
«ПЕРЕОСМЫСЛИВАЯ ПРЕДЕЛЫ». ДОКЛАД РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ РИМСКОМУ КЛУБУ

С. Ю. МАЛКОВ, А. В. КОРОТАЕВ,
Л. Е. ГРИНИН, А. Л. ГРИНИН

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ*

В статье приведены результаты анализа и моделирования переходных исторических эпох, когда в силу технологических революций происходит резкое ускорение темпов экономического (а вслед за этим – демографического) развития, «общество стабильности» трансформируется в «общество роста». Примерами таких переходных эпох являются: «осевое время» (в I-м тыс. до н. э.) и индустриальная эпоха (последние 200 лет). Рассмотрены особенности переходных эпох, проанализирована логика эволюции экономических и социальных процессов, проведены модельные математические расчеты. Показано, что на начальной стадии таких эпох происходит гиперболический рост основных демографо-экономических характеристик, а на конечной стадии имеет место их резкое торможение, сопровождающееся сильной социальной нестабильностью и серьезной трансформацией социальных структур.

Ключевые слова: исторический процесс, переходные эпохи, сингулярность, демографо-экономическая и технологическая динамика, моделирование исторического развития.

* Исследование выполнено 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 докладе Римскому клубу «Переосмысливая пределы».

История и современность, № 3, сентябрь 2022 102–125

DOI: 10.30884/iis/2022.03.06

Часть первая

В последние годы в научной и популярной литературе довольно широко обсуждается тема ускорения исторического развития и феномен сингулярности, наблюдаемый при анализе различных показателей, связанных с развитием общества. Различные авторы пишут об эволюционной, демографической, технологической сингулярности, фиксируя резкое ускорение процессов в различных сферах жизни в последние десятилетия (см., например: Панов 2005; Коротаяев 2006; Коротаяев и др. 2007; Цирель 2012; Назаретян 2013; Добролюбов 2016; Kurzweil 2005).

Однако при более детальном рассмотрении исторических рядов данных становится ясно, что демографические процессы, типологически подобные тому, которые происходят сейчас, в человеческой истории уже были. Речь идет о неолитической революции (переход от общества охотников-собирателей к обществу животноводов-земледельцев, произошедший около 10 тыс. лет назад), о «городской революции» (распространение бронзовых орудий, появление городов и ремесел, произошедшее около 5 тыс. лет назад), об «осевом времени» (широкое распространение железных орудий и связанных с ними технологий, датированное периодом около 2,5 тыс. лет назад). Каждый раз причиной изменений в обществе были масштабные технологические трансформации, в результате которых резко повышались производительность труда и возможности человека в различных сферах жизни, расширялась ресурсная база, что в свою очередь приводило к резкому увеличению численности человеческой популяции. Демографических данных, относящихся к первым двум трансформациям, немного, поэтому о количественном моделировании говорить сложно. Интересно более внимательно рассмотреть демографическую динамику «осевого времени», по которой есть более надежные и точные данные. На рис. 1 (с. 104) показана демографическая динамика, как она виделась современникам (А) в 200 г. до н. э., (Б) в 1 г. н. э. и (В) в 600 г. н. э.

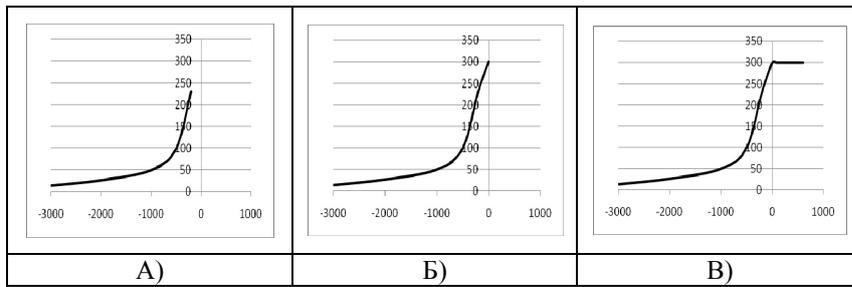


Рис. 1. Население Земли к 200 г. до н. э. (А), к 1 г. н. э. (Б) и к 600 г. н. э. (В), млн человек (по оси абсцисс – время в годах)

Источник данных: Коротаяев и др. 2007.

Видно, что к 600 г. н. э. переходный демографический рост уже завершился (при этом произошел переход от Античности к Средневековью), к 1 г. н. э. стало явным торможение демографического роста (это время трансформации Римской республики в Римскую империю, объединение Средиземноморья в единое политическое и экономическое пространство). А в 200 г. до н. э. переходный процесс был еще в разгаре, демографическая кривая отлично аппроксимировалась гиперболой с точкой сингулярности в 1 г. н. э. и с показателем степени $m = 1,00$ (см. рис. 2).

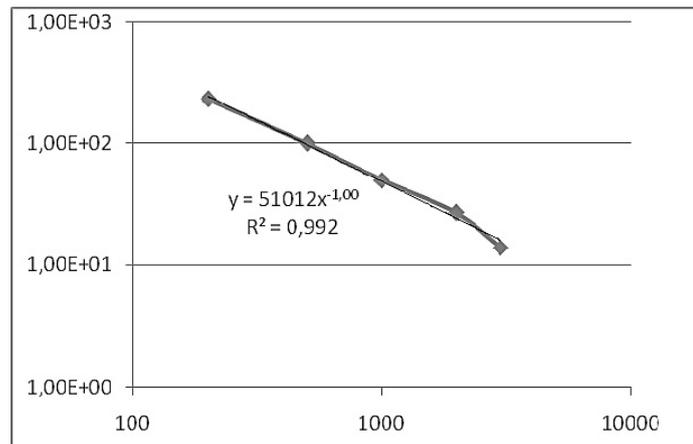


Рис. 2. Гиперболическая аппроксимация численности населения Земли в период с 3000 г. до н. э. до 200 г. до н. э.

Источник данных: Там же.

Если посмотреть на демографическую историю человечества в целом, то даже с оговоркой, что точность демографических данных по мере удаления от современности на сотни и тысячи лет существенно падает, выявляется картина чрезвычайно неравномерного развития (см. рис. 3). Видно, что периоды демографического роста перемежаются с периодами относительной стабильности (и даже демографического спада). Причем в периоды роста увеличение численности населения происходит не столько по экспоненциальному, а скорее по гиперболическому закону (что и порождает научный дискурс о «сингулярности»). Гиперболический характер демографического роста – это свидетельство кумулятивного взаимодействия различных факторов, взаимно усиливающих друг друга в эти исторические периоды.

