

Математическое моделирование исторической динамики: подходы и модели

Малков С.Ю.

Работа поддержана РФФИ (проекты №01-06-80142 и 02-06-80219)

1. Введение

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 редкостью. Причина этого заключается в сложности моделирования социально-исторических процессов, слабой формализуемости многих понятий и факторов социальной эволюции. Тем не менее, в последние годы достигнуты существенные успехи в области создания моделей социальной истории [1]. Имеющиеся к настоящему времени модели можно условно разделить на три группы:

1) модели – концепции, основанные на выявлении и анализе общих исторических закономерностей и представлении их в виде когнитивных схем, описывающих логические связи между различными факторами, влияющими на исторические процессы (Дж.Голдстайн, И.Валлерстайн, Л.Н.Гумилев, Н.С.Розов 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 исторических событий и явлений (Ю.Н.Павловский, Л.И.Бородкин, Д.Медоуз, Дж.Форрестер и др.). В подобных моделях основное внимание уделяется тщательному учету и описанию факторов и процессов, оказывающих влияние на рассматриваемые явления. Применимость таких моделей, как правило, ограничена достаточно узким пространственно-временным интервалом; они «привязаны» к конкретному историческому событию и их невозможно экстраполировать на протяженные периоды времени;

3) математические модели, являющиеся промежуточными между двумя указанными типами. Эти модели описывают *некоторый класс* социальных процессов без претензии на детальное описание особенностей для каждого конкретно-исторического случая. Их задачей является выявление базовых закономерностей, характеризующих протекание процессов рассматриваемого вида. В соответствии с этим данные математические модели называются *базовыми*.

Из сказанного ясно, что с точки зрения моделирования тенденций и направленности социальной эволюции, анализа причин и последствий тех или иных исторических событий наибольший интерес представляют *базовые* модели, поскольку они обладают способностью к обобщению и вместе с тем позволяют учесть историческую конкретику. Основой создания таких моделей является математическое описание социальной самоорганизации и эволюции с учетом сложившихся конкретно-исторических условий в рассматриваемом регионе. В настоящей статье

рассматриваются проблемы создания моделей данного типа, обсуждаются пути их решения.

1. Описание динамики социальных систем

При создании логико-математических моделей социально-исторических процессов возникает много трудностей, поскольку моделирование социодинамики - одна из наиболее сложных научных задач. Основными причинами трудностей являются многопараметричность, динамическая неустойчивость социальных процессов, их многоуровневость и разномасштабность, слабая формализуемость многих параметров (таких, как «социальная активность», «конформизм» и т.п.), необходимость учета социально-психологических факторов (таких, как соотношение личных и групповых интересов, особенности индивидуальной и национальной психологии при принятии решений и др.), слабая предсказуемость «человеческого фактора» и т.п. Основной проблемой при изучении и моделировании социальных систем (СС) является опасность «утонуть» в деталях, сконцентрироваться на второстепенных вопросах, упустив главное, неверно расставить приоритеты в выделении определяющих параметров и процессов. Чтобы избежать данной опасности, необходимо двигаться от общего к частному, от изучения наиболее общих закономерностей эволюции подобных систем к исследованию особенностей их динамики в конкретных условиях.

С точки зрения логико-математического моделирования социальные системы относятся к широкому классу многокомпонентных нелинейных динамических систем распределенного типа. Такие системы изучаются в физике, химической кинетике, физической географии, экологии,

популяционной динамике, биологии, информатике и т.д. [2,3,4,5,6,7]. К настоящему времени получено много результатов, позволяющих понять базовые, наиболее общие свойства подобных систем и - несмотря на частные различия - прогнозировать особенности их поведения в различных условиях. Проведем анализ общих методов моделирования сложных динамических систем и полученных в ходе моделирования результатов.

1.1. Общие методы моделирования сложных динамических систем

Изучение закономерностей самоорганизации и эволюции природных и общественных систем было предметом многочисленных исследований со времен Канта, Гегеля, Маркса и Дарвина. С другой стороны, математическое моделирование подобных процессов сформировалось в качестве самостоятельного направления науки совсем недавно. Пионерские идеи в этой области принадлежат Л.Берталанфи, А.Тьюрингу, И.Пригожину, М.Эйгену, Г.Хакену, Н.Н.Моисееву, С.П.Курдюмову, Ю.Л.Климонтовичу. В последние годы появились первые обзоры и монографии, последовательно излагающие весь круг затрагиваемых проблем [2,6,8,9,10]. Общность проблем способствовала выделению методов их решения в отдельное научное направление, которое в Европе по инициативе Г.Хакена [8] принято называть синергетикой, а в Америке - нелинейной динамикой или наукой о сложности.

Традиционно рассматриваются два основных аспекта динамики сложных систем:

самоорганизация и формирование устойчивых структур в открытых нелинейных системах;

эволюционные процессы и фазовые переходы в сложных системах.

В первом случае условия внешней среды считаются относительно постоянными и задача заключается в выявлении закономерностей образования структур и в определении их свойств. Результатом исследования является определение набора структур, существование которых возможно в заданных условиях, а также областей устойчивости формирующихся структур в фазовом пространстве системы.

Во втором случае условия внешней среды уже не считаются постоянными. При этом изменения могут иметь как экзогенную причину, так и эндогенную, то есть являться следствием обратного влияния системы на среду существования. Изменение условий функционирования через некоторое время приводит к потере устойчивости существующих структур. Возникающие при этом неустойчивости запускают динамический процесс переформирования системы и возникновения новых упорядоченных структур. Чередование периодов относительной стабильности и динамических переходов (кризисов) составляют суть эволюционных процессов, присущих нелинейным открытым системам, при этом периодически возникающие кризисы всегда приводят к новым циклам самоорганизации.

Моделирование динамики нелинейных систем проводится на основе использования многомерных дифференциальных уравнений [8,11,12], разностных уравнений [13,14], математического аппарата клеточных автоматов [13,15], математического аппарата теории катастроф [16,17], математического аппарата теории самоорганизованной критичности [18,19], стохастических дифференциальных уравнений Ланжевена и Ито-Стратоновича [3,8], анализа систем с хаосом и реконструкции устойчивых состояний (аттракторов) по временным рядам [13,15].

Чаще всего для моделирования сложных систем используются дифференциальные уравнения, описывающие динамику изменения фазовых переменных рассматриваемой системы. Как правило, эти уравнения имеют вид:

$$dX/dt = f(X, a, t), \quad (1)$$

где $X = (X_1, \dots, X_n)$ - вектор зависимых переменных, характеризующих состояние социальной системы; dX/dt - скорость изменения переменных X ; t - время; $f(X, a, t)$ - вектор-функция (в общем случае нелинейная), отражающая изменение этих переменных во времени; a - вектор параметров системы, в общем случае зависящих от времени.

Решения уравнений $X(a, t)$ обычно представляют в виде траекторий в фазовом пространстве системы (см. рис. 1).

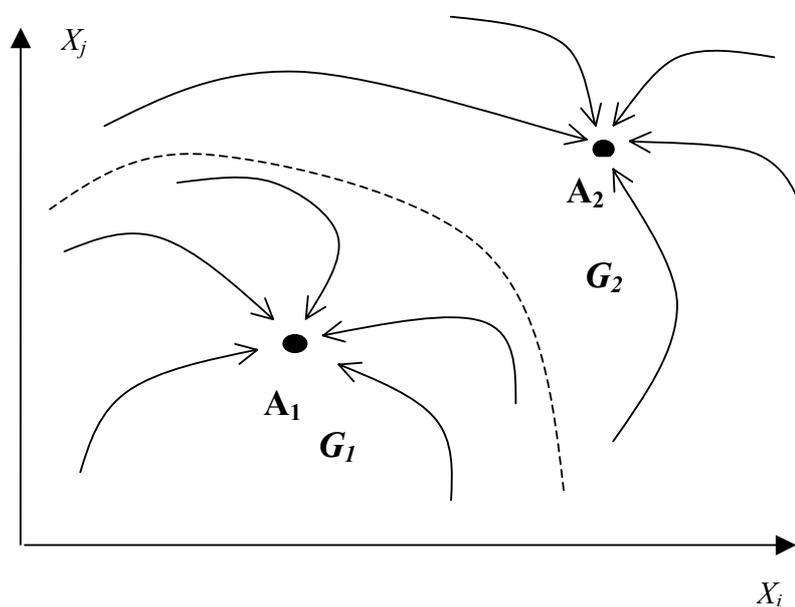


Рис. 1. Структура фазового пространства социальной системы с двумя аттракторами A_1 и A_2 и соответствующими им областями притяжения G_1 и G_2

На рисунке точки A_1 и A_2 – устойчивые состояния системы (аттракторы) типа «центр», к которым стремится система в результате своей эволюции; области G_1 и G_2 – области притяжения аттракторов (если система находится в какой-либо точке фазового пространства, принадлежащей этим областям, то с течением времени она окажется, соответственно, в точке A_1 или A_2). Анализ фазовых траекторий позволяет сделать заключение о характере эволюции системы, определять области ее детерминированного поведения и области *бифуркаций* (то есть области параметров, при которых возникает неустойчивость и происходит изменение числа и/или вида решений системы (1) [20]). Как правило, переход от устойчивого к неустойчивому состоянию и наоборот происходит при изменении какого-либо из параметров a_i системы (1). В этом случае данный параметр называется *параметром порядка*. Посредством уменьшения (или увеличения) значений параметров порядка можно влиять на поведение системы, на изменение ее состояния. Таким образом, описание динамики сложной системы с помощью возможных траекторий в пространстве фазовых переменных позволяет исследовать особенности ее поведения при различных внешних условиях и при различных управляющих воздействиях.

Имеющийся опыт изучения и моделирования сложных динамических систем различной природы показывает, что им присущи следующие особенности:

сложные динамические системы часто имеют одно или несколько устойчивых состояний (аттракторов), в одном из которых они рано или поздно оказываются. При этом их эволюция зависит не столько от начальных условий, сколько от особенностей топологии фазового пространства и структуры имеющихся аттракторов. Соответственно, пути

эволюции не произвольны, но *дискретны*: возможен лишь определенный набор путей, соответствующий имеющимся структурам-аттракторам;

переход из одного устойчивого состояния в другое *не может произойти самопроизвольно*. Для этого необходимо либо изменение внешних условий или свойств системы (то есть изменение структуры фазового пространства), либо целенаправленные усилия по «выталкиванию» системы из имеющегося устойчивого состояния и перевод ее в область притяжения другого аттрактора. При этом нелинейные системы обладают *порогом чувствительности*. Воздействия на них с интенсивностью ниже некоторого порогового значения не приводят к желаемым результатам - система снова возвращается в прежнее устойчивое состояние. Если же воздействие превышает это пороговое значение, то система теряет устойчивость, начинается изменение ее структуры с последующим выходом на новое устойчивое состояние-аттрактор;

переход системы от одного состояния к другому происходит *через хаос* - через усиление роли флуктуаций при одновременном снижении интенсивности прежних структурообразующих процессов. В этих условиях на первый план выходят процессы, которые прежде были подавлены и имели подпороговый характер. В периоды кризисов возникает возможность многовариантного развития, большую роль в выборе дальнейшего пути начинает играть случайное стечение обстоятельств. В эти периоды система наиболее уязвима к внешним воздействиям, которые - даже имея слабую интенсивность - могут сыграть решающую роль в дальнейшем развитии событий;

в периоды кризисов хаос, вообще говоря, играет *конструктивную* роль: он снабжает систему первоначальным набором различных вариантов

дальнейшего развития и возможных структур. Однако только некоторые из этих структур являются устойчивыми в новых условиях. Из их состава под влиянием случайных факторов (или преднамеренных внешних воздействий) благодаря наличию в системе положительных обратных связей *селектируется* какое-то одно состояние, которое и становится базовым, определяющим облик новой системы. В процессе послекризисного упорядочения уменьшается количество степеней свободы системы, ее подсистемы переводятся из локально хаотизированного в согласованное (*когерентное*) состояние. Система *иерархизируется* и начинает выступать как единое целое.

1.2. Моделирование динамики социальных систем

Описанные выше свойства и особенности эволюции являются общими для широкого класса сложных нелинейных динамических систем, к которым относятся и социальные системы. Основным отличием социальных систем от прочих является то, что они состоят из *активных* субъектов, осуществляющих целенаправленную деятельность в соответствии с принимаемыми ими решениями и способных к *рефлексии* по поводу своих действий и действий других субъектов. Способность субъектов к изменению стратегии и тактики своей деятельности на основе рефлексии без жесткой привязки к изменению внешних условий делает социальные системы *внутренне неустойчивыми* [21]. Неустойчивость усугубляется тем, что субъекты преследуют, как правило, несовпадающие, а часто и прямо противоположные цели. Сильная неустойчивость социальных систем приводит к тому, что согласованное взаимодействие субъектов возможно лишь при четко налаженном *управлении* (самоуправлении), причем интенсивность управляющих воздействий

должна превышать определенный «*порог синхронизации*» [22]. В противном случае управляемость теряется и система распадается. Кроме того, наличие внутренних неустойчивостей обуславливает существование принципиальных ограничений на временной интервал достоверного прогноза динамики социально-экономических процессов (так называемый «*горизонт предсказуемости*» [23,24]) и, соответственно, ограничивает возможности прогнозирования.

Способность субъектов к целенаправленной деятельности повышает роль процессов *самоорганизации* в социальных системах. При этом, несмотря на внутреннюю противоречивость этих систем, логика самоорганизации имеет объективный характер. Благодаря процессам самоорганизации формируются устойчивые состояния (аттракторы), к которым эволюционируют социальные системы несмотря на различные перипетии своей истории (в качестве примера можно привести характерную для подавляющего большинства народов устойчивость черт национального характера, особенностей культуры, традиций государственного устройства и т.п.).

Способность к самоорганизации и, как следствие, устойчивость к внешним воздействиям обусловлена способностью к возникновению когерентных состояний в системе, то есть способностью отдельных подсистем и элементов синхронизовать свои действия на основе согласованного принятия решений. Согласованность достигается, как правило, в результате слабоэнергетического, *информационного* взаимодействия элементов. В информационном характере взаимодействия заключается причина его эффективности: низкая энергетичность (следовательно, малозатратность) позволяет охватить информационным полем всю систему целиком и синхронизовать все без исключения ее

элементы. Но с другой стороны, в этом же - причина уязвимости когерентных состояний: информационные связи легко нарушить. Поэтому столь большое значение в политике придается идеологической обработке населения и столь большие средства тратятся правительствами различных государств на борьбу с «чуждыми идеологиями».

