

Глава 16. Логико-математическое моделирование социальной самоорганизации и эволюции политических систем

Малков С. Ю.

Вводные замечания

В современную эпоху, когда компьютерные технологии и математическое моделирование стали катализаторами прогресса во многих областях научного знания, их использование в исторической науке остается еще очень ограниченным. По существу, математические методы активно используются лишь для статистической обработки и анализа социологических и исторических данных в клиометрических исследованиях. Математические модели, столь широко применяемые в естествознании, в исторических исследованиях являются относительной редкостью. Причина этого заключается в сложности моделирования социально-исторических процессов, слабой формализуемости многих понятий и факторов социальной эволюции. Тем не менее в последние десятилетия достигнуты существенные успехи в области создания моделей социальной истории. Имеющиеся к настоящему времени модели можно условно разделить на три группы:

1) модели-концепции, основанные на выявлении и анализе общих закономерностей и представлении их в виде когнитивных схем, описывающих логические связи между различными факторами, влияющими на социально-экономические, исторические процессы (Дж. Голдстоун, И. Валлерстайн, Н. С. Розов, Д. Норт и др.). Такие модели обладают высокой степенью обобщения, но имеют не математический, а чисто логический, концептуальный характер;

2) частные математические модели имитационного типа, посвященные описанию конкретных экономических процессов, исторических событий и явлений (Д. Медоуз, Дж. Форрестер, Ю. Н. Павловский, экономические «вычислимые модели общего равновесия» и др.). В подобных моделях основное внимание уделяется тщательному учету и описанию факторов и процессов, оказывающих влияние на рассматриваемые явления. Недостатком таких моделей является то, что они «привязаны» к конкретному социально-экономическому процессу или историческому событию, их применимость ограничена накладываемыми условиями и узким пространственно-временным интервалом. Прогностические модели основаны в основном на линейной экстраполяции существующих тенденций, не позволяют учитывать циклическую динамику, ловушки развития;

3) математические модели, являющиеся промежуточными между двумя указанными типами. Их задачей является выявление базовых закономерностей, характеризующих протекание рассматриваемых процессов, анализ процессов са-

моорганизации, учет нелинейных связей, способных приводить к резким изменениям состояния систем, к социально-экономическим и политическим фазовым переходам. Параметрический анализ таких моделей позволяет определять области устойчивости различных состояний, возможности и условия перехода из одних состояний в другие, возникновение ловушек развития.

В этой главе основное внимание будет уделено моделям последнего типа, поскольку они обладают способностью к обобщению и вместе с тем позволяют учесть конкретно-исторические условия и особенности. Основой создания таких моделей является математическое описание механизмов социальной самоорганизации и эволюции с учетом конкретных условий функционирования социальных систем. При создании моделей используются достижения синергетики, теории динамических систем. С позиций математического моделирования будет рассматриваться проблема соотношения устойчивости и изменчивости в процессе социальной эволюции, проявляющаяся, в частности, в возникновении устойчивых институциональных различий обществ, сохраняющихся на протяжении длительных периодов времени. При этом будут использованы методология синергетики (И. Пригожин, Г. Хакен, С. П. Курдюмов) и опыт математического моделирования возникновения и эволюции устойчивых структур в сложных нелинейных динамических системах разной природы. На этой основе будет предложена логико-математическая модель формирования социально-политических структур различного типа. Государство будет рассматриваться как динамическая система, состоящая из социальных подсистем, в которых идут свои процессы социальной самоорганизации. Задача государственного управления заключается в синхронизации подсистем, в обеспечении их согласованного функционирования. Главной целью государства и общества в целом является сохранение своей идентичности («выживание») и обеспечение устойчивого развития в условиях внешних и внутренних дестабилизирующих воздействий. С этой точки зрения задачей математического моделирования является изучение устойчивости функционирования государства в заданных внешних условиях (ресурсная база, природно-климатические условия, отношения с соседями и т. п.), а также исследование возможных механизмов его дестабилизации. Модели развития социальных систем (СС) будут построены с использованием динамических уравнений, что позволит, с одной стороны, описывать эволюцию СС в прошлом, а с другой – анализировать особенности современного развития и делать социально-экономический прогноз. Использование систем нелинейных дифференциальных уравнений для моделирования исторических процессов позволяет исследовать как переходные, так и стабильные состояния социальных систем. При этом стабильным состояниям (в том числе ловушкам развития) соответствуют устойчивые аттракторы в фазовом пространстве переменных системы. Изменение внешних и внутренних параметров (условий, влияющих на систему) может привести как к постепенному изменению характеристик аттрактора (к его смещению в фазовом пространстве), так и к полному его исчезновению (в частности, к гибели и распаду социальной системы). На основе анализа фазовых портретов систем дифференциальных уравнений, описываю-

щих динамику СС, специально будут рассматриваться «ловушки развития» (экономические, политические, социальные), тормозящие эволюционные процессы. Будут рассматриваться также критериальные соотношения параметров, позволяющие преодолеть указанные ловушки.

Важной проблемой является верификация моделей, описывающих социально-политические процессы. Верификация моделей обычно проводится путем моделирования прошедших событий, результат которых уже известен, и сравнения результатов моделирования с историческими данными. Ретро моделирование одновременно с решением проблемы верификации моделей представляет большой интерес в связи с исследованием альтернативных путей истории. Такие исследования можно проводить в частности посредством варьирования параметров моделей с одновременным анализом возникающих изменений фазовых портретов, областей устойчивости рассматриваемых социальных систем, появления бифуркационных состояний.

Данная методология является основой создания базовых логико-математических моделей, отражающих логику эволюции политических систем в ходе исторического процесса. Ее изложение, а также описание ряда базовых моделей будет приведено в данной главе.

* * *

С конца прошлого века под влиянием бурно развивавшейся синергетики (Эбеллинг и др. 2001; Капица и др. 1997) стали появляться работы, в которых социальные системы стали рассматриваться как динамические развивающиеся системы с присущей им внутренней неустойчивостью, появились такие научные направления, как синергетическая экономика, клиодинамика, социофизика (Занг 1999; Рун 1989; Маевский 1994; Нельсон, Уинтер 2000; Евстигнеева, Евстигнеев 2010; Чернавский и др. 2002; Романовский М., Романовский Ю. 2012; Турчин 2008).

К настоящему времени проведено много исследований, позволивших понять общие свойства социальных систем и, несмотря на частные различия, анализировать особенности их поведения в различных условиях в разные исторические эпохи. К этим особенностям, в частности, согласно (Малков 2005, 2009), относятся следующие.

1. Специфические особенности социальных систем (СС):

(i) многоэлементность СС, уязвимость элементов СС к внешним дестабилизирующим воздействиям. Для того чтобы выжить, элементам необходимо проявлять активность, затрачивать имеющуюся у них энергию, что требует постоянного пополнения имеющейся у них ресурсной базы;

(ii) стремление элементов максимизировать собственную функцию полезности, создать запасы ресурсов для обеспечения гарантий выживания;

(iii) ограниченность доступной к использованию ресурсной базы;

(iv) как следствие, антагонистичность (противоречивость) интересов элементов систем, обусловленная необходимостью борьбы за ограниченный ресурс. Возможность создания коалиций в борьбе за ресурс. Формирование отношений

«свой – свой», «свой – чужой», «чужой – чужой» и институтов, закрепляющих эти отношения;

(v) нелинейный характер взаимодействия элементов системы, характеризующийся *положительной обратной связью*: в конкурентной борьбе побеждает сильнейший (имеющий больше преимуществ), в результате чего становится еще сильнее (власть рождает власть, деньги делают деньги и т. п.). Нелинейный процесс увеличения преимуществ ограничен либо общим количеством ресурса, либо индивидуальными возможностями субъекта освоить и обработать приобретенный ресурс, а также способностью сохранить свои преимущества в условиях борьбы с конкурентами;

(vi) пороговый характер процессов: реальная отдача от усилий, приложенных для достижения какой-либо цели, возникает лишь тогда, когда усилия превысят определенное пороговое значение. До этого отдача от прилагаемых усилий практически отсутствует;

(vii) инерционность поведения субъектов, наличие некоторого временного запаздывания Δt реакции субъектов на изменение внешних условий;

(viii) способность элементов СС к осознанному целеполаганию и к рефлексии по поводу своих действий и действий других субъектов.

2. Нелинейный характер взаимодействия субъектов и ограниченность ресурсов (свойства (v) и (iii)) определяют специфику динамических процессов в СС: диалектику развития отражает не формула «тезис – антитезис – синтез», а формула «тезис – антитезис – временный компромисс». Противоречия перманентны. Они не «снимаются» в процессе развития СС, а существуют всегда, обеспечивая хаос на микроуровне. На макроуровне реализуется временный компромисс, обусловленный внешними условиями и имеющимися ресурсными ограничениями. Когда они меняются, динамическое равновесие нарушается, начинается новая борьба субъектов с выходом на новый компромиссный уровень. Имманентный характер конкуренции.

В СС противоречия – активное начало. Не будет противоречий – не будет и развития.

3. Общая тенденция социальной динамики: усугубление неравенства при появлении избыточного ресурса. При недостатке ресурса – объединение ради выживания и уменьшение неравенства (упрощение системы).

4. Общий принцип социальной динамики: хаос на микроуровне – порядок на макроуровне; пробуются все, что возможно (не запрещено какими-либо объективными законами), но закрепляется в виде социальных структур только то, что устойчиво к внешним и внутренним дестабилизирующим процессам и воздействиям.

5. Обеспечение устойчивости СС (необходимое для выживания системы) в условиях наличия перманентных противоречий между ее элементами (свойство (iv)) является нетривиальной задачей. СС путем проб и ошибок вырабатывают механизмы сдержек и противовесов, компенсации внутренних напряжений, позволяющие достичь устойчивости системы в целом. К таким механизмам относятся:

– идеологические и социально-психологические средства сдерживания агрессивных интенций: религиозные императивы, нормы нравственности и морали и т. п. (сдерживание хаоса);

– ограничение произвола действий элементов СС с помощью законов, нормативных установлений, требующих исполнения и направленных на сглаживание имеющихся противоречий (ограничение хаоса);

– прямое властное регулирование отношений между элементами, осуществляемое органами управления СС (управление хаосом).

Те СС, которым удастся выработать эффективную систему компенсации внутренних напряжений, выживают. Те СС, которым это не удастся, в конечном счете распадаются или гибнут в конкурентной борьбе с другими системами.

6. На разных стадиях своей эволюции СС обладает различной чувствительностью и уязвимостью к внешним воздействиям. Наиболее опасны преднамеренные внешние воздействия в кризисные периоды, когда система в значительной степени хаотизирована. В этом случае даже не слишком интенсивное внешнее воздействие может задать направление развития системы и повлиять на характер ее дальнейшей самоорганизации.

7. Для СС характерна возможность многовариантного развития, обусловленная тем, что у них имеется, как правило, не одно, а несколько квазиустойчивых состояний (аттракторов) со своими областями притяжения. Система через какое-то время окажется в одном из аттракторов (это свойство называется эквифинальностью), однако в котором из них – зависит от многих факторов и в значительной степени – от целенаправленной деятельности органа управления СС.

Базовым экономическим процессом является производство, перераспределение и потребление ресурсов, необходимых для выживания.

Проецирование вышеупомянутых особенностей СС на *экономические* процессы позволяет сформулировать следующее:

1) в социально-экономических системах (СЭС) всегда существуют ограничения на доступные к использованию экономические ресурсы (к которым относятся сырьевые, энергетические, производственные, трудовые ресурсы, платежеспособный спрос и т. п.);

2) производство – нелинейный процесс. Производственная функция (то есть зависимость количества производимой продукции от затраченных усилий и/или вложений) имеет следующие свойства: а) насыщаемость при увеличении затрат при неизменных технологиях производства (что связано с неизбежной ограниченностью ресурсов); б) пороговый характер (что связано с наличием так называемых постоянных издержек производства). Вид типичных производственных функций F представлен на рис. 16.1 (форма F определяется особенностями производства, используемыми технологиями, спецификой производственных отношений¹ [Клейнер 1986; Малков 2009; Малков и др. 2016]);

¹ При этом если для общества охотников и собирателей и для аграрного общества вид производственной функции относительно стабилен, то для индустриального общества вид производ-

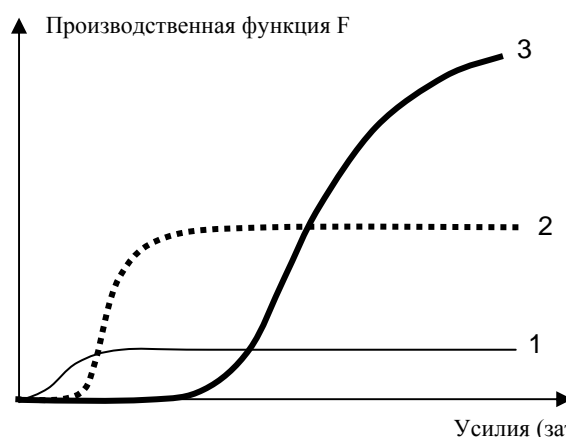


Рис. 16.1. Типовая зависимость количества производимой продукции от затраченных усилий (вложений в производство) у охотников и собирателей (1) и для аграрного (2) и индустриального (3) производства

При этом производственный сектор СЭС состоит из разнородных подсистем, отличающихся по отраслевому признаку, возрасту основного капитала и другим характеристикам. Отношения между подсистемами могут быть как кооперационными, так и конкурентными;

3) потребление – нелинейный процесс, характеризуемый: а) насыщаемостью спроса на товары и услуги, предназначенные для удовлетворения повседневных, физиологических потребностей; б) ненасыщаемостью спроса на элитные (престижные) товары и товары долговременного пользования, предназначенные для удовлетворения социальных потребностей;

4) перераспределение – нелинейный процесс с *обратной положительной связью*: чем больше экономическая или политическая (военная) сила, тем больше возможностей для неэквивалентного перераспределения произведенного продукта посредством налогов, принудительных изъятий, монопольных цен и т. п.

Максимизация индивидуальных *функций полезности* в этих условиях сталкивается со следующими проблемами:

1) перманентная нехватка ресурса на всех, что приводит к постоянной борьбе за ресурс (внутри социума и между социумами);

2) неравномерность распределения ресурса между индивидами и социальными группами, что приводит к социальной напряженности (показателем неравномерности является ЭСО – экономическая структура общества, то есть плотность распределения членов общества по имеющимся у них накоплениям (Чернавский и др. 1996; Чернавский и др. 2002); см. рис. 16.2).

ственной функции постоянно изменяется в силу изменения технологий и повышения производительности труда.

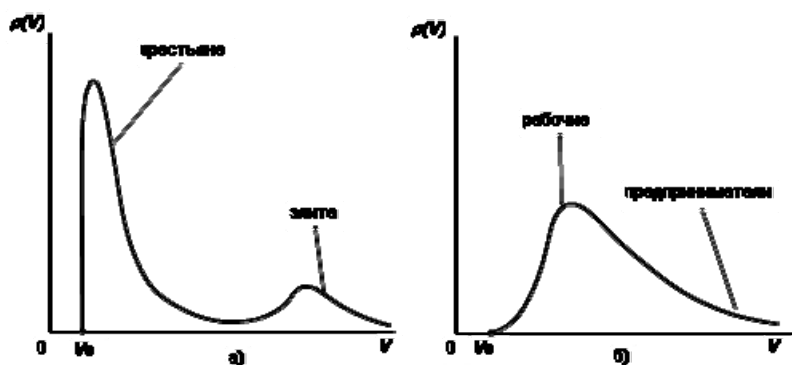


Рис. 16.2. Виды распределения членов общества по накоплениям $\rho(V)$: а) бимодальная структура (аграрное общество); б) унимодальная структура (развитое индустриальное общество) (V – накопления; V_B – уровень физического выживания)

Наличие положительных обратных связей является причиной того, что для социальных систем характерна *внутренняя неустойчивость*. Как же тем не менее добиться устойчивости СС к внешним и внутренним дестабилизирующим воздействиям? Для этого надо решить три основные проблемы:

А) обеспечить возможность *экономического выживания* (обеспечение материальных потребностей членов общества);

Б) обеспечить *социально-психологическую стабильность* при наличии антагонистических интересов элементов СС (снижение конфликтности внутри СС);

В) обеспечить *эффективное управление*. Поскольку СС – распределенная система, задачей управления является обеспечение согласованного функционирования всех ее подсистем. Условия эффективности:

– со стороны управляющих – умение управлять и наличие необходимых для осуществления управления средств;

– со стороны управляемых – согласие (желание) быть управляемыми в условиях социального расслоения.

