

## НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИКА НЕЛИНЕЙНОГО МИРА

Малков С.Ю.

Работа поддержана РФФИ (проект №08-06-00319)

Разразившийся мировой финансово-экономический кризис, наступление которого стало для многих неожиданностью, остро поставил вопрос о возможностях экономического прогнозирования, о способности науки адекватно описывать сложные социальные процессы и предсказывать их развитие.

Упреки в адрес экономической науки во многом справедливы. Но, по-видимому, дело все-таки не в самой науке, а в определенной инерционности использования ее методов. До настоящего времени при проведении анализа и прогноза чаще всего использовался *эконометрический* метод, основанный на выявлении складывающихся тенденций развития в ходе статистической обработки различных экономических показателей. В эпоху стабильного и устойчивого роста мировой экономики такой метод давал неплохие результаты и чего-то другого особо не требовалось. Ситуация резко изменилась с началом кризиса. Прогноз на основе анализа долговременных тенденций стал бессмысленным. Возникла острая необходимость использования другого научного инструментария. Но какого? Можно ли говорить о кризисе в экономической науке?

Думается, что для разговоров о таком кризисе особых оснований нет. Просто изменившиеся условия требуют использования методов, потребность в которых доселе не очень осознавалась и которым уделялось довольно мало внимания. К этим методам относятся методы нелинейной динамики, экономической синергетики, нацеленные на описание неравновесных процессов, на анализ закономерностей разрушения старых и формирования новых социально-экономических структур. Поскольку интерес к использованию данных методов будет несомненно расти, сделаем беглый обзор проблематики, рассматриваемой этими методами, чтобы показать их возможности.

Рассмотрим использование нелинейной динамики для исследования экономических и социально-политических процессов в масштабах отдельной страны и мира в целом, основное внимание уделив анализу:

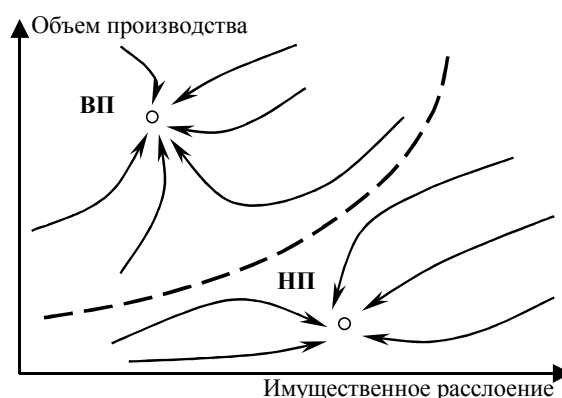
- а) закономерностей формирования устойчивых социально-экономических структур;
- б) закономерностей переходных процессов, кризисов, фазовых переходов от одной структуры к другой.

Последовательность повествования соответствует схеме:

		Формирование структур	Фазовые переходы
Экономические аспекты	страна	1	2
	мир	3	4
Социально-политические аспекты	страна	5	6
	мир	7	8

### 1. Экономика страны, формирование структур

Исследования экономики как развивающейся системы показывают, что вопреки широко распространенному мнению о единственности рыночного равновесия в рыночной экономике возможно *несколько* равновесных состояний (рисунок 1) с разной продуктивностью производства, с различным уровнем жизни населения и степенью социального (имущественного) расслоения (механизм возникновения нескольких устойчивых состояний описан, например, в [1, 2]). В эволюционной экономике они называются институциональными ловушками, в теории развивающихся систем - аттракторами.