Анализ показывает [25], что существуют вполне определенные устойчивые закономерности социальной самоорганизации, определяющие логику развития исторических процессов. При создании моделей исторической динамики необходимо учитывать следующее:

1. Общие закономерности эволюции и самоорганизации, рассмотренные выше применительно к нелинейным динамическим системам произвольного вида, характерны и для социальных систем, являющихся их разновидностью.

2. Конкретизация закономерностей должна основываться на учете специфических особенностей СС, к которым относятся:

(i) *многоэлементность* систем, причем изначально не существует явных преимуществ одних элементов перед другими, различия возникают и развиваются в процессе социальных взаимодействий;

(ii) *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;

(iii) стремление элементов *максимизировать индивидуальную «функцию полезности»*, создать *запасы* ресурсов для обеспечения гарантий выживания;

(iv) *ограниченность* доступной к использованию ресурсной базы;

(v) как следствие, *антагонистичность* (противоречивость) интересов элементов систем, обусловленная необходимостью борьбы за ограниченный ресурс;

(vi) 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 обеспечить его охрану от посягательств конкурентов;

(vii) *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;

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

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

(Здесь и далее термины «элементы СС», «субъекты» понимаются расширительно: не только как отдельные индивиды, но и как любые сообщества индивидов, объединенных деятельностью, направленной на достижение общей цели.)

3. Нелинейный характер взаимодействия субъектов и ограниченность ресурсов (свойства (vi) и (iv)) 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.

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

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

5. 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.

6. Обеспечение устойчивости СС (необходимое для «выживания» системы) в условиях наличия перманентных противоречий между ее элементами (свойство (v)) 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:

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

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

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

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

7. Возможны как эволюционный, так и революционный (через кризисы) типы развития СС.

Эволюционный процесс (см. рис.2) основан на способности

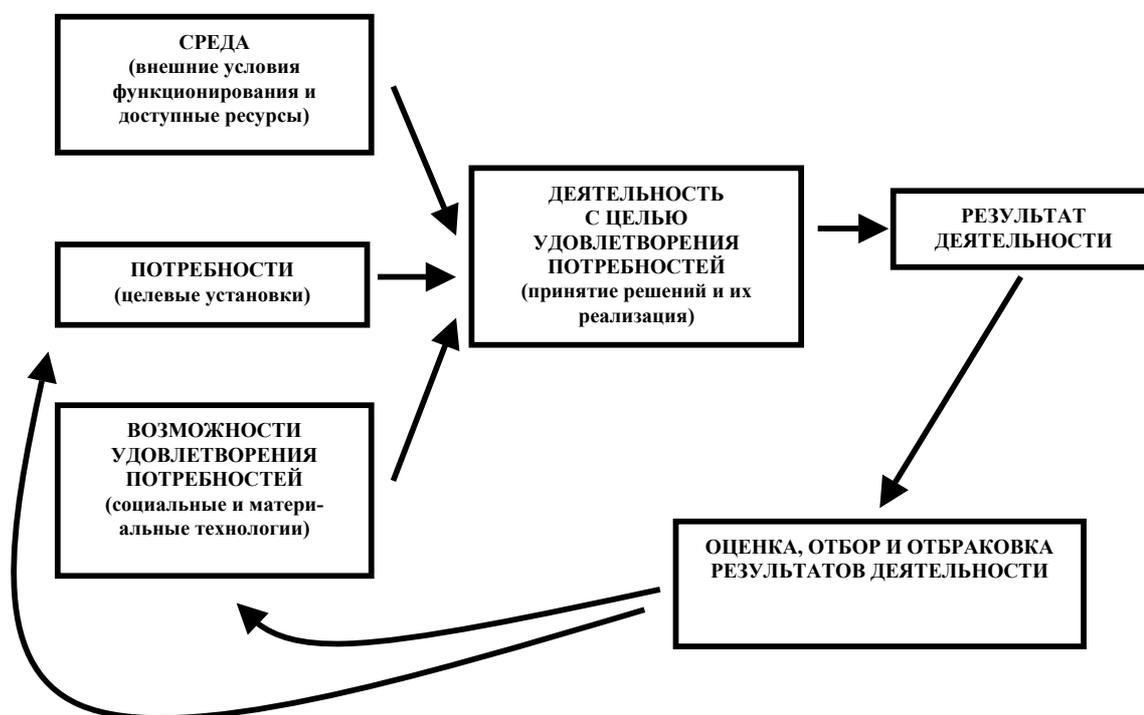


Рис.2. Схема эволюционного типа развития социальной системы

социальных систем к адаптации к условиям внешней среды путем вариации способов функционирования. Вариации имеют, как правило, случайный характер (перебор возможных вариантов развития), и большая часть из них выбраковывается в результате взаимодействия со средой. Факторами отбраковки для экономических субъектов является конкуренция в рыночной среде, для государственных образований – межгосударственная борьба. Выживает более приспособленный и более устойчивый к внешним дестабилизирующим воздействиям. Стратегии выживания затем закрепляются через нормы морали, законы, социальные институты и т.п.

Схема революционного типа развития (развития через кризисы) представлена на рис.3. Суть «развития через кризисы» заключается в том,

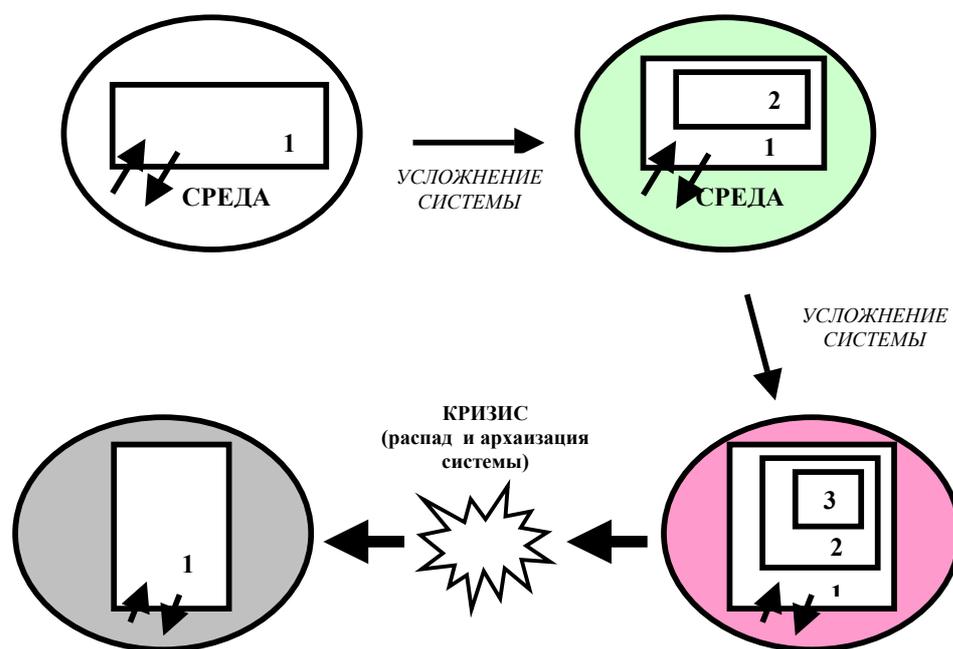


Рис.3. Схема революционного типа развития социальной системы (развития через кризисы).
1, 2, 3 – уровни иерархии в организационной структуре системы

что социальные системы в процессе адаптации к внешней среде имеют тенденцию к усложнению своей организации, что обеспечивает им более высокий уровень специализации в использовании имеющейся ресурсной базы. В процессе функционирования (жизнедеятельности) системы влияют на окружающую среду и изменяют ее. В результате накопившихся изменений сложившаяся организация системы перестает соответствовать новым внешним условиям и возникает кризис, который может закончиться дестабилизацией и распадом системы. Наиболее уязвимы в кризисных условиях, как правило, верхние уровни организационной иерархии, поскольку они являются наиболее специализированной частью системы. Здесь возможны два исхода.

В первом случае верхним уровням иерархии в результате целенаправленных усилий удастся переорганизовать (реформировать) систему и сделать ее более адекватной изменившимся внешним условиям. Это «реформаторский» сценарий развития кризисной ситуации без необратимого разрушения системы.

Во втором случае адаптационных возможностей системы оказывается недостаточно и кризис приводит к ее распаду, сопровождающемуся архаизацией и уничтожением специализированных верхних уровней ее организационной иерархии. Дальнейшая эволюция идет по пути самоорганизации способов функционирования новой системы, осознанно или неосознанно использующей при своем формировании отдельные патерны генетической памяти о судьбе своей предшественницы. Это «катастрофичный» сценарий развития, приводящий к наиболее резким изменениям системы.

8. 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.

9. 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. Таким образом, возможности органов управления, с одной стороны, не беспредельны, они ограничены эквифинальностью СС, с другой стороны, именно от органов управления зависит, в каком из имеющихся аттракторов в конечном итоге окажется система. Для эффективного управления СС необходимо знать структуру имеющихся аттракторов, а также способы перевода системы из одного аттрактора в другой.

Анализ конкретно-исторических проявлений указанных закономерностей является основой исследования процессов самоорганизации и эволюции СС. Исходными положениями для анализа являются следующие.

Социальные системы - это сообщества активных экономических субъектов, стремящихся обеспечить себе наилучшие условия выживания при ограничении имеющихся ресурсов (материальных, временных, сил, здоровья и т.п.).

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

Особенности функционирования СС:

1) в социальных системах всегда существуют ограничения на доступный к использованию ресурс (см. свойство (iv));

2) производство – нелинейный процесс. Производственная функция (то есть зависимость количества производимой продукции от затраченных усилий и/или вложений) имеет следующие свойства: а) насыщаемость при

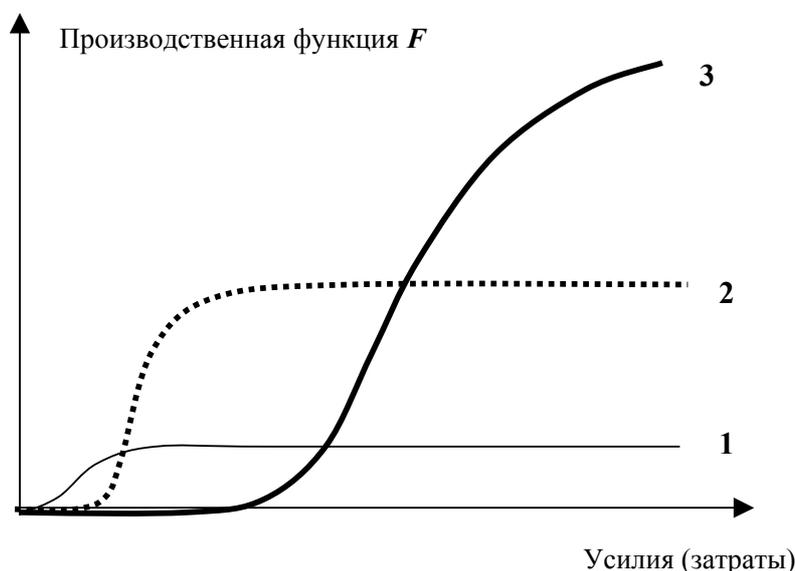


Рис.4. Зависимость количества производимой продукции от затраченных усилий (вложений в производство) у охотников-собирателей (1) и для аграрного (2) и индустриального (3) производства

увеличении затрат (при неизменных технологиях производства); б) пороговый характер (см. свойство (vii)). Вид типичных производственных функций F представлен на рис.4;

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, предназначенных для удовлетворения социальных потребностей (см. свойство (iii));

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, рэкета, монопольных цен и т.п. (см. свойства (v) и (vi)).

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, вызывающая социальную напряженность

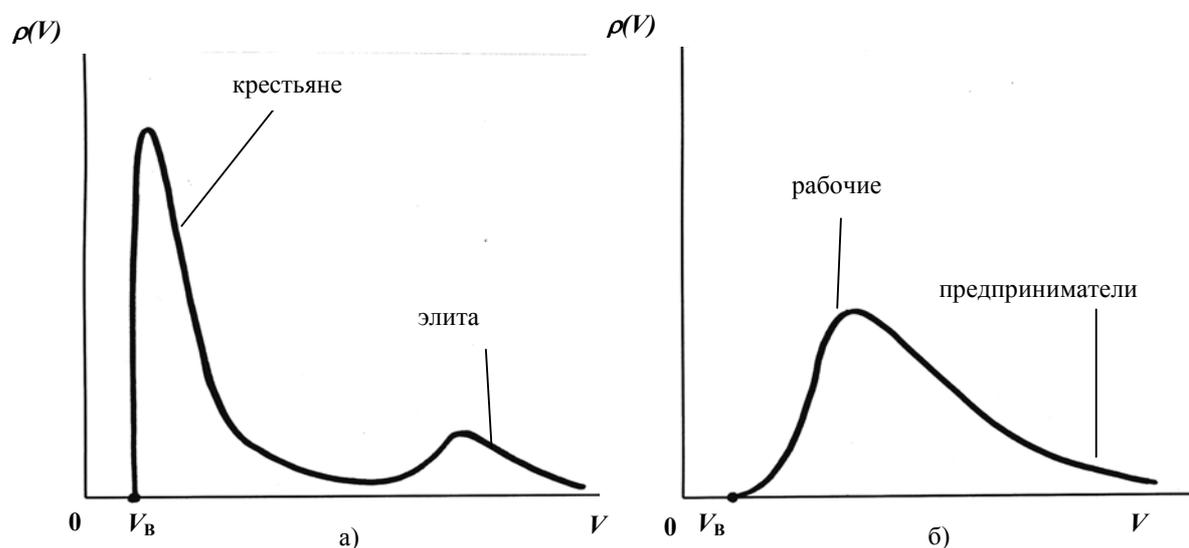


Рис.5. Виды распределения членов общества по накоплениям:
а) – «бимодальная» структура (аграрное общество);
б) – «уни模альная» структура (развитое индустриальное общество)
(V – накопления; V_B – уровень физического выживания).

(показателем неравномерности является ЭСО – экономическая структура общества, то есть плотность распределения членов общества по имеющимся у них накоплениям, см. рис.5).

Из сказанного следует, 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 результате решения этих проблем формируется структура общества, обладающая устойчивостью и имеющая шанс на выживание. 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 (важнейшими из которых являются форма и

параметры производственной функции). Наиболее характерны две ситуации:

а) основной производственный ресурс жестко ограничен, но постоянен;

б) основной производственный ресурс изменяется со временем (увеличивается или уменьшается).

Исследование *внутренней* устойчивости СС проводится на основе анализа и моделирования взаимодействий между различными социальными группами в рассматриваемом обществе. Для описания этих взаимодействий может быть использован следующий алгоритм. 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.

Внутренние процессы:

изменение численности группы в результате естественной рождаемости и смертности, зависящих от условий жизни;

увеличение накоплений путем непосредственного производства материальных благ;

материальные затраты на обеспечение процесса производства материальных благ (инвестиции, вложения и т.п.);

уменьшение накоплений материальных благ в ходе их потребления.