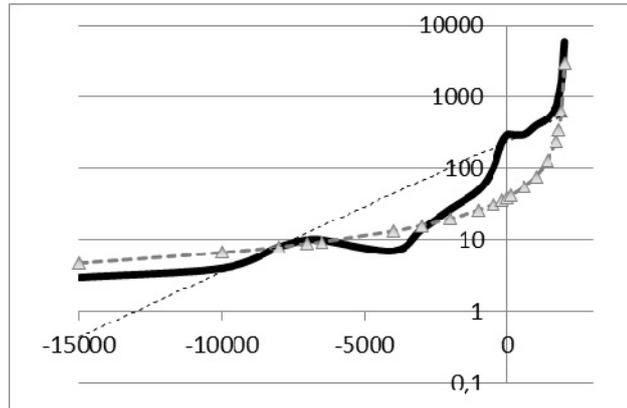


Рис. 3. Динамика численности населения мира в период с 15 тыс. лет до н. э. по 2000 г. (млн человек) с наложенной экспоненциальной (тонкая пунктирная линия) и гиперболической (штриховая линия) аппроксимацией
Источник данных: Малков 2020.

Каждый раз, однако, период резкого демографического роста заканчивался и начиналась качественно новая историческая эпоха. Таким образом, периоды резкого демографического роста, по существу, знаменовали собой фазовый переход от старой к новой экономической, демографической, политической реальности.

Часть вторая

Анализ исторических данных показал, что неравномерность демографического развития в значительной степени связана с не-

равномерностью технологического развития. На уровне общей логики эта связь достаточно очевидна: развитие технологий повышает производительность труда, расширяет ресурсную базу, что создает возможности для увеличения численности человеческой популяции. В свою очередь, торможение технологического развития ограничивает доступную ресурсную базу, вследствие чего общество попадает в «мальтузианскую ловушку», когда демографический рост ограничивается демографической емкостью территории, на которой оно проживает.

Источником информации о развитии технологий могут служить данные об изобретениях и технологиях, которые появлялись и внедрялись в хозяйственную жизнь в различные исторические периоды в различных регионах мира. Данные по изобретениям в период с 2,5 млн лет до н. э. по 2003 г. собраны в базе Банча – Хеллеманса (Bunch, Hellemans 2004). Количество изобретений с нарастающим итогом в период с 14-го тыс. до н. э. и по 2003 г. представлено на рис. 4¹.

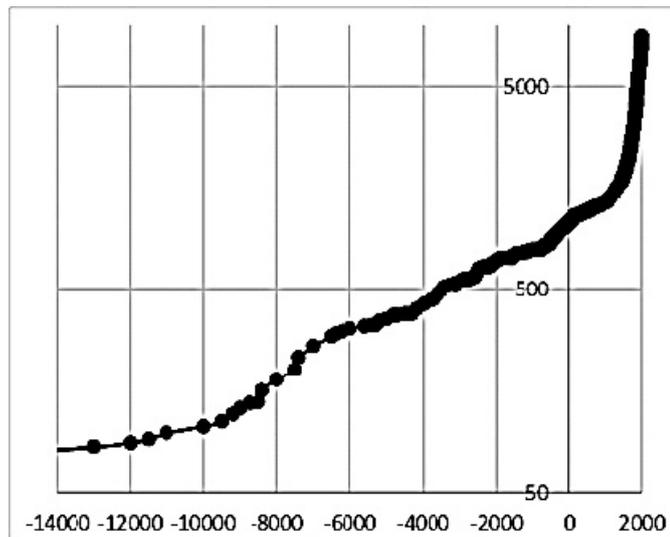


Рис. 4. Количество изобретений с нарастающим итогом за последние 16 тыс. лет

¹ При построении графика за период до 1 г. н. э. учитывались изобретения с весовыми коэффициентами, отражающими их значимость в последующей истории человечества (весовые коэффициенты определялись на основе экспертных процедур).

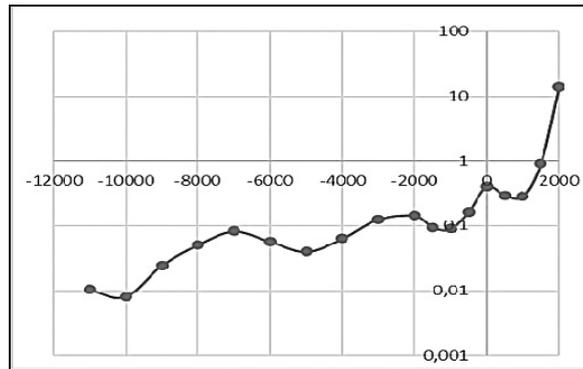


Рис. 5. Средняя скорость изобретательской деятельности (количество изобретений в год) в период с 12-го тыс. до н. э. по 2000 г.

Видно, что динамика изобретений весьма неравномерна и напоминает график динамики численности населения в рассматриваемый период (см. рис. 3). Неравномерность роста числа изобретений наглядно видна из рис. 5, где на основе обработки данных того же источника рассчитано, сколько в среднем было изобретений в год (усреднение проводилось на интервале в 500 лет).

Рост количества изобретений в 10–7-м тыс. до н. э. связан с аграрной (неолитической) революцией, рост количества изобретений в 4–3-м тыс. до н. э. связан с «городской революцией» и широким распространением бронзовых орудий, рост количества изобретений в 1-м тыс. до н. э. связан с массовым распространением железных орудий, рост количества изобретений в последние 500 лет связан с промышленной революцией.

Важным маркером происходящих в мире технологических перемен является динамика численности городского населения (см. рис. 6). Действительно, города во все времена аккумулировали людей, создающих и использующих передовые технологии – ремесленников, торговцев, промышленных рабочих, поэтому периоды роста инновационной (изобретательской) активности (рис. 5) и периоды роста городского населения (рис. 6) соответствуют друг другу. Это соответствие хорошо видно из корреляционной диаграммы на рис. 7.