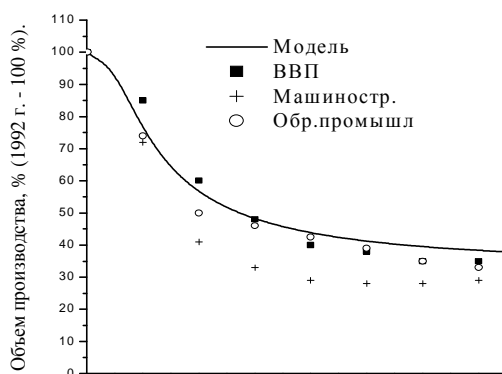
**Рисунок 1** - Расчетные траектории развития рыночной экономики:  
 ВП – высокопродуктивное состояние  
 НП – низкопродуктивное состояние

Данные состояния при отсутствии социальных катаклизмов достаточно устойчивы. То, в каком из возможных состояний окажется экономика страны, зависит от исходных условий, от действий правительства, ресурсных возможностей и других факторов. Рыночные отношения *удерживают* экономику в равновесном состоянии, *переходы* между равновесными состояниями возможны, но не самопроизвольно, а в результате целенаправленных государственных мер.

## 2. Экономика страны, фазовые переходы

Методы нелинейной динамики позволяют моделировать быстрые неравновесные процессы (так называемые «фазовые переходы») в экономических системах, связанные с переходом из одних устойчивых состояний в другие.

Переход из высокопродуктивного в низкопродуктивное устойчивое состояние внешне воспринимается как экономический кризис («Великая депрессия» в странах Запада в конце двадцатых годов прошлого века; кризис девяностых годов в России, см. рисунок 2 из [3]).



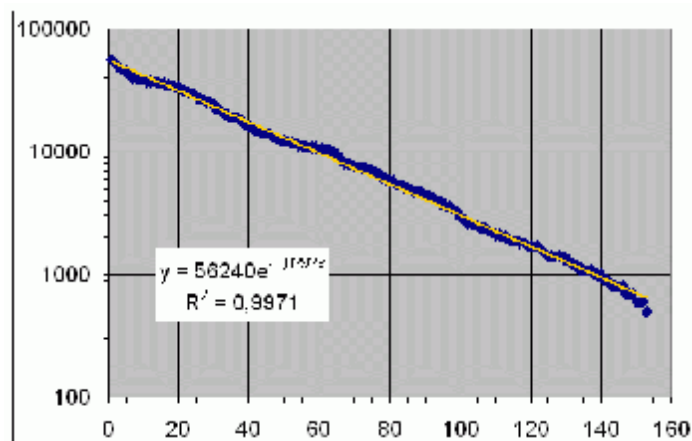
**Рисунок 2** - Фазовый переход из высокопродуктивного в низкопродуктивное устойчивое состояние (динамика экономики России после начала реформ девяностых годов)

Переход из низкопродуктивного состояния в высокопродуктивное воспринимается как «экономическое чудо» (быстрое возрождение экономик Германии и Японии после Второй мировой войны и т.п.), которое может быть осуществлено только в результате целенаправленных мер *государственного регулирования* (реформирования) экономики.

Россия в настоящее время находится в ловушке низкопродуктивного состояния экспортносырьевой экономики. Выход из ловушки сложен и требует серьезных согласованных усилий со стороны государства и общества. Способны ли они будут на это – покажет время.

### 3. Экономика мира, формирование структур

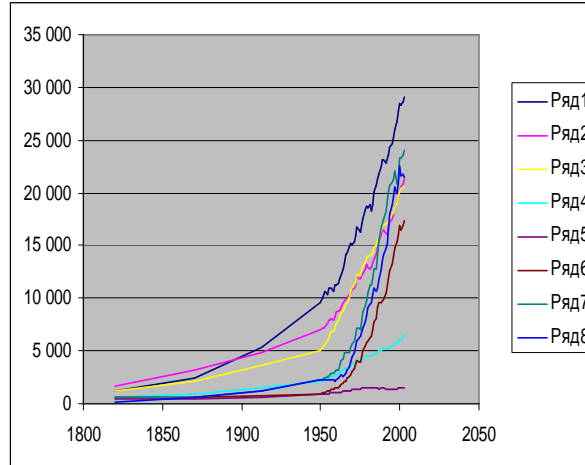
В результате межгосударственного взаимодействия в мире формируются экономические структуры, основанные на глобальном разделении труда. Хотя страны мира обладают сильными индивидуальными различиями, значительно отличаются друг от друга уровнем экономического развития, их сообщество составляет определенную целостность. Это видно из графика, представленного на [рисунок 3](#), где приведено ранговое распределение стран мира по величине валового внутреннего продукта (ВВП) на душу населения по состоянию на 2008 год (при сравнении двух стран меньший ранг присваивается стране с бóльшим значением ВВП/чел.). Данное распределение удивительно точно аппроксимируется экспонентой, что отражает важные системные свойства, которые еще предстоит осмыслить.