Межгрупповые процессы:

переход из одной социальной группы в другую (социальная мобильность);

уменьшение численности группы вследствие антагонистического взаимодействия с другими группами (смертность в ходе вооруженных конфликтов, эмиграция);

перераспределение материальных благ между двумя группами (насильственное, либо обусловленное традициями, обычаями, политической культурой изъятие благ у одной группы в пользу другой);

изменение суммарных накоплений групп в результате перехода членов одной группы в другую;

материальные издержки в ходе межгруппового взаимодействия (управление, поддержание порядка, ведение конфликтов);

увеличение производительности труда в той или иной группе как результат инвестирования со стороны других групп (прямые вложения, займы, безвозмездная помощь и т.п.).

Система уравнений, учитывающая эти процессы, может быть записана в виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{N}_i = N_i \cdot D_i(x_i) + \sum_{j=1}^k D'_{ij}(N_i, x_i, N_j, x_j) - \sum_{j=1}^k D''_{ij}(N_i, x_i, N_j, x_j) \\ \dot{X}_i = F_i(\bar{X}, \bar{N}, \bar{I}) - N_i \cdot Q_i(x_i) + \sum_{j=1}^k G_{ij}(N_i, x_i, N_j, x_j) - \\ \quad - \sum_{i=1}^k C_{ij}(N_i, x_i, N_j, x_j) - I_i(x_i, N_i) \end{array} \right. \quad (2)$$

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

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

D_i – демографический коэффициент, представляющий собой разность между рождаемостью и смертностью (количественные характеристики которой зависят от условий жизни и интенсивности конкурентной борьбы внутри группы);

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, то есть 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 (с учетом переходов между группами);

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

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

В модели (2) 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.

Анализ конкретных социально-исторических процессов с использованием приведенной модели состоит из следующих этапов:

1. Выделение структурных элементов системы, каждый из которых в дальнейшем рассматривается, как единое целое. Определение связей между ними и выполняемых ими функций (при этом необходимо, чтобы выделенные социальные группы были достаточно однородны по составу и их члены выполняли схожие функции).

2. Качественное описание экономико-демографических процессов внутри и между подсистемами. Построение в общем виде системы уравнений, описывающих данные процессы.

3. Конкретизация коэффициентов в уравнениях. Запись модели в виде системы дифференциальных уравнений с правыми частями, зависящими от параметров.

4. Выделение в пространстве параметров и начальных данных областей, соответствующих рассматриваемым реальным социально-историческим процессам.

5. Исследование свойств системы в выбранной области параметров с помощью математического моделирования с целью:

- определения возможных вариантов эволюции системы;
- исследования устойчивости системы к внутренним и внешним воздействиям.

В зависимости от соотношений параметров система уравнений (2) может иметь или один, или несколько, или ни одного устойчивого состояния (аттрактора). Характеристики аттракторов A_i и соответствующих им областей притяжения G_i (см. рис.1) позволяют судить о жизнеспособности рассматриваемой социальной системы.

Несмотря на то, что описанный алгоритм ориентирован в основном на исследование экономико-демографической устойчивости, реально он позволяет изучать вопросы социально-психологической стабильности общества и эффективности систем управления, поскольку от этих факторов существенным образом зависят параметры системы (2) [25,29].

Исследование устойчивости CC к *внешним* дестабилизирующим воздействиям 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 [26]. Модель сформирована на основе формализации общих закономерностей, характеризующих взаимодействие политических, социально-экономических, социокультурных, информационных, биологических систем. Она представляет собой систему дифференциальных уравнений, описывающих изменение соотношения сил различных акторов (от английского «act»- действовать) в результате конкурентной борьбы:

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

Здесь t - время; x, y - пространственные координаты; $i, j = 1, 2, 3, \dots, N$; u_i – показатель, характеризующий «силу» (степень влияния, доминирования) i -го актора в момент времени t в точке пространства (x, y) . 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 (старение, саморазрушение) 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 распределение «силы» акторов в пространстве.

В зависимости от целей исследования система (3) 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 уравнениями типа (2) или (3).

Моделирование показывает, что характер эволюции и самоорганизации СС существенным образом зависит от следующих обстоятельств:

- стационарны или нестационарны условия функционирования СС;
- замкнутой или открытой является система (замкнутой считается система, функционирование которой определяется в основном внутренними факторами; открытой считается система, функционирование которой во многом определяется характером взаимоотношений с соседями);

- какова ресурсная обеспеченность системы. Здесь наиболее важными, как уже отмечалось выше, являются следующие случаи:

- а) общий ресурс, которым обладает система, ограничен, но относительно стабилен;

- б) общий ресурс, которым обладает система, изменяется (увеличивается или уменьшается).

В случае ограниченного, но относительно *стабильного* источника ресурсов эволюция системы характеризуется следующими особенностями:

- по истечении некоторого периода внутренней конкурентной борьбы за обладание ресурсом устанавливается относительное равновесие между социальными слоями и формируются достаточно устойчивые социальные

структуры, которые освящаются установившимися социальными нормами и поддерживаются сложившейся системой управления;

- структура общества и характер социальных взаимоотношений определяются установившимися особенностями воспроизводства и перераспределения ресурса. Стабильность ресурсной базы способствует консервации социальных отношений.

В случае *изменяющегося* ресурса эволюция СС характеризуется следующими особенностями:

- изменение объема ресурсов стимулирует внутреннюю конкурентную борьбу за обладание ими, появление новых видов ресурсов приводит к появлению и усилению новых социальных групп, вступающих в борьбу за перераспределение властных полномочий в обществе;

- вследствие этого социальная структура в таких обществах нестабильна, статус-кво постоянно нарушается, долговременный социальный мир невозможен. Возможно лишь неустойчивое равновесие динамического типа (временный компромисс, локальный баланс сдержек и противовесов).

Поскольку условия существования реальных СС периодически то стабилизируются, то подвергаются резким изменениям (вследствие нападения врагов, изменения экономической ситуации, экологических бедствий и т.п.), то и характер их эволюции в разные исторические периоды может быть кардинально различным.

Наиболее существенным образом на процессы социальной самоорганизации влияет способ освоения имеющихся ресурсов, технологии получения (производства) материальных благ, необходимых для жизнедеятельности и функционирования общества. В соответствии с эволюцией способов производства происходит смена фаз исторического

развития. Так, экономической основой общества охотников-собирателей является присваивающее хозяйство, основой аграрных обществ – сельскохозяйственное производство (растениеводство и животноводство), основой индустриальных обществ – машинное производство промышленной продукции. Рассмотрим более детально базовые модели этих типов обществ, а также некоторые модели переходных исторических процессов.

2. Моделирование социальных систем различного типа

2.1. Общество охотников-собирателей

Общество охотников-собирателей основано на присваивающем хозяйстве, для него характерна низкая плотность населения и общинная (родовая) организация человеческого сообщества. Человек полностью зависит от природы, главным ресурсом для него является добываемая пища. По существу, общества охотников-собирателей являются частью природных экосистем, вершиной естественных трофических цепей. Характерными особенностями ресурсопользования в этих обществах являются следующие:

- ресурсная база - съедобные растения, рыба и животные, промысел которых возможен с помощью имеющихся средств охоты и рыбной ловли;
- объем ресурса - определяется естественным воспроизводством промысловых растений и животных в ареале проживания СС;
- способ добычи ресурса - собирательство, охота, рыбная ловля;
- порог производственной функции F незначителен (см. рис.4, кривая 1), как правило, возможен индивидуальный промысел;

- производственная функция F имеет насыщение, величина которого F' зависит от природных факторов: естественного плодородия в данной природной зоне, численности популяции промысловых животных вблизи стоянок (см. рис.4, кривая 1);

- потребление охотников-собирателей практически полностью состоит из продуктов питания и имеет насыщение, определяемое физиологическими возможностями;

Следствия особенностей ресурсопользования:

- общества охотников-собирателей быстро упираются в естественный ресурсный предел, что резко ограничивает демографическую емкость территорий. Ограниченность ресурсной базы, необходимость постоянно решать задачу физического выживания препятствуют социальному расслоению общества, делая его достаточно однородным. С другой стороны, отсутствие свободных излишков продуктов тормозит развитие процессов специализации и разделения труда. Вследствие этого общества охотников-собирателей имеют достаточно простую структуру;

- невозможность создавать долговременные запасы пищи (в силу ее скоропортящегося характера и отсутствия технологий консервации и хранения) ставит охотников-собирателей в жесткую зависимость от текущего состояния ресурсной базы, делает их существование неустойчивым;

- будучи частью экосистемы, человек отличается от других хищников, по существу, лишь умением использовать специальные орудия охоты. Соответственно, и численность населения в конкретном ареале напрямую зависит от объема доступных пищевых ресурсов и может быть описана хорошо известной биологической моделью «хищник - жертва» (система Лотки-Вольтерра), где в роли «хищника» выступает охотник, а «жертвой»

является объект его охоты (к этой модели редуцируется система (2), если учесть однородность социальной структуры общества охотников-собирателей и особенности их ресурсопользования). Система Лотки-Вольтерра состоит из двух дифференциальных уравнений следующего вида

$$dX/dt = \alpha \cdot X \cdot Y - A \cdot X, \quad (4)$$

$$dY/dt = \gamma \cdot Y - \beta \cdot X \cdot Y, \quad (5)$$

где X - численность популяции «хищников»;

Y - численность популяции «жертв» в рассматриваемом ареале;

$\alpha \cdot X \cdot Y$ - скорость рождения «хищников» (мальтузианский рост при наличии ресурсной базы Y);

$A \cdot X$ - смертность «хищников»;

$\gamma \cdot Y$ - скорость рождения «жертв» (считается, что их пищевая база не ограничена);

$\beta \cdot X \cdot Y$ - скорость гибели «жертв» за счет их истребления «хищниками» (считается, что это единственный вид смертности «жертв»).

Решение уравнений (4)-(5) имеет вид замкнутых циклических траекторий на фазовой плоскости (X, Y) . Эти траектории представлены на рис.6. Временные зависимости $X(t)$ и $Y(t)$ представлены на рис.7, где $X_0 = \gamma/\beta$, $Y_0 = A/\alpha$. Видно, что численность популяции охотников-собирателей колеблется вокруг некоторого среднего значения $X_0 = \gamma/\beta$, определяемого отношением коэффициентов, отражающих скорости рождения и гибели «жертв». Поскольку охотники и собиратели потребляют то, что произведено в природе без их участия, численность их популяций определяется внешними условиями, повлиять на которые они не в состоянии (этим обусловлена относительная стабильность численности

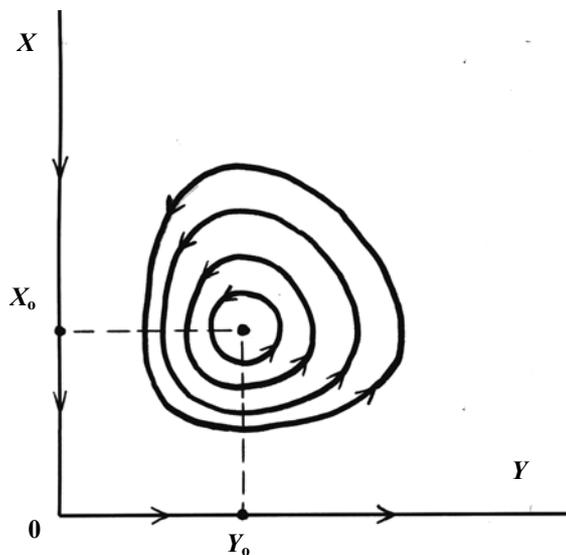


Рис.6. Фазовый портрет системы «хищник-жертва»

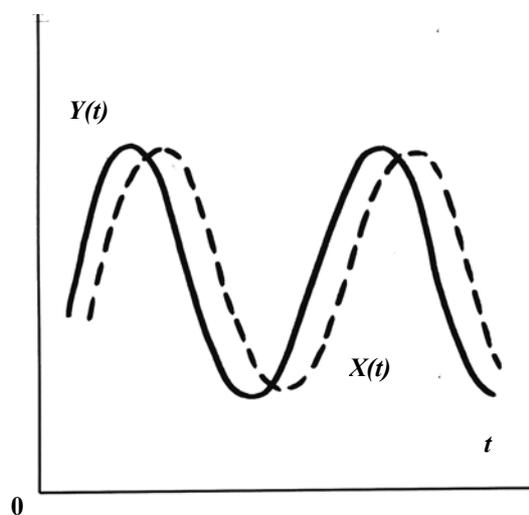


Рис.7. Зависимость численности «хищников» $X(t)$ и «жертв» $Y(t)$ от времени

населения Земли на протяжении всего Каменного века до эпохи неолита [43]. В то время люди, действительно, были лишь одним из видов хищников и занимали свою экологическую нишу в животном мире).

Условия существования охотников-собирателей обуславливают логику решения изложенных выше проблем (А), (Б) и (В), то есть проблем обеспечения экономической устойчивости, социально-психологической стабильности и эффективности управления в обществе.

(А) Поскольку охотники-собиратели не могут увеличивать ресурсную базу в ареале своего обитания (они могут ее только уменьшать), то естественным способом повышения ресурсной устойчивости является *кочевание*, то есть постоянное перемещение в те области, где ресурсный потенциал выше. Кочевой образ жизни накладывает ограничения на численный состав социума (не более 30-50 человек). Это тормозит усложнение социальных структур и иерархизацию общества, консервирует

социальное устройство. Поэтому в социальном плане общества охотников-собираателей очень стабильны.

Кочевой образ жизни, с другой стороны, способствует демографической стабилизации социумов, поскольку в условиях частых переходов количество малолетних (не способных к быстрому самостоятельному передвижению) детей в семье вынужденно ограничено одним-двумя: большее количество детей мать не в состоянии перенести на большое расстояние. Это является фактором уменьшения демографического давления на территорию и снижения угрозы демографических кризисов, являющихся настоящим бичем аграрных обществ (см. ниже).

(Б) Обеспечение социально-психологической стабильности в обществе охотников-собираателей облегчено тем, что оно достаточно однородно, в нем отсутствует резкое имущественное расслоение, характерное для аграрных обществ. Социальный опыт закрепляется в тотемических культах, в мифологии, основные темы которых связаны с отношениями человека и природы.

(В) Устойчивости управления, согласованности действий (социальной синхронизации) в обществах охотников-собираателей способствуют следующие факторы:

- относительная малочисленность коллективов;
- отсутствие значимого имущественного расслоения;
- сложные условия жизни, предполагающие единство целей (коллективное выживание) и взаимопомощь.