В условиях внутренней неустойчивости СС основной функцией управления является *координация* взаимодействующих социально-экономических подсистем, своевременное снятие возникающих противоречий и диспропорций (Маевский, Малков 2013; Маевский и др. 2016).

В результате решения указанных проблем формируется структура общества, обладающая устойчивостью и имеющая шанс на выживание (о формировании устойчивых институциональных структур см.: Кирдина 2001, 2004; Малков 2009). Если эти проблемы не удастся решить, общество *погибает* (распадается).

Способы решения проблем устойчивости существенно зависят от заданных внешних условий (важнейшими из которых являются характеристики имеющегося ресурса) и от характеристик ресурсопользования (от формы и параметров производственной функции, от принципов и способов управления социально-экономическими процессами).

Исследование возможностей достижения устойчивости СС проводится на основе анализа и моделирования взаимодействий между различными социальными группами в рассматриваемом обществе. Для описания этих взаимодействий на макроэкономическом уровне может быть использован, например, следующий алгоритм (Чернавский и др. 2002; Малков 2005, 2009). В социальной системе выделяются главные подсистемы (социальные группы или институты), которые определяют особенности ее функционирования. В качестве основных характеристик для описания каждой из подсистем используются следующие: численность N_i рассматриваемой социальной группы и суммарные материальные накопления X_i членов группы. На основе решения дифференциальных уравнений, описывающих динамику данных величин, определяются зависимости $N_i = N_i(t)$, $X_i = X_i(t)$, $i = 1, \dots, k$ для выделенных подсистем. Эти зависимости являются результатом следующих внутри- и межгрупповых экономико-демографических процессов. Система уравнений, учитывающая эти процессы, может быть записана в виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{N}_i = N_i \cdot D_i(x_i) + \sum_{j=1}^k D'_{ij}(N_i, x_i, N_j, x_j) - \sum_{j=1}^k D''_{ij}(N_i, x_i, N_j, x_j) \\ \dot{X}_i = F_i(\bar{X}, \bar{N}, \bar{I}) - N_i \cdot Q_i(x_i) + \sum_{j=1}^k G_{ij}(N_i, x_i, N_j, x_j) - \\ - \sum_{i=1}^k C_{ij}(N_i, x_i, N_j, x_j) - I_i(x_i, N_i) \end{array} \right. \quad (1)$$

$$D'_{ij} = -D'_{ji}, \quad D''_{ij} \geq 0, \quad G_{ij} = -G_{ji}, \quad F_i \geq 0, \quad Q_i \geq 0, \quad C_{ij} \geq 0, \quad I_i \geq 0; \quad i, j = \overline{1, k},$$

где точка над символом означает дифференцирование по времени;

$x_i = X_i/N_i$ – средние удельные накопления представителей i -й группы;

D_i – демографический коэффициент, представляющий собой разность между рождаемостью и смертностью (количественные характеристики которой зависят от социальных и экономических условий);

D'_{ij} – скорость перехода из группы j в группу i ;

D''_{ij} – смертность в группе i , обусловленная антагонистическим взаимодействием с группой j ;

F_i – функция производства, понимаемая как количество продукта, производимого членами социальной группы в единицу времени;

Q_i – функция индивидуального потребления;

G_{ij} – количество материальных благ, изымаемых тем или иным образом группой i у группы j или передаваемых из группы i в группу j (например, налоги, субсидии и т. п.);

C_{ij} – затраты группы i на управление группой j ;

I_i – затраты на производство материальных благ (инвестиции в производство).

В модели (1) используются усредненные величины. Усреднение проводится внутри каждой социальной группы для всех ее членов. При необходимости в модели можно учитывать разброс индивидуальных характеристик внутри социальных групп. Правила разбиения общества на группы зависят от решаемых в исследовании задач.

В зависимости от соотношений параметров система уравнений (1) может иметь или один, или несколько, или ни одного устойчивого состояния (аттрактора). Характеристики аттракторов позволяют судить о свойствах социальной системы и анализировать способы обеспечения ее устойчивости (в том числе способы координации взаимодействия социально-экономических подсистем).

Несмотря на то что описанный алгоритм ориентирован в основном на исследование экономико-демографических процессов, он реально позволяет изучать вопросы социально-психологической стабильности общества и эффективности систем управления, поскольку от этих факторов существенным образом зависят параметры системы (1) и ее устойчивость к дестабилизации (Малков 2002).

Исследование устойчивости СС к *внешним* дестабилизирующим воздействиям (со стороны других СС) проводится на основе анализа и моделирования конкурентной борьбы СС друг с другом, включающей в себя как экономическую, так и политическую (в том числе с использованием военной силы) борьбу. Базовая модель конкурентной борьбы изложена в работах (Чернавский и др. 2005; Малков, Кирилук 2013). Модель сформирована на основе формализации общих закономерностей, характеризующих взаимодействие политических, социально-экономических, социокультурных, информационных, биологических систем. В обобщенном виде она представляет собой систему дифференциальных уравнений, описывающих изменение соотношения сил различных акторов (от англ. *act* – действовать) в результате конкурентной борьбы:

$$\partial u_i / \partial t = G_i(u_i, x, y) - A_i(u_i, x, y) - \sum_{j \neq i} B_{i,j}(u_i, u_j) + D_i(u_i, x, y), \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, N. \quad (2)$$

Здесь t – время; x, y – пространственные координаты; u_i – показатель, характеризующий силу (степень влияния, доминирования, экономической и военной мощи и т. п. (см.: Винокуров и др. 2013)) i -го актора в момент времени t в точке пространства (x, y) , где x и y – пространственные координаты. Член $G_i(u_i, x, y)$ описывает воспроизводство (возобновление) силы i -го актора. Член $A_i(u_i, x, y)$ описывает снижение силы i -го актора вследствие естественных процессов (отрицательные обратные связи в социальной системе, ресурсные ограничения и т. п.) и внутривидовой борьбы (конкуренция подсистем i -го актора между собой). Член $B_{i,j}(u_i, u_j)$ описывает конкурентную борьбу между акторами. Этот член отрицателен, поскольку в конкурентной борьбе акторы стремятся подавить друг друга. Член $D_i(u_i, x, y)$ описывает распространение силы акторов в пространстве.

В зависимости от целей исследования система (2) может моделировать различные аспекты конкурентной борьбы социальных систем: экономические, военно-политические, идеологические и др.

Совокупность конкурирующих СС одного типа могут составлять мегасистему (цивилизацию), противостоящую другой мегасистеме (примерами могут

служить противостояние земледельческих и кочевых народов, христианских и мусульманских стран на протяжении длительных исторических периодов и т. п.). С другой стороны, социальные слои одной СС представляют собой подсистемы, находящиеся в конкурентных (вплоть до антагонистических) отношениях друг с другом. Таким образом, социальные системы при моделировании могут быть представлены в виде сложных структур, каждый уровень которых описывается базовыми динамическими уравнениями типа (1) или (2). Примеры моделей такого типа приведены в *Приложении*.

Проведенный в работе (Малков 2009) математический анализ динамики подобных систем показывает, что, как правило, в них достаточно быстро (по историческим меркам) устанавливается локальное динамическое равновесие между отдельными социальными компонентами, поддерживаемое механизмами самоорганизации и координации, обеспечивающими устойчивость этих равновесных состояний. Если сформированные и институционализированные² механизмы самоорганизации и координации становятся неэффективными в силу изменения внешних природных или внутренних (социальных, политических, экономических, технологических) факторов, то устойчивость исчезает, система дестабилизируется, переходит в кризисное состояние и может погибнуть. Важно, что, как показывают социологические исследования и математическое моделирование (Кирдина 2001, 2004; Малков 2009), при различных внешних условиях формируются различные типы устойчивых институциональных структур. Так, в условиях ограниченной ресурсной базы и при наличии серьезных внешних угроз (эти условия характерны, например, для аграрных обществ эпохи Средневековья) происходит смещение институциональных структур в сторону усиления патернализма, принципов *объединения слабых вокруг сильного* (так называемые Х-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 черты этих институциональных структур описаны в (Кирдина 2001, 2004; Малков 2009) и представлены в таблице 16.1.

Таблица 16.1. Отличительные особенности X- и Y-типов социальных структур

Характеристика	X-структура	Y-структура
Институциональные особенности	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Регулируемая</i> экономика. 2. <i>Директивная</i> централизованная система управления (вертикальные иерархии). 3. Примат <i>коллективизма</i> в социально-психологической сфере 	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Либеральная</i> рыночная экономика. 2. <i>Адаптивная</i> (демократическая) система управления (горизонтальные сети). 3. Примат <i>индивидуализма</i> в социально-психологической сфере

² То есть закрепленные законами, нормами, правилами.

Окончание Табл. 16.1

Характеристика	X-структура	Y-структура
Условия формирования	– серьезные внешние угрозы; – недостаток ресурсов (<i>игра с нулевой суммой</i>)	– отсутствие серьезных внешних угроз; – разнообразие ресурсов (<i>игра с положительной суммой</i>)
Характер конкуренции	конкуренция социумов (выживает сильнейший социум)	конкуренция индивидов (выживает сильнейший индивид)
Цель	<i>Безопасность</i> (выживание социума)	<i>Развитие</i> (повышение индивидуального благосостояния)
Способ достижения цели	объединение слабых вокруг сильного (сильная центральная власть)	объединение слабых против сильного (слабая центральная власть)
Приоритеты	– <i>кооперация</i> как принцип; – обеспечение единства общества; – улучшение управления	– <i>конкуренция</i> как принцип; – инициирование плюрализма, экономической активности
Этическая система	« <i>декларация добра</i> » (идеологическое единство)	« <i>запрет зла</i> » (свобода действий в рамках закона)
Угрозы системе	– потеря единства общества; – снижение эффективности власти, бюрократизм, коррупция	– монополизация власти; – имущественное расслоение
Объект защиты	социальная организация (государство)	индивидуальные права и свободы

Динамические модели описанного типа представлены, например, в работах (Чернавский и др. 2002; Маевский, Малков 2013; Маевский и др. 2016; Малков 2009).

Моделирование показывает (Малков 2009), что если производственные технологии и имеющаяся в распоряжении СС ресурсная база не изменяются (или изменяются медленно), то для СС характерна *циклическая* динамика, связанная прежде всего с демографическими циклами, детально описанными представителями структурно-демографической теории (Дж. Голдстоун, П. В. Турчин, С. А. Нефедов). Пример такой динамики представлен на рис. 20.3, где приведены данные по изменению численности населения Китая за период 700 г. до н. э. – 1850 г. н. э. На рис. 20.4 приведены расчеты по модели (Гушина, Малков 2014), описывающей данную ситуацию.

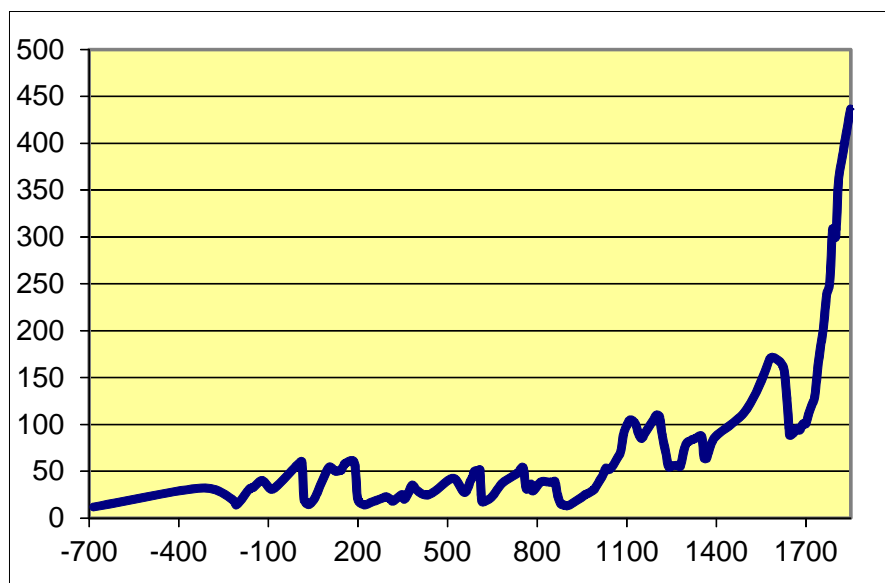


Рис. 16.3. Динамика численности населения Китая в период 700 г. до н. э. – 1850 г. н. э., млн чел. Источник: Коротаяев и др. 2007

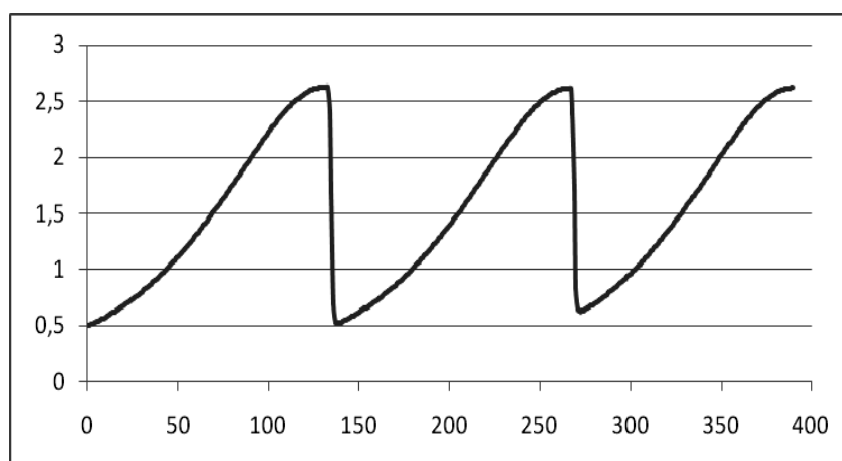


Рис. 16.4. Типовая динамика демографических характеристик в аграрных обществах в соответствии с моделью (Гущина, Малков 2014: 29–42)

Циклические изменения обусловлены тем, что в условиях неизменной ресурсной базы естественный рост населения рано или поздно приводит к относительной перенаселенности, демографическому «сжатию», снижению удельного потребления, обнищанию населения, оканчивающемуся социально-демографическим кризисом, войнами, миграциями, вспышками эпидемий и следующим за всем этим резким снижением численности населения. Затем ситуация успокаивается и цикл начинается снова. При этом предельная численность населения от цикла

к циклу изменяется незначительно и обусловлена демографической емкостью рассматриваемой территории (ее максимальной ресурсной базой).

Если рассматривать численность населения Земли в целом, то в эпохи, когда технологические изменения были незначительными, эта численность менялась слабо, поскольку циклические колебания населения в отдельных регионах асинхронны (в силу своего локального характера) и практически не накладывались друг на друга. По существу, единственным синхронизирующим фактором в истории были периодически происходившие глобальные климатические изменения, влиявшие на урожайность основных сельскохозяйственных культур (а значит, и на демографическую емкость густонаселенных территорий) (см. об этом: Малков 2009).