**Рисунок 3** - Ранговое распределение стран мира по величине ВВП/чел. (в 2008 г.)

### 4. Экономика мира, фазовые переходы

Экспоненциальный характер приведенного на [рисунок 3](#) распределения обладает хорошей устойчивостью на протяжении последних нескольких десятков лет, несмотря на то, что внутри этого распределения происходят достаточно интенсивные перемещения отдельных стран вследствие неравномерности их экономического развития. Эта неравномерность хорошо видна на [рисунок 4](#).



**Рисунок 4** - Динамика ВВП на душу населения  
 1- США, 2 - Великобритания, 3 - Западная Европа, 4 - Мир в целом, 5 - Африка,  
 6 - Тайвань, 7 - Гонконг, 8 - Сингапур

Можно показать [4], что динамика ВВП на душу населения в развитых странах и в мире в целом хорошо аппроксимируется степенной зависимостью типа:

$$Y(t) = C/(2026 - t)^k, \tag{1}$$

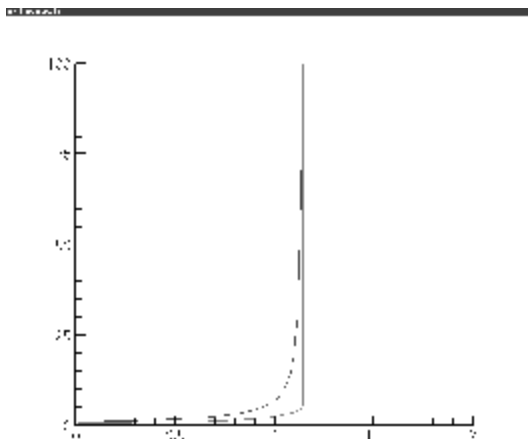
где  $Y(t)$  – изменение ВВП на душу населения,  $C$  – константа,  $t$  – год,  $k$  – показатель степени (порядка единицы).

Зависимость (1) характеризует режим с обострением, в соответствии с которым при сохранении существующих тенденций в 2026 году ВВП на душу населения должен обратиться в бесконечность. Поскольку это физически невозможно, реально это означает, что до 2026 года должны произойти кардинальные изменения в мировой экономике, подобные происходящему на наших глазах глобальному демографическому переходу [5, 6]. Разразившийся экономический кризис возможно является первой ласточкой данного процесса.

Характерной особенностью современной ситуации является то, что экономически развитые страны вошли в режим коэволюционного развития: несмотря на различие стартовых условий их экономическая динамика характеризуется близкими по значению моментами обострения (в районе 2026 года), идет подтягивание стран этой группы к общему уровню (на рисунке 4 это хорошо видно на примере Тайваня, Гонконга и Сингапура). Оказывается, что коэволюционные процессы в мировой экономике могут быть описаны достаточно простыми нелинейными моделями [4] типа:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= ax^2 - c(x - y) \\ \frac{dy}{dt} &= by^2 + c(x - y) \\ x(0) &= x_0, \quad y(0) = y_0 \end{aligned} \right\} \tag{2}$$

где  $x$ ,  $y$  - ВВП на душу населения двух взаимодействующих стран,  $c$  – коэффициент, характеризующий интенсивность взаимодействия,  $x_0$ ,  $y_0$  – начальные условия ( $x_0 > y_0$ , то есть  $x$  – страна-лидер,  $y$  – догоняющая страна). Численное решение системы (2) дает картину, близкую к наблюдаемым статистическим данным (см. рисунки 4 и 5).