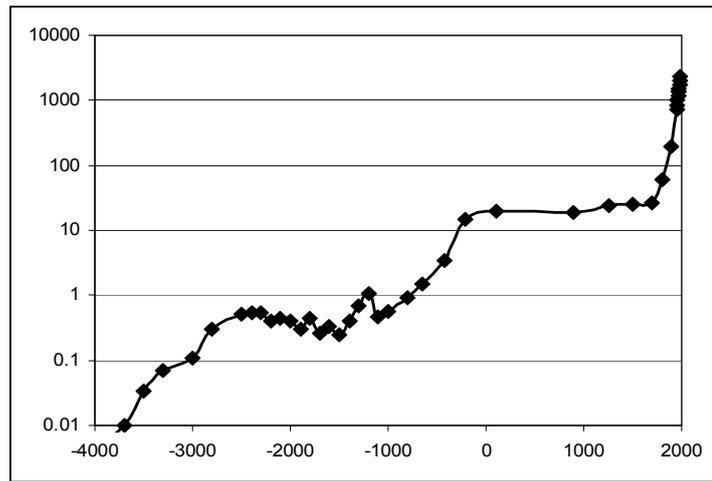


Рис. 6. Изменение численности городского населения мира в логарифмическом масштабе, млн человек (для городов с населением более 10 000 человек), на протяжении последних 6 тыс. лет

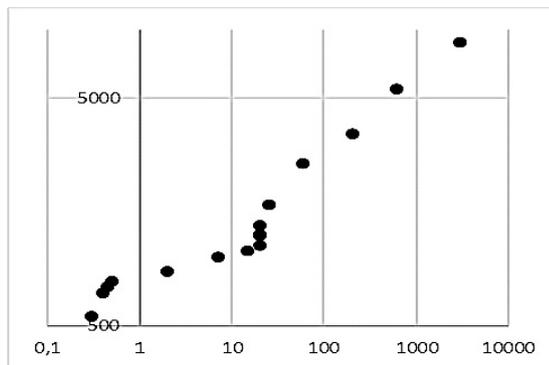


Рис. 7. Соответствие между суммарным количеством изобретений (ось ординат) и численностью городского населения (ось абсцисс, млн человек) за последние 5 тыс. лет

Из приведенных графиков видно, что технологическое и демографическое развитие в истории человечества происходило в целом синхронно, но крайне неравномерно: эпохи быстрого роста сменялись эпохами стабилизации/стагнации. При этом каждая очередная эпоха стабилизации характеризовалась более высокой численностью населения и более высокой долей городского населения (см. рис. 8).

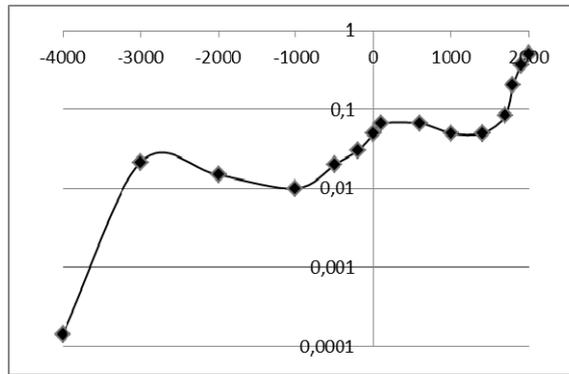


Рис. 8. Изменение доли городского населения в населении мира за последние 5 тыс. лет

Часть третья

Чередование эпох демографического и технологического роста и эпох демографической и технологической стабилизации/стагнации влияло на протекание процессов социальной самоорганизации и на изменение характера этих процессов. В эпохи технологического роста наблюдалось расширение ресурсной базы и повышение производительности труда (примером такой эпохи являются последние 200 лет с начала промышленной революции). В эпохи технологической стагнации рост ресурсной базы прекращался, возникала ситуация «мальтузианской ловушки», обострялась борьба за ограниченные ресурсы (примером такой эпохи является Средневековье). Изменение условий, в которых оказывается общество, сказывается на изменении характера социальной самоорганизации и формирующихся на ее основе институциональных структур.

Так, в условиях ограниченной ресурсной базы и при наличии серьезных внешних угроз (эти условия характерны для аграрных обществ эпохи Средневековья) происходит смещение институциональных структур в сторону усиления патернализма, принципов «объединения слабых вокруг сильного» (так называемые X-структуры). В условиях экономического роста и расширения ресурсной базы (например, вследствие появления новых технологий) происходит естественное смещение институциональных структур в сторону стимулирования экономической активности и конкуренции, индивидуализма, принципов «объединения слабых против сильного» (так называемые социальные Y-структуры). Характерные чер-

ты этих институциональных структур в обобщенном виде представлены в табл. 1 (подробная информация об X- и Y-типах социальных структур приведена в работах: Кирдина 2004; 2014; Малков 2009).

Таблица 1

**Отличительные особенности X- и Y-типов
социальных структур**

Характеристика	X-структура	Y-структура
Институциональные особенности	1. <i>Регулируемая</i> экономика. 2. <i>Директивная</i> централизованная система управления (вертикальные иерархии). 3. Примат <i>коллективизма</i> в социально-психологической сфере	1. <i>Либеральная</i> рыночная экономика. 2. <i>Адаптивная</i> (демократическая) система управления (горизонтальные сети). 3. Примат <i>индивидуализма</i> в социально-психологической сфере
Условия формирования	1. Серьезные внешние угрозы. 2. Недостаток ресурсов (<i>игра с нулевой суммой</i>)	1. Отсутствие серьезных внешних угроз. 2. Разнообразие ресурсов (<i>игра с положительной суммой</i>)
Характер конкуренции	1. Конкуренция социумов (выживает сильнейший социум)	1. Конкуренция индивидов (выживает сильнейший индивид)
Цель	1. <i>Безопасность</i> (выживание социума)	1. <i>Развитие</i> (повышение индивидуального благосостояния)
Способ достижения цели	1. Объединение слабых вокруг сильного (сильная центральная власть)	1. Объединение слабых против сильного (слабая центральная власть)
Приоритеты	1. <i>Кооперация</i> как принцип. 2. Обеспечение единства общества. 3. Улучшение управления	1. <i>Конкуренция</i> как принцип. 2. Инициирование плюрализма, экономической активности
Этическая система	1. « <i>Декларация добра</i> » (идеологическое единство)	1. « <i>Запрет зла</i> » (свобода действий в рамках закона)

Окончание табл. 1

Характеристика	X-структура	Y-структура
Угрозы системе	1. Потеря единства общества. 2. Снижение эффективности власти, бюрократизм, коррупция	1. Монополизация власти. 2. Имущественное расслоение
Объект защиты	1. Социальная организация (государство)	1. Индивидуальные права и свободы

Необходимо иметь в виду, что речь идет именно о *смещении* социальной самоорганизации в сторону усиления или X-, или Y-структур при изменении внешних условий. В реальных социальных системах всегда присутствуют как X-, так и Y-элементы, но доминируют и определяют облик общества в целом либо X-, либо Y-институты, поэтому можно говорить соответственно об обществах X-типа и об обществах Y-типа.