Однако, как показывают исторические данные, на протяжении человеческой истории несколько раз происходило резкое увеличение численности населения Земли, не связанное с климатическими изменениями (см. рис. 16.5).

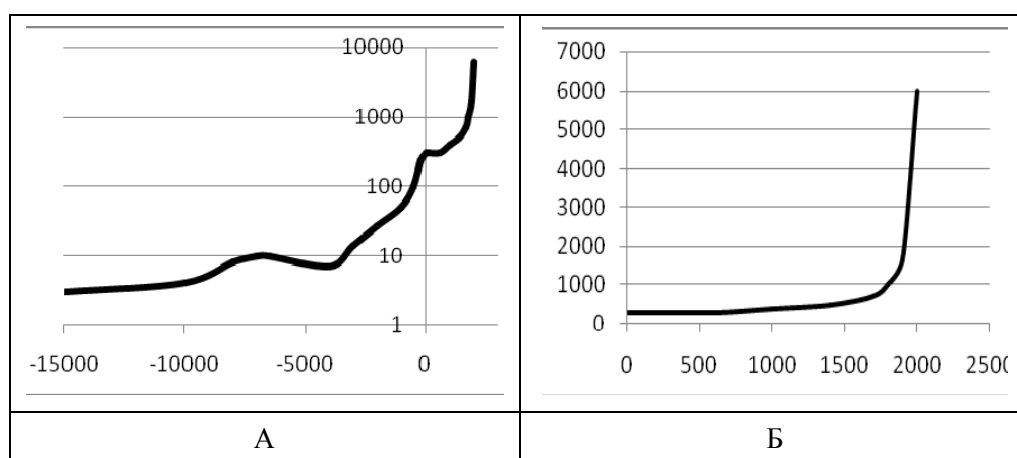


Рис. 16.5. Динамика численности населения Земли: А) за последние 17 тысяч лет (млн чел., ось ординат – в логарифмическом масштабе), Б) с начала нашей эры по 2000 год (млн чел., ось ординат – в натуральном масштабе). Источник: Коротаев и др. 2007; www.ggdc.net/maddison

Данные изменения были связаны с резким увеличением демографической емкости Земли вследствие технологических революций, значительно повышавших производительность труда. Основными из этих революций были:

- неолитическая (около 10 тыс. лет назад), связанная с возникновением *производящего хозяйства*, с переходом от общества охотников и собирателей к обществу земледельцев и животноводов;
- городская революция (5 тыс. лет назад), связанная с распространением *бронзовых* орудий (переход от неолита к бронзовому веку), с появлением ремесел, гончарных изделий, повозок на колесах;

– «осевое время»³ (2,5 тыс. лет назад), связанное с распространением *железных* орудий (переход к железному веку), давших резкий толчок в развитии земледелия, военного и строительного дела, наземного и морского транспорта⁴;

– промышленная революция (200 лет назад), в результате которой ручной труд стал заменяться машинным на основе использования научно-технических достижений.

В эпохи технологических революций происходил также опережающий рост численности городского населения⁵, поскольку города во все времена аккумулировали людей, использующих и продуцирующих передовые технологии, – ремесленников, торговцев, промышленных рабочих (рис. 16.6).

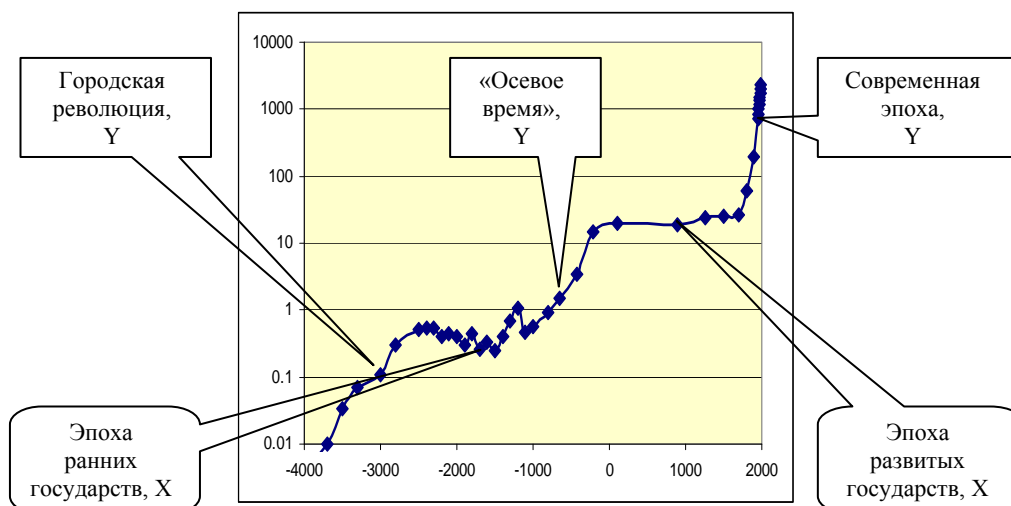


Рис. 16.6. Изменение численности городского населения мира в логарифмическом масштабе, млн чел. (для городов с населением более 10 000 чел.), на протяжении последних 6 тыс. лет. Источник данных: Коротаев 2007

Из графиков, представленных на рис. 16.5 и 16.6, видно, что «эпохи перемен», обусловленные технологическими революциями, включают в себя две стадии: стадию ускоренного экономического и демографического роста и стадию торможения с последующей стабилизацией экономико-демографических показателей. *Стадия роста* обусловлена лавинообразным процессом возникновения и распространения инноваций, составляющих ядро технологической революции. *Стадия торможения* обусловлена тем, что потенциал новых технологий постепенно ис-

³ Термин введен К. Ясперсом в работе (Ясперс 1994).

⁴ Здесь и далее термин «осевое время» мы будем использовать для более длительного исторического периода, чем это делал Ясперс, и будем применять этот термин не только для начала и середины глобального фазового перехода (VIII–II вв. до н. э.), но и для его завершающей стадии, включая позднюю Античность и переход к эпохе раннего Средневековья.

⁵ Речь идет об историческом периоде после городской революции.

черпывается, они из инновационных становятся рутинными и уже не способны обеспечить дальнейший рост. При этом, поскольку экономические процессы тесно переплетены с социально-политическими, на *стадии роста* процессы социальной самоорганизации способствуют формированию внутренне конкурентных Y-структур, в то время как на *стадии торможения* Y-структуры начинают постепенно трансформироваться в X-структуры, которые становятся доминирующими после окончания «эпох перемен» (более подробно об этом будет идти речь в главе 25).

Любопытно, что, как показывают эмпирические данные и математическое моделирование (Малков 2019), на *стадии роста* демографические характеристики с течением времени изменяются по закону, близкому к гиперболе, имеющему точку сингулярности⁶ в относительно недалеком будущем. Убыстряющиеся изменения порождают у людей предчувствие близости наступления чего-то экстраординарного, «конца света», мировой катастрофы и т. п. Такие эсхатологические настроения имели место в Римской империи в I в. н. э., присутствуют они и в наше время.

Действительно, между нашей эпохой и периодом окончания «осевого времени», периодом ослабления и заката Римской империи в первых веках нашей эры есть много параллелей. Но если тот период закончился тысячелетним Средневековьем с господством в политической сфере X-структур (наследственных монархий), то настанет ли Новое Средневековье по окончании современной «эпохи перемен» – пока неясно. Эту тему мы обсудим в главе 21.

Библиография

- Винокуров Г. Н., Ковалев В. И., Малков С. Ю. 2013.** Математическое макромоделирование геополитической мощи государства. *Стратегическая стабильность* 2(63): 60–66.
- Гушина Ю. А., Малков С. Ю. 2014.** К вопросу о моделировании демографических циклов и о выходе из мальтузианской ловушки. *История и математика: аспекты демографических и социально-экономических процессов* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, с. 29–42. Волгоград: Учитель.
- Евстигнеева Л. П., Евстигнеев Р. Н. 2010.** *Экономика как синергетическая система.* М.: ЛЕНАНД.
- Занг В.-Б. 1999.** *Синергетическая экономика. Время и перемены в нелинейной экономической теории.* М.: Мир.
- Капица С. П., Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г. 1997.** *Синергетика и прогнозы будущего.* М.: Наука.
- Кирдина С. Г. 2001.** *Институциональные матрицы и развитие России.* Новосибирск: ИЭиОПП СО РАН.
- Кирдина С. Г. 2004.** *X и Y-экономики: Институциональный анализ.* М.: Наука.
- Клейнер Г. Б. 1986.** *Производственные функции.* М.: Финансы и статистика.
- Коротаев А. В. 2007.** Макродинамика урбанизации Мир-Системы: количественный анализ. *История и математика: Макроисторическая динамика общества и государства* / Отв. ред. С. Ю. Малков, Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев. М.: КомКнига.

⁶ В математическом понимании сингулярность – это точка, в которой функция стремится к бесконечности.

- Коротаев А. В., Малков А. С., Халтурина Д. А. 2007.** Законы истории: Математическое моделирование развития Мир-системы. *Демография, экономика, культура* / Отв. ред. Н. Н. Крадин. М.: КомКнига.
- Маевский В. И. 1994.** Экономическая эволюция и экономическая генетика. *Вопросы экономики* 5: 4–21.
- Маевский В. И., Малков С. Ю. 2013.** *Новый взгляд на теорию воспроизводства*. М.: ИНФРА-М.
- Маевский В. И., Малков С. Ю., Рубинштейн А. А. 2016.** *Новая теория воспроизводства капитала: развитие и практическое применение*: Монография. М.; СПб.: Нестор-История.
- Малков С. Ю. 2002.** Математическое моделирование исторических процессов. *Новое в синергетике. Взгляд в третье тысячелетие* / Ред. Г. Г. Малинецкий, С. П. Курдюмов, с. 291–323. М.: Наука.
- Малков С. Ю. 2005.** Логико-математическое моделирование динамики социально-экономических систем (методический аспект). *История и синергетика: Методология исследования* / Ред. А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, с. 17–43. М.: КомКнига/УРСС.
- Малков С. Ю. 2009.** *Социальная самоорганизация и исторический процесс: Возможности математического моделирования*. М.: ЛИБРОКОМ.
- Малков С. Ю. 2019.** Режимы с обострением в истории человечества или воспоминания о будущем. *Компьютерные исследования и моделирование* 11(5): 931–947.
- Малков С. Ю., Давыдова О. И., Билюга С. Э. 2016.** Макроэкономическая производственная функция: эмпирический межстрановой анализ. *Анализ и моделирование мировой и страновой динамики: экономические и политические процессы* / Отв. ред. С. Ю. Малков, Л. Е. Гринин, с. 7–26. М.: Моск. ред. изд-ва «Учитель».
- Малков С. Ю., Кириллюк И. Л. 2013.** Моделирование динамики конкурирующих сообществ: варианты взаимодействия. *Информационные войны* 2(26): 49–56.
- Нельсон Р., Уинтер С. 2000.** *Эволюционная теория экономических изменений*. М.: Фин-статинформ.
- Романовский М. Ю., Романовский Ю. М. 2012.** *Введение в эконофизику: статистические и динамические модели*. 2-е изд., испр. и доп. М., Ижевск: Ин-т компьютерных исследований.
- Турчин П. В. 2008.** *Историческая динамика: На пути к теоретической истории*. М.: УРСС.
- Чернавский Д. С., Пирогов Г. Г., Чернавская О. Д., Щербаков А. В., Суслаков Б. А. 1996.** Динамика экономической структуры общества (математическая модель). Известия вузов. *Прикладная нелинейная динамика* 4(3): 67.
- Чернавский Д. С., Старков Н. И., Щербаков А. В. 2002.** Динамическая модель поведения общества. Синергетический подход к экономике. *Новое в синергетике: Взгляд в третье тысячелетие* / Отв. ред. Г. Г. Малинецкий, С. П. Курдюмов, с. 239–291. М.: Наука.
- Чернавский Д. С., Чернавская Н. М., Малков С. Ю., Малков А. С. 2005.** Геополитические процессы как объект математического моделирования. *История и синергетика: Математическое моделирование социальной динамики* / Ред. С. Ю. Малков, А. В. Коротаев, с. 103–116. М.: КомКнига/УРСС.
- Ясперс К. 1994.** *Смысл и назначение истории*. М.: Республика.
- Эбелинг В., Энгель А., Файстель Р. 2001.** *Физика процессов эволюции. Синергетический подход*. М.: УРСС.
- Puu T. 1989.** *Nonlinear Economic Dynamics*. Berlin, Heidelberg.

МОДЕЛИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ПОЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

1. Методический подход и базовая модель

Опыт анализа и математического моделирования исторических процессов (см. например, Чернавский и др. 2002; Малков 2005; Малков 2009) показал эффективность использования следующего алгоритма формирования математических моделей. В социальной системе (СС) выделяются главные подсистемы (социальные группы или институты), которые определяют особенности ее функционирования. В качестве основных характеристик для описания каждой из подсистем используются следующие: численность N_i рассматриваемой социальной группы и суммарные материальные накопления X_i членов группы. На основе решения дифференциальных уравнений, описывающих динамику данных величин, определяются зависимости $N_i = N_i(t)$, $X_i = X_i(t)$, $i = 1, \dots, k$ для выделенных подсистем. Эти зависимости являются результатом экономических, демографических и социально-политических процессов. Система уравнений, учитывающая эти процессы, может быть записана в виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{N}_i = N_i \cdot D_i(x_i) + \sum_{j=1}^k D'_{ij}(N_i, x_i, N_j, x_j) - \sum_{j=1}^k D''_{ij}(N_i, x_i, N_j, x_j) \\ \dot{X}_i = F_i(\vec{X}, \vec{N}, \vec{I}) - N_i \cdot Q_i(x_i) + \sum_{j=1}^k G_{ij}(N_i, x_i, N_j, x_j) - \\ \quad - \sum_{i=1}^k C_{ij}(N_i, x_i, N_j, x_j) - I_i(x_i, N_i) \end{array} \right. \quad (1)$$

$$D'_{ij} = -D'_{ji}, \quad D''_{ij} \geq 0, \quad G_{ij} = -G_{ji}, \quad F_i \geq 0, \quad Q_i \geq 0, \quad C_{ij} \geq 0, \quad I_i \geq 0; \quad i, j = \overline{1, k},$$

где точка над символом означает дифференцирование по времени;

$x_i = X_i/N_i$ – средние удельные накопления представителей i -й группы;

D_i – демографический коэффициент, представляющий собой разность между рождаемостью и смертностью (количественные характеристики которой зависят от социальных и экономических условий);

D'_{ij} – скорость перехода из группы j в группу i ;

D''_{ij} – смертность в группе i , обусловленная антагонистическим взаимодействием с группой j ;

F_i – функция производства, понимаемая как количество продукта, производимого членами социальной группы в единицу времени;

Q_i – функция индивидуального потребления;

G_{ij} – количество материальных благ, изымаемых тем или иным образом группой i у группы j или передаваемых из группы i в группу j (например, налоги, субсидии и т. п.);

C_{ij} – затраты группы i на управление группой j ;

I_i – затраты на производство материальных благ (инвестиции в производство).

В левой части уравнений – выражения для скоростей изменения величин $X_i(t)$ и $N_i(t)$, в правой – математическое описание процессов, влияющих на изменение этих величин. Такой способ описания экономико-демографической динамики соответствует методологии системной динамики, использовавшейся Дж. Форрестером, Д. Медоузом и их последователями при создании моделей для Римского клуба.

В модели (1) используются усредненные величины. Усреднение проводится внутри каждой социальной группы для всех ее членов. При необходимости в модели можно учитывать разброс индивидуальных характеристик внутри социальных групп. Правила разбиения общества на группы зависят от решаемых в исследовании задач.