**Рисунок 5** - Моделирование взаимодействия систем с разным начальным уровнем развития

При этом результаты моделирования показывают следующее:

- коэволюция (единый момент обострения) возникает даже при достаточно малых уровнях взаимодействия систем;

- подтягивание «до своего уровня» (сближение траекторий развития:  $y(t) \rightarrow x(t)$ ) требует больших затрат ресурсов со стороны лидера  $x$  и слабо зависит от начальных условий  $y_0$  и режимов взаимодействия систем (опыт СССР по развитию союзных республик);

- экономическая помощь с целью неухудшения отношения  $y(t)/x(t)$  требует существенно меньших затрат ресурсов со стороны лидера  $x$  и пропорциональна отношению  $y_0/x_0$  (опыт взаимодействия развитых стран Запада и стран третьего мира).

Эти особенности должны учитываться при выстраивании экономических отношений с другими странами.

## 5. Внутренние социально-политические процессы, формирование структур

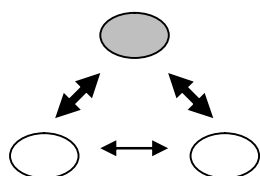
Исследование социально-экономических систем с различным институциональным устройством показывает [7, 8], что наибольшей устойчивостью к действию различных внешних и внутренних дестабилизирующих факторов обладают два типа структур так называемые **X**- и **Y**-структуры (см. рисунок 6).

## Х-структура (Восток)

1. Регулируемая экономика
2. Директивная централизованная система управления
3. Примат коллективизма в социально-психологической сфере

Условия формирования:

- недостаток ресурса;
- сильный внешний враг



Конкуренция социумов  
(выживает сильнейший социум)

Центральная власть

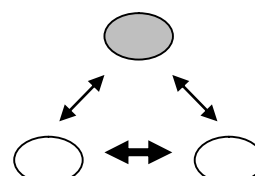
Население

## У-структура (Запад)

1. Либеральная экономика
2. Адаптивная (демократическая) система управления
3. Примат индивидуализма в социально-психологической сфере

Условия формирования:

- много разнообразных ресурсов;
- слабый внешний враг



Конкуренция индивидов  
(выживает сильнейший индивид)

Цель: - выживание социума

Способ достижения цели:

- объединение слабых вокруг сильного  
(сильная центральная власть)

Приоритеты:

- улучшение управления;
- обеспечение единства общества

Этическая система №2: «декларация добра»  
(идеологическое единство)

Угрозы системе:

- дезинтеграция (потеря единства общества);
- бюрократизм, коррупция

Объект защиты:

- социальная организация (государство)

Цель: - независимое развитие индивидов

Способ достижения цели:

- объединение слабых против сильного  
(слабая центральная власть)

Приоритеты:

- инициирование внутренней конкуренции, плюрализма, экономической активности

Этическая система №1: «запрет зла»  
(свобода действий в рамках закона)

Угрозы системе:

- монополизация власти;
- имущественное расслоение

Объект защиты:

- индивидуальные права и свободы

Рисунок 6 – Устойчивые институциональные структуры

Примерами Х-структур являются аграрные государства Востока, примерами Y-структур – индустриальные государства Запада. Принципиальным является то, что Х- и Y-структуры противоположны по способам самоорганизации и обеспечения устойчивости (что хорошо для одной системы, то плохо для другой) [9]. Эти структуры воспроизводятся, сохраняя свои качества. Это дало основание Р.Киплингу утверждать: «запад есть запад, восток есть восток, и вместе им не сойтись».