Общества X-типа преобладают в периоды демографической и технологической стабилизации / стагнации, а общества Y-типа формируются и усиливаются в периоды демографического и технологического роста (см. рис. 9).

Проблема в том, что, как это следует из табл. 1, характеристики X- и Y-структур кардинально отличаются друг от друга, а продвигаемые в их рамках принципы самоорганизации зачастую противоположны: то есть то, что хорошо для X-структур, как правило, плохо для Y-структур, и наоборот. Поэтому процесс трансформации институциональных структур в переходные эпохи связан со снижением социально-политической устойчивости и часто сопровождается социальной нестабильностью и революциями.

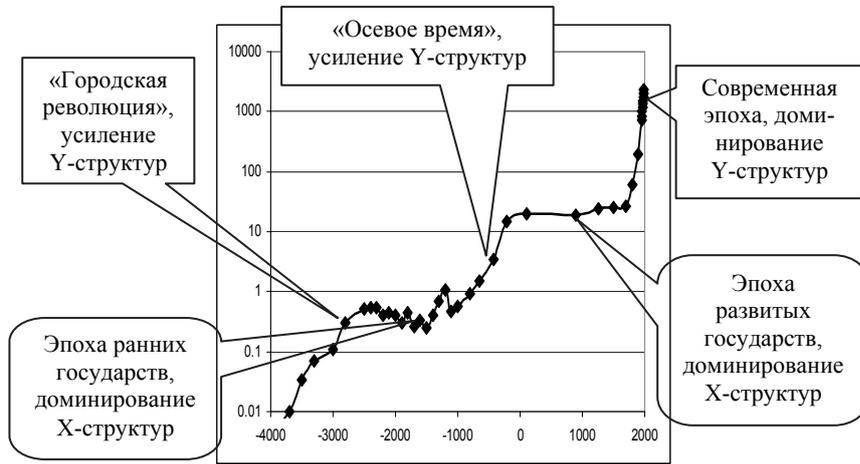


Рис. 9. Связь процессов социальной самоорганизации с фазами исторического развития (график отражает изменение численности городского населения мира в млн человек, для городов с населением более 10 000 человек)

Часть четвертая

В работе (Малков, Коротаяев, Давыдова 2022) представлены результаты моделирования классического² аграрного общества (пример социальной X-структуры, формирующейся в фазе демографической и технологической стабилизации / стагнации) и индустриального общества (пример социальной Y-структуры, формирующийся в фазе демографического и технологического роста). Представляет интерес рассмотрение динамики перехода от фазы демографического и технологического роста к фазе демографической и технологической стабилизации / стагнации и обратно. С этой целью применим базовую модель «демография – экономика – технологии» к анализу глобальных фазовых переходов. Пусть общество первоначально находится в состоянии «мальтузианской ловушки», когда демографический рост отсутствует вследствие ограниченности ресурсной базы (о моделировании «мальтузианской ловушки» см., например: Гринин и др. 2008). Пусть в момент времени t_1 начинается развитие технологий, расширяющих ресурсную базу и обеспе-

² Под термином «классическое аграрное общество» понимается аграрное общество в периоды демографической и технологической стабилизации / стагнации, например в период Средневековья.

чивающих рост производственной функции, которая до этого времени характеризовалась значением F'_1 . Развитие технологий запускает процесс демографического и технологического роста. Однако через некоторое время экономический рост начинает тормозиться вследствие возникновения определенных ограничений (например, ресурсных или экологических), и производственная функция в конечном итоге фиксируется на неизменном уровне F'_2 (при этом $F'_2 > > F'_1$).

Система уравнений, описывающая демографическую и экономическую динамику как в период роста, так и при последующем торможении и стабилизации, имеет вид³:

$$dN/dt \approx r \cdot N \cdot (1 - x_0(t)/x), \quad (1)$$

$$dS/dt \approx c \cdot N \cdot S \cdot (1 - k \cdot x_0(t)/x), \quad (2)$$

$$dx/dt \approx F'N - Q \approx F'N - q \cdot x, \quad (3)$$

$$x_0(t) \approx x_0 \cdot (1 + b \cdot (N - N_1)/N_1), \quad (4)$$

где нижний индекс $_1$ означает, что значение переменной соответствует начальному для расчета моменту времени t_1 . Уравнение (1) отражает динамику численности населения N ; x – материальный продукт, приходящийся на душу населения; x_0 – уровень «прожиточного минимума» (физического выживания): при снижении уровня материального обеспечения ниже значения x_0 смертность начинает превышать рождаемость; r – коэффициент. Уравнение (2) отражает динамику уровня развития технологий S ; c и k – коэффициенты, значение которых зависит от исторической эпохи. Уравнение (3) отражает изменение среднего уровня материального благосостояния в обществе; $F'N$ – производство потребительской продукции на душу населения; F' – производство потребительской продукции (производственная функция); Q – среднее потребление на душу населения; q – коэффициент. Уравнение (4) отражает рост значения x_0 по мере роста численности населения и усложнения общества.

Для учета роста функции F' в начале фазового перехода и ее последующего торможения вследствие возникновения ресурсных, экологических и других ограничений может быть использовано выражение (см. рис. 10):

³ Подробное описание используемого методического подхода к описанию демографической и экономической динамики приведено в (Малков, Коротаев, Давыдова 2022).

$$F' \approx (S_I \cdot N_I)^2 / (N_I \cdot S_I + F'_2) + S \cdot N \cdot F'_2 / (N \cdot S + F'_2), \quad (5)$$

а типовое решение системы уравнений (1)–(5) представлено на рис. 11.

