 10^{-4}$
Аграрно-ремесленный 2	5300 ВСЕ	2300	$4,3 \times 10^{-4}$
Аграрно-ремесленный 3	3000 ВСЕ	1500	$6,7 \times 10^{-4}$
Аграрно-ремесленный 4	1500 ВСЕ	1300	$7,7 \times 10^{-4}$
Аграрно-ремесленный 5	20 до н. э.	1000	$1,0 \times 10^{-3}$
Аграрно-ремесленный 6	800 н. э.	630	$1,6 \times 10^{-3}$
Промышленный 1	1430	170	$5,9 \times 10^{-3}$
Промышленный 2	1600	130	$7,7 \times 10^{-3}$
Промышленный 3	1730	100	$1,0 \times 10^{-2}$
Промышленный 4	1830	60	$1,7 \times 10^{-2}$
Промышленный 5	1890	39	$2,6 \times 10^{-2}$
Промышленный 6	1929	26	$3,8 \times 10^{-2}$
Научно-кибернетический 1	1955	40	$2,5 \times 10^{-2}$
Научно-кибернетический 2	1995	35	$2,9 \times 10^{-2}$

Окончание табл. 6

Фазовый переход (фазы принципа производства)	Дата начала этапа	Длина фазы (годы)	Скорость макротехно- логического развития (частота фазовых переходов в год)
Научно-кибернетический 3	2030	25	$4,0 \times 10^{-2}$
Научно-кибернетический 4	2055	15	$6,7 \times 10^{-2}$
Научно-кибернетический 5	2070	10	$1,0 \times 10^{-1}$
Научно-кибернетический 6	2080		

Математический анализ результирующих временных рядов дает следующие результаты (см. рис. 7):

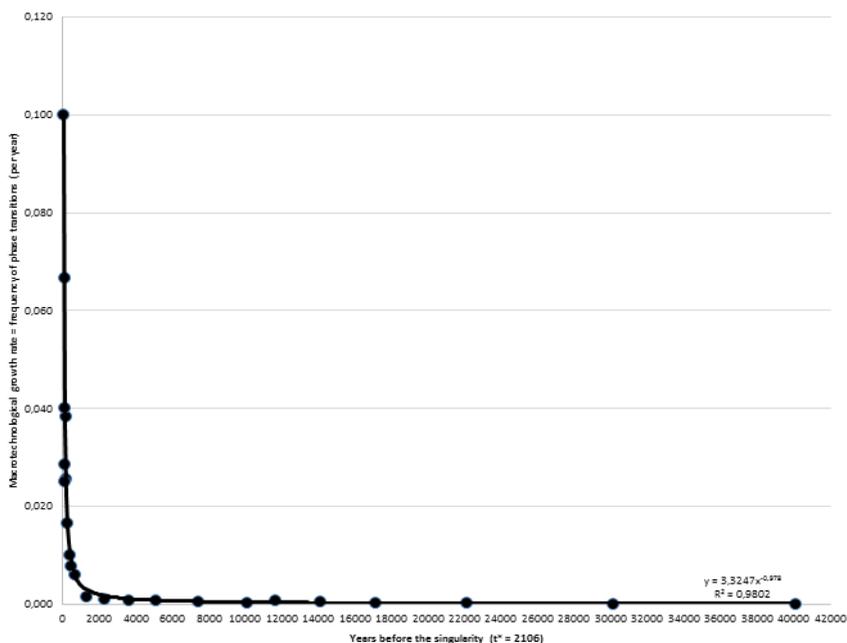


Рис. 7. Диаграмма рассеяния точек фазовых переходов (как эмпирически оцененных, так и прогнозируемых), описанных в Табл. 6, с подобранной степенной линией регрессии для даты сингулярности, определенной как 2106 г. методом наименьших квадратов (в натуральных цифрах)

Ниже тот же рисунок представлен в двойной логарифмической шкале (см. Рис. 8):

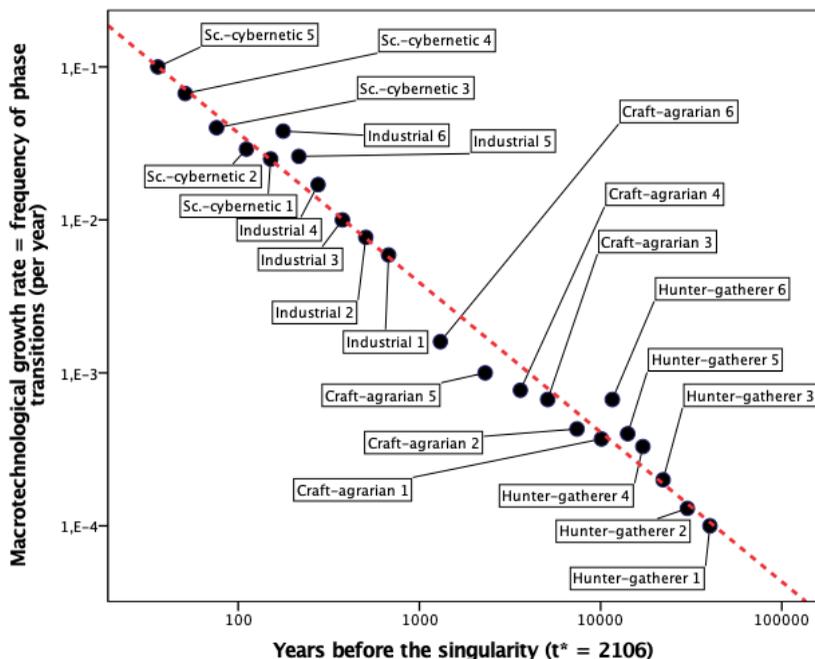


Рис. 8. Диаграмма рассеяния точек фазовых переходов (как эмпирически оцененных, так и прогнозируемых), описанных в табл. 6, с подобранной степенной линией регрессии для даты сингулярности, обозначенной как 2106 г. методом наименьших квадратов (двойная логарифмическая шкала)

Проанализируем новые результаты. Как мы видим, наша степенная регрессия по точкам данных фазовых переходов технологического роста, представленная выше в табл. 6 (которая включает в себя четыре прогнозируемых точки данных на основе предполагаемой новой волны ускорения глобального макротехнологического роста, прогнозируемого с помощью теории принципов производств), определила следующее уравнение наилучшего соответствия, описывающее этот временной ряд в довольно точном виде ($R^2 = 0.98$):

$$V_t = \frac{3.32}{x^{0.98}}, \quad (14)$$

где V_t – скорость глобального макротехнологического развития, x – время, оставшееся до сингулярности, и 3.32 и 0.98 – константы.

Обратите внимание, что показатель знаменателя (0.98) оказывается гораздо ближе к 1, чем в случае с формулой (1); следовательно, можно использовать это уравнение в следующей упрощенной форме:

$$V_t = \frac{3.32}{x}, \quad (15)$$

где V_t – это скорость глобального макротехнологического развития, x – время, оставшееся до сингулярности, и 3.32 – константа.

Наконец, по результатам анализа методом наименьших квадратов точек фазовых переходов, описанных в Табл. 6, где дата сингулярности – 2106 г., уравнение (15) может быть записано следующим образом:

$$V_t = \frac{3.32}{2106 - t}. \quad (16)$$

Таким образом, если наш прогноз, основанный на теории принципов производства, верен, есть основания ожидать, что скорость глобального макротехнологического развития в течение следующих десятилетий вернется на некоторое время к гиперболической траектории – при точке сингулярности в 2106 г., а это означает, что в конце XXI и начале XXII в. скорость глобального макротехнологического развития будет испытывать еще одно снижение, и есть некоторые основания (которые будут изложены в следующем разделе данной статьи) ожидать, что это снижение будет гораздо более выраженным, чем в последние десятилетия.

5. ГЛОБАЛЬНОЕ СТАРЕНИЕ КАК ФАКТОР ВЛИЯНИЯ НА СКОРОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РОСТА

Старение и технологический прогресс: положительная обратная связь

Мы считаем, что глобальное старение станет одним из важнейших факторов будущих десятилетий. В предыдущих работах мы показывали, что процесс глобального старения может развиваться и влиять на технологический прогресс, но ограничивались периодом до 2070-х гг. (Grinin L., Grinin A., Korotayev A. 2017a; см. также: Grinin L. E., Grinin A. L. 2015a; Гринин, Коротаев 2015; Grinin, Korotayev 2015b; Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015б; 2015в; 2017). Настоящая статья является продолжением наших исследований корреляции между глобальным старением и технологическим развитием, которая позволяет значительно расширить горизонт предсказаний и получить новые результаты. Важный результат заключается в том, что глобальное старение может вызвать новый рост технологического развития, сменив его отраслевое направление, а после замедлить технологический рост, теперь уже изменяя траекторию его развития в целом. Мы рассмотрим, как глобальное старение в предстоящие десятилетия может стать одним из важнейших драйверов технологического прорыва до 2070–2080-х гг., а затем обсудим, почему глобальное старение станет препятствием для развития технологического прогресса.

По нашим расчетам, новый технологический прорыв, перерастающий в новую длительную инновационную волну, начнется ориентировочно

в 2030-х гг., сначала в новых отраслях медицины и схожих сферах: био- и нанотехнологиях, аддитивных и когнитивных технологиях и др. Это также обозначит завершающую фазу кибернетической революции. Как мы отмечали ранее (Grinin L., Grinin A., Korotayev 2017a; 2020b), для начала такого прорыва в 2030-е гг. в сфере новейшей медицины в мире должны сложиться следующие предпосылки: взрывной рост пожилого населения; растущая потребность экономики в трудовых ресурсах и заинтересованность государства в повышении трудоспособности пожилых людей, а также растущее количество состоятельных и образованных людей, обеспокоенных своим здоровьем. Необходимы огромные финансовые ресурсы, которые тоже будут аккумулироваться в секторе технологического прорыва, а именно в пенсионных фондах, которые станут стремительно увеличиваться, необходимы государственные отчисления на здравоохранение и социальные нужды, увеличение расходов на здравоохранение со стороны стареющего населения и растущего мирового среднего класса. Все эти ресурсы способны обеспечить высокую инвестиционную привлекательность различных венчурных проектов и, в долгосрочной перспективе, широкий спрос на инновационные медицинские и другие технологии.

Мы уже отмечали, что в ходе кибернетической революции будет формироваться МАНБРИК-комплекс, в котором новые медицинские технологии станут играть интегрирующую роль. Это будет иметь двойной эффект: с одной стороны, отразится на увеличении продолжительности жизни, ее качестве и продлит лимит возраста физической активности. С другой стороны, проблема взрывного роста количества пожилых людей может обостриться, особенно из-за пенсионных расходов и нехватки рабочей силы. Как результат, медицинские технологии будут стремительно развиваться под влиянием стареющего населения (см. также: Phillips 2011), и это расширит поиски возможностей создания «умных», саморегулируемых систем, включая роботов, которые во многом заменят человеческий труд – особенно в секторе услуг (Freu, Osborne 2017), в том числе и сложные услуги, такие как, например, уход за пожилыми людьми, образование, медицина и т. д. (DeCanio 2016).