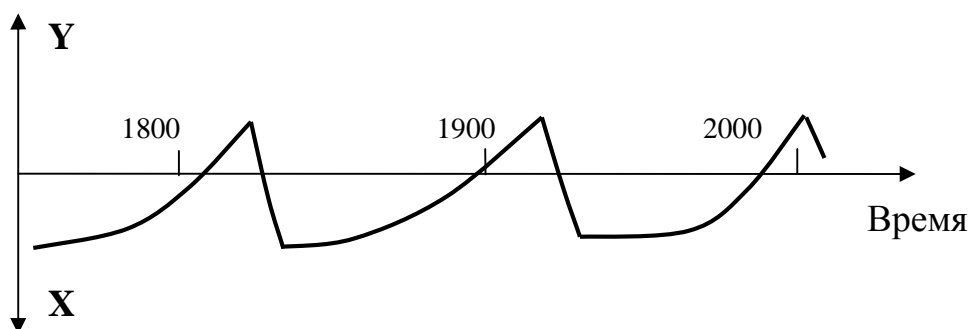
Соответственно, переходные состояния между Х- и Y-структурами *неустойчивы*. В зависимости от складывающихся условий социально-экономические системы (СЭС) тяготеют к доминированию либо Х-, либо Y-элементов в своей внутренней организации (основные внешние условия, влияющие на возникновение Х- и Y-элементов, отражены на [рисунке 6](#)). Внешнее навязывание СЭС несвойственной ей институциональной структуры обычно заканчивается ослаблением и утратой устойчивости СЭС.

Особенно опасно, когда разделение на Х- и Y-структуры происходит *внутри* общества. Это приводит к потере его целостности и угрожает социальными катаклизмами. Такая ситуация сложилась в пореформенной России: элита живет по законам Y-структуры, широкие массы населения – по традициям Х-структуры. Именно эта внутренняя расколотость является наибольшей угрозой существованию современной России.

## **6. Внутренние социально-политические процессы, фазовые переходы**

Социально-политические процессы, происходящие в различных государствах под воздействием внутренних и внешних факторов, влияют на действия правительств и органов данных государств. Часто эти действия приводят к изменению баланса между Х- и Y-элементами в социально-экономической системе. Если говорить о периодически проводимых в разных странах социально-экономических реформах, то их результатом (и целью), как правило, является именно изменение соотношения между Х- и Y-элементами в социальной системе. Так, либеральные реформы – это стремление усилить Y-элементы, в то время как консервативные реформы часто направлены на усиление Х-элементов. Если правительство страны стремится ускорить развитие, оно прибегает к Y-мерам (примером этому является политика «догоняющей модернизации» в ряде развивающихся стран), если же оно озабочено проблемами экономической или военной безопасности – реализует Х-меры (примером этому являются действия нового президента США Б.Обамы по усилению влияния государства на экономику в условиях финансово-экономического кризиса).

Если пропорция между Х- и Y-элементами в социальной системе слишком сильно отклоняется от соотношения, естественного для данной страны в рассматриваемых условиях, то возможен социальный взрыв, революция. По существу, *революции* (если не иметь в виду верхушечные перевороты, обусловленные борьбой различных группировок элиты за власть) – это быстрые фазовые переходы социальной системы от Х- к Y-структурам или наоборот [10]. Если с этой точки зрения проанализировать политическую историю России последних столетий, то станет ясно, что суть революционных ситуаций, периодически возникающих на рубеже веков, – это срыв «модернизационных» процессов (то есть процессов постепенного усиления Y-элементов) и возвращение России в состояние с преобладанием Х-элементов (см. [рисунок 7](#)).



**Рисунок 7** – Социально-политическая эволюция России в координатах (X,Y)

Проблема России в том, что в силу существующих природных и исторических условий ни X-, ни Y-структура не являются для нее оптимальными [9]. Несмотря на то, что промежуточные структуры имеют пониженную устойчивость, России важно удержаться в состоянии  $X_Y$ , когда доминирующие X-элементы (важная роль государства, коллективистских начал в социальной и экономической жизни) эффективно дополняются Y-элементами (частная инициатива, общественный контроль над чиновниками и др.). От того, насколько успешно будет найден такой синтез и как будет обеспечена его устойчивость, зависит будущность России.