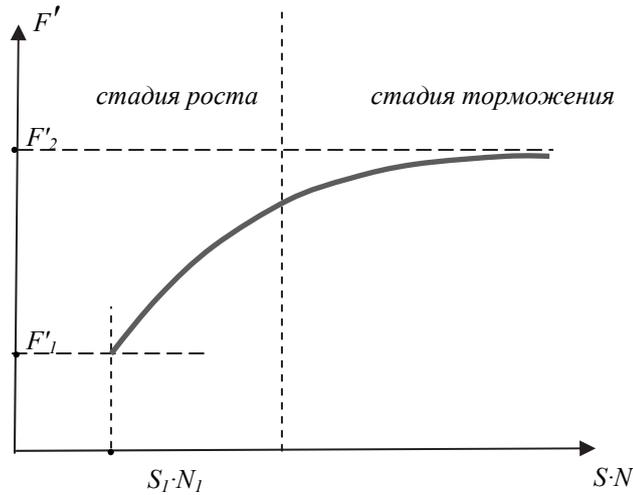


Рис. 10. Функция F' , описываемая выражением (5)

В целом же результаты моделирования позволяют сделать следующие выводы:

- для глобального фазового перехода, описываемого системой уравнений (1)–(5), характерен быстрый демографический и технологический рост, а также быстрое торможение роста на заключительной стадии данного перехода (подобная динамика действительно имела место в эпоху «осевого времени», см. рис. 1);

- во время фазового перехода на стадии роста демографическая динамика с высокой точностью аппроксимируется гиперболой (пунктирная линия на рис. 11), на что в 1960 г. указал Х. фон Ферстер с коллегами (Foerster *et al.* 1960), анализируя статистические данные. Гиперболический характер роста обусловлен сильной положительной обратной связью между переменными N и S : рост N ускоряет рост S (см. уравнение (2)), а рост S в свою очередь ускоряет рост N , увеличивая значение x в уравнении (1).

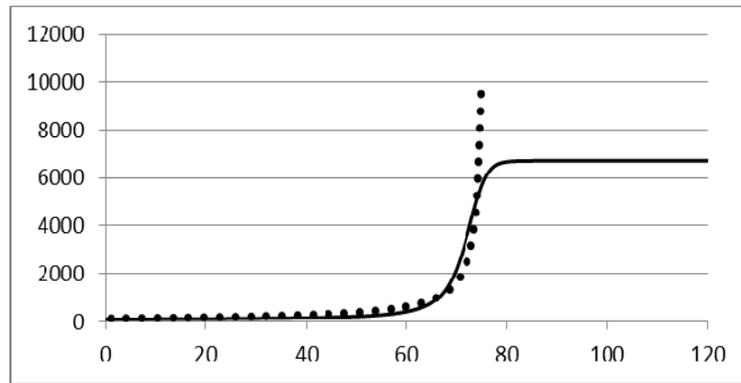


Рис. 11. Типовые результаты расчета динамики численности населения N (сплошная линия) во время фазового перехода (значения по оси абсцисс и ординат – в условных единицах). Пунктирная линия – гипербола

Таким образом, моделирование показывает, что сингулярность – это не курьезный артефакт, а закономерность динамики глобального фазового перехода, обусловленная синергетическим взаимодействием демографического и технологического роста. Обобщая, можно сказать, что если мы наблюдаем гиперболические тренды в динамике показателей сложных систем, то это маркеры того, что мы имеем дело с фазовым переходом, актуализирующим положительные обратные связи в процессах, определяющих функционирование данных систем.

Возникает вопрос: при каких условиях актуализируются обратные положительные связи и запускается процесс роста? Моделирование показывает, что главным условием является следующее: одновременное увеличение значения коэффициента c в уравнении (2), описывающем динамику развития технологий, и увеличение отдачи от инноваций (то есть рост S и расширение ресурсной базы).

Увеличение значения коэффициента c зависит от многих факторов, но одним из важнейших является социальный спрос на инновации. В традиционном обществе спрос на инновации, как правило, невелик, более того, инноваторы, предлагающие что-то новое, непривычное, воспринимаются настороженно, с опаской. Приоритетным является использование традиционных социальных и материальных технологий⁴, апробированных временем и доказавших свою

⁴ Настороженное отношение к инновациям в традиционных обществах обусловлено, кроме всего прочего, тем, что эти общества, как правило, находятся

эффективность в прошлом. Спрос на инновации, как правило, возникает в условиях кризиса, когда по тем или иным причинам привычные алгоритмы принятия решений перестают давать необходимый результат (это могут быть природные, социальные и другие кризисы). Важно также, чтобы после преодоления кризиса спрос на инновации не угас. Для этого нужно, чтобы произошел сдвиг в общественном сознании, например, чтобы появилась новая идеология (религия), которая бы поощряла инновационную активность (такой социальной технологией в Новое время в Европе стала протестантская этика М. Вебера [1990]).

Выполнение второго условия перехода к росту – увеличение отдачи от инноваций – возможно, если эти инновации действительно оказываются эффективными и дают резкий рост производительности труда, вводят в оборот новые виды ресурсов, повышают эффективность производства⁵. Естественно, в начальный период эти эффекты могут быть только *локальными* (географически привязанными к месту, где инновация впервые дала положительный результат), и лишь затем, по мере закрепления успеха, они могут распространяться на периферийные регионы. Модель модернизации, описывающая данный процесс, изложена в (Малков, Давыдова 2021). Расширение региона, охваченного процессами модернизации, включает в себя несколько стадий (Малков, Максимов 2018а; 2018б):

Стадия 1. Традиционное общество.

Для этой стадии характерен низкий уровень экономического роста, экономика основана на использовании традиционных технологий. Социально-экономические и политические процессы имеют циклический характер, наблюдается доминирование институциональных структур X-типа (см. табл. 1).

Стадия 2. Фазовый переход под влиянием технологических и социальных инноваций.

Возникновение и освоение комплекса технологических и социальных инноваций, резко повышающих производительность труда в ряде обществ, нарушает относительное равновесие сил в Мир-Системе и запускает процесс модернизации, который постепенно

в «мальтузианской ловушке», когда значительная часть общества озабочена физическим выживанием и не готова к резким изменениям, нарушающим хрупкое равновесие.