Несмотря на то, что описанный алгоритм формально описывает экономико-демографические процессы, реально он позволяет изучать вопросы социально-политической стабильности, эффективности систем управления и социальных институтов, поскольку от этих факторов существенным образом зависят многие важные параметры системы (1)⁷ и устойчивость СС к дестабилизации (Малков, 2002).

В зависимости от соотношений параметров система уравнений (1) может иметь или один, или несколько, или ни одного устойчивого состояния (аттрактора). Характеристики аттракторов позволяют судить о свойствах социальной системы и анализировать способы обеспечения ее устойчивости (в том числе, способы координации взаимодействия ее социально-экономических подсистем).

Исследование устойчивости СС к *внешним* дестабилизирующим воздействиям (со стороны других СС) проводится на основе анализа и моделирования конкурентной борьбы СС друг с другом, включающей в себя как экономическую, так и политическую (в том числе с использованием военной силы) борьбу. Базовая модель конкурентной борьбы изложена в работах (Чернавский и др. 2005; Малков, Кирилюк 2013). Модель сформирована на основе формализации общих закономерностей, характеризующих взаимодействие политических, социально-экономических, социокультурных, информационных, биологических систем. В обобщенном виде она представляет собой систему дифференциальных уравнений, описывающих изменение соотношения сил различных акторов (от английского *act* – действовать) в результате конкурентной борьбы:

$$\partial u_i / \partial t = G_i(u_i, x, y) - A_i(u_i, x, y) - \sum_{j \neq i} B_{i,j}(u_i, u_j) + D_i(u_i, x, y), \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, N. \quad (2)$$

Здесь t – время; x, y – пространственные координаты; u_i – показатель, характеризующий «силу» (степень влияния, доминирования, экономической и военной мощи и т. п.; см.: Винокуров и др. 2013) i -го актора в момент времени t в точке пространства (x, y) , где x и y – пространственные координаты. Член $G_i(u_i, x, y)$ описывает воспроизводство (возобновление) «силы» i -го актора. Член $A_i(u_i, x, y)$

⁷ Например, параметры, характеризующие перераспределение ресурсов между социальными группами, необходимые затраты на управление и т. п.

описывает снижение «силы» i -го актора вследствие естественных процессов (отрицательные обратные связи в социальной системе, ресурсные ограничения и т. п.) и внутривидовой борьбы (конкуренция подсистем i -го актора между собой). Член $B_{i,j}(u_i, u_j)$ описывает конкурентную борьбу между акторами. Этот член отрицателен, поскольку в конкурентной борьбе акторы стремятся подавить друг друга. Член $D_i(u_i, x, y)$ описывает распространение «силы» акторов в пространстве.

В зависимости от целей исследования система (2) может моделировать различные аспекты конкурентной борьбы социальных систем: экономические, военно-политические, идеологические и др.

Совокупность конкурирующих СС одного типа могут составлять мегасистему (цивилизацию), противостоящую другой мегасистеме (примерами могут служить противостояние земледельческих и кочевых народов, христианских и мусульманских стран на протяжении длительных исторических периодов и т. п.). С другой стороны, социальные слои одной СС представляют собой подсистемы, находящиеся в конкурентных (вплоть до антагонистических) отношениях друг с другом. Таким образом, социальные системы при моделировании могут быть представлены в виде сложных структур, каждый уровень которых описывается базовыми динамическими уравнениями типа (1) или (2).

Ниже модель (1)–(2) использована для описания функционирования общества в различных исторических ситуациях.

2. Модель общества с ограниченными ресурсами

Важным частным случаем является функционирование общества в условиях ограниченных ресурсов. Такая ситуация характерна для *аграрных* обществ. В таких обществах ресурсы ограничены плодородием земли и – главное – площадью обрабатываемых земель, которую контролирует рассматриваемое общество.

2.1. Описание математической модели

При моделировании аграрного общества будем считать, что его основными социальными группами являются, с одной стороны, сельскохозяйственные производители – крестьяне, а с другой стороны, военно-административная элита и землевладельцы, объединенные в одну группу, называемую далее «государство». Произведенный продукт расходуется на потребление как непосредственно (продукты питания), так и в преобразованной форме (ремесленная продукция, услуги и т. п.). «Государство» живет за счет налогов, при этом оно может расходовать определенные средства на стимулирование и повышение эффективности сельскохозяйственного производства (что сказывается на появлении зависимости производительности крестьян от экономического состояния государства), а также тратит определенные средства на удержание производителей в повиновении и на обеспечение внешней безопасности (охрана границ государства от агрессии соседей).

Будем считать, что в рассматриваемой социальной системе налоги земледельцев составляют фиксированную часть урожая, а производительность труда

постоянна. Будем считать также, что система замкнута, то есть такими явлениями, как иммиграция и эмиграция, изменение границ, войны с соседями, можно пренебречь на отрезке времени, на котором ведется моделирование (либо учесть с помощью экзогенно задаваемых параметров).

С учетом изложенных выше допущений модель (1) может быть преобразована в модель аграрного общества, основными акторами которой являются «государство» (военно-административная элита и землевладельцы) и земледельцы (крестьяне):

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = \beta\gamma R(N)N - Q_X(X) - C(N, \frac{Y}{Y_0}) \\ \frac{dY}{dt} = \gamma R(N) - Q_Y(Y) - \beta\gamma R(N) \\ \frac{dN}{dt} = rN(1 - \frac{Y_0}{Y}) \end{cases}, \quad (3)$$

$$R(N) = \begin{cases} R_0, & N < N_0 - \text{область I} \\ R_0 \frac{N_0}{N}, & N \geq N_0 - \text{область II} \end{cases}, \quad (4)$$

где X – материальные накопления государства (элиты); Y – средние материальные накопления земледельцев; β – часть урожая, идущая на уплату налогов; $R(N)$ – площадь земли, обрабатываемой одним крестьянским хозяйством; C – функция затрат государства на управление (на обеспечение повиновения крестьян); N – численность крестьян в рассматриваемом регионе; $Q_X(X)$, $Q_Y(Y)$ – функции потребления государства и крестьян, соответственно показывающие, какое количество продукта потребляется ими в единицу времени (для упрощения можно считать, что потребление пропорционально накоплениям, то есть $Q_X(X) = \alpha_X X$, $Q_Y(Y) = \alpha_Y Y$, где α_X , α_Y – коэффициенты); Y_0 – уровень выживания (при этом уровне прекращается рост населения, смертность начинает превышать рождаемость); r – демографический коэффициент, характеризующий скорость роста населения в ситуации, когда ресурсные ограничения отсутствуют; γ – производительность труда; N_0 – численность населения, при которой обрабатывается вся пригодная земля; R_0 – максимальная площадь земли, которую способен обработать один крестьянин со своей семьей.

Первое уравнение системы (3) отражает динамику изменения совокупных накоплений элиты (государства): доходы – налоговые поступления, расходы – затраты на потребление и на управление. Второе уравнение системы (3) отражает динамику изменения накоплений крестьянских хозяйств: доходы – выращенный урожай на одно крестьянское хозяйство, расходы – затраты крестьянского хозяйства на потребление и налоги. Третье уравнение системы (3) отражает демографическую динамику земледельцев в зависимости от их благосостояния (уменьшение благосостояния отрицательно влияет на прирост населения и при снижении благосостояния до величины Y_0 демографический рост прекращается).

В модели расчет численности элиты не производится, поскольку считается, что она многократно меньше численности земледельцев и ее вкладом в демографические показатели можно пренебречь.

Уравнение (4) отражает ограниченность земельных ресурсов. Если при низкой плотности населения (область I) дефицита земель нет, то при высокой плотности населения (область II) сельскохозяйственных угодий не хватает и крестьянские наделы уменьшаются обратно пропорционально увеличению N .

Модель (1)–(2) использовалась для исследования состояний равновесия и анализа динамических состояний системы.

2.2. Локальное экономическое равновесие

Рассмотрим сначала ситуацию установления *экономического* равновесия в системе. Предположим, что при $Y \geq Y_0$ скорость демографических изменений значительно ниже скорости изменений накоплений X и Y . Следовательно, динамику системы можно рассмотреть как быстрое установление равновесных значений X и Y при постоянном N , рассматриваемом в качестве параметра, и медленном изменении N к своему равновесному значению, с соответствующим дрейфом X и Y .

Используя теорему Тихонова, можно систему (3) преобразовать в упрощенную систему (5), описывающую динамику «быстрых» переменных X , Y при заданном параметре численности населения $N = \text{const}$:

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = \beta\gamma R(N)N - \alpha_x X - C(N, \frac{Y}{Y_0}) \\ \frac{dY}{dt} = \gamma(1 - \beta)R(N) - \alpha_y Y \end{cases} \quad (5)$$

Здесь для упрощения считается, что потребление пропорционально накоплениям, то есть $Q_X(X) = \alpha_x X$, $Q_Y(Y) = \alpha_y Y$, где α_x , α_y – коэффициенты.

Затраты на управление $C = C(N, Y/Y_0)$ можно представить в виде:

$$C(N, \frac{Y}{Y_0}) = \frac{cNY_0}{Y} \quad (6)$$

Это отражает тот факт, что при обнищании населения растет социальная напряженность и, как следствие, возрастают расходы, необходимые для поддержания порядка и управляемости.

На рисунках П16.1 и П16.2 отражена динамика изменения X и Y в соответствии с (5) для различных начальных данных. Видно, что при заданных значениях параметров система стремится к устойчивому равновесию.

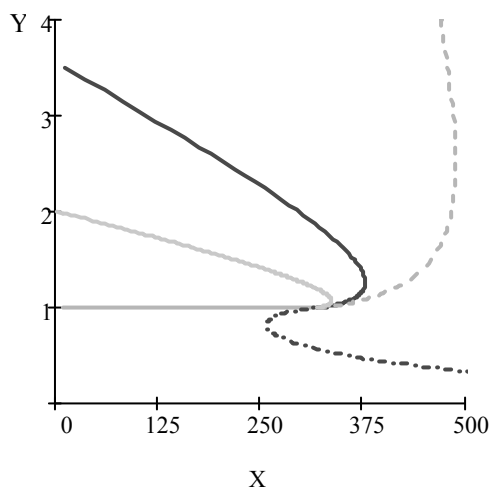


Рис. П16.1. Фазовые траектории системы (5) в координатах (Y, X)

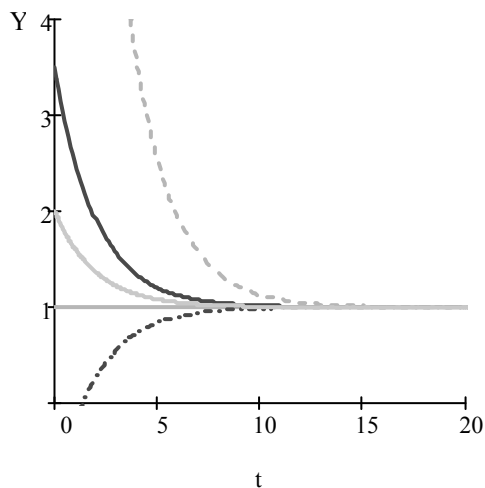


Рис. П16.2. Изменение величины средних накоплений земледельцев $Y(t)$ (для различных начальных значений)

Найдем точки равновесия системы (5). Приравняв правые части уравнений к нулю, получим для равновесных значений X^* , Y^* :

$$X^* = \frac{N}{\alpha_X} \left(\gamma\beta R(N) - \frac{cY_0}{Y^*} \right), \quad (7)$$

$$X^* = \frac{N}{\alpha_X} \left(\gamma\beta R(N) - \frac{cY_0\alpha_Y}{\gamma(1-\beta)R(N)} \right), \quad (8)$$

$$Y^* = \frac{\gamma(1-\beta)R(N)}{\alpha_Y}. \quad (9)$$

Собственные значения якобиана линеаризованной в окрестности (X^*, Y^*) системы равны соответственно $\lambda_1 = -\alpha_X$, $\lambda_2 = -\alpha_Y$, то есть точка равновесия устойчива. Запишем отдельно выражения для X^* , Y^* в областях I ($N < N_0$) и II ($N \geq N_0$) соответственно.

В области I (при $N < N_0$) имеем:

$$X^* = \frac{N}{\alpha_X} \left(\gamma \beta R_0 - \frac{c Y_0 \alpha_Y}{\gamma(1-\beta)R_0} \right), \quad (7a)$$

$$Y^* = \frac{\gamma(1-\beta)R_0}{\alpha_Y}. \quad (8a)$$

В области II (при $N \geq N_0$) имеем:

$$X^* = \frac{1}{\alpha_X} \left(\gamma \beta R_0 N_0 - \frac{c Y_0 \alpha_Y}{\gamma(1-\beta)R_0 N_0} N^2 \right), \quad (7b)$$

$$Y^* = \frac{\gamma(1-\beta)R_0}{\alpha_Y} \frac{N_0}{N}. \quad (8b)$$

Из требования $X > 0$ следуют условия существования состояния равновесия системы (5):

$$\frac{\beta(1-\beta)}{c Y_0 \alpha_Y} (\gamma R(N))^2 > 1 \quad (9)$$

или

$$\begin{cases} \frac{\beta(1-\beta)(\gamma R_0)^2}{c Y_0 \alpha_Y} > 1 & \text{при } N < N_0 \\ \frac{\beta(1-\beta) \left(\gamma R_0 \frac{N_0}{N} \right)^2}{c Y_0 \alpha_Y} > 1 & \text{при } N > N_0 \end{cases} \quad (9a)$$

b)

Логично считать, что «государство» будет стремиться установить такой уровень налогов β , при котором величина $X^*(\beta)$ будет максимальной. Оптимальная (с точки зрения «государства») величина β_{opt} находится из условия:

$$dX^*/d\beta = 0, \text{ откуда } \beta_{opt} = 1 - \frac{\sqrt{c Y_0 \alpha_Y}}{\gamma R(N)}. \quad (10)$$

При таком уровне налогов величины X^* , Y^* принимают значения:

$$\begin{aligned} X_{opt}^* &= \frac{N}{\alpha_X} \left(\gamma R(N) - 2\sqrt{c Y_0 \alpha_Y} \right) \\ Y_{opt}^* &= \sqrt{\frac{c Y_0}{\alpha_Y}} \end{aligned} \quad (11)$$

Условие устойчивости существования государства в терминах модели может быть записано как $X^* > 0$. Откуда на основании (9) и (11) можно утверждать, что государство легче образуется там, где:

- меньше затраты на управление ($c \rightarrow 0$);
- благоприятнее условия для сельскохозяйственного производства (γR_0 имеет высокое значение);
- ниже потребности населения (Y_0 и α_Y имеют низкое значение).

Из уравнения (7b) можно найти критическое значение численности населения N_C , при котором $X^* = 0$ (социальная система дестабилизируется):

$$N_C = \gamma R_0 N_0 \sqrt{\frac{\beta(1-\beta)}{c Y_0 \alpha_Y}}. \quad (12)$$

2.3. Общее экономико-демографическое равновесие

Учтем теперь, что численность населения N непостоянна, и точка (X^*, Y^*) дрейфует к глобальному равновесному положению (X^{**}, Y^{**}, N^{**}) (то есть к точке устойчивого равновесия системы (5)). Из третьего уравнения системы (3) получим дополнительное условие для координат точки равновесия: $Y^{**} = Y_0$.

При $Y_0 > \gamma(1-\beta)R_0/\alpha_Y$ точка равновесия отсутствует, поскольку при этом условии благосостояние крестьян оказывается ниже точки физического выживания и система стабильной быть не может.