Вследствие того, что охота и собирательство – деятельность, имеющая в основном индивидуальный характер, отдельные семьи экономически слабо зависят друг от друга. Это способствует закреплению достаточно

высокого уровня демократичности в принятии коллективных решений (первобытная демократия).

Выше общество охотников-собирателей рассматривалось как замкнутая система, демографическая динамика которой моделируется уравнениями типа (4)-(5). В процессе перемещения (миграций) по территории кочевые общества охотников-собирателей с неизбежностью сталкиваются друг с другом. Для рассмотрения демографической динамики общества как открытой системы, то есть с учетом взаимодействий между разными социумами, используется модель (3). В этом случае параметры модели принимают следующий смысл:

u_i - численность представителей i -го социума (этнической группы) в рассматриваемом географическом районе; $\partial u_i / \partial t$ - изменение этой численности с течением времени;

$G_i(u_i, x, y)$, $A_i(u_i, x, y)$ - члены системы (3), описывающие увеличение представителей i -го этноса в результате рождаемости и их убыль в результате естественной смертности и внутренних конфликтов;

$\sum_{j \neq i} B_{i,j}(u_i, u_j)$ - члены, описывающие убыль численности i -го этноса в результате войн с соседями;

$D_i(u_i, x, y)$ - член вида $D_i(x, y) \cdot \Delta u_i$, описывающий миграции и вытеснение одних этносов другими (здесь $D_i(x, y)$ - коэффициент диффузии, зависящий от пространственных координат; Δu_i - лапласиан, имеющий вид $\Delta = \partial^2 / \partial x^2 + \partial^2 / \partial y^2$).

В простейшем случае система (3) может быть записана в виде:

$$\partial u_i / \partial t = (1/\tau_i) \cdot u_i - a_i \cdot u_i^2 - \sum_{j \neq i} b_{i,j} \cdot u_i \cdot u_j + D_i(x, y) \cdot \Delta u_i, \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, N, \quad (6)$$

Здесь член $(1/\tau_i) \cdot u_i$ описывает демографическое воспроизводство i -го этноса; τ_i - характерное время этого воспроизводства. Член $b_{i,j} \cdot u_i \cdot u_j$ описывает антагонистическое взаимодействие этносов; член $a_i \cdot u_i^2$

описывает эффект «тесноты» (внутривидовую борьбу, ресурсные ограничения, эффекты насыщения и т.п.). Считается, что $b_{ij} > a_i$, то есть межвидовая борьба имеет более ожесточенный характер, чем внутривидовая.

Результаты моделирования, проведенного в [26], показали, что в рассматриваемых условиях наибольшую устойчивость и выживаемость имеет тот этнос, у которого меньше отношение a_i/b_{ij} . То есть этносам выгодно снижать внутреннюю социальную напряженность и конфликтность, одновременно повышая агрессивность по отношению к "чужакам". Это является причиной резкого позиционирования "свой - чужой" в обществах охотников-собирателей.

2.2. Аграрное общество

Аграрное общество относится к другому типу социальных систем. Оно основано не на присваивающем, а на производящем хозяйстве – выращивании культурных растений и разведении домашнего скота. Это обусловило переход к оседлому образу жизни. Освоение технологий хранения сельскохозяйственной продукции сделало возможным создание запасов пищевых ресурсов. Это, с одной стороны, повысило устойчивость и "живучесть" аграрных обществ, обеспечило возможность специализации и разделения труда, но с другой стороны, привело к имущественному и социальному расслоению: тот, кто контролировал пищевые запасы, приобретал власть в обществе. В соответствии с этим характерными особенностями аграрных обществ являются следующие:

- ресурсная база - земля и ее плодородие;
- объем ресурса - площадь обрабатываемой земли;
- способ обработки ресурсной базы - ручной труд земледельцев;

- порог производственной функции F невелик и может быть преодолен в результате объединения усилий нескольких земледельцев при выполнении сельскохозяйственных работ (см. рис.4, кривая 2);

- производственная функция F имеет насыщение, величина которого F'_2 зависит от плодородия земли и применяемых технологий ее обработки (см. рис.4, кривая 2);

- потребление земледельцев ограничивается в основном сельскохозяйственной продукцией и имеет насыщение;

- основные социальные слои - зависимые земледельцы и землевладельцы (элита).

Следствия особенностей ресурсопользования:

- аграрные общества с течением времени упираются в естественный ресурсный предел (когда все пригодные для обработки земли распаханы) и оказываются в области насыщения, к которому «подтягивается» численность населения. В обществах, достигших ресурсного предела, все, что производится, - съедается, запасов жизнеобеспечения мало, возможности заметного увеличения производства отсутствуют. Такие общества неустойчивы, они зависимы от изменения внешних условий, при их ухудшении (засухи, недороды) начинается голод, эпидемии, социальная нестабильность;

- земледелец (крестьянин) в аграрном обществе самодостаточен, продуктами и средствами жизнеобеспечения он обеспечивает себя сам, заинтересованности в существовании элиты у него нет. Вследствие этого элита изымает у крестьян прибавочный продукт внеэкономическими методами (путем принуждения), зачастую оставляя только то, что необходимо для выживания крестьянина и/или не приводит к крестьянским бунтам (см. раздел 1.2 свойство (vi));

- поскольку элита имеет естественный предел изъятия прибавочного продукта у своих подданных, она может поднять доход только увеличив число подданных за счет завоеваний. Таким образом, война – естественное состояние в аграрных обществах и фактор постоянной нестабильности.

Решение проблем (А), (Б) и (В) в аграрном обществе:

(А) Основным источником материальных благ – сельскохозяйственное производство, земельный ресурс ограничен. Прибавочный продукт крестьян принудительно изымается элитой и тратится ею на войну, на обеспечение управления и на личное потребление (инвестиции в сельскохозяйственное производство со стороны элиты, как правило, отсутствуют, поскольку для быстрого получения дохода выгоднее воевать). В результате этого возникает резкое имущественное расслоение, формируется бимодальная экономическая структура общества (ЭСО) (см. рис.5(а)), которая тем не менее стабильна вследствие ограниченности общего ресурса (все, что производится, тратится на потребление и крестьянами, и элитой). Для увеличения валового производства сельскохозяйственной продукции существуют следующие возможности:

а) увеличение площади обрабатываемых земель за счет:

- распашки лесов, осушения болот, искусственного орошения и т.п. (существующие ограничения – имеющиеся резервы территории и трудоемкость работ);

- завоеваний (существующие ограничения – сопротивление противника и издержки на управление завоеванными территориями);

б) увеличение численности трудоспособного населения (ограничение – снижение удельной площади обрабатываемой земли на семью, то есть дохода одной семьи);

в) повышение урожайности (влияние на производственную функцию F):

- преодоление порога функции F обеспечивается путем объединения земледельцами усилий по обработке земли, то есть за счет совместности (когерентности) индивидуальных действий на микроуровне – на уровне семьи и общины (вследствие этого – востребованность во взаимопомощи и *коллективистской психологии* в аграрном обществе);

- увеличение F'_2 достигается за счет совместности (когерентности) индивидуальных действий на макроуровне – на уровне общественных работ по мелиорации, орошению и т.п., организуемых государством (вследствие этого – большое экономическое значение государства в речных цивилизациях древнего Востока: в Египте, Месопотамии, Китае).

При рассогласовании производства и потребления новое равновесие достигается за счет:

- снижения потребления (отсюда – популярность этики *аскетизма*);
- уменьшения численности населения (мор, снижение рождаемости, миграции, гражданские войны).

(Б) Социально-психологическая стабильность в аграрном обществе в условиях резкого имущественного расслоения обеспечивается за счет:

- формирования соответствующей идеологической сферы: коллективистской морали, религий, освящающих существующие порядки. Характерно, что в отличие от мифологии и культов охотников-собирателей тематика религий земледельческих народов (в особенности, тематика мировых религий) посвящена не столько вопросам отношений "человек – природа", сколько проблемам отношений между людьми;

- развития системы патронажа, клановости, кастовости, подразумевающей и поощряющей помощь бедным со стороны богатых.

(В) Эффективность управления в аграрном обществе обеспечивается за счет:

- развития мер, обеспечивающих внеэкономическое принуждение (на это требуются значительные затраты, поэтому размеры аграрных государств в значительной степени определяются наличными ресурсами на внеэкономическое управление и оборону от посягательств соседей);

- авторитарного (директивного) способа управления (элита противостоит производителям и навязывает им свою волю).

В аграрных обществах на первый план выходит демографическая проблема. Это связано с тем, что при слабой механизации труда экономическая устойчивость крестьянских хозяйств во многом определяется количеством рабочих рук. Поэтому в крестьянских семьях обычно много детей. Однако через несколько поколений установка на многодетность, обеспечивающая локальную экономическую устойчивость отдельных хозяйств, приводит к глобальному (в масштабах социума) демографическому кризису из-за неизбежного обезземеливания крестьян в силу ограниченности имеющегося земельного фонда. Снижение удельного (на душу населения) производства сельскохозяйственной продукции имеет следствием "кризис недопроизводства" (в отличие от "кризиса перепроизводства" в индустриальных обществах). Как следствие – социальные катаклизмы, голодные бунты, массовые миграции, гражданские войны.

Моделирование динамики аграрного общества проводится на основе использования системы (2). Ниже приведены некоторые примеры моделирования для разных уровней детализации описания социума [27]. При этом считаются выполненными следующие условия:

1. Основная часть населения напрямую занята производством сельскохозяйственной продукции. Доля населения, занятого

производством орудий труда, торговлей, наукой, искусством и т.п., относительно мала и учитывается косвенным образом.

2. Натуральное хозяйство и прямой обмен продуктами являются преобладающими.

3. Система замкнута, то есть такими явлениями, как иммиграция и эмиграция, изменение границ, внешние войны, можно пренебречь на отрезке времени, на котором ведется моделирование, либо определить их как внешние параметры.

Базовая модель демографической динамики

В аграрных обществах демографическая динамика имеет циклический характер, что является следствием ограниченности природных ресурсов. Логика развития циклов следующая [39,59].

Отправной точкой цикла является ситуация, когда ресурсная база рассматриваемого общества еще достаточно велика и в условиях относительно высокого потребления крестьянское население быстро растет. Затем рост замедляется, и численность населения стабилизируется вблизи уровня, при котором обеспечивается лишь минимальное биологическое потребление. Сложившееся состояние является неустойчивым. Через какое-то время в результате роста социального напряжения начинаются смуты, восстания и войны, массовый голод и эпидемии, которые приводят к резкому падению численности населения – к демографической катастрофе. Это снижает экологическую нагрузку на природу региона, увеличивает объем природных ресурсов, приходящихся на душу населения. После социальной стабилизации улучшаются условия жизни, и начинается рост населения в новом демографическом цикле.

В базовой модели демографических циклов рассматривается только одна социальная группа – крестьяне. Тем не менее, построенная на основе небольшого числа предположений, модель, как будет показано ниже, может в определенных условиях достаточно правдоподобно описывать реальную демографическую динамику.

Система (2) в случае $k=1$ и в предположении, что инвестиции в крестьянском хозяйстве пренебрежимо малы по сравнению с потреблением, преобразуется к следующему виду:

$$\begin{cases} \dot{N} = N \cdot D(x) \\ \dot{X} = F(x, N) - N \cdot Q(x) \end{cases} \quad (7)$$

Функция прироста населения $D(x)$ строится из следующих соображений:

$D(x)$ положительна при значениях x больших некоторого значения x_d и отрицательна при меньших x . То есть x_d – критическое значение доходов производителя, при котором рождаемость равна смертности;

$D(x)$ выходит на насыщение при $x \rightarrow \infty$. Это обусловлено как биологическими, так и социальными факторами;

$D(x) \rightarrow -\infty$ при $x \rightarrow 0$, поскольку в голод смертность может быть сколь угодно большой.

Для простоты предполагается, что $D(x)$ монотонно возрастает с увеличением x . В модели принято:

$$D(x) = r \cdot (1 - x_d/x). \quad (8)$$

Производственная функция имеет вид:

$$F(X, N) = f \cdot R(N) \cdot N, \quad (9)$$

где f – производительность труда одного крестьянина с единицы площади обрабатываемой земли, $R(N)$ – площадь земли, обрабатываемой одним

крестьянином. Считая общую площадь пригодной к обработке земли постоянной, а урожайность – всюду одинаковой, получим:

$$R(N) = \begin{cases} R_0, & N \leq N_0 \\ R_0 \frac{N_0}{N}, & N \geq N_0 \end{cases}, \quad (10)$$

где R_0 – максимальная площадь, которую способен обрабатывать один крестьянин. Производительность труда f ограничена и при нормальных условиях жизни постоянна. Ухудшение условий жизни (снижение удельных накоплений x) ниже некоторого критического порога x_f приводит к росту социального напряжения, приобретающего форму открытых конфликтов. При этом социальная, военная и политическая нестабильность вкупе с эпидемиями и голодом делают невозможным нормальное ведение хозяйства и приводят к снижению производительности труда. Такое поведение функции $f(x)$ можно отразить, например, с помощью выражения:

$$f(x) = f_0 + f_1 \frac{x^2}{x^2 + x_f^2}. \quad (11)$$

Соответственно, система (2) приобретает следующий вид:

$$\begin{cases} \dot{N} = N \cdot r(1 - x_d / x) \\ \dot{x} = N \left(f_0 + f_1 \frac{x^2}{x^2 + x_f^2} \right) R(N) - N(Ax + B) \end{cases} \quad (12)$$

$$R(N) = \begin{cases} R_0, & N \leq N_0 \\ R_0 \frac{N_0}{N}, & N \geq N_0 \end{cases}$$

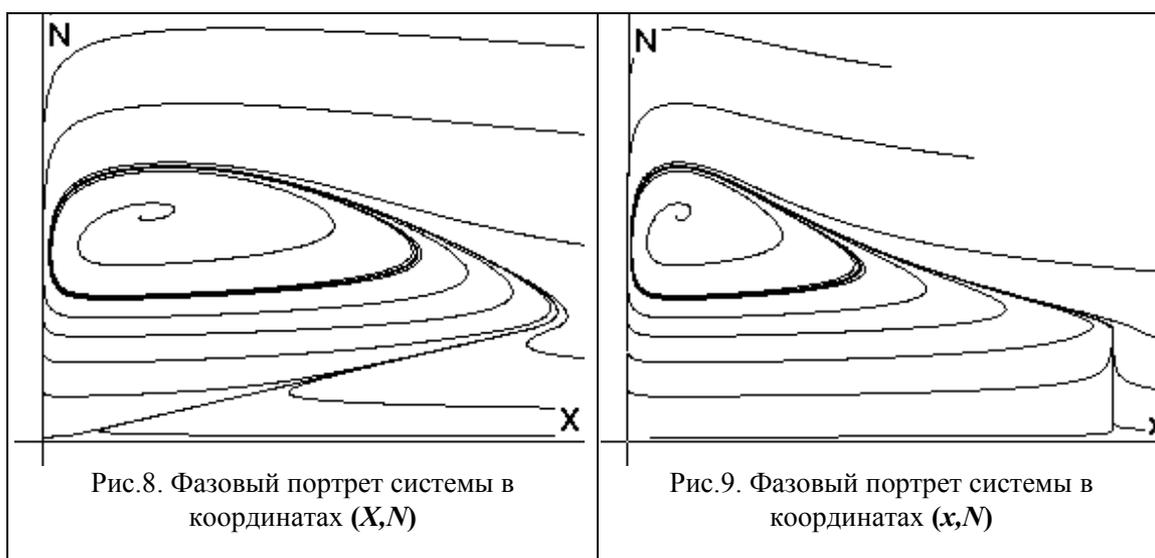
Здесь принято, что функция потребления близка к линейной, то есть $Q(x) = Ax + B$.