Таким образом, до последней трети нашего столетия старение населения не будет препятствовать технологическому и иному развитию. Напротив, сам процесс глобального старения станет движущей силой перемен, реформ и ускорения технологических инноваций. Ускоренное развитие медицины, биотехнологий и некоторых других направлений также будет стимулироваться серьезными угрозами, реальность которых доказал COVID-19 (и отметим, что наибольшей опасности подвергались как раз люди старших возрастов).

Глобальное старение и технологический прогресс в последней трети XXI – начале XXII в., возможная отрицательная обратная связь

Связь между глобальным старением и технологическим прогрессом нелинейна. С одной стороны, позитивная обратная связь, о котором мы упоминали выше, вероятнее всего, сменится отрицательной. Почему? Для ответа необходимо отметить, что пожилые люди более консервативны, и это не столько популярное убеждение, сколько хорошо изученный научный факт (см., например: Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2017; Korotayev *et al.* 2017; Коротаев и др. 2018; см. также: Цирель 2008).

Конечно, мы не утверждаем, что пожилые люди абсолютно консервативны во всех отношениях, но в целом их потребность и стремление к инновациям ниже, чем у молодежи. Однако в таких областях, как фармацевтика и медицина, пожилые люди могут тяготеть к инновациям больше молодых. В некоторых работах авторы отмечают, что уровень изменений в когорте пожилых людей (60 лет и старше) выше, чем в более молодых когортах (Danigelis *et al.* 2007). Но, повторимся, это справедливо только для отдельных направлений. Наше исследование фокусируется на более широких аспектах: стремление к технологическим инновациям и потреблению новых товаров, адаптивности к ним. С точки зрения адаптации к технологическому прогрессу стремление к инновациям и скорость их освоения у пожилых людей развиты гораздо хуже, чем у молодых.

В любом случае психология пожилых людей очень отличается от психологии молодых, что проявляется в различных аспектах¹². В целом приобретение новых навыков более затруднительно для пожилых людей (см., например: Землякова, Помуран 2014; о сложности у пожилых людей адаптации к Интернету см.: Нескромных, Мамадалиев 2017). К тому же в труде, где требуются физические данные и такие качества, как быстрота реакции, скорость, память и т. п., например, люди в возрасте 40–65 лет менее продуктивны по сравнению с работниками в возрасте 20–40 лет [Goldstone 2015], чья производительность труда стремительно увеличивается с ростом опыта и образования (Lee, Mason 2011)¹³, не говоря уже о людях старше 65 лет.

Что касается потребления, пожилые люди, которые уже повидали многое в жизни, во многом теряют тягу к новым вещам, в отличие от молодых.

Ситуация в японской экономике, где пропорция пожилых растет, а молодых – резко снижается, подтверждает этот факт. Такая демографи-

¹² Прекрасным примером является изучение иностранных языков. Хорошо известно, что детям и подросткам изучение иностранных языков дается легче, чем пожилым людям.

¹³ Согласно другим исследованиям, производительность труда достигает пика в возрасте от 35 до 54 лет (Park, Shin 2015: 109). Тем не менее в предпенсионном возрасте она начинает резко снижаться.

ческая структура населения не может способствовать более или менее заметному экономическому росту. Экономика Японии страдает от слабого роста ВВП и дефляции, длящейся уже более двух с половиной десятилетий, из-за пожилого населения, которое не хочет тратить много денег и предпочитает экономить. Не удивительно, что настроение в Японии довольно подавленное (Coleman, Rowthorn 2015: 31; Ogawa *et al.* 2005; Coulmas 2007; Grinin, Korotayev 2014b; 2017; 2018).

Вдобавок к замедляющемуся потреблению в обществе пожилого населения такой мощный двигатель развития, как стремление к карьерному росту, благополучию и успеху, тоже будет затихать. С уменьшением числа детей инвестиции в молодое поколение и необходимость их обеспечения, что является еще одним важным фактором развития общества, будут ослабевать.

Отдел народонаселения ООН довольно уверенно прогнозирует, что к концу этого столетия значительного прироста населения не будет наблюдаться в подавляющем большинстве стран мира, а во многих из них произойдет сокращение численности населения (UN Population Division 2019), в то время как в целом в истории рост населения всегда был важнейшим фактором развития (Kuznets 1960; Boserup 1965; Grossman, Helpman 1991; Aghion, Howitt 1992; 1998; Simon 1977; 1981; Komlos, Nefedov 2002; Jones 1995; 2003; 2005; Korotayev, Malkov, Khaltourina 2006a; 2006b; Khaltourina *et al.* 2006; Kapitza 1996; 2003; 2006; 2010; Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015б; 2017; Grinin L. E., Grinin A. L. 2016; Grinin *et al.* 2014; 2015; Korotayev, Markov 2015; Korotayev 2005; 2007a; 2012; 2013; 2018; Dolgonosov 2016; Fomin 2019).

Поэтому вполне вероятно, что через 50–70 лет, то есть к концу XXI столетия, ситуация в мире существенно изменится даже в тех обществах, где сейчас наблюдаются «молодежные бугры» и высокий уровень рождаемости, то есть во многих странах Тропической Африки (Korotayev, Zinkina 2014; 2015; Zinkina, Korotayev 2014a; 2014b; Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015б; 2017).

Количество пожилых людей будет увеличиваться в долгосрочной перспективе повсеместно. Таким образом, в следующие десятилетия общественное поведение изменится (см.: Grinin L., Grinin A., Korotayev 2017a). Это, вероятно, совпадет с периодом перехода к определенной социальной стабильности после завершения кибернетической революции. Однако, безусловно, возможны и другие сценарии: например, в случае климатических ухудшений может произойти некоторая социальная деградация.

Таким образом, не исключено, что старение общества вместе с улучшением возможности планирования облегчит переход общества к более спокойному и замедленному развитию (устойчивому развитию, о котором столько говорят) и к концу века или в начале XXII в. оно, вполне вероятно, начнет влиять уже на замедление научно-технологического разви-

тия¹⁴. Это будет, так сказать, естественно-историческое замедление, поскольку никаких механизмов контроля над темпами научно-технического прогресса нет. А так как ускоряться бесконечно оно не может (наступает точка сингулярности для процесса), интересно предположить, что именно старение населения может стать естественным способом несколько его притормозить, чтобы перейти на более спокойные рельсы развития.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ПЕРЕХОД К НОВОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Переход к управляемому развитию и конец экономической модели потребления?

Указанный консерватизм может вызвать не только замедление темпов развития, но и переход на иную систему экономики. Современная модель связана с ростом потребления. Сегодня потреблять больше, чем вчера, а завтра – больше, чем сегодня – таков девиз современной жизни, который диктует экономика. Это во многом абсурдная модель, как абсурдным кажется иногда стремление к неуклонному росту ВВП, однако она работает и еще будет работать в течение десятилетий, тем более для бедных стран, которые не удовлетворены потреблением. Старение населения может изменить потребности людей, стабилизация численности населения или ее уменьшение – тем более.

Трансформация экономической модели потребления будет трудным процессом, который может изменить очень многое. Но в целом кибернетическая революция и старение должны в итоге перевести общество на новую экономическую модель потребления. Если мы уйдем от необходимости наращивать потребление, то и модель роста в экономике должна быть иная, нежели сегодня, вероятно, она будет включать какие-то параметры качества жизни. Соответственно, и бизнес-модели могут меняться, хотя пока не очень ясно, как именно.

Завершая статью, можно сказать, что наша математическая модель имеет большое сходство с ранее предложенными, что заставляет предполагать объективное наличие довольно простой гиперболической закономерности ускорения глобального макроэволюционного развития, наблюдаемого на Земле в течение последних 4 миллиардов лет. В то же время видно, что грядущий технологический рост не будет бесконечным, он ожидаемо замедлится в начале следующего столетия, главным образом из-за фактора старения, положительная обратная связь которого сменится отрицательной.

¹⁴ Что не исключает, а скорее предполагает, что такому переходу будет предшествовать период обострения социальных отношений, в ходе разрешения которого и могут быть разработаны новые стандарты и отношения.

Библиография

- Авдусин Д. А. 1989. *Основы археологии*. М.: Высшая школа.
- Алексеев В. П. 1984. *Становление человечества*. М.: Политиздат.
- Алексеев В. П. 1986. *Этногенез*. М.: Высшая школа.
- Антонов Е. В. 1982. *Примечания к кн.: Мелларт Дж. Древнейшие цивилизации Ближнего Востока*. М.: Наука.
- Анучин В. А. 1982. *Географический фактор в развитии общества*. М.: Мысль.
- Бакс К. 1986. *Богатства земных недр*. М.: Прогресс.
- Барг М. А. 1991. Цивилизационный подход к истории. *Коммунист* 3: 27–35.
- Березкин Ю. Е. 2007а. *Мифы заселяют Америку. Ареальное распределение фольклорных мотивов и ранние миграции в Новый Свет*. М.: ОГИ.
- Березкин Ю. Е. 2007б. О структуре истории: временные и пространственные составляющие. *История и Математика: Концептуальное пространство и направления поиска* / Ред. П. В. Турчин, Л. Е. Гринин, С. Ю. Малков, А. В. Коротаев, с. 88–98. М.: ЛКИ/URSS.
- Березкин Ю. Е. 2013. *Между общиной и государством. Среднемасштабные общества Нуклеарной Америки и Передней Азии в исторической динамике*. СПб.: Наука.
- Бернал Дж. 1956. *Наука в истории общества*. М.: Наука.
- Борисковский П. И. 1980. *Древнейшее прошлое человечества*. М.: Наука.
- Величко А. А. 1989. Соотношение изменений климата в высоких и низких широтах Земли в позднем плейстоцене и голоцене. *Палеоклиматы и оледенения в плейстоцене* / Ред. А. А. Величко, Е. Е. Гуртовая, М. А. Фаустова, с. 5–19. М.: Наука.
- Виноградов И. В. 2000. Новое царство в Египте и поздний Египет. *История Востока. 1: Восток в древности* / Ред. В. А. Яacobсон, с. 370–432. М.: Вост. лит-ра.
- Голдстоун Дж. 2014. *Почему Европа? Возвышение Запада в мировой истории, 1500–1850*. М.: Изд-во Ин-та Гайдара.
- Григорьев Г. П. 1969. Первобытное общество и его культура в мустье и начале позднего палеолита. *Природа и развитие первобытного общества* / Ред. И. П. Герасимов, с. 196–215. М.: Наука.
- Гринин Л. Е. 1996. *Периодизация исторического процесса*: дис. ... канд. ист. наук. М.: МГУ.
- Гринин Л. Е. 2000. *Производительные силы и исторический процесс*. М.: Теис.
- Гринин Л. Е. 2003. *Производительные силы и исторический процесс*. 2-е изд. Волгоград: Учитель.
- Гринин Л. Е. 2006а. *Производительные силы и исторический процесс*. 3-е изд. М.: КомКнига.
- Гринин Л. Е. 2006б. Методологические основания периодизации истории. *Философские науки* 8: 117–129; 9: 127–130.