⁵ Это в свою очередь стимулирует дальнейший инновационный поиск, поощряет инновационную деятельность, повышает социальный статус инноваторов, создает в обществе благоприятную обстановку для развития.

расширяется и со временем охватывает всю систему. Данный процесс имеет следующие фазы:

Фаза 2.1. Разделение на страны центра (в которые входят общества, освоившие и внедрившие инновации) и страны периферии (в которые входят общества, по-прежнему использующие традиционные технологии). В обществах центра формируются Y-институциональные структуры, основанные на внутренней конкуренции⁶. В обществах периферии по-прежнему доминируют X-институциональные структуры, основанные на кооперации в среде «своих» и на противопоставлении их «чужим» (см. табл. 1).

Фаза 2.2. Дивергенция (экономический отрыв стран центра от стран периферии), установление странами центра системы правил в экономике и политике, осуществление «глобализации» в интересах стран центра (с целью использования ресурсов периферии странами центра для стимулирования своего развития).

Фаза 2.3. Развитие процесса модернизации в странах периферии благодаря диффузии инноваций и передовых технологий из стран центра.

Фаза 2.4. Конвергенция: подтягивание стран периферии к странам центра в результате модернизации их экономик; замедление развития и кризис стран центра.

Фаза 2.5. Структурный мир-системный кризис: утрата странами центра лидирующих позиций с последующим разрушением установленной ими системы правил и господствующей идеологии. Как следствие – хаотизация экономических и политических взаимодействий, прогрессирующая регионализация, формирование конкурирующих политических блоков.

Стадия 3. Новое общество.

На этой стадии конкуренция между X- и Y-системами снимается за счет преобразований в идеологической и институциональной сферах, разделение на страны центра и страны периферии элиминируется, возникают общества нового типа и новые геополитические блоки.

При этом остается вопрос: почему период роста в конечном итоге заканчивается? Здесь важно влияние следующих факторов:

– начинает сказываться истощение возможностей базовых технологий, которые запустили процесс роста;

⁶ В начале «осевого времени» лидером в формировании Y-институтов была Древняя Греция, в начале Нового времени – Англия.

– увеличение численности населения порождает проблемы, которые ранее представлялись малозначительными (например, экологические), но теперь требуют серьезного внимания и ресурсных затрат;

– происходит истощение запасов основных природных ресурсов, которые интенсивно использовались в период роста;

– увеличение численности и плотности населения требует непрерывного повышения затрат на инфраструктуру и жизнеобеспечение, что увеличивает нагрузку на экономику;

– увеличение плотности и скученности населения способствует появлению новых болезней и эпидемий;

– увеличение масштаба социальных систем и, соответственно, повышение сложности управления ими требует существенной перестройки всей системы социальных взаимодействий, что обычно происходит очень болезненно, усиливает внутреннюю конфликтность, приводит к социальным кризисам.

До сих пор под влиянием этих и других факторов периоды роста заканчивались, открывая новую историческую эпоху, в ходе которой общество адаптировалось к новой реальности, к миру, измененному новыми технологиями. Это сопровождалось появлением новых идеологий (религий) и типов государственности, изменением ментальности, появлением новых социальных слоев, укрупнением социальных систем и их внутренней связности (транспортной, экономической, информационной, ментальной). Общество «переваривало» изменения, произошедшие в результате фазового перехода, и накапливало потенциал для следующего витка эволюции.

Осталось понять, почему интервалы между очередными «эпохами перемен» уменьшаются: неолитическая революция произошла 10 тыс. лет назад, «городская революция» – 5 тыс. лет назад, «осевое время» – 2,5 тыс. лет назад, промышленная революция – 200 лет назад (мы используем такой перечень глобальных трансформаций потому, что именно они сопровождались глобальными демографическими взрывами, см. рис. 3). На этот вопрос можно попытаться ответить, опираясь на уравнение М. Кремера (Kremer 1993), отражающее тот факт, что скорость появления инноваций пропорциональна текущему технологическому уровню развития общества:

$$dS/dt \approx c \cdot N \cdot S, \quad (6)$$

где S – количество технологических инноваций.

Таким образом, получается, что рост числа инноваций приводит к росту технологического развития и, как мы уже знаем, к росту численности населения (а значит, и к увеличению числа инноваторов, составляющих небольшой, но достаточно устойчивый процент от численности населения). То есть налицо положительная обратная связь, ускоряющая технологический рост и сокращающая время между очередными «технологическими революциями», что и наблюдается в человеческой истории⁷.

Часть пятая

Итак, как было показано выше, на макроуровне человеческая история представляет собой периодическую смену этапов интенсивного экономического и демографического роста, инициированного технологическими трансформациями, и этапов экономической и демографической стабильности (а временами – стагнации). Понятно, что процессы *социальной самоорганизации* в периоды интенсивного роста и в периоды стабильности существенно отличаются друг от друга, что приводит к формированию различающихся социальных и институциональных структур в этих обществах: условия роста способствуют формированию так называемых Y-структур, условия стабильности – так называемых X-структур (охарактеризованных нами выше).

Для нас здесь важно то, что в условиях ограниченных ресурсов и серьезных внешних угроз экономическая система приобретает *распределительный* характер, который освящается традицией и идеологией (как правило, в форме религии). Традиции и религии накладывают на членов общества жесткие ограничения и самоограничения («не убий», «не укради», «не прелюбодействуй» и т. п.), которые оказывают стабилизирующее действие на социальную систему. Нарушение этих норм в условиях ограниченных ресурсов приводит к дестабилизации и ослаблению общества, поэтому осуждается и наказывается.

⁷ Интересно, что эффект технологического ускорения весьма напоминает известный эффект ускорения видообразования в биологии, который наблюдается в течение последних 500 млн лет и, по-видимому, связан с тем, что более ранние виды своей жизнедеятельностью изменяют среду обитания, делая ее более разнообразной, насыщая органикой, порождая новые биологические ниши и тем самым создавая благоприятные условия для появления новых видов.