При $Y_0 < \gamma(1-\beta)R_0/\alpha_Y$ ситуация следующая: если $N < N_0$ (то есть мы находимся в области I), то $dN/dt > 0$, численность населения непрерывно растет и система попадает в область II. В области II ($N \geq N_0$) из (7b, 8b) получаем:

$$X^{**} = \frac{\gamma R_0 N_0}{\alpha_X} \left(\beta - c \frac{(1-\beta)}{Y_0 \alpha_Y} \right), \quad (13)$$

$$Y^{**} = Y_0, \quad (14)$$

$$N^{**} = \gamma R_0 N_0 \frac{(1-\beta)}{Y_0 \alpha_Y}. \quad (15)$$

Условия существования государства следуют из условий $X^{**} > 0$, $N^{**} > N_0$, то есть:

$$\frac{Y_0 \alpha_Y}{c} \frac{\beta}{1-\beta} > 1, \quad (16)$$

$$\frac{\gamma R_0}{Y_0 \alpha_Y} (1-\beta) > 1, \quad (17)$$

откуда:

$$\frac{c}{Y_0 \alpha_Y + c} < \beta < 1 - \frac{Y_0 \alpha_Y}{\gamma R_0}. \quad (18)$$

Результаты соответствующих расчетов представлены на рис. П16.3.

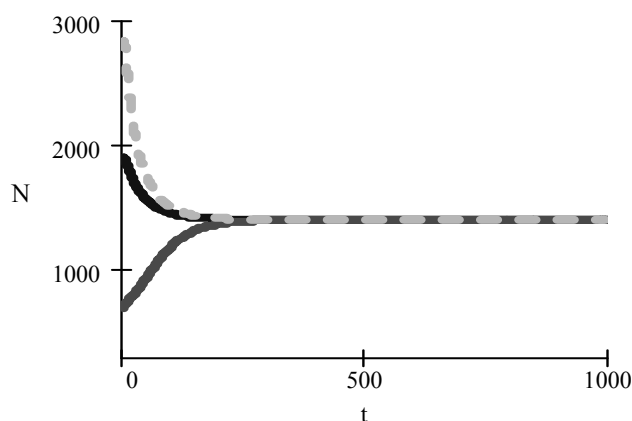


Рис. П16.3. Изменение численности населения $N(t)$ при различных начальных значениях

Итак, государство имеет возможность изменять ставку налога β в интервале от

$\frac{c}{Y_0\alpha_Y + c}$ до $1 - \frac{Y_0\alpha_Y}{\gamma R_0}$, причем нижняя граница интервала соответствует меньшим значениям X^{**} и большим значениям N^{**} и наоборот, верхняя граница – большим значениям X^{**} и меньшим N^{**} .

Главный вывод таков: в обществе с ограниченными ресурсами, если преобладает многодетная модель семьи (а в аграрном обществе многодетная модель семьи является естественной, поскольку крестьянские семьи заинтересованы в большом количестве рабочих рук), рано или поздно численность населения достигает равновесного уровня, определяемого демографической емкостью территории, и далее не растет. При этом уровень благосостояния земледельцев низкий и соответствует уровню выживания Y_0 . Такая ситуация называется «мальтузианской ловушкой».

2.4. Демографические циклы

Учтем то, что производительность труда γ , вообще говоря, не является постоянной величиной и, в частности, зависит от материальных возможностей земледельцев Y и влияния «государства» на хозяйственные процессы, что в рамках используемой модели должно выражаться в зависимости γ от Y и X : $\gamma = \gamma(X, Y)$. При этом в странах так называемого восточного типа γ гораздо более зависит от X , чем от Y , а в странах западного типа – наоборот. Это связано с тем, что в цивилизациях Востока, особенно в так называемых «речных цивилизациях», была высока роль государства в экономических процессах, прежде всего в организации общественных работ по мелиорации, рытью каналов и т. п. В западной цивилизации роль государства в экономике была невелика, оно практически не участвовало в развитии производительных сил. О повышении производительности труда заботилось не государство, а население. Соответственно, можно счи-

тать, что для Востока $\gamma = \gamma(X)$, для Запада $\gamma = \gamma(Y)$. Если в обществе есть демографический отток и идет постепенный рост γ , то это стабилизирует ситуацию и точка равновесия начинает дрейфовать.

Рассмотрим случай $\gamma = \gamma(X)$, характерный для стран Востока (прежде всего, для так называемых «речных цивилизаций»). В рамках модели будем считать, что логика изменения $\gamma(X)$ следующая. Если государство слабое ($X < X_1$), то оно не влияет на экономику, и γ определяется лишь возможностями земледельцев ($\gamma = \gamma_1$). При повышении X выше некоторого порога ($X > X_1$) государство имеет возможность часть своих ресурсов расходовать на проведение мелиоративных работ, организацию строительства каналов и т.п., что в конечном итоге приводит к увеличению средней производительности труда до $\gamma = \gamma_2$. В соответствии с этим можно принять, что зависимость производительности труда от X имеет следующий вид:

$$\gamma(X) = \begin{cases} \gamma_1, & 0 < X \leq X_1 \\ \frac{\gamma_2 - \gamma_1}{X_2 - X_1} X + \frac{\gamma_1 X_2 - \gamma_2 X_1}{X_2 - X_1}, & X_1 < X < X_2 \\ \gamma_2, & X \geq X_2 \end{cases} \quad (19)$$

В странах Запада государство слабо участвовало в экономической жизни, поэтому в рамках модели для западных стран можно считать $\gamma = \gamma(Y)$, при этом в периоды, когда технологического прогресса не было или он был слабый, можно считать $\gamma \approx const$ (в этом случае можно использовать формулу (19) при условии $\gamma_1 = \gamma_2$)⁸.

Демографический коэффициент r и коэффициент c , отражающий величину затрат государства на управление, в общем случае не являются постоянными величинами и зависят от состояния общества. Будем считать, что если средние материальные накопления земледельцев больше прожиточного минимума ($Y > Y_0$), то в обществе сохраняется социальная стабильность и коэффициенты r и c принимают значения r_2 и c_1 . При $Y < Y_0$ в обществе возникает кризисная ситуация, и демографический коэффициент r должен учитывать скорость аномальной убыли населения вследствие гражданских войн, эпидемий, массового голода и т.п. ($r = r_3 > r_2$), соответственно коэффициент c должен учитывать усиление неповиновения и сопротивления крестьян землевладельцам ($c = c_2 > c_1$). В соответствии с этим коэффициенты r и c можно представить в виде:

$$r(Y) = \begin{cases} r_2, & Y > Y_0 \\ r_3, & Y < Y_0 \end{cases}, \quad (20)$$

$$c(Y) = \begin{cases} c_1, & Y > Y_0 \\ c_2, & Y < Y_0 \end{cases}, \quad (21)$$

где $r_3 > r_2$, $c_2 > c_1$.

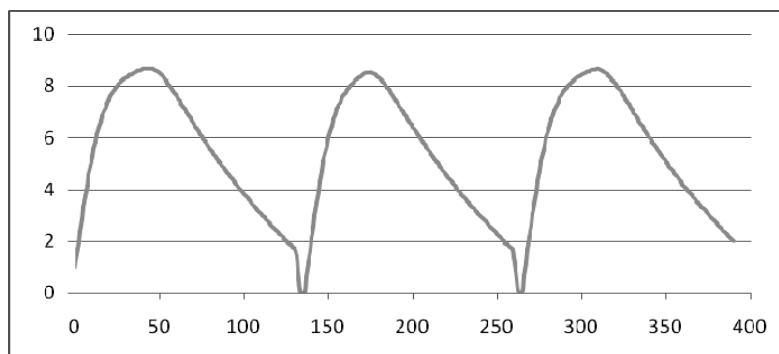
⁸ Случай, когда производительность труда изменяется вследствие технологического прогресса, будет рассмотрен позднее.

В модели также нужно учесть миграционные процессы, в частности тот факт, что в эпохи демографического сжатия (когда численность населения достигает уровня демографической емкости) сельское население начинает активно уезжать в другие местности и/или переезжать в города. Если принять, что ежегодно мигрирует доля r_1 сельского населения, то система уравнений (3) преобразуется к виду:

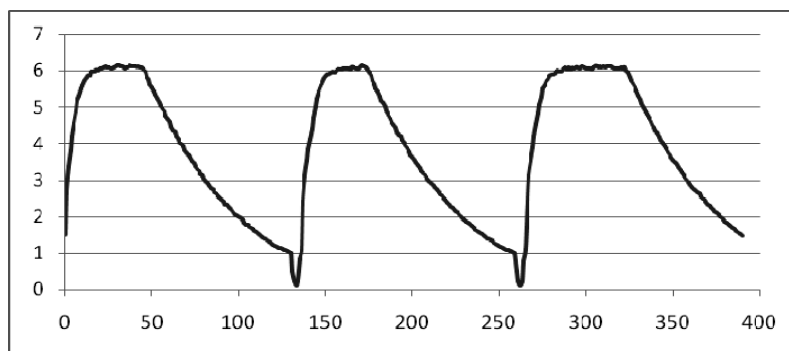
$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = \beta\gamma(X, Y)R(N)N - \alpha_X X - c(Y)N \frac{Y_0}{Y} \\ \frac{dY}{dt} = \gamma(X, Y)R(N) - \alpha_Y Y - \beta\gamma(X)R(N) \\ \frac{dN}{dt} = r(Y)N(1 - \frac{Y_0}{Y}) - r_1 N \end{cases} \quad (22)$$

Результаты численного моделирования показывают, что при определенном соотношении параметров социальная система, описываемая уравнениями (19)–(22), (4) становится неустойчивой и переходит в колебательный режим. Это означает, что в ней возникают социально-демографические циклы.

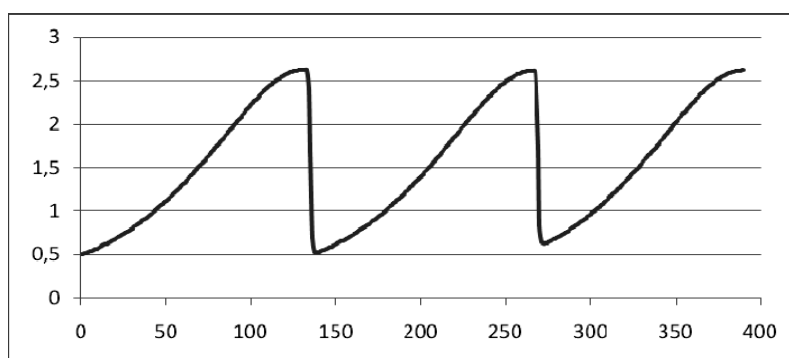
На рис. 4 представлены типовые результаты расчетов по модели (19)–(22), (4) с учетом зависимости $\gamma = \gamma(X, Y)$ в соответствии с (19) в отсутствие миграции в другие территории или в города, то есть $r_1 = 0$. Считается, что снабжение городов продуктами питания осуществляется за счет рыночного сектора экономики, а в сельской местности преобладает натуральное хозяйство. Насколько способен рыночный сектор прокормить растущее городское население в период демографического сжатия – особый вопрос, выходящий за рамки данной модели (этот вопрос рассматривается, например, в работах: Гринин и др. 2008; Гринин и др. 2009), соответствующая модель будет изложена в следующем разделе.



(а)



(б)



(в)

Рис.П16.4. Циклическая динамика изменения X (а), Y (б) и N (в) в соответствии с моделью (22) (по оси абсцисс – время в годах, значения по оси ординат – в относительных единицах)

Видно, что периоды относительной стабильности периодически сменяются социально-демографическими кризисами, характеризующимися депопуляцией, экономическим коллапсом, резким ослаблением государства. Такая динамика была характерна для многих государств древности. Наиболее ярким примером циклического развития является история Китая начиная со времени образования в нем империи в III в. до н. э. На рис. П16.5 приведены результаты моделирования демографической динамики в Китае в эпоху Мин (точки – исторические данные (Коротаяев и др. 2007), гладкая кривая – расчет по модели).

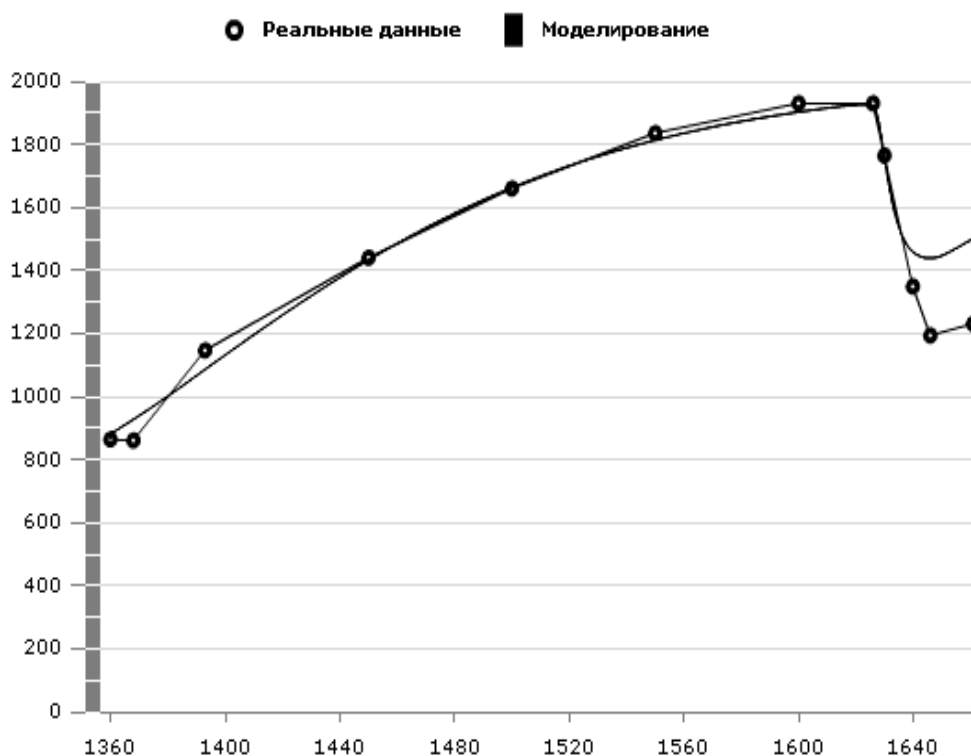
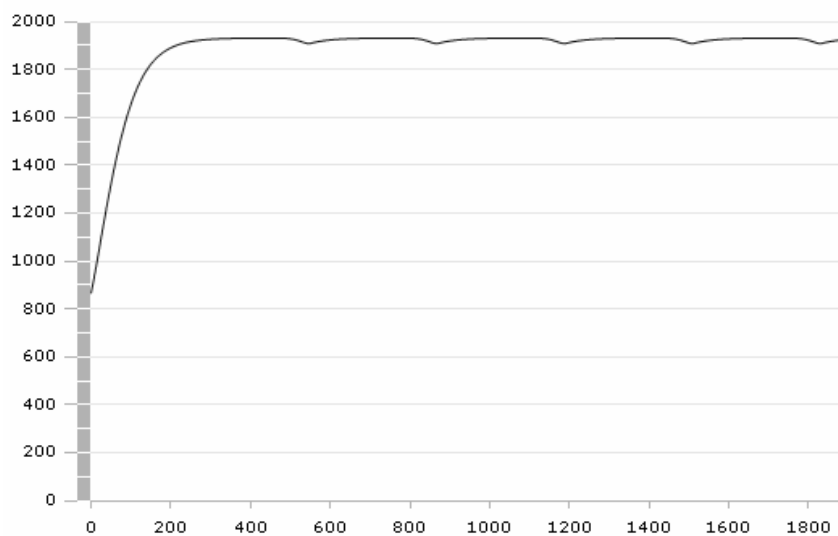


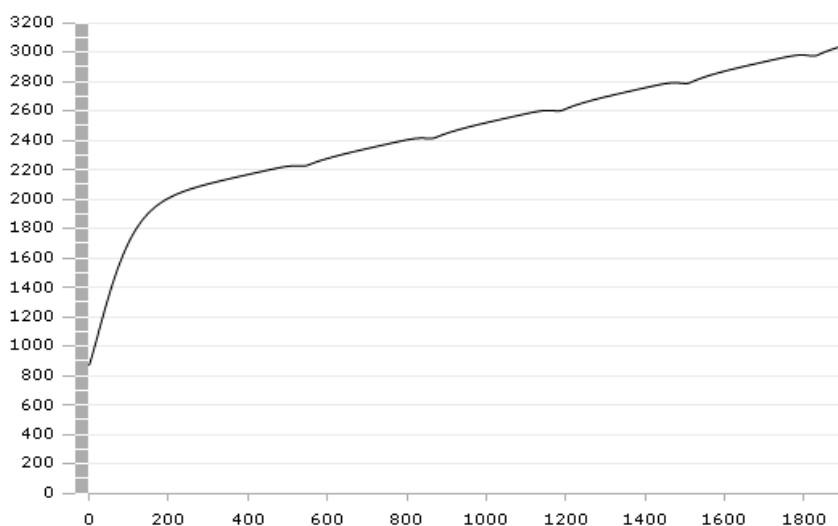
Рис.П16.5. Моделирование демографической динамики $N(t)$ в Китае в эпоху Мин (по оси абсцисс – годы; по оси ординат – численность населения в относительных единицах, одно деление соответствует 74 360 человек)

Видно, что соответствие расчетных и реальных данных достаточно хорошее.