- Гринин Л. Е. 2009.** *Государство и исторический процесс: Политический срез исторического процесса.* М.: ЛИБРОКОМ/URSS.
- Гринин Л. Е. 2010.** *Государство и исторический процесс: Эволюция государственности: От раннего государства к зрелому.* 2-е изд., испр. М.: ЛИБРОКОМ/URSS.
- Гринин Л. Е. 2011.** *Государство и исторический процесс. Эпоха формирования государства: Общий контекст социальной эволюции при образовании государства.* М.: ЛИБРОКОМ.
- Гринин Л. Е. 2012.** Кондратьевские волны, технологические уклады и теория производственных революций. *Кондратьевские волны: аспекты и перспективы: ежегодник* / Отв. ред. А. А. Акаев, Р. С. Гринберг, Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, с. 222–262. Волгоград: Учитель.
- Гринин Л. Е. 2013.** Динамика кондратьевских волн в свете теории производственных революций. *Кондратьевские волны: палитра взглядов: ежегодник* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, с. 31–83. Волгоград: Учитель.
- Гринин Л. Е. 2016.** *Государство и исторический процесс. Эволюция государственности: От раннего государства к зрелому.* 3-е изд. М.: URSS.
- Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015а.** *От рубил до нанороботов. Мир на пути к эпохе самоуправляемых систем (история технологий и описание их будущего).* М.: Моск. ред. изд-ва «Учитель».
- Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015б.** Кибернетическая революция и шестой технологический уклад. *Кондратьевские волны: наследие и современность: ежегодник* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, В. М. Бондаренко, с. 83–106. Волгоград: Учитель.
- Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015в.** Кибернетическая революция, глобальное старение и шестой технологический уклад. *XXIII Кондратьевские чтения: тупики глобальной экономики, поиск новой научной парадигмы: сб. статей участников конференции*, с. 89–105. М.: Межрегиональная общественная организация содействия изучению, пропаганде научного наследия Н. Д. Кондратьева.
- Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2017.** Влияние процесса глобального старения на темпы научно-технического прогресса и изменение модели потребления. *Научное наследие Н. Д. Кондратьева и современность: сб. науч. тр. X Международной Кондратьевской конференции, посвященной 125-летию со дня рождения Н. Д. Кондратьева*, с. 98–111. М.: Межрегиональная общественная организация содействия изучению, пропаганде научного наследия Н. Д. Кондратьева.
- Гринин Л. Е., Коротаев А. В. 2015.** Глобальное старение населения, шестой технологический уклад и мировая финансовая система. *Кондратьевские волны: наследие и современность* / Ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, В. М. Бондаренко, с. 107–132. Волгоград: Учитель.
- Гринин Л. Е., Коротаев А. В., Малков С. Ю. 2008.** Математические модели социально-демографических циклов и выхода из «мальтузианской ловушки»: некоторые возможные направления дальнейшего развития. *Проблемы мате-*

- матической истории. Математическое моделирование исторических процессов* / Отв. ред. Г. Г. Малинецкий, А. В. Коротаев, с. 78–117. М.: ЛИБРОКОМ.
- Гринин Л. Е., Коротаев А. В., Марков А. В. 2012.** Биологическая и социальная фазы макроэволюции: сходства и различия эволюционных принципов и механизмов. *Эволюция: аспекты современного эволюционизма* / Ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, А. В. Марков, с. 130–176. М.: ЛКИ.
- Гуляев В. И. 1972.** *Древнейшие цивилизации Мезоамерики*. М.: Наука.
- Гуревич А. Я. 1969.** Об исторической закономерности. *Философские проблемы исторической науки* / Ред. А. В. Гулыга, Ю. А. Левада, с. 51–79. М.: Наука.
- Данилова Л. В. 1981.** Природные и социальные факторы производительных сил на докапиталистических стадиях общественного развития. *Общество и природа: исторические этапы и формы взаимодействия* / Ред. М. П. Ким, с. 109–124. М.: Наука.
- Деопик Д. В. 1977.** Регион Юго-Восточной Азии с древнейших времен до XV в. *Юго-Восточная Азия в мировой истории* / Ред. С. Н. Ростовский и др., с. 9–69. М.: Наука.
- Дмитриев М. В. 1992.** Генезис капитализма как альтернатива исторического развития. *Альтернативность истории* / Ред. Р. В. Манекин, с. 132–165. Донецк: Донецкое отделение САМИ.
- Долуханов П. М. 1979.** *География каменного века*. М.: Наука.
- Дэвис Н. 2005.** *История Европы*. М.: АСТ, Транзиткнига.
- Землякова М. А., Помуран М. Н. 2014.** Специфика проблем адаптации пожилых людей в современном российском обществе. *Социологические науки* 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/spetsifika-problem-v-protssesse-adaptatsii-pozhilyh-lyudey-v-sovremennom-rossiyskom-obschestve>.
- Зубов А. А. 1963.** *Человек заселяет свою планету*. М.: География.
- Зубов А. А. 2002.** Некоторые спорные моменты в традиционных взглядах на формирование физического типа американских индейцев. *История и семиотика индейских культур Америки* / Ред. А. А. Борodatова, В. А. Тишков, с. 388–399. М.: Наука.
- Исламов Т. М., Фрейдзон В. И. 1986.** Переход от феодализма к капитализму в Западной, Центральной и Юго-Восточной Европе. *Новая и новейшая история* 1: 83–96.
- Ким М. П. 1981.** Природное и социальное в историческом процессе. *Общество и природа: исторические этапы и формы взаимодействия* / Ред. М. П. Ким, с. 5–28. М.: Наука.
- Колосовская Ю. К., Шкунаев С. В. 1988.** Кельты в Европе в первой половине I тыс. до н. э. *История Европы*. 1. *Древняя Европа* / Ред. Е. С. Голубцова, с. 203–212. М.: Наука.
- Короновский Н. В., Якушова А. Ф. 1991.** *Основы геологии*. М.: Высшая школа.

- Коротаев А. В. 2020а.** Математический анализ сингулярности XXI века в контексте Большой истории. *Эволюция: Эволюционные грани сингулярности* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, с. 19–79. Волгоград: Учитель.
- Коротаев А. В. 2020б.** О взаимосвязи между формулой увеличения планетарной сложности и уравнением гиперболического роста численности населения Земли. *Эволюция: Эволюционные грани сингулярности* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, с. 245–262. Волгоград: Учитель.
- Коротаев А. В., Божевольнов Ю. В. 2010.** Некоторые общие тенденции экономического развития Мир-Системы. *Прогноз и моделирование кризисов и мировой динамики* / Ред. А. А. Акаев, А. В. Коротаев, Г. Г. Малинецкий, с. 161–172. М.: ЛКИ/УРСС.
- Коротаев А. В., Шульгин С. Г., Зинькина Ю. В., Новиков К. Е. 2018.** *Влияние старения населения на глобальную систему ценностей и политическую динамику*. М.: РАНХИГС. URL: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3139641>.
- Крамер С. Н. 1965.** *История начинается в Шумере*. М.: Наука.
- Кульпин Э. С. 1990.** *Человек и природа в Китае*. М.: Наука.
- Кульпин Э. С. 1996.** *Бифуркация Запад-Восток*. М.: Московский лицей.
- Липс Ю. 1954.** *Происхождение вещей*. М.: Ин. лит-ра.
- Любин В. П. 1970.** Нижний палеолит. *Каменный век на территории СССР* / Ред. А. А. Формозов, с. 19–42. М.: Наука.
- Манту П. 1937.** *Промышленная революция XVIII столетия в Англии*. М.: Соцэкгиз.
- Марков А. В. 2011а.** *Эволюция человека: в 2 т. Т. 1. Обезьяны, кости и гены*. М.: Астрель, Corpus.
- Марков А. В. 2011б.** *Эволюция человека: в 2 т. Т. 2. Обезьяны, нейроны и душа*. М.: Астрель, Corpus.
- Марков А. В. 2012.** Антропогенез – особая статья 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.
- Марков Г. Е. 1979.** *История хозяйства и первобытной культуры в первобытно-общинном и раннеклассовом обществе*. М.: МГУ.
- Массон В. М. 1967.** Первобытное земледелие. *Возникновение и развитие земледелия* / Ред. В. Д. Блаватский, А. В. Никитин, с. 5–32. М.: Наука.
- Массон В. М. 1980.** Раннеземледельческие общества и формирование поселений городского типа. *Ранние земледельцы. Этнографические очерки* / Ред. Н. А. Бутинов, А. М. Решетов, с. 178–185. Л.: Наука.
- Массон В. М. 1989.** *Первые цивилизации*. Л.: Наука.
- Матюшин Г. Н. 1972.** *У колыбели истории*. М.: Просвещение.
- Мелларт Дж. 1982.** *Древнейшие цивилизации Ближнего Востока*. М.: Наука.

- Мильская Л. Т., Рутенбург В. И. 1993.** *История Европы*: в 8 т. Т. 3. *От Средневековья к Новому времени (конец XV – первая половина XVII в.)*. М.: Наука.
- Монгайт А. Л. 1973.** *Археология Западной Европы. Каменный век*. М.: Наука.
- Мочанов Ю. Л. 1977.** *Древнейшие этапы заселения человеком Северо-Восточной Азии*. Новосибирск: Наука.
- Нескромных Н. И., Мамадалиев А. М. 2017.** Стратегии адаптивного поведения лиц пожилого возраста в интернет-пространстве. *Медиакультура* 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/strategii-adaptivnogo-povedeniya-lits-pozhilogo-vozrasta-v-internet-prostranstve>.
- Оппенгейм А. 1990.** *Древняя Месопотамия*. М.: Наука.
- Панов А. Д. 2004.** Автомодельный аттрактор социально-биологической эволюции на Земле и гипотеза самосогласованного галактического происхождения жизни. *Бюллетень Научно-культурного центра SETI Академии космонавтики им. К. Э. Циолковского* 7(24): 4–21.
- Панов А. Д. 2005.** Сингулярная точка истории. *Общественные науки и современность* 1: 122–137.
- Панов А. Д. 2006.** Сингулярность Дьяконова. *История и Математика: Проблемы периодизации исторических макропроцессов* / Ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, с. 31–37. М.: КомКнига.
- Панов А. Д. 2008.** *Универсальная эволюция и проблема поиска внеземного разума (SETI)*. М.: ЛКИ/URSS.
- Панов А. Д. 2009.** Наука как явление эволюции. *Эволюция: космическая, биологическая, социальная* / Ред. Л. Е. Гринин, А. В. Марков, А. В. Коротаев, с. 99–127. М.: ЛИБРОКОМ.
- Панов А. Д. 2013.** Макроэволюция и наука. *Науковедческие исследования*. М.: Российская академия наук, Ин-т информации по общественным наукам.
- Подлазов А. В. 2000.** *Теоретическая демография как основа математической истории*. М.: ИПМ РАН.
- Подлазов А. В. 2017.** Теория глобального демографического процесса. *Вестник Российской академии наук* 6: 520–531.
- Придо Т. 1979.** *Кроманьонский человек*. М.: Мир.
- Ренфрю К. 2002.** Индоевропейская проблема и освоение евразийских степей: вопросы хронологии. *Вестник древней истории* 2: 20–32.
- Семенов С. А. 1968.** *Развитие техники в каменном веке*. Л.: Наука.
- Сергеева В. Г. 1983.** Вопросы заселения Америки и трансокеанских контактов в трудах Хуана Комаса. *Пути развития зарубежной этнологии* / Ред. Ю. В. Бромлей, с. 138–151. М.: Наука.
- Спенсер Г. 1899.** *Основания социологии*. Киев; Харьков; СПб.: Изд-во Иогансона.
- Файнберг Л. А. 1986.** Раннепервобытная община охотников, собирателей, рыболовов. *История первобытного общества. Эпоха первобытной родовой общины* / Ред. Ю. В. Бромлей, с. 130–235. М.: Наука.