## 7. Мировые социально-политические процессы, формирование структур

Моделирование показывает, что существует два основных способа обеспечения относительной устойчивости геополитических структур, которые условно можно определить как: (а) объединение слабых *вокруг* сильного (ОСВС) и (б) объединение слабых *против* сильного (ОСПС). Эти способы действуют по-разному, их эффективность существенно зависит от сложившихся условий: имеющейся ресурсной базы и т.п. (см. рисунок 8).

	<b>ОСВС</b>	<b>ОСПС</b>
<b>Геополитическая структура</b>	иерархия государств-союзников	конкурирующие государства (союзы государств)
<b>Механизм достижения устойчивости</b>	усиление лидера, концентрация ресурсов, делегирование полномочий	ослабление усиливающегося субъекта, создание коалиций против сильного
<b>Факторы снижения устойчивости</b>	усиление недоверия и внутренней конкуренции	получение конкурентных преимуществ, возникновение монополизма
<b>Способ повышения стабильности системы</b>	повышение доверия в системе, добровольная передача полномочий	усиление конкуренции, сдержки и противовесы
<b>Этические принципы</b>	«декларация добра», назначение правил игры & единство целей	«запрет зла», согласование правил игры & плюрализм
<b>Тип политического устройства</b>	сильный центр, авторитаризм, вертикаль власти	слабый центр, разграничение полномочий

**Рисунок 8** – Различия в обеспечении устойчивости геополитических структур



Геополитические структуры, основанные на принципах ОСПС и ОСВС, постоянно воспроизводятся в ходе исторического процесса, они имеют много сходства с институциональными X- и Y-структурами, рассмотренными выше. Примером доминирования ОСВС является Россия начиная с эпохи «собирания земли русской», примером доминирования ОСПС может служить Западная Европа начиная с эпохи раннего средневековья.

При этом в одном и том же регионе возможна периодическая смена тенденций от доминирования ОСВС к доминированию ОСПС и обратно. Она выражается в периодическом появлении государств-лидеров и ориентирующихся на них коалиций с последующим усилением конкурентной борьбы, заканчивающейся сменой лидера (рисунок 9).

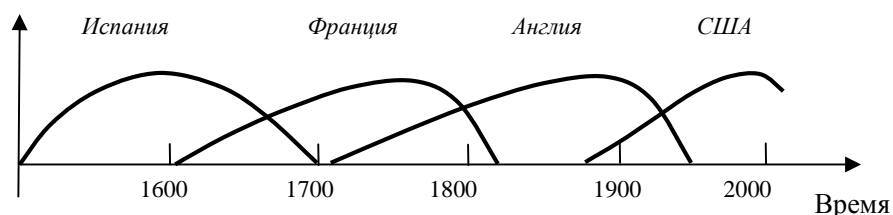


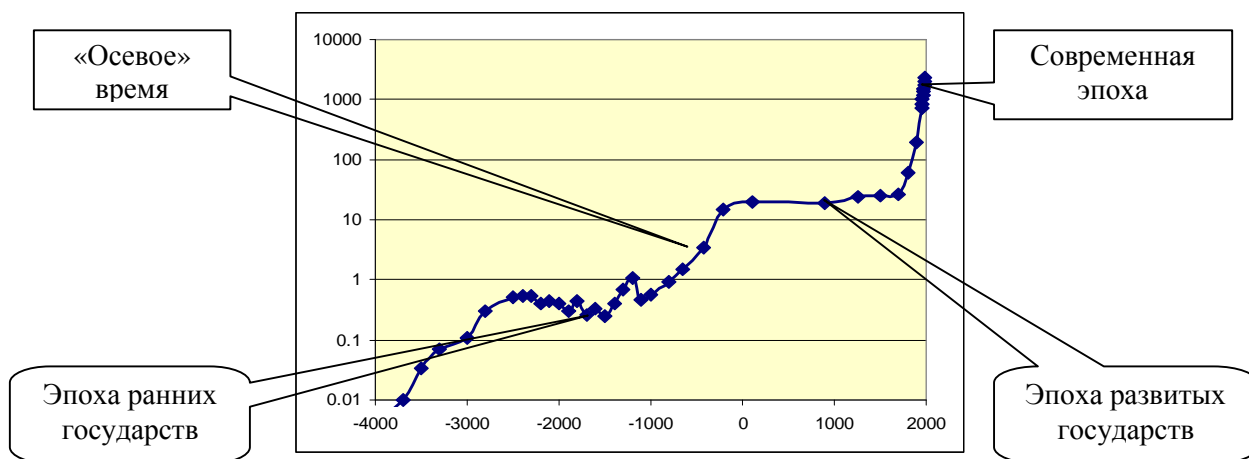
Рисунок 9 – Динамика смены лидеров и доминирования геополитических структур ОСВС