Расчеты по модели показывают, что миграция, и с частности отток населения в города, стабилизирует демографическую ситуацию в сельской местности. На рис. П16.6 приведены результаты расчетов демографической динамики сельского населения (а) и общего населения (городского и сельского вместе) (б) при наличии оттока в города на уровне 0,03 % в год при тех же параметрах, при которых рассчитывались графики на рис. П16.5.



(а)



(б)

Рис. П16.6. Результаты расчета динамики сельского населения (а) и общего населения (вместе с городским) (б) при наличии оттока сельского населения в города

Видно, что демографические циклы прекращаются и начинается непрерывный демографический рост (при условии, что одновременно растет производительность труда в сельском хозяйстве [Гринин и др. 2008; Гринин и др. 2009]). Такая ситуация впервые реализовалась в Англии в XVIII в. (рис. П16.7, данные из: Нефедов 2005) и далее в течение XIX в. стала характерна для многих стран мира.

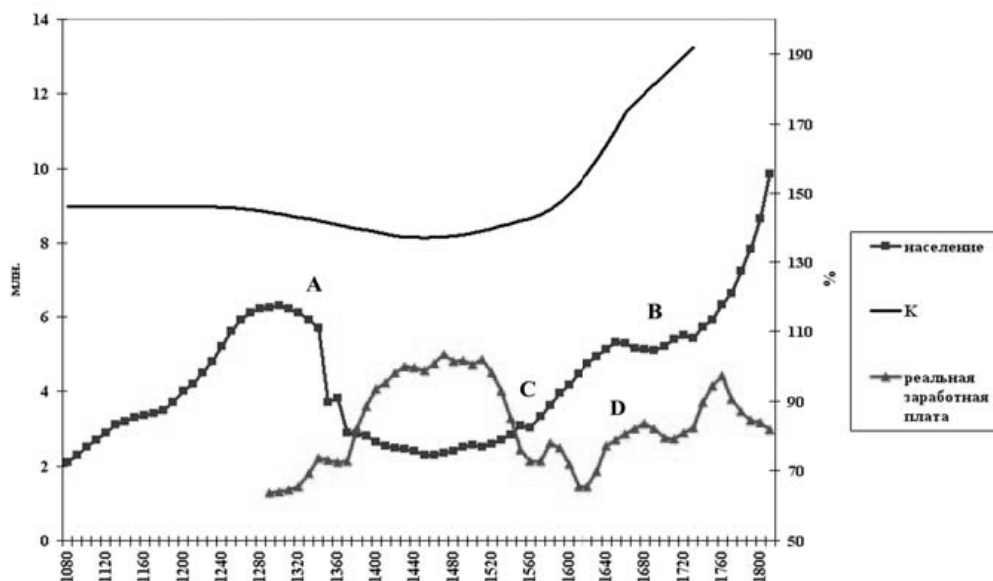


Рис.П16.7. Численность населения и уровень потребления в Англии XII–XVIII вв. (К – демографическая емкость территории) (Нефедов 2005)

Таким образом, разработанная модель может быть использована не только для анализа демографических циклов, но и при исследовании условий выхода аграрного общества из «мальтузианской ловушки» и перехода демографической динамики на траекторию демографического роста.

В заключение отметим, что в условиях ограниченного ресурса в обществе в результате социальной самоорганизации формируется институциональная система X-типа, основанная на распределительных принципах и жестком противопоставлении социальных групп по принципу «свой-свой», «свой-чужой» (об особенностях институциональных структур X-типа см. главу 20).

3. Модель общества с растущим ресурсом

Рассмотрим теперь ситуацию, когда производительность труда y растет в результате технологического прогресса. Такая ситуация характерна для *индустриальных* обществ. В этом случае, если по-прежнему в качестве основных социальных групп рассматривать управленческую элиту («государство») и остальное население, базовая система уравнений (1), на макроуровне описывающая экономико-демографическую динамику общества, преобразуется к виду:

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = \beta F(\gamma)N - Q_X(X) - C(N, \frac{Y}{Y_0}) \\ \frac{dY}{dt} = F(\gamma) - Q_Y(Y) - \beta F(\gamma) \\ \frac{dN}{dt} = rN(1 - \frac{Y_0}{Y}) \end{cases}, \quad (23)$$

где X – бюджет государства; Y – средние материальные накопления членов общества; $F(\gamma)$ – средние доходы на душу населения (на макроуровне они пропорциональны ВВП на душу населения); β – часть доходов, идущая на уплату налогов; C – функция затрат государства на управление; N – численность населения; $Q_X(X)$, $Q_Y(Y)$ – функции потребления государства и населения, соответственно показывающие, какое количество продукта потребляется ими в единицу времени; Y_0 – уровень выживания (при этом уровне прекращается рост населения, смертность начинает превышать рождаемость); r – демографический коэффициент, характеризующий скорость роста населения в ситуации, когда ресурсные ограничения отсутствуют; γ – производительность труда.

Отличие от модели (3)–(4) в том, что в качестве ресурса выступает растущая функция $F(\gamma)$, зависящая от темпов технологического прогресса. Если эти темпы достаточно высокие, то $Y(t)$ становится неубывающей функцией от времени t и ограничения на демографический рост исчезают. В этом случае все переменные системы (23) начинают расти, устойчивого равновесного состояния нет. Темпы роста $X(t)$ и $Y(t)$ зависят от динамики повышения производительности труда $\gamma(t)$, которая определяется динамикой технологического прогресса и является внешней функцией по отношению к системе (23). Темпы роста $N(t)$ зависят как от динамики $Y(t)$, так и от изменения параметра r (например, в индустриальном обществе параметр r начинает стремиться к нулю, поскольку происходит переход от многодетной к малодетной модели семьи). В результате возможна ситуация, когда экономический рост продолжается, а демографический – прекращается (такая ситуация характерна для современного западного общества).

Ситуация долговременного экономического роста влияет на институциональное развитие. В условиях постоянного увеличивающегося ресурса в обществе в результате социальной самоорганизации формируется институциональная система Y -типа, основанная на внутренней конкуренции и индивидуализме (об особенностях институциональных структур Y -типа см. главу 20).

4. Модель глобальных фазовых переходов

Изложенные выше модели позволяют объяснить и описать долгосрочную глобальную динамику, о которой шла речь в главе 20. В этой главе показано, что исторический процесс на протяжении последних 10 тыс. лет проходил крайне неравномерно: эпохи медленного экономического и демографического развития периодически сменялись «эпохами перемен», которые были связаны с техноло-

гическими революциями и во время которых наблюдался чрезвычайно быстрый рост демографических и экономических характеристик (см. рис. 16.5 и 16.6 в основной части главы).

В эпохи медленного развития технологический рост был слабым, производительность труда менялась незначительно, поэтому общество находилось в «мальтузианской ловушке». Это ситуация описывается моделью (3)–(4), изложенной выше в разделе 2. В такие эпохи социальная самоорганизация приводила к формированию институциональных структур X-типа.

«Эпохи перемен» были связаны с технологическими революциями, описанными в главе 20. В эти эпохи шел быстрый экономический и демографический рост, что способствовало формированию институциональных структур Y-типа. Эта ситуация описывается моделью (23), изложенной выше в разделе 3. Как свидетельствуют исторические данные, особенностью этих эпох было то, что экономический и демографический рост шел в режиме с обострением, имеющем *точку сингулярности*⁹. При этом демографический рост на начальных стадиях роста с высокой точностью описывался гиперболической функцией:

$$N(t) = \frac{C}{t' - t}, \quad (24)$$

где C – константа; t' – точка сингулярности (момент времени в будущем, когда функция $N(t)$ превратится в бесконечность). Взрывной характер изменений породил у современников ожидания «конца света»: такие ожидания были у христиан в первом веке нашей эры, много говорят о приближающейся точке сингулярности и в наши дни (Малков, 2019). Причина такого характера демографических изменений заключается в специфическом характере роста производительности труда в эпохи технологических революций. Рассмотрим соответствующую математическую модель.

Базовым уравнением модели, описывающего демографическую динамику во время глобального фазового перехода (в «эпохи перемен») является третье уравнение системы (23), которое удобно записать в виде:

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{Y_0 N}{R(t)} \right), \quad (25)$$

где $R(t)$ – ресурсная база, зависящая от роста производительности труда. Динамика увеличения $R(t)$ в эпохи технологических революций может быть описана следующим образом. Пусть до технологической революции с помощью традиционных технологий¹⁰ был достигнут уровень ресурсного обеспечения R' . Пусть технологическая революция, начавшаяся в момент времени t_0 , в конечном счете подняла ресурсное обеспечение до уровня R'' , который затем остается относи-

⁹ Точка сингулярности – точка на числовой оси, в которой график функции уходит в бесконечность.

¹⁰ Предполагается, что инновационный потенциал традиционных технологий к этому времени уже исчерпан.

тельно стабильным до следующей технологической революции¹¹. Тогда уравнение для роста ресурсной базы $R(t)$ с момента t_0 можно записать в виде:

$$\frac{dR}{dt} = f(N, R) \left(1 - \frac{R}{R''} \right), \quad (26)$$

где первый множитель в правой части отражает скорость роста технологических нововведений (изобретений), расширяющих ресурсную базу, второй множитель отражает последующее торможение роста $R(t)$ вследствие исчерпания возможностей технологической революции. Выражение для $f(N, R)$ по аналогии с (Kremer 1993; Коротаев и др. 2007) может быть записано в виде:

$$f(N, R) = kN(R - R'), \quad (27)$$

где k – постоянный коэффициент. Смысл выражения (27) следующий: скорость роста технологических нововведений пропорциональна количеству инноваторов (изобретателей), количество которых пропорционально $N^{1/2}$, а также уже имеющейся новой технологической базе (поскольку новые инновации и изобретения появляются как продолжение и развитие уже имеющихся). Таким образом, результирующее выражение для динамики $R(t)$ в эпоху технологической революции имеет вид:

$$\frac{dR}{dt} = kN(R - R') \left(1 - \frac{R}{R''} \right). \quad (28)$$

В результате совместного решения уравнений (25) и (28) определяются изменения $R(t)$ и $N(t)$ в эпохи перемен (типичные графики приведены на рисунке П16.8).

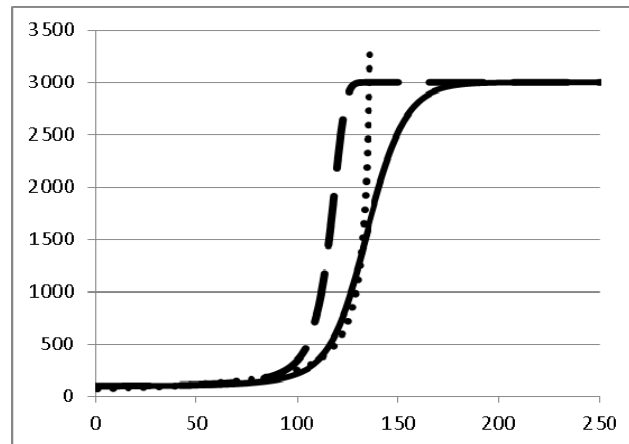


Рис. П16.8. Типовая динамика $N(t)$ (сплошная линия) и $R(t)$ (штриховая линия) в соответствии с уравнениями (25) и (28) (по оси абсцисс – годы; пунктирная линия – гипербола)

¹¹ Считается, что ресурсная база пропорциональна освоенным технологиям.

¹² Количество изобретателей хотя и составляет небольшой процент от численности населения, но тем не менее, чем больше N , тем больше изобретателей и, соответственно, тем больше изобретений.

Видно, что в ходе технологической революции $N(t)$ растет по закону, близкому к гиперболическому (гиперболическая зависимость с точкой сингулярности $t' = 138$ изображена на рисунке 8 пунктирной линией). Серьезные отклонения $N(t)$ от гиперболического закона начинают наблюдаться лишь в близкой окрестности от точки сингулярности.

По окончании «эпохи перемен», когда инновационный потенциал технологической революции уже исчерпан, уровень производительности труда стабилизируется, экономический рост замедляется, демографический рост останавливается. Наступает новая эпоха медленного развития. После нее – новый технологический рывок, новая «эпоха перемен». И так далее.

5. Модель политогенеза

Базовая модель (1)–(2) позволяет кроме экономической и демографической динамики описать и процесс политогенеза.

В главе 25 проведен анализ стадильности в развитии политической структуры государств. Показано, что эта стадильность (*ранние, развитые, зрелые государства*) характерна как в целом для Мир-Системы, так и для различных ее регионов.

При этом неизбежно возникают вопросы:

1) Что обеспечивает устойчивость политической структуры и «удерживает» ее от кардинальных изменений на стадиях стабильного развития Мир-Системы?

2) Отчего, однако, в определенные моменты времени стабильность политических структур нарушается и происходит достаточно быстрый (по историческим меркам) переход к устойчивым структурам другого типа?

Использование научного арсенала синергетики и теории развивающихся систем (Капица и др. 1997; Малков 2002, 2004) позволяет естественным образом предложить следующую гипотезу для ответа на эти вопросы:

– устойчивость политических структур – следствие действия определенных механизмов *социальной самоорганизации*, обеспечивающих «возвращение» к устойчивым состояниям при вынужденных отклонениях от них в периоды социально-экономической и политической нестабильности;

– механизмы социальной самоорганизации зависят от *условий среды* (природной, социально-экономической, культурно-исторической);

– при значительных изменениях среды (или при снятии накладываемых ею ограничений вследствие технологических прорывов) происходит изменение механизмов социальной самоорганизации, что приводит к формированию устойчивых политических структур *другого* типа.

Задача заключается в том, чтобы выявить причины возникновения механизмов социальной самоорганизации, обеспечивающих устойчивость различных политических структур, понять, при каких условиях их эффективность оказывается высокой, а при каких – снижается ниже критического уровня и происходит смена одних механизмов на другие.