- Харлан Д. Р. 1986.** Ресурсная база основных растительных культур Иранского плато и соседних регионов. *Древние цивилизации Востока* / Ред. В. М. Массон, с. 199–201. Ташкент: ФАН.
- Холл Ф. 1986.** Происхождение и развитие земледелия. *Древние цивилизации Востока* / Ред. В. М. Массон, с. 201–204. Ташкент: ФАН.
- Хотинский Н. А. 1989.** Ландшафтно-климатические изменения в позднеледниковое время на территории СССР. *Палеоклиматы и оледенения в плейстоцене* / Ред. А. А. Величко, Е. Е. Гуртовая, М. А. Фаустова, с. 39–46. М.: Наука.
- Хут Л. Р. 2010.** *Теоретико-методологические проблемы изучения истории Нового времени в отечественной историографии рубежа XX–XXI вв.* М.: МГПУ.
- Цирель С. В. 2008.** Историческое время и пути исторической эволюции. *История и Математика: Модели и теории* / Ред. С. Ю. Малков, Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, с. 246–278. М.: ЛКИ/URSS.
- Чайлд Г. 1949.** *Прогресс и археология.* М.: Гос. изд-во ин. лит.-ры.
- Чубаров В. В. 1991.** Ближневосточный локомотив: темпы развития техники и технологии в древнем мире. *Архаическое общество: узловые проблемы социологии* / Ред. А. В. Коротаев, В. В. Чубаров, с. 92–135. М.: Ин-т истории СССР АН СССР.
- Шнирельман В. А. 1989.** *Возникновение производящего хозяйства.* М.: Наука.
- Шнирельман В. А. 2012а.** *Возникновение производящего хозяйства: Рычаги древнейшего земледелия.* 2-е изд., доп. М.: ЛИБРОКОМ.
- Шнирельман В. А. 2012б.** *Происхождение скотоводства: Культурно-историческая проблема.* 2-е изд., доп. М.: ЛИБРОКОМ.
- Янин В. Л. (Ред.). 2006.** *Археология.* М.: МГУ.
- Ярыгин В. Н., Васильева В. И., Волков И. Н., Синельщикова В. В. 1999.** *Биология.* М.: Высшая школа.
- Ясаманов Н. А. 1985.** *Древние климаты Земли.* Л.: Гидрометеоздат.
- Ястребницкая А. Л. 1993.** Материальная культура и образ жизни в Европе на исходе Средневековья. *История Европы: в 8 т. Т. 3. От Средневековья к Новому времени (конец XV – первая половина XVII в.)* / Ред. Л. Т. Мильская, В. И. Рунтбург, с. 16–40. М.: Наука.
- Abu-Lughod J. 1989.** *Before European Hegemony: The World System AD 1250–1350.* New York: Oxford University Press.
- Acemoglu D., Johnson S., Robinson J. A. 2005.** The Rise of Europe: Atlantic Trade, Institutional Change and Economic Growth. *American Economic Review* 95: 546–579.
- Adams R. M. 1981.** *Heartland of Cities.* Chicago: University of Chicago Press.
- Aghion P., Howitt P. 1992.** A Model of Growth through Creative Destruction. *Econometrica* 60: 323–352.
- Aghion P., Howitt P. 1998.** *Endogenous Growth Theory.* Cambridge, MA: MIT Press.

- Allen R. C. 2009.** *The British Industrial Revolution in Global Perspective*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ammerman A. J., Cavalli-Sforza L. L. 2014.** *The Neolithic Transition and the Genetics of Populations in Europe*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Armengaud A. 1976.** Population in Europe 1700–1914. *The Industrial Revolution, 1700–1914*. London; New York: Harvester Press, Barnes & Noble.
- Armytage W. H. G. 1961.** *A Social History of Engineering*. London: Faber and Faber.
- Ayres R. U. 2006.** Did the Fifth K-Wave Begin in 1990–92? Has it been Aborted by Globalization? *Kondratieff Waves, Warfare and World Security* / Ed. by T. C. Devezas, pp. 57–71. Amsterdam: IOS Press.
- Balter M. 2006.** *The Goddess and the Bull. Catalhoyuk: An Archaeological Journey to the Dawn of Civilization*. Walnut Creek, CA: Left Coast Press.
- Bar-Yosef O. 2002.** The Upper Paleolithic Revolution. *Annual Review of Anthropology* 31: 363–393.
- Barone S. 1993.** *The Civilization of Europe in the Renaissance*. London.
- Benson I., Lloyd J. 1983.** *New Technology and Industrial Change: The Impact of the Scientific-Technical Revolution on Labour and Industry*. London; New York, NY: Kogan Page; Nichols.
- Bentley J. H. 1996.** *Shapes of World History in Twentieth Century Scholarship. Essays on Global and Comparative History*. Washington, DC: American Historical Association.
- Bergsvik K. A., Ritchie K. 2018.** Mesolithic Fishing in Western Norway. *Subsistence Strategies in the Stone Age, Direct Evidence of Fishing and Gathering. Materials of the International Conference Dedicated to the 50th Anniversary of Vladimir Mikhailovich Lozovski, 15–18 May, 2018* / Ed. by O. Lozovskaya, A. Vybornov, E. Dolbunova, pp. 35–36. St Petersburg: Institute for the History of Material Culture and the State Hermitage Museum.
- Berlanstein L. R. (Ed.). 1992.** *The Industrial Revolution and Work in Nineteenth-Century Europe*. London: Routledge.
- Bernal J. D. 1965.** *Science in History*. 3rd ed. New York: Hawthorn Books.
- Bernbeck R., Pollock S. 2005.** A Cultural-Historical Framework. *Archaeologies of the Middle East: Critical Perspectives* / Ed. by S. Pollock, R. Bernbeck, pp. 11–40. Oxford: Blackwell.
- Bloch M. 1935.** Avènement et conquêtes du moulin à eau. *Annales d'histoire économique et sociale* 7: 538–563.
- Bondarenko D. M. 2006.** *Homoarchy: A Principle of Culture's Organization. The 13th – 19th Centuries Benin Kingdom as a Non-State Supercomplex Society*. Moscow: KomKniga.
- Boserup E. 1965.** *The Conditions of Agricultural Growth: The Economics of Agrarian Change under Population Pressure*. Chicago, IL: Aldine.

- Boussac M.-F., Salles J.-F., Yon J.-B. (Eds.). 2016.** *Ports of the Ancient Indian Ocean*. Delhi: Primus Books.
- Boxer Ch. R. 1965.** *The Dutch Seaborne Empire 1600–1800*. New York, NY: Alfred A. Knopf.
- Braudel F. 1973.** *Capitalism and Material Life, 1400–1800*. New York, NY: Harper and Row.
- Bryner J. 2008.** Egyptian Tomb Holds First Known Domesticated Donkeys. *Live Science* March 11. URL: <http://www.foxnews.com/story/2008/03/11/egyptian-tomb-holds-first-known-domesticated-donkeys/>.
- Bunch B. H., Hellemans A. 2004.** *The History of Science and Technology: A Browser's Guide to the Great Discoveries, Inventions, and the People Who Made Them, from the Dawn of Time to Today*. New York: Houghton Mifflin Harcourt.
- Cameron R. 1989.** *A Concise Economic History of the World: From Paleolithic Times to Present*. New York: Hill Wang.
- Caldwell J. C. 2006.** *Demographic Transition Theory*. Dordrecht: Springer.
- Callaghan V., Miller J., Yampolskiy R., Armstrong S. 2017.** *Technological Singularity*. Dordrecht: Springer. DOI: 10.1007/978-3-662-54033-6.
- Carree M. A. 2003.** Technological Progress, Structural Change and Productivity Growth: A Comment. *Structural Change and Economic Dynamics* 14(1): 109–115. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0954349X02000358>.
- Carus-Wilson E. 1941.** An Industrial Revolution of the Thirteenth Century. *Economic History Review* 11: 39–60.
- Chase-Dunn Ch., Hall T. D. 1997.** *Rise and Demise: Comparing World-Systems*. Boulder, CO: Westview Press.
- Chase-Dunn C., Hall T. D. 2011.** East and West in World-Systems Evolution. *Andre Gunder Frank and Global Development: Visions, Remembrances, and Explorations* / Ed. by P. Manning, B. Gills, pp. 97–119. Routledge, London.
- Chase-Dunn C., Manning S. 2002.** City Systems and World-Systems: Four Millennia of City Growth and Decline. *Cross-Cultural Research* 36(4): 379–398.
- Chase-Dunn C., Niemeyer R., Alvarez A., Inoue H., Love J. 2010.** Cycles of Rise and Fall, Upsweeps and Collapses: Changes in the Scale of Settlements and Politics since the Bronze Age. *History & Mathematics: Processes and Models of Global Dynamics* / Ed. by L. E. Grinin, P. Herrmann, A. V. Korotayev, A. Tausch, pp. 64–91. Volgograd: Uchitel.
- Chen Chun, Gong Xin. 2018.** Erlitou and Xia: A Dispute between Chinese and Overseas Scholars. *Social Evolution & History* 17(2): 205–234.
- Chernykh E. N. 1992.** *Ancient Metallurgy in the USSR: The Early Metal Age*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Chesnais J. C. 1992.** *The Demographic Transition: Stages, Patterns, and Economic Implications*. Oxford: Clarendon Press.