Усиление внешних угроз способствует формированию структур ОСВС (так было во второй половине XX века в эпоху «холодной войны», когда мир разделился на западный и восточный блоки), снижение внешних угроз провоцирует формирование структур ОСПС.

## 8. Мировые социально-политические процессы, фазовые переходы

Наличие механизмов поддержания геополитической устойчивости лишь локально стабилизирует ситуацию. Непрерывное развитие экономических, технологических, политических процессов приводит к появлению и усилению внутренних напряжений в Мир-системе. В результате накопления напряжений периодически возникает глобальный системный кризис, установившееся равновесие в Мир-системе взрывается и происходит кардинальная перестройка геополитической структуры, принципов экономической и социально-политической организации обществ.

Наиболее яркими примерами фазовых структурных переходов глобального масштаба являются современная эпоха и «осевое» время (VIII-III века до нашей эры по К.Ясперсу). Иллюстрацией этому служит рисунок 10 [11], отражающий динамику урбанизации на протяжении последних шести тысяч лет (динамика урбанизации является отражением процессов политогенеза).



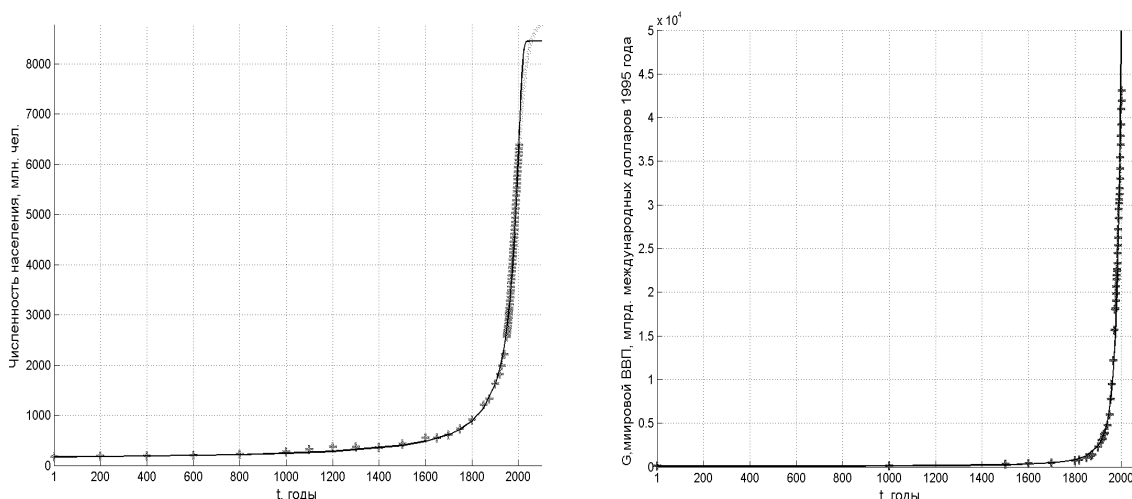
**Рисунок 10** - Численность городского населения мира в логарифмическом масштабе, млн. чел. (для городов с населением более 10000 чел.)