При определенных значениях параметров система имеет решение с устойчивым состоянием типа «предельный цикл», то есть зависимости $N_i(t)$

и $X_i(t)$ со временем приобретают вид устойчивых периодических колебаний. На рисунках 8 - 11 приведены фазовые траектории системы (12), соответствующие этому случаю.

Интересно сравнить результаты расчетов с реальными историческими данными. К сожалению, возможности реконструкции экономических показателей аграрных обществ на больших временных интервалах (сотни лет) крайне ограничены, поэтому приходится пользоваться косвенной информацией. В [39] приведены данные по средней дневной заработной плате неквалифицированных рабочих в средневековом Египте (см. рис.12). Если предположить, что потребление неквалифицированных рабочих (соответствующее их заработной плате) коррелирует с потреблением крестьян, то можно сопоставить приведенные данные с рассчитанной по модели функцией $Q(t)$ (см. соответствующий график на рис.11). Видно, что соответствие достаточно хорошее.

Изложенная модель имеет качественный вид и носит иллюстративный характер. Более детальные математические модели демографических циклов в аграрных обществах приведены в [28,59,60].



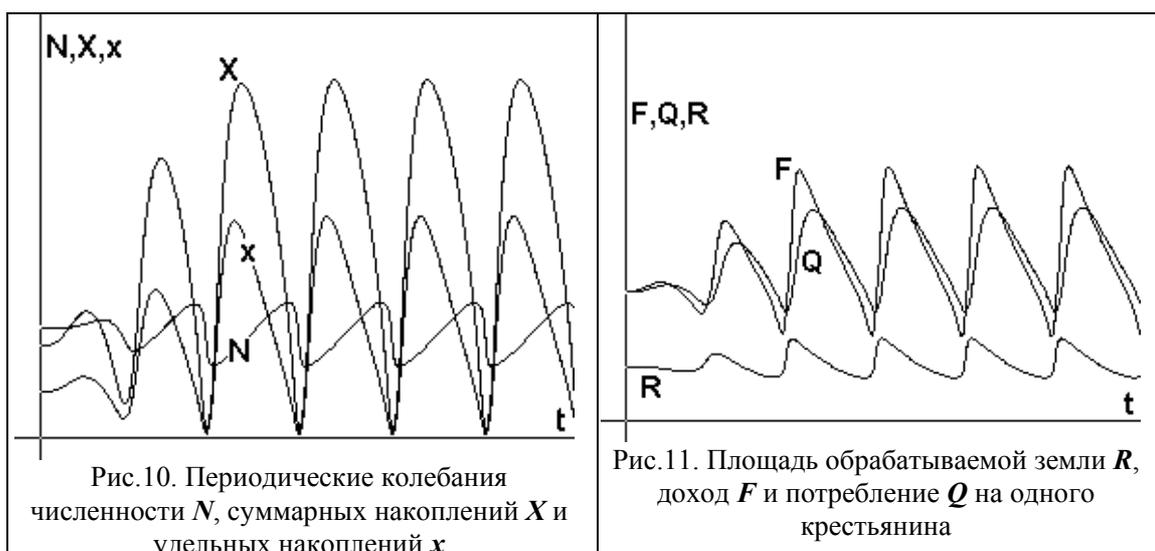


Рис.10. Периодические колебания численности N , суммарных накоплений X и удельных накоплений x

Рис.11. Площадь обрабатываемой земли R , доход F и потребление Q на одного крестьянина

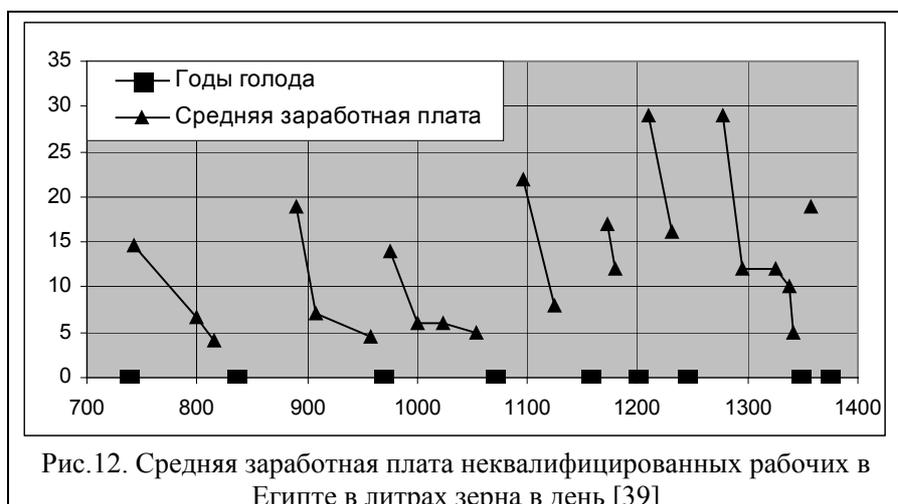


Рис.12. Средняя заработная плата неквалифицированных рабочих в Египте в литрах зерна в день [39]

Базовая модель аграрного общества с преобладанием государственной собственности на землю

В данном случае рассматривается социальная система, основными составляющими которой являются сельскохозяйственные производители - крестьяне - и собственник земли - государство. Такие социальные системы были достаточно широко распространены в докапиталистическую эпоху в Северной Африке, на Ближнем и Дальнем Востоке. Модель, описывающая такую систему, в отличие от модели (12), наряду с демографическими и

производственными процессами учитывает социальное взаимодействие крестьян и государства.

Модель является усложненной версией модели "феодал-производитель" [29] и строится следующим образом. Предполагается, что общество состоит из производителей аграрного продукта (крестьян) и военно-административной элиты, стоящей на службе у государства и живущей за счет изъятия продукта на собственные нужды у производителей. Произведенный продукт расходуется на потребление как непосредственно (продукты питания), так и в преобразованной форме (ремесленная продукция, услуги и т.п.). Кроме того, государство 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, чтобы обеспечить себе возможность дальнейшего изъятия продукта.

В соответствии с (2) две выделенные группы - крестьяне и государство - характеризуются в модели величинами $X_1, N_1 \equiv 1, X_2, N_2$. Для удобства обозначим: $X = X_1, N = N_2, Y = x_2 = X_2/N_2$. Таким образом, состояние государства характеризуется величиной X – суммарным накоплением материальных благ (государственная казна), выраженным в единицах обобщенного продукта. Крестьяне характеризуются величинами Y и N , где Y - средние накопления материальных благ у одного крестьянина и N - численность крестьян в рассматриваемом аграрном государстве. При сделанных предположениях производство и перераспределение продукта, а также демографические процессы в обществе могут быть в соответствии с (2) описаны следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = G(X, Y, N) - Q_X(X) - C(X, Y, N) \\ \frac{d(YN)}{dt} = F(X, Y, N) - N \cdot Q_Y(Y) - G(X, Y, N) \\ \frac{dN}{dt} = N \cdot D(Y) \end{cases} \quad (13)$$

Здесь:

$G(X, Y, N)$ - суммарное количество продукта, изымаемое государством у крестьян в единицу времени (например, за год) путем налогов и различных поборов;

$Q_X(X)$ и $Q_Y(Y)$ - функции потребления государства и крестьян, соответственно, показывающие, какое количество продукта потребляется ими в единицу времени. Функция $Q_X(X)$ включает в себя расходы на содержание чиновничества, на развитие инфраструктуры, охрану внешних границ и т.п.;

$F(X, Y, N)$ - производственная функция, характеризующая совокупное сельскохозяйственное производство в государстве;

$C(X, Y, N)$ - функция затрат государства на управление (на обеспечение повиновения крестьянства);

$D(Y)$ - функция прироста населения.

В первом приближении можно считать, что функция $G(X, Y, N)$ пропорциональна X , Y и N :

$$G(X, Y, N) = \alpha \cdot X \cdot Y \cdot N. \quad (14)$$

Аналогичное приближение может быть принято и для функций потребления:

$$Q_X(X) = A_X \cdot X, \quad (15)$$

$$Q_Y(Y) = A_Y \cdot Y. \quad (16)$$

Функция затрат на управление $C(X, Y, N)$ слабо зависит от X . Если границы государства стабильны, то допустимо считать, что $C(X, Y, N)$

линейна по N . С другой стороны, она должна возрастать как при $Y \rightarrow 0$ (поскольку обнищание населения усиливает недовольство и сопротивление власти), так и при $Y \rightarrow \infty$ (так как у состоятельного населения возникает стремление добиваться независимости от центральной власти). В соответствии с этим в модели принимается, что

$$C(X, Y, N) \approx C(Y, N) = (C/Y + C \cdot N) \cdot N. \quad (17)$$

Производственная функция может быть представлена в виде

$$F(X, Y, N) = f(X) \cdot R(N) \cdot N, \quad (18)$$

где $R(N)$ – площадь обрабатываемой одним крестьянином земли, а функциональная зависимость $f(X)$ отражает вклад государства в производительность труда (строительство дамб и каналов, проведение ирригационных работ, обеспечение порядка).

$$\text{В соответствии с (10) } R(N) = \begin{cases} R_0, & N \leq N_0 \\ R_0 \frac{N_0}{N}, & N \geq N_0 \end{cases}.$$

Предполагается, что производительность труда $f(X)$ – монотонно возрастающая функция, выходящая на насыщение при $X \rightarrow \infty$. Можно считать, что

$$f(X) = f \left(1 + b \frac{X^2}{X_0^2 + X^2} \right), \quad (19)$$

где b и X_0 – некоторые постоянные. Предполагается, что средства X , прямо или косвенно расходуемые государством на повышение производительности труда крестьян, входят составной частью в функцию потребления государства $Q_X(X)$.

Функция прироста населения по аналогии с предыдущей моделью, предполагается равной $D(x) = r \cdot (1 - Y_0/Y)$.

Результаты численного решения системы (13) показывают, что в случае неизменной ресурсной базы при различных наборах параметров могут реализовываться следующие режимы:

1) система сильно неустойчива, то есть не существует устойчивой или неустойчивой точки равновесия (X_0, Y_0, N_0) в фазовом пространстве системы при положительных значениях X , Y и N . Такая система быстро разрушается, то есть хотя бы одно из значений $X(t)$, $Y(t)$, $N(t)$, характеризующих систему, обращается в ноль;

2) в фазовом пространстве существует точка неустойчивого равновесия типа "фокус" или "центр". Система разрушается за конечное время. Однако, если начальные условия близки к точке равновесия, система может довольно долго существовать не разрушаясь;

3) существует точка устойчивого равновесия типа "фокус" или "центр" и соответствующая область притяжения данного аттрактора в фазовом пространстве (X, Y, N) . Эта ситуация отражена на рис.13;

4) существует предельный цикл с соответствующей областью притяжения.

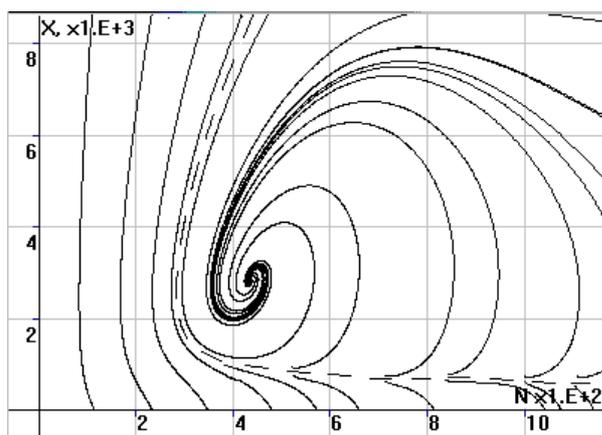


Рис.13(a). Траектории системы в координатах X , N при $Y = 1$.

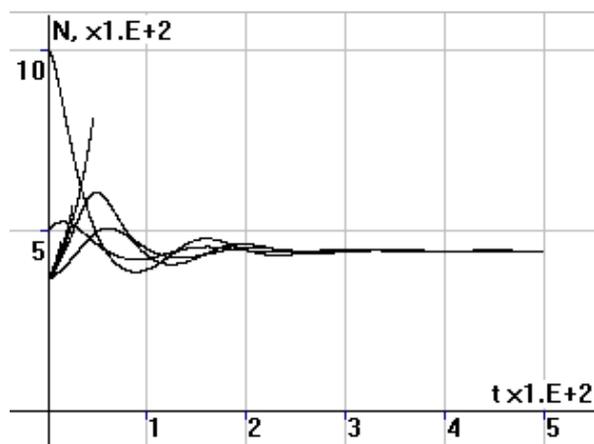


Рис.13(b). Зависимость $N(t)$ для различных начальных условий.

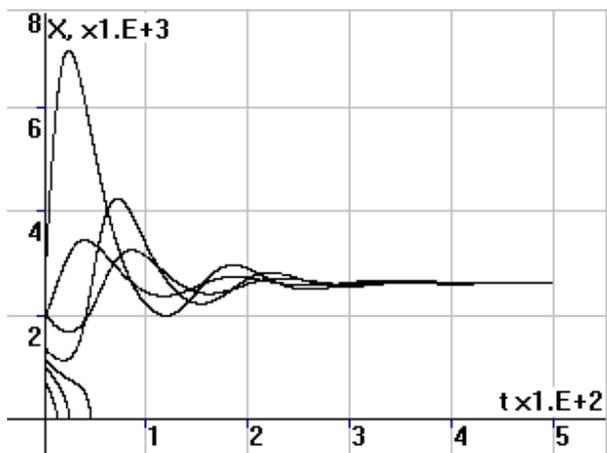


Рис.13(с). Зависимость $X(t)$ для различных начальных условий.