- Chew S. C. 2014.** The Southeast Asian Connection in the First Eurasian World Economy 200 BC – AD 500. *Journal of Globalization Studies* 5(1): 82–109.
- Chew S. C. 2016.** *From the Nanhai to the Indian Ocean and Beyond: Southeast Asia in the Maritime ‘Silk’ Roads of the Eurasian World Economy 200 BC – AD 500.* Paper presented at IROWS-ISA Workshop: Systemic Boundaries, March 5, Riverside. URL: https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjZ3qLgo_XMAhVCiSwKHSVfBysQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fwsarch.ucr.edu%2Farchive%2Fconferences%2Fconfname%2Fpapsing.docx&usq=AFQjCNGkevowK6M2Sh0SroQBh7oFzCJPFg&bvm=bv.122852650.d.bGg.
- Childe G. 1952.** *New Light on the Most Ancient East.* 4th ed. London: Routledge & Paul.
- Coleman D., Rowthorn R. 2015.** Population Decline – Making the Best of Inevitable Destiny? *History & Mathematics: Political Demography and Global Ageing*, pp. 26–41. Volgograd: Uchitel.
- Conte C., Ibáñez Estévez J. J., Gibaja Bao J. F., Mazzucco N., Terradas X., Mozota Holgueras M., Borrell F. 2018.** Cereal Use-Wear Traces and Harvesting Methods. *Subsistence Strategies in the Stone Age, Direct Evidence of Fishing and Gathering. Materials of the International Conference Dedicated to the 50th Anniversary of Vladimir Mikhailovich Lozovski 15–18 May 2018 / Ed. by O. V. Lozovskaya, A. A. Vybornov, E. V. Dolbunova*, pp. 192–193. St. Petersburg: Institute for the History of Material Culture and the State Hermitage Museum.
- Collins J. B., Taylor K. L. (Eds.). 2006.** *Early Modern Europe, Issues and Interpretations.* Malden, MA: Blackwell.
- Costin C. L. 2005.** The Study of Craft Production. *Handbook of Archaeological Methods / Ed. by H. D. Maschner, C. Chippindale*, pp. 1032–1105. Lamham: AltaMira Press.
- Costin C. L. 2015.** Craft Specialization. *The International Encyclopedia of Human Sexuality / Ed. by P. Whelehan, A. Bolin*, pp. 1–5. N. p.: John Wiley & Sons, Inc.
- Coulmas F. 2007.** *Population Decline and Ageing in Japan – The Social Consequences.* London; New York: Routledge.
- d’Errico F., Backwell L. 2005.** *From Tools to Symbols: From Early Hominids to Modern Humans.* Johannesburg: Wits University Press.
- Danigelis N. L., Hardy M., Cutler S. J. 2007.** Population Ageing, Intracohort Ageing and Socio-Political Attitudes. *American Sociological Review* 72(5): 812–830.
- Davies N. 1996.** *Europe: A History.* Oxford: Oxford University Press.
- Davies N. 2001.** *Heart of Europe: The Past in Poland’s Present.* Oxford: Oxford University Press.
- DeCanio S. J. 2016.** Robots and Humans – Complements or Substitutes? *Journal of Macroeconomics* 49: 280–291.
- De Grey A., Rae M. 2008.** *Ending Ageing: The Rejuvenation Breakthroughs that Could Reverse Human Ageing in Our Lifetime.* New York: St. Martin’s Press.
- Dillehay T. D., Rossen J., Ugent D., Karathanasis A., Vásquez V., Netherly P. J. 2010.** Early Holocene Coca Chewing in Northern Peru. *Antiquity* 84(326): 939–953.

- Dolgonosov B. M. 2016.** Knowledge Production and World Population Dynamics. *Technological Forecasting and Social Change* 103: 127–141.
- Duistermaat K. 2017.** The Organization of Pottery Production, Toward a Relational Approach. *The Oxford Handbook of Archeological Ceramic Analysis* / Ed. by A. Hunt, pp. 114–147. Oxford: Oxford University Press.
- Dyson T. 2010.** *Population and Development. The Demographic Transition*. London: Zed Books.
- Eden A. H., Moor J. H., Søraker J. H., Steinhart E. (Eds.). 2012.** *Singularity Hypotheses: A Scientific and Philosophical Assessment*. Berlin: Springer.
- Farmer J. D., Lafond F. 2015.** How Predictable is Technological Progress? URL: <http://arxiv.org/abs/1502.05274>.
- Ferguson N. 2011.** *Civilization: The West and the Rest*. New York: The Penguin Press.
- Foerster H. von, Mora P. M., Amiot L. W. 1960.** Doomsday: Friday, 13 November, AD 2026. *Science* 132(3436): 1291–1295.
- Fomin A. 2019.** Hyperbolic Evolution from Biosphere to Technosphere. *The 21st Century Singularity and Global Futures. A Big History Perspective* / Ed. by A. Korotayev, D. LePoire, pp. 83–94. Cham: Springer.
- Forbes R. J. 1956.** Power. *A History of Technology. The Mediterranean Civilizations and the Middle Ages, c. 700 B.C. to c. A.D. 1500*. Vol. 2 / Ed. by Ch. Singer et al., pp. 601–606. London: Oxford University Press.
- Frey C. B., Osborne M. A. 2017.** The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation? *Technological Forecasting and Social Change* 114: 254–280.
- Fukuyama F. 2002.** *Our Posthuman Future: Consequences of the Biotechnology Revolution*. New York: Picador.
- Galor O., Tsiddon D. 1997.** Technological Progress, Mobility and Economic Growth. *The American Economic Review* 87(3): 363–382.
- Galor O., Weil D. N. 2000.** Population, Technology, and Growth: From Malthusian Stagnation to The Demographic Transition and Beyond. *American Economic Review* 90(4): 806–828.
- Gille B. 1969.** The Problems of Power and Mechanization. *A History of Technology and Invention: Progress through the Ages*. Vol. 1. *The Origins of Technological Civilization* / Ed. by M. Daumas. New York, NY.
- Gimpel J. 1992.** *The Medieval Machine: The Industrial Revolution of the Middle Ages*. 2nd ed. London: Pimlico.
- Goldstone J. A. 2009.** The Origins of Capitalism and the Rise of the West. *The British Journal of Sociology* 60(3): 651–653.
- Goldstone J. A. 2012.** Is Islam Bad for Business? *Perspectives on Politics* 10(1): 97–102.
- Goldstone J. A. 2015.** Population Ageing and Global Economic Growth. *History and Mathematics: Political Demography and Global Ageing* / Ed. by J. Goldstone, L. E. Grinin, A. Korotayev, pp. 147–155. Volgograd: Uchitel.

- Goldstone J. A., Grinin L. E., Korotayev A. V. 2015.** Introduction, Research into Global Ageing and Its Consequences. *History & Mathematics: Political Demography and Global Ageing* / Ed. by J. A. Goldstone, L. E. Grinin, A. V. Korotayev, pp. 5–9. Volgograd: Uchitel Publishing House.
- Goring-Morris A. N., Hovers E., Belfer-Cohen A. 2009.** The Dynamics of Pleistocene and Early Holocene Settlement Patterns and Human Adaptations in the Levant – an Overview. *Transitions in Prehistory: Essays in Honor of Ofer Bar-Yosef* / Ed. by J. J. Shea, D. E. Lieberman, pp. 185–252. Oxford: Oxbow Books for the American School of Prehistoric Research.
- Goring-Morris A. N., Belfer-Cohen A. 2017.** The Early and Middle Epipalaeolithic of Cisjordan. *Quaternary Environments, Climate Change, and Humans in the Levant* / Ed. by Y. Enzel, O. Bar-Yosef, pp. 639–649. Cambridge: Cambridge University Press.
- Griffin E. 2010.** *Short History of the British Industrial Revolution*. New York: Palgrave Macmillan.
- Grinin L. E. 2006.** Periodization of History: A Theoretic-Mathematical Analysis. *History & Mathematics: Analyzing and Modeling Global Development* / Ed. by L. E. Grinin, V. de Munck, A. V. Korotayev, pp. 10–38. Moscow: KomKniga.
- Grinin L. E. 2007a.** Production Revolutions and Periodization of History: A Comparative and Theoretic-Mathematical Approach. *Social Evolution & History* 6(2): 11–55.
- Grinin L. E. 2007b.** Production Revolutions and the Periodization of History. *Herald of the Russian Academy of Sciences* 77(2): 150–156.
- Grinin L. E. 2011.** *The Evolution of Statehood. From Early State to Global Society*. Saarbrücken: Lambert Academic Publishing.
- Grinin L. E. 2012.** *Macrohistory and Globalization*. Volgograd: Uchitel.
- Grinin L. E. 2017.** The Processes of Systemic Integration in the World System. *Journal of Globalization Studies* 8(1): 97–118.
- Grinin L. E., Grinin A. L. 2013a.** 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.
- Grinin L. E., Grinin A. L. 2013b.** Macroevolution of Technology. *Evolution: Development within Big History, Evolutionary and World-System Paradigms* / Ed. by L. E. Grinin, A. V. Korotayev, pp. 143–178. Volgograd: Uchitel.
- Grinin L. E., Grinin A. L. 2014.** The Sixth Kondratieff Wave and the Cybernetic Revolution. *Kondratieff Waves, Juglar – Kuznets – Kondratieff, Yearbook* / Ed. by L. E. Grinin, T. C. Devezas, A. V. Korotayev, pp. 354–378. Volgograd: Uchitel.
- Grinin L. E., Grinin A. L. 2015a.** The Cybernetic Revolution and Historical Process. *Social Evolution and History* 14(1): 125–184.
- Grinin L. E., Grinin A. L. 2015b.** Global Technological Perspectives in the Light of Cybernetic Revolution and Theory of Long Cycles. *Journal of Globalization Studies* 6(2): 119–142.

- Grinin L. E., Grinin A. L. 2016.** *The Cybernetic Revolution and the Forthcoming Epoch of Self-Regulating Systems*. Moscow: Moscow Branch of the Uchitel Publishing House.
- Grinin L. E., Grinin A. L., Korotayev A. 2017a.** Forthcoming Kondratieff Wave, Cybernetic Revolution, and Global Ageing. *Technological Forecasting & Social Change* 115: 52–68.
- Grinin L., Grinin A., Korotayev A. 2017b.** The MANBRIC-Technologies in the Forthcoming Technological Revolution. *Industry 4,0 – Entrepreneurship and Structural Change in the New Digital Landscape: What is Coming on Along with the Fourth Industrial Revolution* / Ed. by T. Devezas et al., pp. 243–261. N. p.: Springer.
- Grinin L., Grinin A., Korotayev A. 2020a.** The 21st Century Singularity and Global Futures. *World-Systems Evolution and Global Futures* / Ed. by D. LePoire, A. Korotayev. N. p.: Springer.
- Grinin L., Grinin A., Korotayev A. 2020b.** A Quantitative Analysis of Worldwide Long-term Technology Growth: From 40,000 BCE to the Early 22nd Century. *Technological Forecasting and Social Change* 155.
- Grinin L. E., Ilyin I. V., Andreev A. I. 2016.** World Order in the Past, Present, and Future. *Social Evolution and History* 15(1): 58–84.
- Grinin L. E., Korotayev A. V. 2009.** The Epoch of the Initial Politogenesis. *Social Evolution & History* 8(1): 52–91.
- Grinin L. E., Korotayev A. V. 2010.** Will the Global Crisis Lead to Global Transformations. 1. The Global Financial System: *Pros and Cons*. *Journal of Globalization Studies* 1(1): 70–89.
- Grinin L., Korotayev A. 2012.** The Afroeurasian World-System: Genesis, Transformations, Characteristics. *Routledge Handbook of World-Systems Analysis* / Ed. by S. J. Babones, Ch. Chase-Dunn, pp. 30–41. London; New York, NY: Routledge.
- Grinin L. E., Korotayev A. V. 2013a.** Globalization and the World System Evolution. *Evolution: Development within Big History, Evolutionary and World-System Paradigms* / Ed. by L. E. Grinin, A. V. Korotayev, pp. 30–68. Volgograd: ‘Uchitel’ Publishing House.
- Grinin L. E., Korotayev A. V. 2013b.** The Origins of Globalization. *Globalization, Yesterday, Today, and Tomorrow* / Ed. by J. Sheffield, A. Korotayev, L. Grinin, pp. 1–29. Litchfield Park, AZ: Emergent Publications.
- Grinin L., Korotayev A. 2014a.** Origins of Globalization in the Framework of the Afroeurasian World-System History. *Journal of Globalization Studies* 5(1): 32–64.
- Grinin L. E., Korotayev A. V. 2014b.** The Inflation and Deflationary Trends in the Global Economy, or “the Japanese Disease” is Spreading. *Journal of Globalization Studies* 5(2): 154–173.
- Grinin L. E., Korotayev A. V. 2015a.** *Great Divergence and Great Convergence: A Global Perspective*. N. p.: Springer.
- Grinin L. E., Korotayev A. V. 2015b.** Global Population Ageing, the Sixth Kondratieff Wave, and the Global Financial System. *History & Mathematics: Political Demog-*