В условиях растущего ресурса необходимость в жесткой регламентации жизни общества отпадает. Более того, существующие традиции и нормы становятся обузой, поскольку препятствуют внедрению и распространению инноваций. Понятие «свобода» приобретает статус важнейшей ценности, прежние ограничения и самоограничения постепенно отвергаются как устаревшие и уже ненужные. Отказ от старых канонов приводит к формированию новых институциональных структур, более адекватных условиям роста, поощряющих индивидуальную активность и конкуренцию (Y-структуры). Однако при этом снижается устойчивость общества, и если (и когда) рост ресурса начинает тормозиться, «общество свободы» может дестабилизироваться и распасться.

Рассмотрим, как происходили переходы от периодов стабильности⁸ к периодам роста⁹ и обратно:

– в периоды стабильности общество находится в условиях «игры с нулевой суммой» (ИНС). Доминируют X-структуры. Господствует традиция, обеспечивающая равновесие общества с окружающей средой. Идеологически традиция освящается религией, устанавливающей систему ограничений и самоограничений. Соответственно, соблюдение идеологических (религиозных) норм имеет большое значение в обеспечении стабильности общества, инновации не приветствуются;

⁸ Периоды стабильности в терминах теории игр можно характеризовать как периоды преобладания «игры с нулевой суммой» (ИНС, игра, в которой выигрыш одного игрока равняется проигрышу другого) во взаимодействиях социальных акторов: в условиях *ограниченного ресурса* победа в конкурентной борьбе одного из акторов приводит к гибели (физической, экономической, политической) побежденных. Поэтому внутри общества конкуренция осуждалась (чтобы не приводить его к дестабилизации), наоборот, поощрялись солидарность и взаимопомощь. Зато по отношению к другим обществам обычными были антагонистические отношения и «образ врага».

⁹ Периоды роста можно в терминах теории игр характеризовать как периоды преобладания «игры с положительной суммой» (ИПС, в теории игр – это игра, в ходе которой все игроки могут оказаться в выигрыше, но, возможно, в разной степени) во взаимодействиях социальных акторов: в условиях *растущего ресурса* победа одного из акторов не приводит к гибели (физической, экономической, политической) побежденных, но стимулирует последних быть более активными в конкурентной борьбе. Конкуренция порождает экономическую активность, ведущую к дальнейшему расширению ресурсной базы. Соответственно, она не осуждается, а приветствуется, что приводит к формированию внутренне конкурентного общества.

– при резком изменении внешней среды (например, вследствие климатических изменений) прежние нормы и самоограничения уже не дают требуемого результата по стабилизации общества, общество дестабилизируется, начинаются поиски выхода из кризисной ситуации, возникает спрос на инновации, соответственно, общество начинает отказываться от принятых традицией ограничений и самоограничений;

– если поиск инноваций, направленный на преодоление возникшего кризиса, завершается успехом¹⁰, и внедрение новых технологий расширяет ресурсную базу, то общество переходит в фазу экономического роста. При этом возникает петля положительной обратной связи: экономический успех стимулирует дальнейший отказ от традиционных норм и самоограничений. В обществе начинают поощряться инициативность, стремление к новизне и свободе действий. Формируется внутренне конкурентное общество с институциональной структурой Y-типа¹¹, ориентированное на ИПС. Внутренняя конкуренция стимулирует индивидуальную активность, поиск дополнительных ресурсов, что в свою очередь поддерживает и усиливает экономический рост;

– однако через какое-то время потенциал технологической революции, запущенной инновационным импульсом, достигает своего насыщения и истощается, ресурсная база перестает прирастать, «игра с положительной суммой» прекращается. При переходе к «игре с нулевой суммой» Y-общество теряет эффективность: при ограниченных ресурсах ориентация на конкуренцию как принцип взаимоотношений приводит к усилению внутренней конфликтности и дестабилизации общества (к войне всех против всех). Необходима новая система норм, сдерживающая конкуренцию, перево-

¹⁰ Это происходит весьма редко. История, напротив, изобилует примерами, когда государства и целые цивилизации под воздействием неблагоприятных климатических и экологических изменений приходили в упадок и распались.

¹¹ Такими обществами в начале «городской революции» были города-государства Древней Месопотамии, в начале «осевого времени» – полисы Древней Греции, в начале Нового времени – Англия. В дальнейшем локально возникшие институциональные Y-структуры начинают распространяться и масштабироваться. Так, в «осевое время» достижения полисов Древней Греции были восприняты и использованы Древним Римом при создании своей империи, а в современную эпоху достижения Англии были восприняты и использованы США при создании «Pax Americana».

дующая конкурентные отношения в кооперативные, нужна новая система самоограничений¹². То есть возникает потребность в возрождении X-системы, в которой коллективные интересы превалируют над индивидуальными, а свободная конкуренция заменяется распределительными принципами.

Таким образом, имеет место следующая логика развития событий. Традиционное X-общество, попав в кризисную ситуацию, вынуждено изменяться, и если эти изменения окажутся успешными и запустят инновационный процесс, расширяющий ресурсную базу, то начинается экономический рост, в условиях которого социальная X-структура начинает трансформироваться в Y-структуру. Y-структура сохраняет свою эффективность до тех пор, пока сохраняется «игра с положительной суммой». Когда инновационный импульс иссякает и ресурсная база перестает прирастать, Y-структура снова трансформируется в X-структуру, ориентированную на «игру с нулевой суммой». Круг замыкается по схеме: $X \rightarrow Y \rightarrow X \rightarrow \dots$ (см. рис. 12).

Здесь важны три момента.

Во-первых, каждая технологическая революция усиливала неравномерность развития и запускала очередной виток глобализации, поскольку общества-лидеры, которые освоили новые технологии раньше других, вырывались в экономическом и политическом отношениях вперед и начинали внешнюю экспансию (торговую, военную, идеологическую) за пределами своих территорий. В результате происходило укрупнение социально-экономических систем:

- в эпоху «городской революции» произошел переход от раздробленной племенной структуры к ранним государствам;
- в «осевое время» – процесс формирования обширных империй, поглощавших моноэтнические государства;
- в современную эпоху – процесс экономической и политической глобализации в полном смысле этого слова с формированием наднациональных институтов регулирования и управления.

В связи с этим X-структуры, формирующиеся после очередной технологической революции, – это не повторение прежних X-структур, а новые социальные феномены, более масштабные и более сложные по своему составу и внутренним связям.