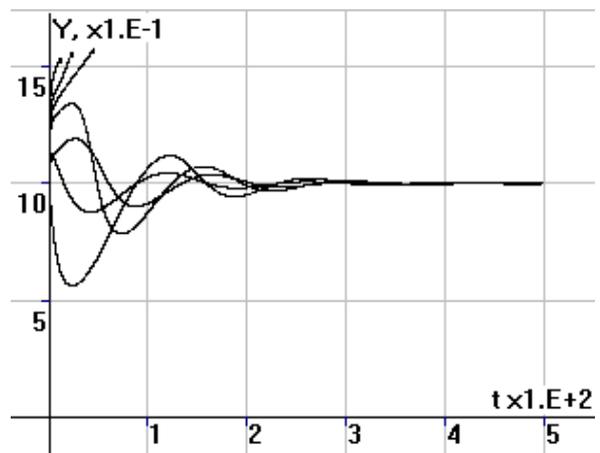


Рис.13(d). Зависимость $Y(t)$ для различных начальных условий.

При изменении амплитудных значений параметров система может переходить из одного режима в другой, то есть обретать или, наоборот, терять устойчивость.

Модель позволяет исследовать динамику системы при наличии флуктуаций (кратковременных изменений) значений параметров. Особый интерес представляют флуктуации параметра f , характеризующего производительность труда крестьян (по существу, этот случай соответствует кратковременным изменениям ресурса в системе). Производительность зависит от применяемой технологии обработки земли, но в значительной мере определяется также и климатическими, погодными факторами, экологической обстановкой и т.п. И если остальные параметры системы могут оставаться почти неизменными на протяжении десятилетий, а то и столетий, то урожайность может сильно изменяться из года в год. Влияние внешних факторов на урожайность может быть учтено введением зависимости параметра f от времени: $f(t) = f_0(1 + d_f(t))$, где $d_f(t)$ – случайная величина, равномерно распределенная на отрезке $[-\Delta_f, \Delta_f]$ ($\Delta_f > 0$). Сравнение результатов расчетов при $f = const$ и $f = f(t)$ показывает, что при различных соотношениях параметров область устойчивости

системы может остаться практически неизменной, или, напротив, значительно измениться, либо исчезнуть вообще. Характерная динамика системы изображена на рис.14. Видно, что система, будучи выведена из равновесия в результате изменения f ($\Delta_f = 0.1$), не успевает вернуться в первоначальное состояние, и с каждой новой флуктуацией оказывается все дальше и дальше от равновесного положения, пока не попадает, наконец, в зону неустойчивости.

Аналогичная ситуация внезапного разрушения системы после периода относительной стабильности может реализоваться и в отсутствие внешних воздействий, а именно – в случае, когда система попадает в состояние неустойчивого равновесия. Моделирование показывает, что такое поведение системы может реализоваться, в частности, когда государство существенно влияет на развитие экономики. Это влияние может выражаться в организации общественных работ, направленных на

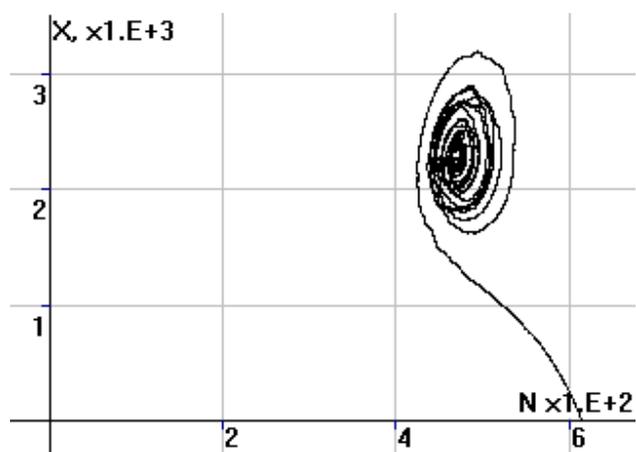


Рис.14(а). Траектория системы в координатах X, N при наличии флуктуаций параметра f

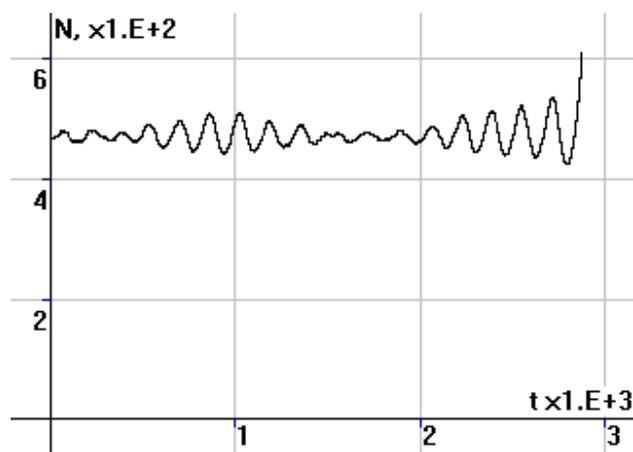


Рис.14(б). Зависимость $N(t)$.

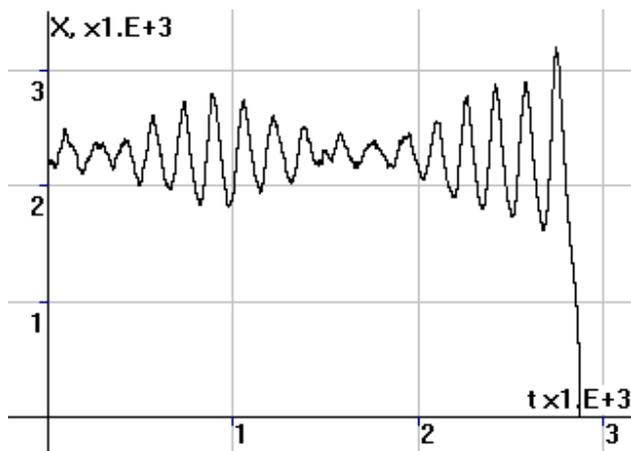


Рис.14(с). Зависимость $X(t)$.

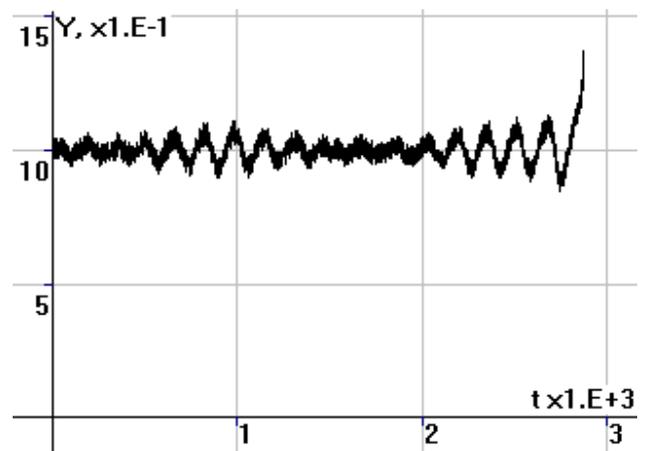
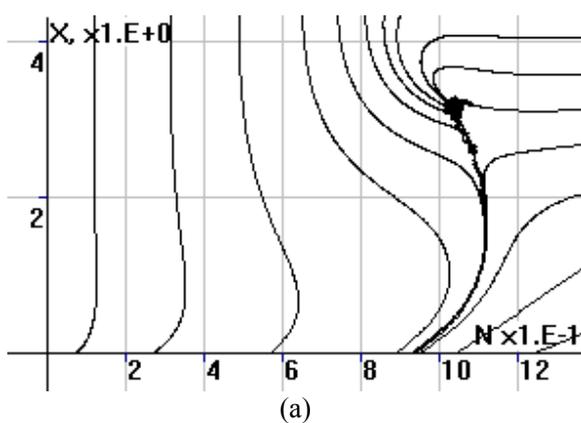
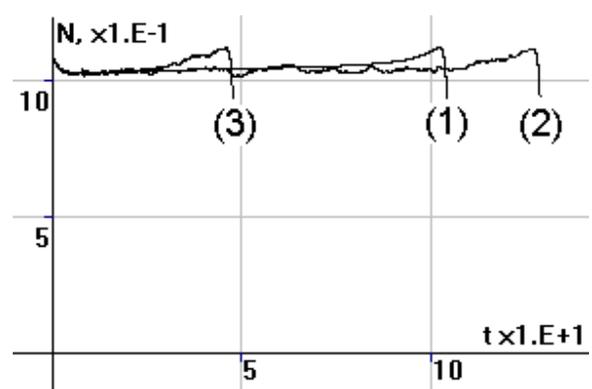


Рис.14(д). Зависимость $Y(t)$.

повышение плодородия (мелиорация, ирригация, строительство плотин и каналов), развитие транспортной инфраструктуры, поддержание порядка внутри страны, защиту от внешних врагов, борьбу со стихийными бедствиями. Усиление государства в такой ситуации стабилизирует систему, а ослабление – после некоторого периода относительно слабых изменений приводит к глубокому кризису (см. рис.15(с)), который сопровождается резким обнищанием населения (рис.15(d)) и депопуляцией (рис.15(b)) (реальные исторические аналогии этому легко найти, например, в многовековой истории Китая или в истории России XVII и XX веков).



(a)



(b)

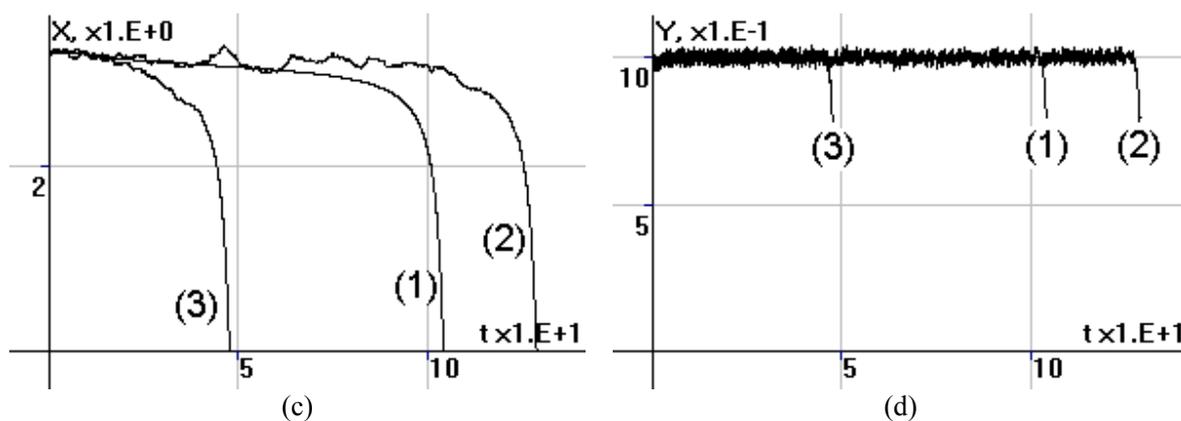


Рис.15. Фазовые траектории и временные зависимости $X(t)$, $Y(t)$, $N(t)$, иллюстрирующие развитие кризиса в аграрном обществе
 (1): $\Delta_f = 0$, (2),(3): $\Delta_f = 0.1$

Следует отметить, что подобная картина сохраняется и при наличии флуктуаций параметра $f(t)$ (траектории (2) и (3) на рис.15): в этом случае изменяется лишь момент начала катастрофы, но не сам характер процесса. При этом система может долго не проявлять явных признаков неустойчивости, и общество скорее всего окажется не готовым к приближающемуся кризису.

Влияние флуктуаций параметров проявляется в том, что одновременно с их скачкообразным изменением также скачком меняется форма и размеры области притяжения аттрактора, и дальнейшее поведение системы зависит от того, окажется ли она в этот момент внутри или вне новой области притяжения. Если же параметры системы изменяются медленно и непрерывно, то область притяжения, как правило, меняется плавно, и система будет устойчива до тех пор, пока эта область существует.

Рассмотрим пример, когда медленно уменьшается уровень производства F (то есть происходит постепенное снижение ресурсного обеспечения в системе). Это может происходить как в результате глобального изменения климата, так и в результате чрезмерно

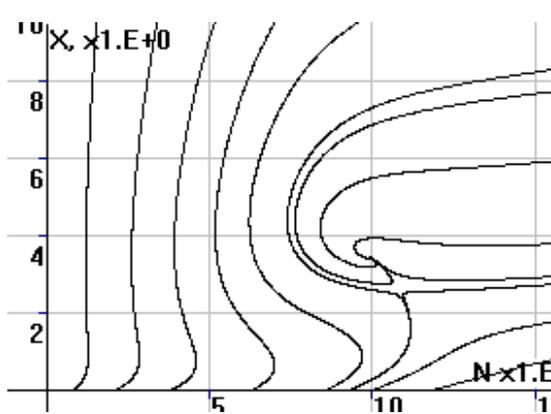


Рис.16(a). Фазовый портрет системы при $F = 7.5$ (устойчивое состояние еще существует)

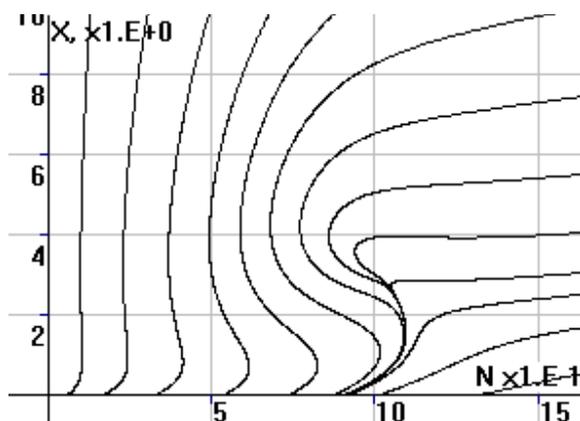


Рис.16(b). Фазовый портрет системы при $F = 7.4$ (устойчивое состояние исчезает)

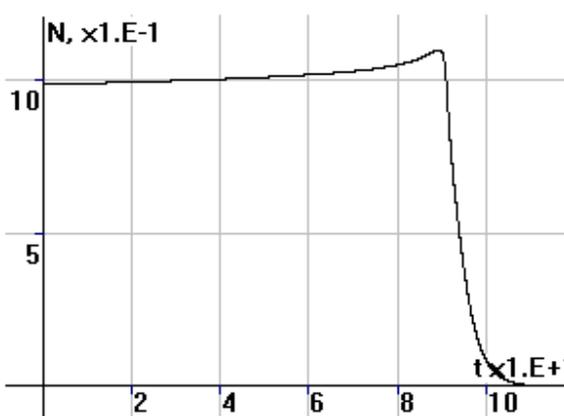
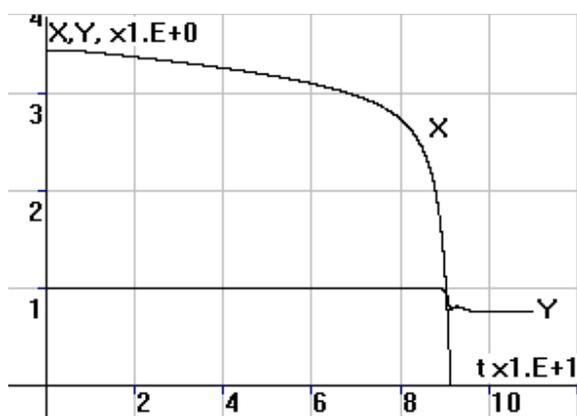


Рис.16(c). Изменение $X(t)$, $Y(t)$, $N(t)$ при постепенном уменьшении значения F .