- raphy & Global Ageing* / Ed. by J. A. Goldstone, L. E. Grinin, A. V. Korotayev, pp. 81–106. Volgograd: Publishing House ‘Uchitel’.
- Grinin L., Korotayev A. 2016a.** Global Population Ageing, the Sixth Kondratieff Wave, and the Global Financial System. *Journal of Globalization Studies* 7(2): 11–31.
- Grinin L. E., Korotayev A. V. 2016b.** Introduction, Global Evolution and Global Ageing. *Evolution and Big History* 2016: 5–17.
- Grinin L. E., Korotayev A. V. 2017.** Inflationary and Deflationary Trends in the Global Economy, or Expansion of “the Japanese Disease”. *History & Mathematics: Economy, Demography, Culture, and Cosmic Civilizations*. Volgograd: Uchitel Publishing House.
- Grinin L. E., Korotayev A. V. 2018.** The Future of the Global Economy in the Light of Inflationary and Deflationary Trends and Long Cycles Theory. *World Futures* 74(2): 84–103.
- Grinin L. E., Korotayev A. V., Tausch A. 2016.** *Economic Cycles, Crises, and the Global Periphery*. Cham: Springer.
- Grinin L. E., Markov A. V., Korotayev A. V. 2014.** Mathematical Modeling of Biological and Social Evolutionary Macrotrends. *History & Mathematics: Trends and Cycles* / Ed. by L. Grinin, A. Korotayev, pp. 9–48. Volgograd: Uchitel.
- Grinin L. E., Markov A. V., Korotayev A. V. 2015.** Modeling of Biological and Social Phases of Big History. *Evolution: From Big Bang to Nanorobots* / Ed. by L. Grinin, A. Korotayev, pp. 111–150. Volgograd: ‘Uchitel’ Publishing House.
- Grossman G., Helpman E. 1991.** *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge: MIT Press.
- Gupta A. K. 2004.** Origin of Agriculture and Domestication of Plants and Animals Linked to Early Holocene Climate Amelioration. *Current Science* 87(1): 54–59.
- Harding A. F. 2011.** The Bronze Age, Ch. 10. *European History* / Ed. by S. Milisauskas, pp. 405–460. New York: Springer-Verlag.
- Harris M. 1997.** *Culture, People, Nature: An Introduction to General Anthropology*. 7th ed. New York, NY: Longman.
- Harris D., Hillman G. 1989.** An Evolutionary Continuum of People-Plant Interaction. *Foraging and Farming. The Evolution of Plant Exploitation* / Ed. by D. R. Harris, G. C. Hillman, pp. 11–27. London: Unwin Hyman.
- He Nu. 2018.** Archaeological Indicators for Chinese Early States: A Case Study of Taosi in Shanxi. *Social Evolution & History* 17(2): 205–234.
- Hill Ch. 1955.** *The English Revolution, 1640*. 3rd ed. London: Lawrence & Wishart.
- Hruby Z., Flad R. (Eds.). 2007.** Rethinking Craft Specialization in Complex Societies: Archaeological Analyses of Social Meaning of Production. *Archaeological Papers of the American Anthropological Association* 17(1).
- Huebner J. 2005.** A Possible Declining Trend for Worldwide Innovation. *Technological Forecasting and Social Change* 72: 980–986.

- Israel J. I. 1995.** *The Dutch Republic, Its Rise, Greatness, and Fall, 1477–1806*. Oxford: Clarendon Press.
- Jarrige J.-F. 1977.** Nouvelles recherches archéologiques au Baluchistan: les fouilles de Mehrgharh. *La Plateau Iranien et l'Asie Centrale des Origines à la Conquête Islamique* / Ed. by J. Deshayes, pp. 79–94. Paris: CNRS.
- Jaśim S. A. 1983.** Excavations at Tell Abada. A Preliminary Report. *Iraq* 45(2): 165–186.
- Jochim M. A. 2011a.** The Lower and Middle Paleolithic (ch. 4). *European History* / Ed. by S. Milisauskas, pp. 31–65. New York: Springer-Verlag.
- Jochim M. A. 2011b.** The Misolithic (ch. 6). *European History* / Ed. by S. Milisauskas, pp. 125–151. New York: Springer-Verlag.
- Jochim M. A. 2011c.** The Upper Paleolithic. *European History* / Ed. by S. Milisauskas, pp. 67–124. New York: Springer-Verlag.
- Johnson A. H. 1955.** *Europe in the Sixteenth Century: 1494–1598*. London: Rivingtons.
- Jones C. I. 1995.** R&D-based Models of Economic Growth. *The Journal of Political Economy* 103: 759–784.
- Jones C. I. 2003.** Population and Ideas: A Theory of Endogenous Growth, Knowledge, Information, and Expectations in Modern Macroeconomics. *In Honor of Edmund S. Phelps* / Ed. by P. Aghion, R. Frydman, J. Stiglitz, M. Woodford, pp. 498–521. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Jones C. I. 2005.** The Shape of Production Functions and the Direction of Technical Change. *The Quarterly Journal of Economics* 120: 517–549.
- Jones J. R. 1996.** *The Anglo-Dutch Wars of the Seventeenth Century*. London; New York, NY: Longman.
- Kapitza S. P. 1996.** The Phenomenological Theory of World Population Growth. *Physics-Usppekhi* 39(1): 57–71.
- Kapitza S. P. 2003.** The Statistical Theory of Global Population Growth. *Formal Descriptions of Developing Systems* / Ed. by J. B. Nation, I. Trofimova, J. D. Rand, W. Sulis, pp. 11–35. Dordrecht: Springer.
- Kapitza S. P. 2006.** *Global Population Blow-up and After. Global Marshall Plan Initiative*. Hamburg.
- Kapitza S. P. 2010.** On the Theory of Global Population Growth. *Physics-Usppekhi* 53(12): 1287–1296.
- Kayal A. 1999.** Measuring the Pace of Technological Progress: Implications for Technological Forecasting. *Technological Forecasting and Social Change* 60(3): 237–245.
- Khaltourina D., Korotayev A., Malkov A. 2006.** A Compact Macromodel of the World System Demographic and Economic Growth, 1–1973 CE. *Cybernetics and Systems*. Vol. 1 / Ed. by R. Trappl, pp. 330–335. Vienna: Austrian Society for Cybernetic Research.

- Kish L. B. 2002.** End of Moore's Law: Thermal (Noise) Death of Integration in Micro and Nano Electronics. *Physics Letters, Section A: General, Atomic and Solid State Physics* 3–4: 144–149.
- Koh H., Magee C. L. 2006.** A Functional Approach for Studying Technological Progress: Application to Information Technology. *Technological Forecasting and Social Change* 73(9): 1061–1083.
- Komlos J., Nefedov S. 2002.** A Compact Macromodel of Pre-Industrial Population Growth. *Historical Methods* 35: 92–94.
- Korotayev A. 2005.** A Compact Macromodel of World System Evolution. *Journal of World-Systems Research* 11(1): 79–93. DOI: 10.5195/jwsr.2005.401.
- Korotayev A. V. 2006a.** The World System History Periodization and Mathematical Models of Socio-historical Processes. *History & Mathematics: Analyzing and Modeling Global Development* / Ed. by L. Grinin, V. C. de Munck, A. Korotayev, pp. 39–98. Moscow: KomKniga/URSS.
- Korotayev A. 2006b.** The World System Urbanization Dynamics: A Quantitative Analysis. *History & Mathematics: Historical Dynamics and Development of Complex Societies* / Ed. by P. Turchin, L. Grinin, A. Korotayev, V. C. de Munck, pp. 44–62. Moscow: KomKniga/URSS.
- Korotayev A. 2007a.** Compact Mathematical Models of World System Development, and How They Can Help Us to Clarify Our Understanding of Globalization Processes. *Globalization as Evolutionary Process: Modeling Global Change* / Ed. by G. Modelski, T. Devezas, W. R. Thompson, pp. 133–160. London: Routledge.
- Korotayev A. 2007b.** Secular Cycles and Millennial Trends: A Mathematical Model. *Mathematical Modeling of Social and Economic Dynamics* / Ed. by M. G. Dmitriev, A. P. Petrov, N. P. Tretyakov, pp. 118–125. Moscow: RUDN.
- Korotayev A. 2008.** Globalization and Mathematical Modeling of Global Development. *Hierarchy and Power in the History of Civilizations: Political Aspects of Modernity* / Ed. by L. E. Grinin, D. D. Beliaev, A. V. Korotayev, pp. 225–240. Moscow: LIBROCOM/URSS.
- Korotayev A. 2009.** Compact Mathematical Models of the World System Development and Their Applicability to the Development of Local Solutions in Third World Countries. *Systemic Development: Local Solutions in a Global Environment* / Ed. by J. Sheffield, pp. 103–116. Litchfield Park, AZ: ISCE Publishing.
- Korotayev A. 2012.** Globalization and Mathematical Modeling of Global Development. *Globalistics and Globalization Studies* 1: 148–158.
- Korotayev A. 2013.** Globalization and Mathematical Modeling of Global Evolution. *Evolution: Development within Big History, Evolutionary and World-System Paradigms* / Ed. by L. E. Grinin, A. V. Korotayev, pp. 69–83. Volgograd: Uchitel.
- Korotayev A. 2018.** The 21st Century Singularity and Its Big History Implications: A Re-analysis. *Journal of Big History* 2(3): 73–119.
- Korotayev A. V., Grinin L. E. 2006.** Urbanization and Political Development of the World System: A Comparative Quantitative Analysis. *History and Mathematics.*