¹² Это была одна из причин, по которым на закате Римской империи христианство стало государственной религией.



Рис. 12. Соответствие между демографическим, социальным и духовным развитием в мировой истории (сплошная линия – динамика численности городского населения мира, млн человек, см. рис. 8). Стрелками отмечены поворотные моменты в формировании идейных течений (см. комментарий в тексте)

Во-вторых, поскольку общества X- и Y-типов кардинально отличаются по своим идеологическим и ценностным установкам, то переход от X-общества к Y-обществу, как и переход от Y-общества к X-обществу, невозможен без революции в сознании людей, без появления новых массовых идеологий (религий), изменяющих ценностные ориентиры, представления о добре и зле, о правильном и неправильном поведении. Такие идеологии (религии) появлялись и распространялись как в начале «эпох перемен» (обеспечивая трансформацию X-общества в Y-общество), так и в их конце (обеспечивая трансформацию Y-общества в X-общество). На рис. 12 идеологии (религии) первого типа обозначены стрелкой, направленной вверх, а идеологии (религии) второго типа – стрелками, направленными вниз¹³. Соответственно, в нынешнюю переходную эпоху неизбежно появление новой идеологии второго типа.

¹³ Так, например, религией, способствовавшей трансформации древнегреческого X-общества в Y-общество, была религия олимпийских богов с ее телесно-

В-третьих, цепочка: X (ранние государства бронзового века) → Y («осевое время») → X (развитые государства Средневековья) → Y (капитализм Нового времени) → (?) скорее всего, не завершится возвращением к социальным X-структурам, следует ожидать возникновения принципиально нового «постсингулярного» W-общества. Наше представление о том, каким будет это W-общество, изложено, например, в работах (Малков 2020; Гринин и др. 2022; Малков, Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2022), но это уже отдельная тема, выходящая за рамки данной статьи.

Литература

Вебер, М. 1990. *Избр. произведения*. М.: Прогресс. 808 с.

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. В: Малинецкий, Г. Г., Коротаев, А. В. (отв. ред.), *Проблемы математической истории: Математическое моделирование исторических процессов*. М.: ЛИБРОКОМ. С. 78–117.

Гринин, Л. Е., Малков, С. Ю., Гринин, А. Л., Коротаев, А. В. 2022. Умрет ли капитализм? Размышления о капитализме прошлого, настоящего и будущего. *Социологический журнал* 28(2): 100–130. DOI: 10.19181/socjour.2022.28.2.8988.

Добролюбов, С. В. 2016. Глобальное общество как точка сингулярности и фазового перехода к новому типу социальной эволюции. В: Гринин, Л. Е., Коротаев, А. В. (отв. ред.), *Эволюция: срезы, правила, прогнозы*. Волгоград: Учитель. С. 229–262.

Кирдина, С. Г.

2004. *X и Y-экономики: Институциональный анализ*. М.: Наука. 256 с.

2014. *Институциональные матрицы и развитие России: введение в X-Y-теорию*. 3-е изд., перераб., расшир. и илл. СПб.: Нестор-История. 468 с.

Коротаев, А. В. 2006. Периодизация истории Мир-Системы и математические макромодели социально-исторических процессов. В: Гринин, Л. Е., Коротаев, А. В., Малков, С. Ю. (отв. ред.), *История и Математика: Проблемы периодизации исторических макропроцессов*. М.: КомКнига; УРСС. С. 16–167.

стью и высококонкурентным духом. Религией, способствовавшей трансформации древнеримского Y-общества (Римская республика) в X-общество (Римская империя эпохи домината), стала христианская религия, провозгласившая добродетелью «любовь к врагам своим». Религией, способствовавшей трансформации европейского средневекового X-общества в Y-общество Нового времени, стал протестантизм с его духом индивидуализма и активным конкурентным началом.

Коротаев, А. В., Малков, А. С., Халтурина, Д. А. 2007. *Законы истории: Математическое моделирование развития Мир-Системы. Демография, экономика, культура*. М.: КомКнига. 224 с.

Малков, С. Ю.

2009. *Социальная самоорганизация и исторический процесс. Возможности математического моделирования*. М.: ЛИБРОКОМ. 209 с.

2020. Будущее Z-общество. *Информационные войны* 4: 2–12.

Малков, С. Ю., Давыдова, О. И. 2021. Модернизация как глобальный процесс: опыт математического моделирования. *Компьютерные исследования и моделирование* 13(4): 859–873. DOI: 10.20537/2076-7633-2021-13-4-859-873.

Малков, С. Ю., Максимов, А. А.

2018а. Эпохи перемен: сходства и различия. В: Гринин, Л. Е., Коротаев, А. В. (отв. ред.), *Эволюция: паттерны эволюции*. Волгоград: Учитель. С. 229–262.

2018б. Эпохи перемен: из прошлого в будущее. *Информационные войны* 2: 16–23.

Малков, С. Ю., Гринин, Л. Е., Гринин, А. Л. 2022. Сложный путь к кибернетическому обществу: социально-политические трансформации. *Информационные войны* 3: 50–58.

Малков, С. Ю., Коротаев, А. В., Давыдова, О. И. 2022. Мировая динамика как объект моделирования (к пятидесятилетию первого доклада Римскому клубу). *Компьютерные исследования и моделирование* 14(6).

Назаретян, А. П. 2013. Середина XXI века: загадка сингулярности. *Философские науки* 9: 15–24.

Панов, А. Д. 2005. Сингулярная точка истории. *Общественные науки и современность* 1: 122–137.

Цирель, С. В. 2012. Скорость эволюции: пульсирующая, замедляющаяся, ускоряющаяся. В: Коротаев, А. В., Гринин, Л. Е. (отв. ред.), *Универсальная и глобальная история. Эволюция Вселенной, Земли, жизни, общества*. Волгоград: Учитель. С. 167–196.

Bunch, B., Hellemans, A. 2004. *The History of Science and Technology*. Boston; New York: Houghton Mifflin Company. 776 pp.

Foerster, H. von, Mora, P. M., Amiot, L. W. 1960. Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026. At This Date Human Population will Approach Infinity if it Frows as it has Grown in the Last Two Millennia. *Science* 132: 1291–1295. DOI: 10.1126/science.132.3436.1291.

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. 2005. *The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology*. New York: Viking Penguin. 602 pp.