Рассмотрим эволюцию *ранних* и *развитых* государств, относящихся к докапиталистической эпохе. Анализ их отличий проведен в главе 25. В нем показано, что взаимоотношения центральной власти, местной элиты (особенно ее верхних эшелонов) и населения в *раннем* и *развитом* государствах существенно различны:

– в *раннем* государстве региональная (местная) элита, опираясь на собственные ресурсы, реально контролирует основную территорию, а население находится под ее контролем и/или юрисдикцией. Взаимоотношения населения и центра опосредуются элитой, она обладает определенным иммунитетом, центр не может без элиты организовать основные функции государства, поскольку государство еще не обладает необходимым аппаратом либо этот аппарат слаб. Это характерно для многих древних, средневековых ближневосточных и европейских, а также и других государств;

– в *развитом* государстве реальная власть центра существенно выше, элита гораздо сильнее интегрирована в государственную систему и связана с центром. *Развитое* государство по сравнению с *ранним* обладает более совершенным и многочисленным аппаратом управления. Однако достаточно системно этот аппарат представлен только в центре, а на местах он фрагментарен. Поэтому во многих случаях элита фактически становится частью аппарата на местах (прежде всего военного, но часто и административного, налогового, судебного, религиозного). Взаимоотношения центра и населения только частично опосредуются элитой, но частью осуществляются напрямую через формальный, официальный госаппарат на местах. При этом население все более надеется на центр как на защитника от местного произвола, что гораздо менее характерно для *раннего* государства.

Возникает вопрос: как и почему происходила трансформация государства от *раннего* к *развитому*, каковы особенности этой трансформации? Определенную ясность в решение этого вопроса может внести синергетика, математическое моделирование.

Математически опишем последовательные фазы интеграции отдельных территорий, управляемых местной элитой, в единое государство. Для описания взаимодействия местной элиты и населения воспользуемся базовой моделью (1)–(2). Для определенности и упрощения математических выкладок примем следующие допущения:

– рассматривается процесс интеграции в единое государство двух обществ (населяющих соседние территории и находящихся на догосударственной стадии развития), которые обозначаются в модели индексами $i = 1$ и 2 ;

– основным экономическим укладом обществ является аграрное производство при преобладании натурального хозяйства;

– элита живет за счет собираемых с населения податей;

– подавляющая часть населения является сельскохозяйственными производителями.

С учетом этих замечаний базовая модель взаимоотношений местной элиты и населения принимает следующий вид. Пусть численность населения i -й территории равна N_i . Тогда производство и перераспределение материальных благ в соответствующей социальной системе может быть описано следующей системой дифференциальных уравнений, описывающей изменение материальной обеспеченности местной элиты и населения:

$$dX_i/dt = K_i(X_i, Y_i) \cdot N_i - Q_{X_i}(X_i) - C_i(N_i, Y_i), \quad (29)$$

$$dY_i/dt = \gamma_i \cdot R_i - Q_{Y_i}(Y_i) - K_i(X_i, Y_i), \quad (30)$$

где материальные блага условно выражаются в единицах произведенного продукта:

X – объем материальных благ, имеющих у местной элиты;

Y – средние накопления, приходящиеся на душу податного населения;

$K(X, Y)$ – величина податей в пользу местной элиты (налоги, барщина, оброк и т. п.);

$Q_X(X)$ – функция потребления (траты на личные нужды) элиты;

$Q_Y(Y)$ – затраты на потребление производителей;

$\gamma \cdot R$ – производственная функция производителей (объем произведенного продукта в единицу времени);

R – коэффициент, характеризующий ресурсную базу производителей (количество и плодородие обрабатываемой земли);

γ – производительность труда производителей;

$C(N, Y)$ – функция затрат элиты на управление. Затраты на управление повышаются с увеличением площади владений (затраты на инфраструктуру, коммуникации, охрану границ и т. п.) и с увеличением количества податного населения N (осуществление полицейских функций).

Базовая модель (29)–(30) описывает *автономное* существование рассматриваемых социальных систем. Это начальная (*первая*) фаза, в течение которой взаимодействие между данными системами отсутствует либо они экономически и политически малозначимы.

Типичный вид фазовых траекторий для автономных систем (29)–(30) представлен на рис. П16.10, где $Y' = a_X/(\alpha \cdot N)$, $Y'' = \gamma \cdot R/a_Y$.

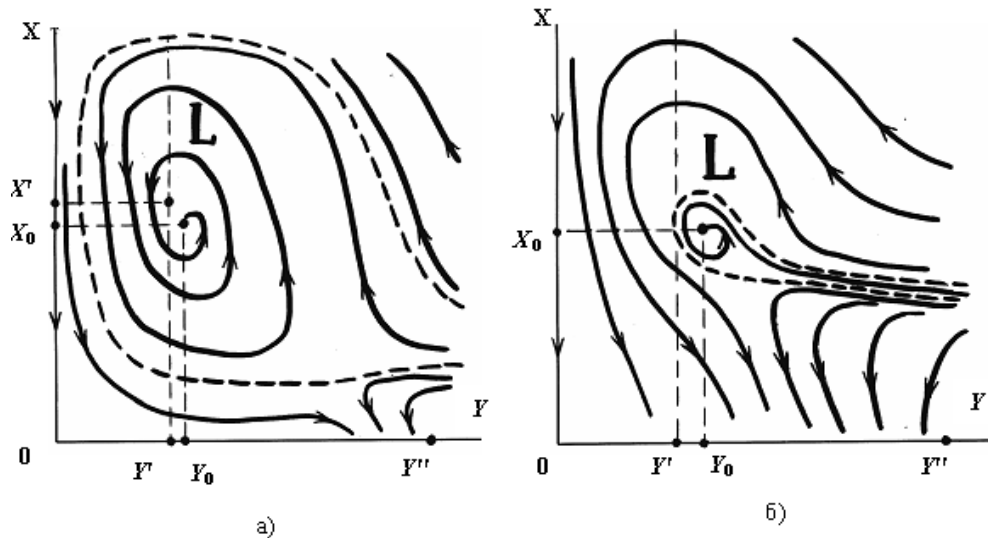


Рис. П16.10. Фазовый портрет автономных систем (29)–(30): а) низкие затраты на управление; б) высокие затраты на управление

При расчетах использовался простейший вид функций, входящих в уравнения (29) и (30): $Q_X(X) = a_X \cdot X$, $Q_Y(Y) = a_Y \cdot Y$, $K(X, Y) = \alpha \cdot X \cdot Y$, $C(N, Y) = (c_1/Y + c_2 \cdot Y) \cdot N^r$ (Малков 2002). Система имеет устойчивое состояние – точечный аттрактор типа «устойчивый фокус» с координатами X_0 и Y_0 и областью притяжения L , граница которой обозначена на рис. 10 пунктирной линией. Это означает, что, оказавшись в области L , система будет эволюционировать к устойчивому состоянию (X_0, Y_0) и через некоторое время установится равновесие, которое будет мало чувствительно к возмущениям.

Анализ модели показывает, что размер области устойчивости L зависит прежде всего от $K_i(X_i, Y_i)$ и $C_i(N_i, Y_i)$, то есть от объема собираемых налогов и затрат на управление (см. рис. 10а и 10б). При повышении налогов и затрат на управление устойчивость функционирования социальных систем снижается, что приводит к увеличению вероятности выхода из области устойчивости, дестабилизации и гибели социальной системы в случае нападения на нее агрессивных соседей, возникновения природных катаклизмов и т. п.

Следующая (*вторая*) фаза рассматриваемого интеграционного процесса наступает, когда социальные системы начинают активно взаимодействовать. В аграрных обществах с преобладанием натурального хозяйства это взаимодействие выражается прежде всего в *конкуренции*¹³ за территорию и природные ресурсы. Наиболее типичной формой конкуренции является война. Роль войн в жизни аграрных обществ огромна. По мнению ряда исследователей, например Р. Л. Карнейро (2006а, 2006б), именно войны при ограниченности ресурсов явились важнейшей причиной образования государства. Война – дело дорогое, она увеличивает затраты элиты, охраняющей свои владения, что, соответственно, приводит к увеличению налогового бремени на население. В базовой модели военные издержки должны быть учтены введением дополнительных членов в правую часть уравнения (29), где описываются расходы элиты. Если соперничают i -я и j -я социальные системы, то дополнительные расходы элиты в модели можно учесть выражением вида $b_{ij} \cdot X_i \cdot X_j$ (Иванилов и др. 1993). Базовая модель для первой социальной системы принимает вид:

$$dX_1/dt = K_1(X_1, Y_1) \cdot N_1 - Q_{X1}(X_1) - C_1(N_1, Y_1) - b_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 - \sum b_{1j} \cdot X_1 \cdot X_j, \quad (31)$$

$$dY_1/dt = \gamma_1 \cdot R_1 - Q_{Y1}(Y_1) - K_1(X_1, Y_1), \quad (32)$$

а для второй социальной системы – следующий вид:

$$dX_2/dt = K_2(X_2, Y_2) \cdot N_2 - Q_{X2}(X_2) - C_2(N_2, Y_2) - b_{21} \cdot X_2 \cdot X_1 - \sum b_{2j} \cdot X_2 \cdot X_j, \quad (33)$$

$$dY_2/dt = \gamma_2 \cdot R_2 - Q_{Y2}(Y_2) - K_2(X_2, Y_2). \quad (34)$$

Здесь предпоследние члены в правых частях уравнений (31) и (34) отражают затраты первой и второй социальных систем на борьбу друг с другом, а последние члены – затраты этих систем на борьбу с остальными сопредельными социумами. Схематично эта ситуация отражена на рисунке П16.11.

¹³ Базовая модель конкуренции (2) описана выше в разделе 1.

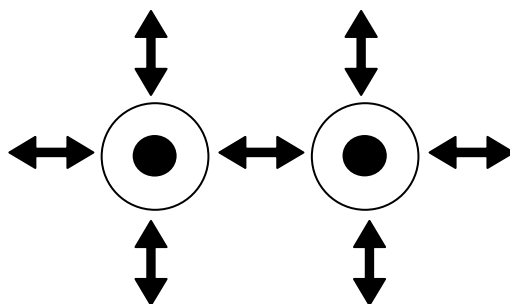


Рис. П16.11. Стадия конкуренции

На рисунке окружности обозначают социальные системы, светлые круги внутри окружностей – местную элиту, стрелки – конкурентное взаимодействие социальных систем.

Сравнение уравнений (31)–(34) с уравнениями (29)–(30) показывает, что в случае войны «всех против всех» увеличение военных затрат (и, следовательно, повышение налогов на населения, обусловленных военными нуждами) приводит к уменьшению областей притяжения L_1 и L_2 (см. рис. 10б) и, соответственно, к снижению устойчивости и «живучести» обеих рассматриваемых социальных систем.

Необходимость повышения социальной устойчивости и «живучести» заставляет местные элиты искать союзников для объединения сил и ресурсов в противостоянии внешним угрозам и для снижения собственных военных издержек. Этот процесс заканчивается установлением между социальными системами *конфедеративных* отношений, что знаменует переход процесса интеграции на следующую – *третью* – фазу. Примерами социальных организмов, находящихся на этой фазе интеграции, являются вожества, союзы племен и т. п. Члены конфедерации согласовывают внешнеполитические действия друг с другом, но во внутренней политике остаются независимыми. Базовая модель, описывающая эту фазу интеграции имеет вид:

$$dX_1/dt = K_1(X_1, Y_1) \cdot N_1 - Q_{X1}(X_1) - C_1(N_1, Y_1) - \sum b_{1j} \cdot X_1 \cdot X_j, \quad (35)$$

$$dY_1/dt = \gamma_1 \cdot R_1 - Q_{Y1}(Y_1) - K_1(X_1, Y_1), \quad (36)$$

/для первой социальной системы/

$$dX_2/dt = K_2(X_2, Y_2) \cdot N_2 - Q_{X2}(X_2) - C_2(N_2, Y_2) - \sum b_{2j} \cdot X_2 \cdot X_j, \quad (37)$$

$$dY_2/dt = \gamma_2 \cdot R_2 - Q_{Y2}(Y_2) - K_2(X_2, Y_2), \quad (38)$$

/для второй социальной системы/.

Эта ситуация схематично отражена на рисунке 12.

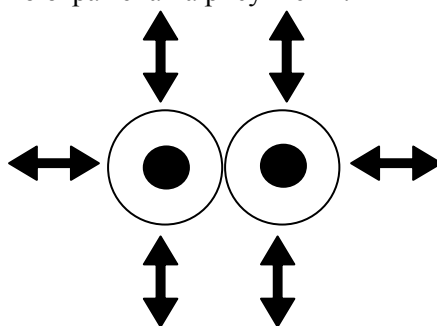


Рис. П16.12. Конфедеративная стадия

Отличие схемы на рис. П16.12 от схемы на рис. П16.11 заключается в отсутствии антагонистических конкурентных отношений между социальными системами, объединенными в конфедерацию.

При сравнении уравнений (35)–(38) с уравнениями (31)–(34) видно, что вследствие установления союзнических отношений внутри конфедерации затраты на отражение внешних угроз снижаются и, следовательно, устойчивость системы увеличивается.

Установление союзнических отношений и необходимость координации совместных действий требует образования объединенных (центральных) органов управления, сосредоточивающих в своих руках определенные властные полномочия (как правило, в периоды военных действий с внешними врагами и во время действия других форс-мажорных обстоятельств). Централизованное управление территориями возникает также в результате завоеваний, когда победитель подчиняет своей воле элиты завоеванных территорий (представители элиты, оказывающие сопротивление, уничтожаются). В любом случае возникновение центральных органов управления вынуждает местные элиты делиться с ними ресурсами и властью. Реальное управление на местах, взаимодействие с населением, сбор налогов остается по-прежнему в ведении местных элит. Объем полномочий и властных функций, передаваемых наверх центральной власти, может в зависимости от конкретной ситуации достаточно сильно варьироваться. Ущемление материальных и политических интересов местных элит, принуждение к подчинению центральной власти в определенных вопросах компенсируется установлением большего уровня внешней безопасности (центральная власть берет на себя ответственность за военную охрану территорий) и большими возможностями для внешней экспансии, получения военной добычи и прочих выгод.

В результате устанавливается некоторый компромисс между центральной властью и местными элитами, принимающий форму *раннего государства* (по Л. Е. Гринину) и определяющий суть следующей – *четвертой* – фазы интеграционного процесса. Базовая модель, описывающая эту фазу интеграции, имеет вид:

$$dZ/dt = G_{X1}(X_1, Z) + G_{X2}(X_2, Z) - Q_Z(Z) - C_Z(X_1, X_2, Z) - \sum b_{Zj} \cdot Z \cdot X_j, \quad (39)$$

$$dX_1/dt = K_1(X_1, Y_1) \cdot N_1 - Q_{X1}(X_1) - G_{X1}(X_1, Z) - C'_{11}(N_1, Y_1) - \sum b'_{1j} \cdot X_1 \cdot X_j, \quad (40)$$

$$dY_1/dt = \gamma_1 \cdot R_1 - Q_{Y1}(Y_1) - K_1(X_1, Y_1), \quad (41)$$

$$dX_2/dt = K_2(X_2, Y_2) \cdot N_2 - Q_{X2}(X_2) - G_{X2}(X_2, Z) - C'_{22}(N_2, Y_2) - \sum b'_{2j} \cdot X_2 \cdot X_j, \quad (42)$$

$$dY_2/dt = \gamma_2 \cdot R_2 - Q_{Y2}(Y_2) - K_2(X_2, Y_2), \quad (43)$$

где в дополнение к предыдущим обозначениям:

Z – объем материальных благ и ресурсов, концентрирующихся в распоряжении центральной власти;

$G_{Xi}(X_i, Z)$ – величина ресурсов, изымаемых центральной властью у местных элит;

$Q_Z(Z)$ – функция затрат на свои нужды (функция потребления);

$C_Z(X_1, X_2, Z)$ – функция затрат центральной власти на управление (включают в себя прежде всего затраты на обеспечение лояльности местных элит);

$\sum b_{zj} \cdot Z \cdot X_j$ – затраты центральной власти на борьбу с сопредельными государствами;

штрих «'» в уравнениях (40) и (42) у функций затрат местных элит на управление и ведение войн означает относительное уменьшение этих затрат по сравнению с ситуацией, характерной для *конфедеративной* фазы интеграции (см. (35) и (37)).