интенсивной хозяйственной деятельности, приводящей к постепенному истощению природных ресурсов и/или к ухудшению экологической обстановки. На рис.16 изображена эволюция системы при постепенном уменьшении значения F . В данном случае наблюдается быстрый выход системы из стационарного состояния при исчезновении области устойчивости.

Модель аграрного государства феодального типа

В предыдущей модели военно-административная элита отождествлялась с институтом государства. Однако, как известно из

истории, конфликты могут происходить не только между государством и населением, но и внутри правящего слоя, что приводит к многообразию различных форм правления и политической организации. В приведенной далее модели элита и государство представлены не как единое целое, а как отдельные элементы системы, взаимодействующие между собой. Соответственно, считается, что рассматриваемая социальная система (2) состоит из трех основных подсистем: крестьянского сословия, землевладельцев-феодалов и института центральной власти. Вертикальной мобильностью в условиях сословного средневекового общества можно пренебречь, т.е. $D'_{ji} = 0$. Таким образом, имеем систему из пяти уравнений для величин: X_1 – государственная казна, $N_1 \equiv 1$, X_2 и N_2 – материальные накопления и численность феодалов, X_3 и N_3 – материальные накопления и численность крестьянства соответственно.

Наиболее типичными являются следующие взаимоотношения между указанными социальными группами. Производителем материальных благ (в данном случае – сельскохозяйственной продукции) являются крестьяне. Землевладельцы и государство принудительно изымают продукцию у крестьян, а государство, также, – у землевладельцев, встречая при этом некоторое сопротивление и неся расходы на его преодоление. Помимо того, государство и землевладельцы косвенно вносят определенный вклад в повышение выпуска сельскохозяйственной продукции (инвестиции I), что выражается в организации и проведении ирригационных работ, охране территории и т.п.

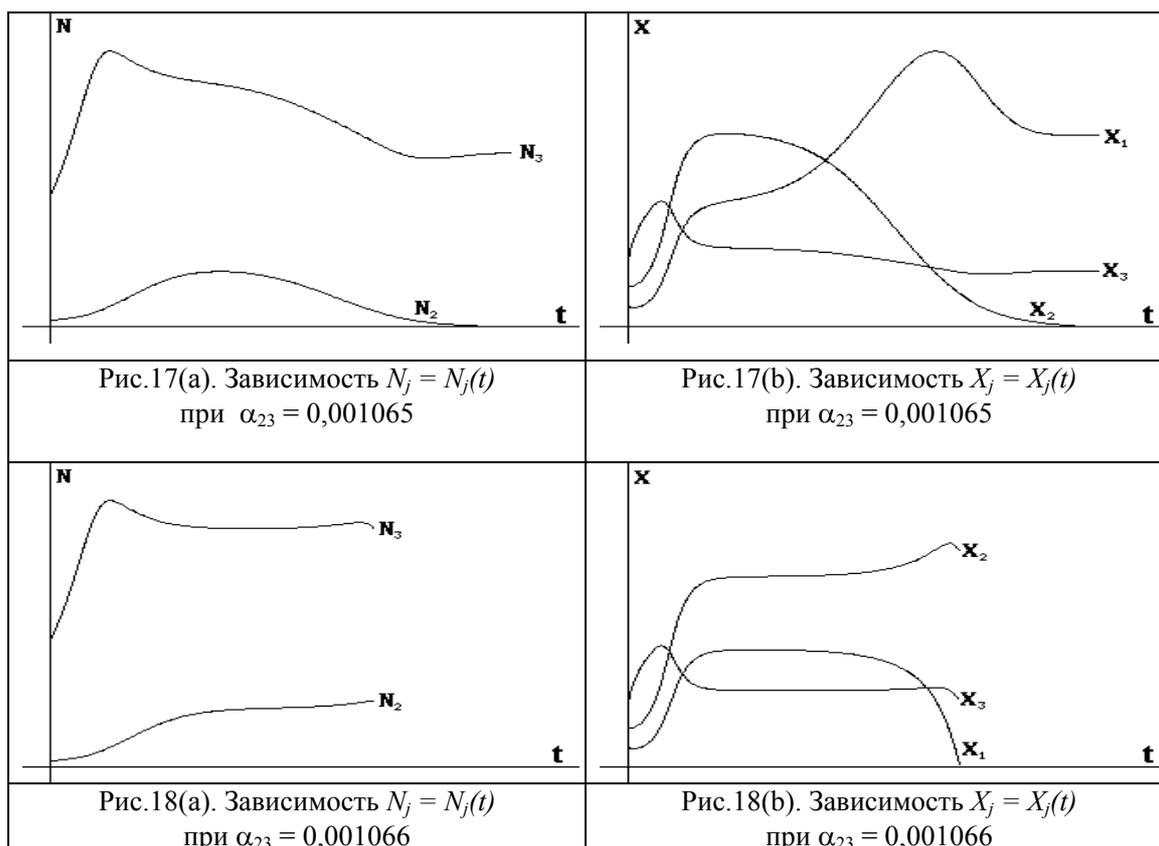
В соответствии с этим можно принять: $F_1 = F_2 \equiv 0$ и

$$F_3(X, N, I) = \left(f_0 + f_1 \frac{I_1^2}{I_1^2 + b_1} + f_2 \frac{I_2^2}{I_2^2 + b_2} \right) R(N_3) N_3, \quad (20)$$

где $R(N_3)$ – площадь обрабатываемой земли, приходящейся на крестьянина.

Получаемая система является более сложной, чем система (13), и имеет множество различных решений в зависимости от количественного соотношения параметров модели.

На рисунках 17 и 18 представлены зависимости накоплений



(рис.17(b), 18(b)) и численностей социальных групп (рис.17(a), 18(a)) от времени при одинаковых начальных условиях и незначительно различающихся значениях коэффициента α_{23} , характеризующего доходы землевладельческой элиты.

Из рисунков видно, что при рассматриваемых значениях параметров система имеет точку неустойчивого равновесия, покинув которую, она может перейти в одно из двух принципиально разных для данной социальной системы состояний. Представленные на рисунках графики

можно интерпретировать как отображение динамики конфликта между центральной властью и элитой, который в первом случае (рис.17) заканчивается победой одной, а во втором (рис.18) - другой стороны. То есть социальная система из состояния со сбалансированным управлением в результате приходит либо к авторитаризму (первый случай: численность и могущество элиты обращаются в нуль), либо к олигархии и/или феодальной раздробленности (второй случай: центральная власть слабеет и становится чисто номинальной).

Приведенные примеры иллюстрируют возможности моделирования социально-исторической динамики аграрных обществ, рассматриваемых как *замкнутые* системы. Учет взаимодействий между социумами возможен с помощью базовой модели конкурентной борьбы (3). Однако косвенным образом *открытость* аграрных социальных систем (то есть наличие взаимодействий с соседями) может быть учтена и в рамках модели (2) [29]. Спецификой аграрных обществ, основанных на натуральном хозяйстве со слабо развитыми внешнеторговыми связями, является то, что взаимодействия с соседями, как правило, принимают характер вооруженных конфликтов. При неизменной производственной базе наиболее действенным способом повышения доходов элиты является увеличение числа податного населения N , то есть захват новых территорий. Поскольку войны, как правило, носят краткосрочный характер (по сравнению с временным периодом смены поколений), то в системе (13) демографическим приростом населения можно пренебречь и считать, что N изменяется только за счет завоеваний. Тогда при неизменном уровне накоплений крестьян Y и изменяющемся значении N ($Y = \text{const}$ и $N \neq \text{const}$) второе уравнение системы (13) приобретает вид:

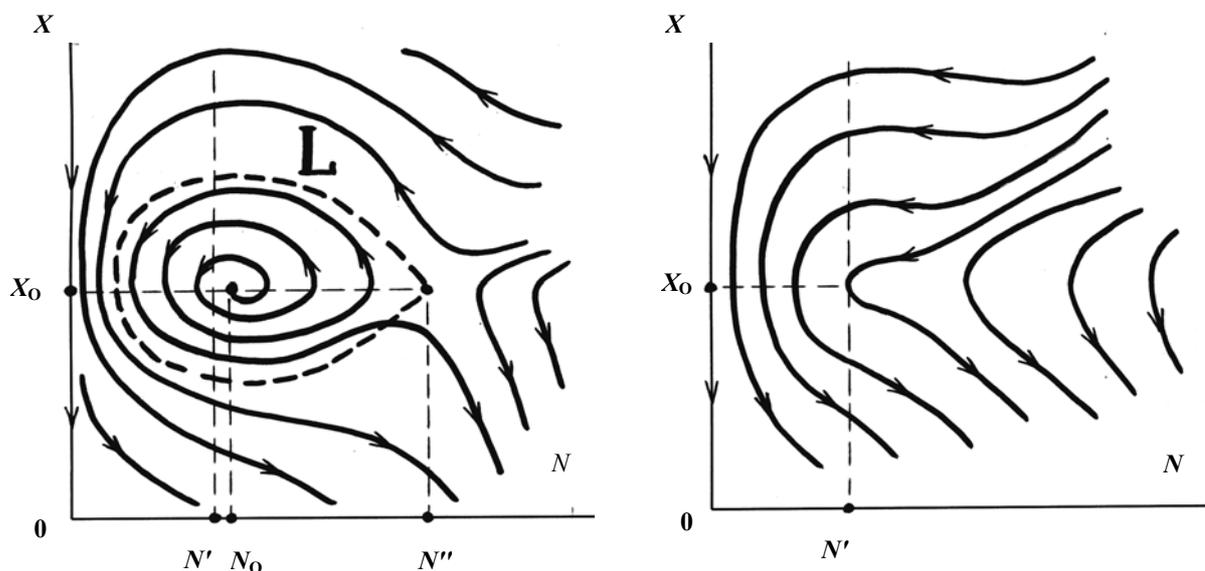
$$d(Y \cdot N)/dt = Y \cdot dN/dt = F(X, Y, N) - N \cdot Q_Y(Y) - G(X, Y, N), \quad (21)$$

а система в целом описывается уравнениями

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = G(X, Y, N) - Q_X(X) - C(X, Y, N) \\ \frac{dN}{dt} = F(X, Y, N)/N - Q_Y(Y) - G(X, Y, N)/N \end{cases} \quad (22)$$

Такую систему будем называть «открытой» в отличие от системы (13). Уравнения (22) представляют собой математическую формулировку условия, что элита аграрного государства, стремясь к максимальному увеличению числа своих подданных, может обладать только таким их количеством, которое способна удержать в повиновении с помощью имеющихся у нее военно-административных средств.

Фазовый портрет системы (22) представлен на рис.19 [29]. Видно, что в системе *отсутствует* устойчивое состояние (аттрактор), и рано или поздно «открытая» система дестабилизируется. Особенно быстро дестабилизация и распад системы происходят, когда затраты на управление высоки (см. рис.19(б)). При низких затратах на управление в системе возникает область L , отмеченная на рис.19(а) пунктирной линией, внутри которой реализуется квазиколебательный режим изменения параметров X и N вокруг средних значений. При этом область L может простирается до значения N'' (см. рис.19(а)), которое при низких затратах



на управление может быть достаточно большой величиной. Такая ситуация, например, реализовалась в эпоху империй Древнего мира (VI в. до н.э. - III в. н.э.) [30] вследствие революции в военном деле, связанной с появлением профессиональных армий и оружия из железа, что повлекло за собой возможность держать в повиновении большие территории правителям, обеспечившим себе монополию на железное вооружение. Область квазиколебательного режима L , внутри которой «открытая» система может довольно длительное время существовать без дестабилизации, при увеличении затрат на управление уменьшается в размерах и в определенный момент времени исчезает, а система распадается, поскольку у элиты не хватает ресурсов для сохранения своей власти над населением.

Существование квазиколебательного режима развития «открытых» аграрных социальных систем при наличии области L позволят выделить на фазовой плоскости зоны, характеризующие различные этапы эволюции общества (см. рис.20).

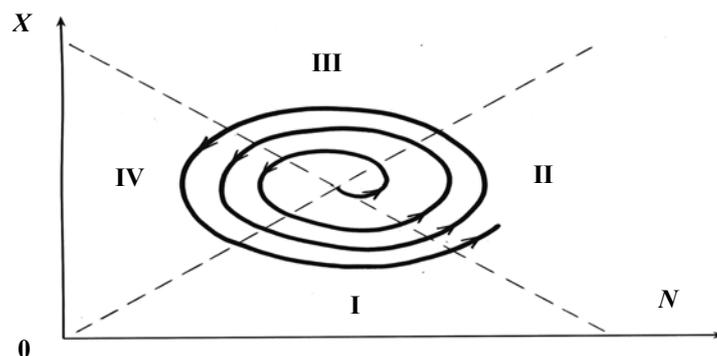


Рис.20. Этапы развития "открытой" системы (22).

- I - подъем, военная активность, расширение границ;
- II - стабилизация границ, расцвет культуры;

Квазиколебательный, «пульсирующий» режим существования «открытых» социальных систем особенно характерен для эпохи Средневековья с ее раздробленностью и чрезвычайной изменчивостью границ между государствами. Раздробленность (то есть небольшие размеры области L) была обусловлена низким значением параметра N'' вследствие высоких затрат на управление, поскольку массовое распространение конницы и железного оружия уравнивали шансы элит различных государств в борьбе за лидерство и вынуждали тратить большие средства на оборону своих владений от соседей.

В случае, когда государство имело «естественные» границы (например, вследствие соседства с пустынными районами, морями, горами) и его не беспокоили соседи, социальная система становилась «замкнутой» (см. рис.13) с устойчивым состоянием равновесия, которое могло сохраняться достаточно долго. Примером этому могут служить древний Египет или Китай эпохи великих династий.

В целом, доиндустриальное аграрное общество, основанное на сельскохозяйственном способе производства и на принудительном перераспределении произведенного ресурса между элитой и крестьянами, внешне было очень изменчивым («открытая» система с ее квазиколебательным режимом), но по существу - очень стабильным («замкнутая» система с ее устойчивым состоянием равновесия). Такое

общество напоминает барханы в пустыне, которые постоянно перемещаются, сохраняя при этом свою форму.