- Historical Dynamics and Development of Complex Societies* / Ed. by P. Turchin, L. Grinin, V. C. de Munck, A. Korotayev, pp. 115–153. Moscow: URSS.
- Korotayev A. V., Grinin L. E. 2012.** Kondratieff Waves in the World System Perspective. *Kondratieff Waves, Dimensions and Prospects at the Dawn of the 21st Century* / Ed. by L. E. Grinin, T. C. Devezas, A. V. Korotayev, pp. 23–64. Volgograd: Uchitel.
- Korotayev A., Grinin L. 2013.** Urbanization and Political Development of the World System. *ENTELEQUIA Revista Interdisciplinar* 15: 197–254.
- Korotayev A. V., Grinin L. E. 2017.** The Technological Activity and Competition in the Middle Ages and Modern History: A Quantitative Analysis. *History & Mathematics: Economy, Demography, Culture, and Cosmic Civilizations* / Ed. by L. E. Grinin, A. V. Korotayev, pp. 78–102. Volgograd: 'Uchitel' Publishing House.
- Korotayev A., Malkov A., Khaltourina D. 2006a.** *Introduction to Social Macrodynamics: Compact Macromodels of the World System Growth*. Moscow: KomKni-ga/URSS.
- Korotayev A., Malkov A., Khaltourina D. 2006b.** *Introduction to Social Macrodynamics: Secular Cycles and Millennial Trends*. Moscow: KomKni-ga/URSS.
- Korotayev A. V., Markov A. V. 2015.** Mathematical Modeling of Biological and Social Phases of Big History. *Globalistics and Globalization Studies* 4: 319–343.
- Korotayev A., Zinkina J. 2014.** How to Optimize Fertility and Prevent Humanitarian Catastrophes in Tropical Africa. *African Studies in Russia* 6: 94–107.
- Korotayev A., Zinkina J. 2015.** East Africa in the Malthusian Trap? *Journal of Developing Societies* 31(3): 1–36.
- Korotayev A., Zinkina J., Andreev A. 2016.** Secular Cycles and Millennial Trends. *Cliodynamics* 7: 204–216.
- Korotayev A., Zinkina J., Kobzeva S., Bozhevolnov J., Khaltourina D., Malkov A., Malkov S. 2011.** A Trap at the Escape from the Trap? Demographic-Structural Factors of Political Instability in Modern Africa and West Asia. *Cliodynamics* 2(2): 276–303.
- Korotayev A. V., Zinkina J. V., Shulgin S. G. 2017.** Why are Older People More Religious than Younger Ones? Cohort and Age Factors, or the Future of Religious Values in Economically Developed Countries. *Religious Studies* 3(3): 134–144.
- Kremer M. 1993.** Population Growth and Technological Change: One Million B. C. to 1990. *The Quarterly Journal of Economics* 108(3): 681–716.
- Kurzweil R. 2001.** The Law of Accelerating Returns. *KurzweilAI.net* 3-7-2001. URL: <http://www.kurzweilai.net/articles/art0134.html?printable=1>.
- Kurzweil R. 2005.** *The Singularity is Near*. London: Viking Penguin.
- Kuznets S. 1960.** Population Change and Aggregate Output. *Demographic and Economic Change in Developed Countries*. Princeton: Princeton University Press.
- Lamberg-Karlovsky C. C., Sabloff J. A. 1979.** *Ancient Civilizations. The Near East and Mesoamerica*. Menlo Park: Benjamin/Cummings Publishing.

- LePoire D. J. 2005.** Application of Logistic Analysis to the History of Physics. *Technological Forecasting and Social Change* 72(4): 471–479. DOI: 10.1016/S0040-1625(03)00044-1.
- LePoire D. J. 2009.** *Exploration of Connections between Energy Use and Leadership Transitions, Systemic Transitions*. New York: Palgrave Macmillan. DOI: 10.1057/9780230618381_10.
- LePoire D. 2013.** Potential Economic and Energy Indicators of Inflection in Complexity. *Evolution* 3: 108–118.
- LePoire D., Korotayev A. (Eds.) 2020.** *World-Systems Evolution and Global Futures*. N. p.: Springer.
- Lee R., Mason A. 2011.** *Population Aging and the Generational Economy: A Global Perspective*. London: Edward Elgar.
- Li Shuicheng. 2018.** The Mace-head: A Significant Evidence of the Early Cultural Interaction between West and East. *Social Evolution & History* 17(2): 258–272.
- Lilley S. 1976.** Technological Progress and the Industrial Revolution, 1700–1914. *The Industrial Revolution, 1700–1914. The Fontana Economic History of Europe*. Vol. 3 / Ed. by C. M. Cipolla, pp. 187–254. New York, NY: The Harvest Press Limited; Barnes & Noble.
- Livi-Bacci M. 2012.** *A Concise History of World Population*. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Londo J. P., Yu-Chung Chiang, Kuo-Hsiang Hung, Tzen-Yuh Chiang, Schaal B. A. 2006.** Phylogeography of Asian Wild Rice, *Oryza rufipogon*, Reveals Multiple Independent Domestications of Cultivated Rice, *Oryza sativa*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* 103/25: 9578–9583. URL: <http://www.pnas.org/content/103/25/9578.long>.
- Lucas A. R. 2005.** Industrial Milling in the Ancient and Medieval Worlds. A Survey of the Evidence for an Industrial Revolution in Medieval Europe. *Technology and Culture* 46(1): 1–30.
- Maddison A. 2007.** *Contours of the World Economy, 1–2030*. Oxford: Oxford University Press.
- Magee C. L., Devezas T. C. 2011.** How Many Singularities are Near and How will They Disrupt Human History? *Technological Forecasting and Social Change* 78(8): 1365–1378. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162511001661>.
- March R. J. 2013.** Searching for the Functions of Fire Structures in Eynan (Malahha) and Their Formation Processes; A Geochemical Approach. *Archaeological Series*. Vol. 19. *Natufian Foragers in Levant: Terminal Pleistocene Social Changes in Western Asia. International Monographs in Prehistory* / Ed. by O. Bar-Yosef, F. R. Valla, pp. 227–283. Ann Arbor: Berghahn Books.
- Marks A. E. 1993.** The Early Upper Paleolithic: The View from the Levant. *Before Lascaux: The Complete Record of the Early Upper Paleolithic* / Ed. by H. Knecht, A. Pike-Tay, R. White, pp. 5–22. Boca Raton: CRC Press.

- McNeill W. H. 1963.** *The Rise of the West; A History of the Human Community*. Chicago: University of Chicago Press.
- Meadows J. R. S., Cemel I., Karaca O. et al. 2007.** Five Ovine Mitochondrial Lineages Identified From Sheep Breeds of the Near East. *Genetics* 175: 1371–1379. URL: <http://www.genetics.org/content/175/3/1371.full>.
- Mellars P., Boyle K., Bar-Yosef O., Stringer C. (Eds.). 2007.** *Rethinking the Human Revolution*. Cambridge: McDonald Institute for Archaeological Research; University of Cambridge.
- Mellars P., Stringer C. (Eds.). 1989.** *The Human Revolution: Behavioural and Biological Perspectives on the Origins of Modern Humans*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Mellaart J. 1975.** *The Neolithic of the Near East*. London: Thames and Hudson.
- Milisauskas S. (Ed.). 2011a.** *European Prehistory: A Survey*. Buffalo, NY: Springer.
- Milisauskas S. (Ed.). 2011b.** Early Neolithic, The first Farmers in Europe, 7000–7500/5000 BC. *European Prehistory* / Ed. by S. Milisauskas, pp. 153–221. New York: Springer.
- Milisauskas S., Kruk J. 2011a.** Middle Neolithic, Continuity, Diversity, Innovations, and Greater Complexity, 5500/5000/3000 BC. *European Prehistory* / Ed. by S. Milisauskas, pp. 293–325. New York: Springer.
- Milisauskas S., Kruk J. 2011b.** Late Neolithic, Crisis, Collapse, New Ideologies, and Economics, 3500/3000–2200/2000 BC. *European Prehistory* / Ed. by S. Milisauskas, pp. 327–403. New York: Springer.
- Minghinton W. 1976.** Patterns of Demand 1750–1914. *The Industrial Revolution, 1700–1914* / Ed. by C. M. Cipolla, pp. 77–186. London; New York: Harvester Press, Barnes & Noble.
- Modis T. 2002.** Forecasting the Growth of Complexity and Change. *Technological Forecasting and Social Change* 69(4): 377–404. DOI: 10.1016/S0040-1625(01)00172-X.
- Modis T. 2003.** The Limits of Complexity and Change. *The Futurist* 37(3): 26–32.
- Modis T. 2005.** Discussion of Huebner Article. *Technological Forecasting and Social Change* 72: 987–1000.
- Modis T. 2006.** The Singularity Myth. *Technological Forecasting & Social Change* 73(2): 104–112.
- Mokyr J. (Ed.). 1993.** *The British Industrial Revolution: An Economic Perspective*. Boulder, CO: Westview.
- Mokyr J. (Ed.). 1999.** *The British Industrial Revolution: An Economic Perspective*. 2nd ed. Boulder, CO: Westview Press.
- Muehlhauser L., Salamon A. 2012.** Singularity Hypotheses, Singularity Hypotheses: A Scientific and Philosophical Assessment. URL: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-32560-1>.
- Mumford L. 1934.** *Technics and Civilization*. New York, NY: Harcourt, Brace & Co.