Эта ситуация схематично отражена на рисунке П16.13.

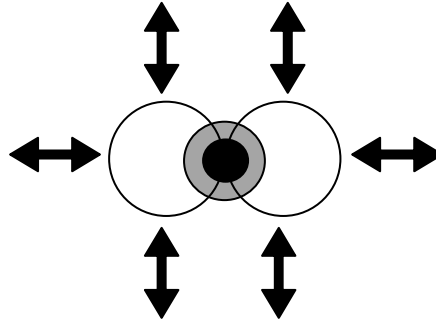


Рис. П16.13. Стадия *раннего* государства

На рисунке центральная власть обозначена темным кружком внутри более светлого круга, обозначающего элиту.

Важно, что на этой ступени интеграции появляется центральная власть, обладающая однако «неполными» (по Л. Е. Гринину) функциями и осуществляющая взаимоотношения с населением не напрямую, а лишь через посредство местных элит.

Следующая – *пятая* – фаза интеграции связана с усилением связей между центральными органами власти и населением. Эту фазу условно можно назвать *федеративной*. Центральная власть начинает брать на себя все больший объем функций: охрана границ и военная организация, развитие транспортной инфраструктуры и внутренней торговли, налаживание денежного хозяйства, унификация законодательства, обеспечение правопорядка и т. п. Это в определенной степени облегчает жизнь местной элите, снимает с нее часть забот, но, с другой стороны, это же снимает с нее и часть полномочий, уменьшает ее политический и экономический вес, повышает авторитет и силу центральной власти. Базовая модель, описывающая эту фазу интеграции, принимает вид:

$$dZ/dt = G_{X1}(X_1, Z) + G_{X2}(X_2, Z) + G_{Y1}(Y_1, Z) + G_{Y2}(Y_2, Z) - Q_Z(Z) - C_Z(X_1, X_2, N_1, N_2, Z) - \sum b_{zj} \cdot Z \cdot X_j, \quad (44)$$

$$dX_1/dt = K'_{11}(X_1, Y_1) \cdot N_1 - Q_{X1}(X_1) - G_{X1}(X_1, Z) - C'_{11}(N_1, Y_1) - \sum b'_{1j} \cdot X_1 \cdot X_j, \quad (45)$$

$$dY_1/dt = \gamma_1 \cdot R_1 - Q_{Y1}(Y_1) - K'_{11}(X_1, Y_1) - G_{Y1}(Y_1, Z), \quad (46)$$

$$dX_2/dt = K'_{22}(X_2, Y_2) \cdot N_2 - Q_{X2}(X_2) - G_{X2}(X_2, Z) - C'_{22}(N_2, Y_2) - \sum b'_{2j} \cdot X_2 \cdot X_j, \quad (47)$$

$$dY_2/dt = \gamma_2 \cdot R_2 - Q_{Y2}(Y_2) - K'_{22}(X_2, Y_2) - G_{Y2}(Y_2, Z), \quad (48)$$

где в дополнение к предыдущим обозначениям:

$G_{Yi}(Y_i, Z)$ – налоги с населения, собираемые центральной властью;

$C_Z(X_1, X_2, N_1, N_2, Z)$ – функция затрат центральной власти на управление, развитие инфраструктуры, поддержание правопорядка и т. п.;

штрих «'» в уравнениях (45)–(48) означает относительное уменьшение соответствующих затрат по сравнению с ситуацией, характерной для *раннего* государства (см. (39)–(43)).

Эта ситуация схематично отражена на рисунке П16.14.

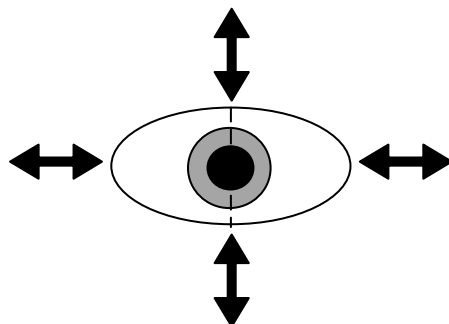


Рис. П16.14. Федеративная стадия

Отличие схемы на рисунке П16.14 от схемы на рисунке П16.13 заключается в том, что она отражает фактическое объединение двух социальных систем в одно государство с единой центральной властью.

Расширение функций центральной власти ведет к расширению сети ее административных органов на местах. Часть налогов, ранее собираемых местной элитой, начинает собираться непосредственно фискальными органами центральной власти для осуществления общегосударственных функций. Тем самым центр устанавливает прямые связи с населением, посредническая роль местной элиты уменьшается. При этом у населения появляется возможность апеллировать к центральной власти в случае злоупотреблений местных элит. Реальная власть элит на местах становится меньше, усиливается сменяемость местных администраторов и управленцев, что подрывает возможности сепаратизма. Центральная власть стремится создать собственное, постоянное, не связанное с элитой войско, а военные функции местной элиты решительно ограничиваются. Возникает ситуация неустойчивого равновесия между центральной и местной властью, чреватая – в зависимости от конкретных условий – усилением как центробежных (с переходом на предыдущую фазу интеграции), так и центростремительных (с переходом на следующую фазу интеграции) тенденций.

Следующая – *шестая* – фаза интеграции – это *развитое* государство (по Л. Е. Гринину). Центр берет на себя осуществление государственных функций в полном объеме, происходит унификация в правовой сфере, местные элиты трансформируются в единое сословие и становятся фактически частью государственного аппарата, центральная власть непосредственно взаимодействует с населением через свои административные органы на местах. Государство становится единым социальным организмом.

Базовая модель, описывающая *развитое* государство, имеет следующий вид:

$$dZ/dt = G_Y(Y, Z) - G_X(X, Z) - Q_Z(Z) - C_Z(N_1, N_2, Z) - \sum b_{Zj} \cdot Z \cdot X_j, \quad (49)$$

$$dX/dt = K'(X, Y) \cdot N + G_X(X, Z) - Q_X(X) - C'(N, Y), \quad (50)$$

$$dY/dt = \gamma \cdot R - Q_Y(Y) - K'(X, Y) - G_Y(Y, Z). \quad (51)$$

Здесь $X = X_1 + X_2$, $Y_1 = Y_1 + Y_2$, $N = N_1 + N_2$, что отражает формирование сословий. Структура общества упрощается, становится более прозрачной, что улучшает управляемость. Местные особенности постепенно нивелируются. Общество достигает высокого уровня интеграции. Эта ситуация схематично отражена на рисунке П16.15.

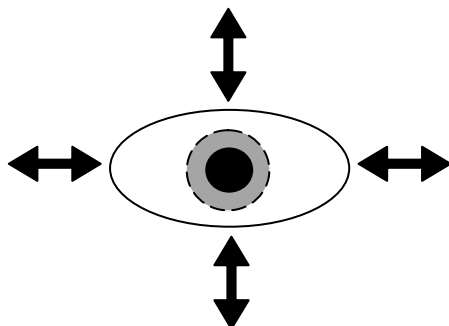


Рис. П16.15. Стадия развитого государства

На рисунке снижение самостоятельной политической роли местных элит отражено с помощью пунктирной линии, отделяющей ее от населения.

Таким образом, рассмотренным выше последовательным фазам формирования централизованных государств из автономных догосударственных образований соответствуют различные структуры социальной самоорганизации, что отражается в различии описывающих их базовых моделей:

- 1) фаза *автономного* существования – уравнения (29)–(30);
- 2) фаза *конкуренции* – уравнения (31)–(34);
- 3) фаза *конфедеративных* отношений – уравнения (35)–(38);
- 4) фаза *раннего* государства – уравнения (39)–(43);
- 5) фаза *федеративных* отношений – уравнения (44)–(48);
- 6) фаза *развитого* государства – уравнения (49)–(51).

Анализ базовых моделей интеграционных процессов показывает, что переход от *раннего* к *развитому* государству проходит через фазу, которая была названа *федеративной*. Это неустойчивая фаза, характеризующаяся борьбой центристских и центробежных тенденций. Источником центробежных тенденций всегда была местная элита, стремившаяся к независимости и автономности. Объединение местных элит под началом центральной власти было возможно лишь перед лицом общих внешних угроз. Как только внешние угрозы ослабевали и необходимость в координации действий под началом центральных органов управления отпадала, местные элиты брали курс на сепаратизм и автономию. В этом они находили поддержку у населения, для которого далекая центральная власть (тем более, если она имела другую веру, язык, культуру) ассоциировалась лишь с дополнительными налогами. Сильная фрагментация этнического и культурного пространства наряду с господством натурального хозяйства способствовала поддержке сепаратистских устремлений местных элит. Поэтому до определенного времени преодолеть фазу *раннего* государства было очень сложно и за объединительными процессами неизбежно следовали разъединительные. Этим обусловлена длительная стабилизация данной фазы интеграции в Мир-Системе.

Ситуация могла измениться лишь при условии *изменения социальной среды*. А именно, среда должна была стать более связной, менее фрагментарной, менее склонной к сепаратизму. Такая трансформация социальной среды произошла в I тыс. до н. э. К. Ясперс (1994) назвал это время *осевым*. Все началось с изобретения и освоения технологии массового изготовления железного оружия и новой технологии ведения войн на основе многочисленных армий. Результатом стало образование обширных империй, удерживаемых от распада силой. Однако укрупнение социальных пространств, поначалу сугубо силовое, способствовало усилению также и межэтнических контактов, развитию торговли. Возникла потребность в развитии средств коммуникаций, связи, унификации денежных систем, в появлении межнациональных (а не только локальных, племенных) религий и идеологий. В течение I тыс. до н. э. множественные технические и культурные достижения привели к появлению коммуникационных, экономических, культурных сетей на пространстве Евразии, к расширению представлений о мире, преодолению локальности восприятия. Таким образом, в I-м тыс. до н. э. изменилась социальная среда, население почувствовало пользу от интеграционных процессов и сепаратистские настроения местных элит перестали пользоваться абсолютной поддержкой. Более того, в центральной власти население стало видеть противовес всевластию и произволу местной элиты. Трансформация социальной среды обусловила *фазовый переход* в новое устойчивое состояние с господством *развитого* государства, с сильной центральной властью и с преобладанием центристских тенденций. Теперь типичными становятся не случаи распада империй на конгломерат мелких государств, как это было в предыдущую историческую эпоху, а случаи воссоединения культурных пространств после периодов политических смут и внешних завоеваний (как это можно наблюдать, скажем, в истории Китая или России).

Из рис. 16.5 и 16.6 видно, что *фазовый переход* «осевого времени» – не уникальное событие в истории: аналогичный процесс глобальной политической неустойчивости начался в Мир-Системе в XVII–XIX вв. и продолжается до настоящего времени. Этой фазе развития соответствует *зрелое* государство (по классификации Л. Е. Гринина). В *зрелом* государстве административно-бюрократический аппарат становится уже вполне системным, поэтому центр осуществляет взаимоотношения с населением в основном с помощью этого аппарата. В зрелом государстве точнее говорить уже не столько о взаимоотношениях *центра*, элиты и народа, сколько о взаимоотношениях *государства*, элиты и населения. Взаимоотношения между государством и населением – прямые, непосредственные как через госаппарат (например, налоговые и судебные органы), так и посредством участия населения в выборах. Взаимоотношения же между государством и элитой становятся, если можно так сказать, гражданскими. Это означает, с одной стороны, что элита, то есть представители крупного землевладения, бизнеса, финансов и верхушка интеллектуалов, уже перестает выполнять функции государственной структуры, полностью перешедшие в руки официального аппарата (то есть элита становится частью общества, но не государства). Однако, с другой стороны, преимущества и положение элиты особо охраняются государством. Все это способствует формированию и функционированию гражданского общества.

Схематично это изменение ситуации (полный переход функций управления в ведение государственного аппарата) отражен на рисунке П16.16.

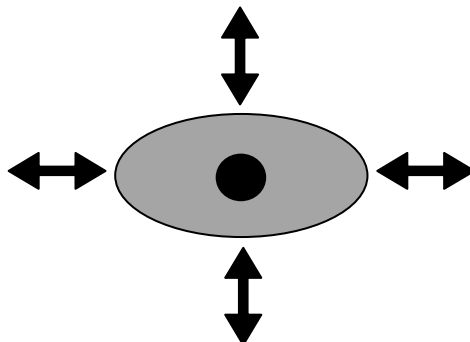


Рис. П16.16. Стадия зрелого государства

Эти трансформации произошли по историческим меркам очень быстро. И не успело *зрелое* государство окрепнуть, как стали появляться и стремительно усиливаться новые, наднациональные и надгосударственные образования (международные организации, транснациональные корпорации и т. п.), де-факто, отбирающие у традиционных национальных государств их функции. По-видимому, так называемое *зрелое* государство есть лишь переходная форма к новому, пока еще неизвестному типу общества, которое формируется в ходе процессов глобализации.

Библиография

- Винокуров Г. Н., Ковалев В. И., Малков С. Ю. 2013.** Математическое макро моделирование геополитической мощи государства. *Стратегическая стабильность* 2(63): 60–66.
- 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 математической истории: Математическое моделирование исторических процессов* / Отв. ред. Г. Г. Малинецкий, А. В. Коротаев, с. 78–117. М.: ЛИБРОКОМ.
- Гринин Л. Е., Малков С. Ю., Гусев В. А., Коротаев А. В. 2009.** Некоторые возможные направления развития теории социально-демографических циклов и математические модели выхода из мальтузианской ловушки. *История и Математика: процессы и модели* / Ред. С. Ю. Малков, Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, с. 134–210. М.: ЛИБРОКОМ/URSS.
- Иванилов В. Ю., Огарышев В. Ф., Павловский Ю. Н. 1993.** *Имитация конфликтов*. М.: ВЦ РАН.
- Карнейро Р. Л. 2006а.** Было ли вожество сгустком идей. *Раннее государство, его альтернативы и аналоги* / Ред. Л. Е. Гринин, Д. М. Бондаренко, Н. Н. Крадин, А. В. Коротаев, с. 211–228. Волгоград: Учитель.

- Карнейро Р. Л. 2006б.** Теория происхождения государства. *Раннее государство, его альтернативы и аналоги* / Ред. Л. Е. Гринин, Д. М. Бондаренко, Н. Н. Крадин, А. В. Коротаев, с. 55–70. Волгоград: Учитель.
- Коротаев А. В., Малков А. С., Халтурина Д. А. 2007.** *Законы истории: Математическое моделирование развития Мир-системы. Демография, экономика, культура* / Отв. ред. Н. Н. Крадин. М.: КомКнига.
- Малков С. Ю. 2002.** Математическое моделирование исторических процессов. *Новое в синергетике: взгляд в третье тысячелетие* / Ред. Г. Г. Малинецкий, С. П. Курдюмов, с. 291–323. М.: Наука.
- Малков С. Ю. 2019.** Режимы с обострением в истории человечества или воспоминания о будущем. *Компьютерные исследования и моделирование* 11(5): 931–947.
- Малков С. Ю., Кирилюк И. Л. 2013.** Моделирование динамики конкурирующих сообществ: варианты взаимодействия. *Информационные войны* 2(26): 49–56.
- Нефедов С. А. 2005.** *Демографически-структурный анализ социально-экономической истории России*. Екатеринбург: Изд-во УГГУ.
- Чернавский Д. С., Чернавская Н. М., Малков С. Ю., Малков А. С. 2005.** Геополитические процессы как объект математического моделирования. *История и синергетика: Математическое моделирование социальной динамики* / Ред. С. Ю. Малков, А. В. Коротаев, с. 103–116. М.: КомКнига/УРСС.
- Kremer M. 1993.** Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990. *The Quarterly Journal of Economics* 108: 681–716.