Действительно, эти «эпохи перемен» имеют много общего (см. [рисунок 11](#)), что обусловило их переходный характер и последовавшие затем кардинальные структурные изменения в Мир-системе.

«Осевое» время (VIII-III в. до н.э.)	Новое и Новейшее время (XIX в.н.э. и далее)
массовое распространение железного оружия и орудий труда	НТР, развитие массового промышленного производства
появление массовых армий, резкое увеличение масштабов завоеваний	появление механизированных армий
развитие средств коммуникаций и транспортной инфраструктуры	появление радио, телеграфа, железных дорог, автомобилей, авиации
появление наднациональных религий	появление массовых идеологий, рост влияния СМИ

**Рисунок 11** – Основные технологические и культурные изменения в «осевое» время и в современную эпоху

Наиболее драматичной «эпохой перемен» является современная эпоха, о чем свидетельствуют приведенные на [рисунок 12](#) графики мировой демографической и экономической динамики за последние две тысячи лет, иллюстрирующие взрывной рост ключевых показателей в последние десятилетия.



**Рисунок 4** – Динамика численности населения Земли (млн. чел.; левый график) и мирового ВВП (млрд. долл. 1995 года; правый график).

Подобный взрывной рост – свидетельство неравновесного процесса кардинальной структурной перестройки современного мира. «Осевое» время ознаменовало переход от эпохи «ранних государств» к эпохе «развитых государств» [12]. Современная эпоха знаменует начало глобального демографического перехода – это уже ясно [5, 6]. Каких перемен ждать в глобальной экономике и глобальном политическом устройстве – пока не известно. Предположений много, но какие из них окажутся верными?

Ясно одно: прогнозы с помощью традиционных моделей, основанных на анализе равновесных состояний, не заслуживают доверия. Необходимо переходить к моделям, нацеленным на описание неравновесных процессов, использующим аппарат нелинейной динамики, синергетики. За такими моделями – будущее.

### **Литература**

1. Чернавский Д.С., Старков Н.И., Щербаков А.В. Динамическая модель поведения общества. Синергетический подход к экономике // Новое в синергетике: Взгляд в третье тысячелетие. – М.: Наука, 2002. – с.239-291.
2. Чернавский Д.С., Старков Н.И., Щербаков А.В. О проблемах физической экономики // УФН, 2002, т.172, с.1045-1066.
3. Чернавский Д.С., Старков Н.И., Щербаков А.В. Базовая динамическая модель экономики России (Инструмент поддержки принятия решений) // Препринт ФИАН № 1, 2001.
4. Кирилук И.Л., Малков С.Ю., Малков А.С. Экономическая динамика Мир-Системы: взаимодействие стран с разным уровнем развития // История и математика: Модели и теории / Отв. ред. Л.Е.Гринин, А.В.Коротаев, С.Ю.Малков. – М.: Издательство ЛКИ, 2008, с.102-119.
5. Капица С.П. Сколько людей жило, живет и будет жить на Земле. Очерк теории роста человечества. - М., 1999.
6. Коротаев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А. Законы истории: Математическое моделирование развития Мир-системы. Демография, экономика, культура. - М.: КомКнига, 2007.
7. Кирдина С.Г. X и Y-экономики: Институциональный анализ. - М.: Наука, 2004.
8. Малков С.Ю. Дилемма "Запад – Восток": закономерности различий // Стратегическая стабильность, 2004, №3, с.9-18.
9. Малков С.Ю. Социальная самоорганизация и исторический процесс: Возможности математического моделирования. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009.
10. Кирдина С.Г. Институциональные матрицы и развитие России. - Новосибирск: ИЭиОПП СО РАН, 2001.
11. Коротаев А.В. Макродинамика урбанизации Мир-Системы: количественный анализ // История и математика: Макроисторическая динамика общества и государства. – М.: КомКнига, 2007.
12. Гринин Л.Е., Коротаев А.В. Социальная макроэволюция: Генезис и трансформация Мир-Системы. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009.