- Nagy B. 2011.** Superexponential Long-Term Trends in Information Technology. *Technological Forecasting and Social Change* 78(8): 1356–1364. DOI: 10.1016/J.TEC HFORE.2011.07.006.
- Nazaretyan A. P. 2015.** Megahistory and Its Mysterious Singularity. *Herald of the Russian Academy of Sciences* 85(4): 352–361. DOI: 10.1134/S1019331615040061.
- Nazaretyan A. P. 2016.** Non-Linear Futures: The “Mysterious Singularity” in View of Mega-History. *Between Past Orthodoxies and the Future of Globalization, Contemporary Philosophical Problems* / Ed. by A. N. Chumakov, W. C. Gay, pp. 171–191. Boston: Brill-Rodopi.
- Nazaretyan A. P. 2017.** Mega-History and the Twenty-First Century Singularity Puzzle. *Social Evolution & History* 16(1): 31–52.
- Nazaretyan A. P. 2018.** The Polyfurcation Century: Does the Evolution on Earth Have a Cosmological Relevance? *Journal of Big History* 2(1): 27–41. DOI: 10.22339/jbh.v2i1.2253.
- Ogawa N., Kondo M., Matsukura R. 2005.** Japan’s Transition from the Demographic Bonus to the Demographic Onus. *Asian Population Studies* 1(2): 207–226.
- Oppenheim L. A. 1968.** *Ancient Mesopotamia, Portrait of a Dead Civilization*. Chicago; London: The University of Chicago Press.
- Panov A. D. 2005.** Scaling Law of the Biological Evolution and the Hypothesis of the Self-Consistent Galaxy Origin of Life. *Advances in Space Research* 36(2): 220–225. URL: <https://doi.org/10.1016/j.asr.200503.0.01>.
- Panov A. D. 2011.** Post-singular Evolution and Post-singular Civilizations. *A Big History Perspective. Evolution* / Ed. by L. E. Grinin, A. V. Korotayev, B. H. Rodrigue, pp. 212–231. Volgograd: Uchitel.
- Panov A. D. 2017.** Singularity of Evolution and Post-Singular Development. A Big History Anthology. Vol. III. The Ways that Big History Works: Cosmos, Life, Society and our Future. *From Big Bang to Galactic Civilizations* / Ed. by B. Rodrigue, L. Grinin, A. Korotayev, pp. 370–402. Delhi: Primus Books.
- Park D., Shin K. 2015.** Impact of Population Ageing on Asia's Future Growth. *History & Mathematics: Political Demography and Global Ageing* / Ed. by J. Goldstone, L. E. Grinin, A. V. Korotayev, pp. 107–132. Volgograd: Uchitel.
- Phillips F. 2011.** The State of Technological and Social Change: Impressions. *Technological Forecasting and Social Change* 78(6): 1072–1078. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2011.03.020>.
- Pirenne H. 1920–1932.** *Histoire de Belgique*. Vol. I–VII. Bruxelles: H. Lamertin.
- Pollock S. 2001.** *Ancient Mesopotamia*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Porter D. (Ed.). 2012.** *Comparative Early Modernities 1100–1800*. New York: Palgrave-Macmillan.
- Postan M. 1987.** The Trade of Medieval Europe: The North. *The Cambridge Economic History of Europe*. Vol. II. *Trade and Industry in the Middle Ages* / Ed. by M. M. Postan, E. Miller, pp. 168–305. Cambridge: Cambridge University Press.

- Powell A., Shennan S., Thomas M. G. 2009.** Late Pleistocene Demography and the Appearance of Modern Human Behavior. *Science* 324(5932): 1298–1301.
- Prettner K. 2013.** Population Aging and Endogenous Economic Growth. *Journal of Population Economics* 26(2): 811–834.
- Quilter K., Ojeda B. E., Pearsall D. M., Sandweiss D. H., Jones J. G., Wing E. S. 1991.** Subsistence Economy in El Paraiso, an Early Peruvian Site. *Science* 251: 277–283.
- Rayner R. M. 1964.** *European History 1648–1789*. New York: David McKay Company, Inc.
- Rietbergen P. J. A. N. 2002.** *A Short History of the Netherlands. From Prehistory to the Present Day*. 5th ed. Amersfoort: Bekking.
- Ritchie K., Hufthammer A. K., Bergsvik K. A. 2016.** Fjord Fishing in Mesolithic Western Norway. *Environmental Archaeology* 21(4): 309–316.
- Roberts N. 1998.** *The Holocene: An Environmental History*. Oxford: Blackwell.
- Roux V. 2017.** Ceramic Manufacture. The Chain Operatory Approach. *The Oxford Handbook of Archeological Ceramic Analysis*. Ch. 8 / Ed. by A. M. W. Hunt, pp. 103–113. Oxford: Oxford University Press.
- Schultz E. A., Lavenda R. H. 1998.** *Anthropology. A Perspective on the Human Condition*. 2nd ed. Mayfield, Mountain View.
- Shanahan M. 2015.** *The Technological Singularity*. Cambridge: MIT Press.
- Shea J. J. 2007.** Behavioral Differences between Middle and Upper Paleolithic Homo Sapiens in the East Mediterranean Levant: The Role of Intraspecific Competition and Dispersal from Africa. *Journal of Anthropological Research* 63: 449–488.
- Shea J. 2013.** *Stone Tools in the Paleolithic and Neolithic Near East: A Guide*. Stony Brook; NY: Stony Brook University.
- Simon J. 1977.** *The Economics of Population Growth*. Princeton: Princeton University Press.
- Simon J. 1981.** *The Ultimate Resource*. Princeton: Princeton University Press.
- Simon J. 2000.** *The Great Breakthrough and its Cause*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Simmons T. 2013.** Avifauna of the Final Natufian of Eynan. *Natufian Foragers in Levant: Terminal Pleistocene Social Changes in Western Asia* / Ed. by O. Bar-Yosef, F. R. Valla, pp. 284–292. Ann Arbor: International Monographs in Prehistory
- Singer C. 1941.** *A Short History of Science to the Nineteenth Century*. Oxford: Oxford University Press.
- Snooks G. D. 1997.** *The Ephemeral Civilization. Exploding the Myth of Social Evolution*. London; New York, NY: Routledge.
- Sood A., Tellis G. J. 2005.** Technological Evolution and Radical Innovation. *Journal of Marketing* 69(3): 152–168. DOI: 10.1509/jmkg.69.3.152.66361.
- Taagepera R. 1976.** Crisis around 2005 AD? A Technology-population Interaction Model. *General Systems* 21: 137–138.

- Taagepera R. 1979.** People, Skills, and Resources: An Interaction Model for World Population Growth. *Technological Forecasting and Social Change* 13: 13–30.
- Tanno K., Willcox G., Muhesen S., Nishiaki Y., Kanjo Y., Akazawa T. 2013.** Preliminary Results from Analysis of Charred Plant Remains from a Burnt Natufian Building at Dederiyeh Cave in Northwest Syria. *Natufian Foragers in Levant: Terminal Pleistocene Social Changes in Western Asia* / Ed. by O. Bar-Yosef, F. R. Vala, pp. 83–87. Ann Arbor: International Monographs in Prehistory.
- Tattersall I. 2008.** *The World from its Beginnings to 4000 BCE*. Oxford: Oxford University Press.
- Tattersall I. 2012.** *Masters of the Planet: Seeking the Origins of Human Singularity*. New York: Palgrave Macmillan.
- Teulings C., Baldwin R. (Eds.). 2014.** *Secular Stagnation: Facts, Causes, and Cures*. London: CEPR.
- Tsirel S. V. 2004.** On the Possible Reasons for the Hyperexponential Growth of the Earth Population. *Mathematical Modeling of Social and Economic Dynamics* / Ed. by M. G. Dmitriev, A. P. Petrov, pp. 367–369. Moscow: Russian State Social University.
- Turnbaugh W. A., Nelson H., Jurmain R., Kilgore L. 1993.** *Understanding Physical Anthropology and Archaeology*. 5th ed. Minneapolis: West Publishing Company.
- Tylecote R. F. 1976.** The Technique and Development of Early Copper Smelting. *A History of Metallurgy* / Ed. by R. F. Tylecote, pp. 5–9. London: The Metals Society.
- UN Population Division 2019.** *United Nations Population Division Database*. New York, NY: United Nations. URL: <http://www.un.org/esa/population>.
- Vega-Centeno R. 2010.** Cerro Lampay: Architectural Design and Human Interaction in the North Central Coast of Peru. *Latin American Antiquity* 21(2): 115–145.
- Vries J. de, Woude A. van der. 1997.** *The First Modern Economy. Success, Failure, and Perseverance of the Dutch Economy, 1500–1815*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wallerstein I. 1974.** *The Modern World-System*. Vol. 1. New York: Academic Press.
- Wallerstein I. 1980.** *The Modern World-System*. Vol. 2. New York, NY: Academic Press.
- Wallerstein I. 1987.** *The Modern World-System*. Vol. 3. New York: Academic Press.
- Wallerstein I. 1988.** The Inventions of Time-Space Realities. Towards an Understanding of Our Historical Systems. *Geography* 73/4: 289–297.
- Wells P. S. 2011.** The Iron Age. *European Prehistory. Interdisciplinary Contributions to Archaeology* / Ed. by S. Milisauskas, pp. 461–464. Boston, MA: Springer.
- Wenke R. J. 1990.** *Patterns in Prehistory*. New York, NY; Oxford, UK: Oxford University Press.
- White L. Jr. 1978.** *Medieval Religion and Technology: Collected Essays*. Berkeley, CA: University of California Press.
- Wymer J. 1982.** *The Paleolithic Age*. London; Sydney: Croom Helm.

- Zeder M. A., Hesse B. 2000.** The Initial Domestication of Goats (*Capra hircus*) in the Zagros Mountains 10,000 Years Ago. *Science* 287(5461): 2254–2257. DOI: 10.1126/science.287.5461.2254.
- Zinkina J., Christian D., Grinin L., Ilyin I., Andreev A., Aleshkovski I., Shulgin S., Korotayev A. 2019.** *Big History of Globalization. The Emergence of a Global World System*. Cham: Springer.
- Zinkina J., Ilyin I., Korotayev A. 2017.** The Early Stages of Globalization Evolution: Networks of Diffusion and Exchange of Domesticates, Technologies, and Luxury Goods. *Social Evolution & History* 16(1): 69–85.
- Zinkina J., Korotayev A. 2014a.** Explosive Population Growth in Tropical Africa: Crucial Omission in Development Forecasts (Emerging Risks and Way Out). *World Futures* 70(4): 271–305.
- Zinkina J., Korotayev A. 2014b.** Projecting Mozambique's Demographic Futures. *Journal of Futures Studies* 19(2): 21–40.

Требования к оформлению материалов

К рассмотрению принимаются тексты в электронном виде (в формате *.doc) с учетом следующих требований: кегль 14, интервал 1,5. К тексту должны прилагаться: а) аннотация (резюме) размером 1000–1500 знаков, включая пробелы (или 150–250 слов); б) ключевые слова статьи.

Допустимые предельные объемы статей – 100 000 знаков, включая пробелы.

Допустимые предельные объемы рецензий и материалов конференций – 15 000 знаков, включая пробелы.

Ссылки на библиографические источники в тексте даются в скобках, включая фамилию одного (первого) или двух авторов, при отсутствии таковых следует указать 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).

Таблицы, графики, диаграммы и карты желательно предоставлять в черно-белом варианте. Если используются цветные графики, диаграммы или карты, следует проверить их качество путем распечатки на черно-белом принтере.

Список использованной библиографии приводится в конце статьи в алфавитном порядке и без нумерации в соответствии со следующими образцами:

Лем С. 1968. *Сумма технологий*. М.: Мир.

Pearce J. A. 1987. The Design and Activation of Self-regulating Work Groups. *Human Relations* 40(11): 751–782.

Осипов Ю. М., Шургалкина И. Н. (ред.). 1994. *Переходы и катастрофы: опыт социально-экономического развития*. М.: Изд-во МГУ.

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.

U.S. Bureau of the Census. 2017. World Population Information. URL: <http://www.census.gov/ipc/www/world.html> (дата обращения: 22.11.2017).

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: номер телефона, почтовый и электронный адреса.

Статьи и другие материалы для ежегодника просим присылать приложением на следующие адреса электронной почты: leonid.grinin@gmail.com, akorotayev@gmail.com.