2.3. Развитое индустриальное общество

Экономической основой развитых индустриальных обществ является производство промышленной продукции и ее рыночное перераспределение среди членов общества на основе товарно-денежных отношений. В отличие от аграрных обществ, ресурсная база которых единообразна (земельный фонд) и с неизбежностью ограничена, ресурсная база индустриальных обществ многообразна (в нее входят полезные ископаемые, источники энергии, технологии, знания и т.д.) и - главное - изменчива (как правило, увеличивается в силу непрерывных технических инноваций). Другим важным отличием является переход от самодостаточности натурального хозяйства (способствовавшей замкнутости аграрных обществ) к производственной специализации и активному рыночному обмену продукцией между различными экономическими субъектами. Основными (с точки зрения моделирования) особенностями производства в развитых индустриальных обществах являются следующие:

- ресурсная база - разнообразная;
- объем ресурса - изменяется (вследствие появления новых технологий);
- способ обработки ресурсной базы - механизированный труд рабочих (машины плюс рабочие);
- порог производственной функции F большой: для организации производства нужны значительные инвестиции (см. рис.4, кривая 3);

- насыщение функции F выражено слабо: оно определяется применяемыми технологиями, которые постоянно совершенствуются (см. рис.4, кривая 3);

- потребление не имеет насыщения, поскольку определяется в основном товарами долговременного пользования, предназначенными для удовлетворения социальных потребностей (комфорт, престиж);

- социальная структура - сложная и изменчивая; основные социальные слои: рабочие (непосредственные производители материальной и интеллектуальной продукции) и предприниматели (собственники средств производства, работодатели).

Следствия особенностей производства:

- ресурсного предела нет (или кажется, что нет), он все время отодвигается вследствие развития технологий. Предложение опережает спрос, проблема не в том, чтобы произвести, а в том, чтобы продать произведенную продукцию и оправдать вложенные инвестиции. Конкурентная борьба стимулирует развитие технологий и поиск новых ресурсов, то есть налицо обратная положительная связь, обуславливающая динамизм общества и отсутствие стабильности;

- в отличие от крестьян аграрного общества рабочий не самодостаточен, он зависит от работодателя – получает от него работу и зарплату. В индустриальном обществе существует взаимозависимость: рабочие заинтересованы в наличии работы (то есть в предпринимателях), предприниматели заинтересованы в покупательной способности рабочих, поскольку они являются потребителями производимых товаров. Определяющим является не силовое, а *экономическое* принуждение;

- преодоление порога производственной функции F в индустриальном обществе обеспечивается с помощью специально создаваемых технологий.

Прием на работу производится индивидуально, рабочие достаточно слабо связаны с производственным коллективом. Отсюда - развитие *индивидуализма* даже в среде рабочих (поскольку он естественен для независимых индивидов, см. раздел 1.2 свойство (iii)). Кроме того, поскольку рабочие не ведут, как крестьяне, своего собственного хозяйства, то стимул иметь много детей, видя в них будущих помощников, пропадает. Более того, многодетным семьям в индустриальном обществе живется труднее: большое количество ртов надо кормить, а отдачи – почти никакой. Поэтому количество детей в семьях начинает уменьшаться. Происходит демографический переход [31]: рост населения в индустриальных странах прекращается. Малодетность снимает угрозу демографических кризисов и одновременно приводит к усилению психологии индивидуализма.

Решение проблем (А), (Б) и (В) в развитом индустриальном обществе:

(А) Ресурс не ограничен вследствие перманентного появления новых технологий и введения в оборот новых видов ресурсов. В обществе возможно достижение локального равновесия «спрос - предложение», однако оно неустойчиво и постоянно нарушается вследствие расширения производства, ведущего к кризисам перепроизводства. Таким образом, если для аграрного общества характерны кризисы недопроизводства (демографические кризисы) вследствие ограниченности ресурсной базы, то в индустриальном обществе ситуация обратная: вследствие постоянного роста производительности труда и расширения ресурсной базы для него характерны периодические кризисы перепроизводства.

В этих условиях предприниматели могут повысить свой доход за счет:

а) уменьшения издержек путем снижения зарплаты рабочим. Но тогда снижается покупательная способность населения, возникает кризис

перепроизводства и предпринимательский доход падает. Таким образом, в развитом индустриальном обществе данная стратегия не оптимальна;

б) повышения производительности труда (привлечение спроса к своей продукции путем снижения цен без потери рентабельности). Этот путь требует перманентного поиска новых ресурсов и технологий и стимулирует конкуренцию.

Преодолеть порог функции F лишь за счет объединения усилий рабочих на производстве невозможно. Нужны значительные затраты на закупку оборудования, сырья, зарплату рабочим и т.п. Это делает предприниматель, используя существующую в обществе систему кредитования.

Для того, чтобы произведенную продукцию покупали, необходим платежеспособный спрос. Соответственно, основные покупатели - рабочие - должны быть платежеспособными, то есть относительно обеспеченными. Поэтому бимодальная ЭСО (то есть резкая имущественная поляризация) в индустриальном обществе *не выгодна*. Более эффективной является унимодальная ЭСО (см. рис.5(б)), где так называемый «средний класс» составляет большинство. Предпринимателям выгодно платить высокие зарплаты рабочим, но при условии, что те израсходуют полученную зарплату на покупку товаров, и предприниматели получают доход. При такой системе предприниматели богатеют не за счет того, что беднеют рабочие, а за счет того, что кривая ЭСО (см. рис.5(б)) целиком смещается вправо. Такое возможно только в том случае, когда ресурс в системе постоянно растет. Если рост ресурса прекратится, в силу свойства (vi) (см. раздел 1.2) унимодальная ЭСО достаточно быстро трансформируется в бимодальную.

(Б) В условиях унимодальной ЭСО в отсутствие резкого имущественного расслоения необходимость в религиозных, идеологических механизмах обеспечения социально-психологической стабильности отпадает. Необходимым становится другое. Как было сказано выше, экономическая устойчивость индустриального общества возможна в условиях стабильного платежеспособного спроса. Это означает, что рабочие не только должны иметь деньги, но и должны хотеть покупать. Желание покупать становится фактором обеспечения устойчивости производства и общества в целом. Поэтому пропагандистская машина общества направлена на возбуждение желаний («бери от жизни все»), на формирование «общества потребления» (в отличие от аграрного общества, в котором проповедуется аскетизм). Следствия: деидеологизация и плюрализм, с одной стороны, и переключение сознания с духовных ценностей на материальные, примитивизация, господство массовой культуры, с другой. Постоянно подогреваемое желание покупать раскручивает спираль спроса, а вместе с ним - все возрастающие затраты ресурсов. То есть реализуется обратная положительная связь, делающая индустриальное общество все более и более ресурсозатратным.

В социально-психологической сфере происходит снижение противостояния "свой – чужой", характерного для доиндустриальных обществ, и повышение толерантности, что вызвано необходимостью установления и поддержания многочисленных контактов с разными людьми в ходе производственной и торговой деятельности.

(В) Авторитарная (директивная) модель управления не соответствует природе развитого индустриального общества. Постоянное возникновение новых технологических лидеров и отраслей, дающих сверхприбыль, не

дает производственной элите застabilizироваться, непрерывно меняет соотношение сил: происходит постоянное социальное «перемешивание», вследствие которого обратные положительные связи в сфере перераспределения (свойство (vi)) не успевают привести к жесткой иерархизации элиты, характерной для аграрного общества. Отсутствие единого центра силы, непрекращающаяся конкуренция различных политических и экономических групп приводят к тому, что для рассматриваемого типа общества более адекватной становится *адаптивная* (демократическая) модель управления с постоянной корректировкой статус-кво во властных структурах посредством периодических выборов.

Сравнение способов решения проблем (А), (Б) и (В) в индустриальных и аграрных обществах показывает, что изменение условий и способов ресурсопользования приводит к кардинальному изменению стратегий обеспечения социально-экономической устойчивости. То, что было естественным и полезным в аграрных обществах, становится противоестественным и вредным в индустриальных. Психология аскетизма заменяется на психологию потребительства, угроза перенаселенности сменяется угрозой депопуляции и т.п. Логика этих перемен может быть продемонстрирована с помощью математического моделирования. В настоящее время создано довольно много моделей, описывающих различные аспекты функционирования индустриальных обществ. Особенно много моделей посвящено экономическому развитию ([32,33,34,35,36] и др.). Но лишь немногие из них позволяют исследовать вопросы социально-экономической устойчивости. Эффективным средством решения такой задачи являются модели типа (2). Рассмотрим самое простое описание развитого индустриального общества,

учитывающее взаимодействие лишь двух основных социальных групп - предпринимателей и рабочих. Предприниматели являются собственниками средств производства, они нанимают рабочих для производства материальных благ, которые затем потребляются и теми и другими. Процесс создания и перераспределения материальных благ описывается на основе модели (2) следующим образом [29]:

$$dX/dt = F(I, Y, t) - Q_X(X) - I(X) - G(X, Y), \quad (23)$$

$$dY/dt = G(X, Y) - Q_Y(Y), \quad (24)$$

где X - средние накопления предпринимателей;

Y - средние совокупные накопления нанятых предпринимателями рабочих;

$Q_X(X)$ и $Q_Y(Y)$ - функции потребления предпринимателей и рабочих, соответственно;

$G(X, Y)$ - совокупная зарплата рабочих;

$I(X)$ - инвестиции, вкладываемые предпринимателями в производство;

$F(I, Y, t)$ - производственная функция.

Для упрощения анализа примем, что потребление линейно зависит от величины накоплений:

$$Q_X(X) = A_X \cdot X, \quad Q_Y(Y) = A_Y \cdot Y, \quad (25)$$

функция $G(X, Y)$ пропорциональна как величине X , так и величине Y :

$$G(X, Y) = \alpha \cdot X \cdot Y, \quad (26)$$

величина инвестиций пропорциональна величине накоплений предпринимателей:

$$I(X) = b \cdot X. \quad (27)$$

Производственная функция $F(I, Y, t)$ должна удовлетворять следующим требованиям:

- она должна быть равна нулю при $I = 0$ или $Y = 0$ и должна возрастать при их увеличении;

- темп этого возрастания должен уменьшаться по мере увеличения I и Y (так называемый эффект снижения предельной эффективности при увеличении масштаба производства).

В соответствии с этим производственная функция без потери общности может быть представлена следующим выражением:

$$F(I, Y, t) = \frac{g(t) \cdot I \cdot Y}{I \cdot Y + \frac{g(t)}{k(t)}} = \frac{g(t) \cdot b \cdot X \cdot Y}{b \cdot X \cdot Y + \frac{g(t)}{k(t)}} \quad (28)$$

Коэффициент $k(t)$ характеризует производительность труда; $g(t)$ характеризует уровень развития производительных сил; зависимость значений $g(t)$ и $k(t)$ от времени t отражает влияние научно-технического прогресса на эффективность производства.

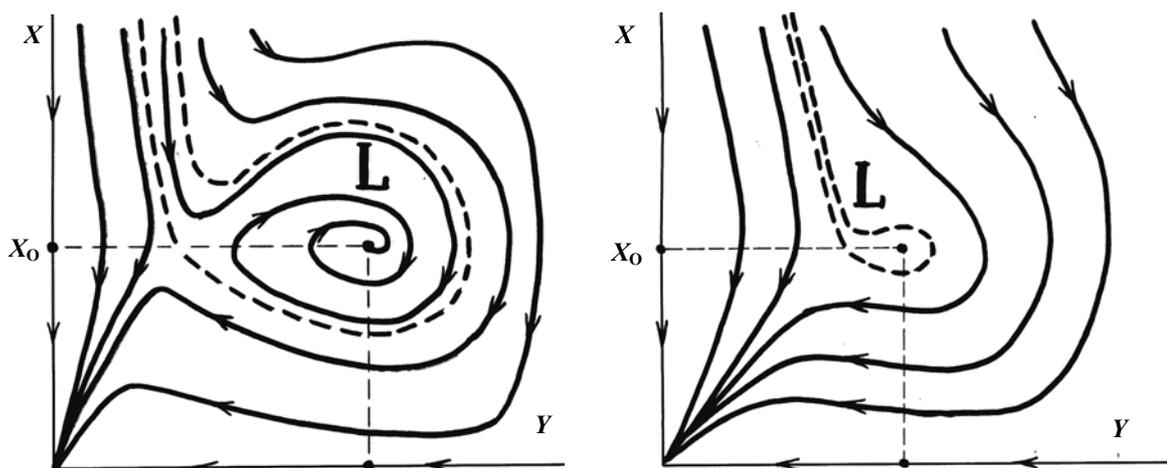
Таким образом, система (23)-(24) может быть записана в виде:

$$dX/dt = g \cdot b \cdot X \cdot Y / (b \cdot X \cdot Y + g/k) - A_X X - b \cdot X - \alpha \cdot X \cdot Y, \quad (29)$$

$$dY/dt = \alpha \cdot X \cdot Y - A_Y Y, \quad (30)$$

где коэффициенты g и k зависят от времени t .

Фазовый портрет этой системы для неизменных значений коэффициентов g и k представлен на рис.21. Система имеет аттрактор типа «устойчивый фокус» с координатами X_0 и Y_0 и областью притяжения L , граница которой обозначена на рис.21 пунктирной линией. То есть, оказавшись в области L , система будет эволюционировать к своему



устойчивому состоянию, и через некоторое время установится равновесие со значениями переменных (X_0, Y_0) . Существование аттрактора возможно при условии достаточно высокого уровня развития производительных сил (коэффициенты g и k) и значительного уровня инвестиций предпринимателей в производство (коэффициент b). Это условие имеет вид:

$$E(g, k, b) = \frac{g}{A_x + b} \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{\alpha}{k \cdot b}} \right)^2 > \frac{A_y}{\alpha}, \quad (31)$$

По мере уменьшения показателя $E(g, k, b)$ область притяжения аттрактора L постепенно уменьшается (см. рис.21(б)) и затем исчезает совсем: система распадается, поскольку производство становится нерентабельным, предприниматели терпят убытки и разоряются.

Равновесные усредненные накопления предпринимателей составляют величину

$$X_0 = A_y / \alpha, \quad (32)$$

то есть зависят от параметров, характеризующих состояние рабочих, и напрямую не зависят от параметров, характеризующих уровень развития производительных сил. Другими словами, получается, что у предпринимателей нет стимула в развитии производства. Это

воспринимается как парадокс, однако выражение (32) имеет глубокий смысл и именно оно отражает кардинальное отличие экономик индустриального и аграрного обществ. На этом моменте необходимо задержать внимание.

И в доиндустриальную и в индустриальную эпоху представители верхушки общества (феодалы и предприниматели, соответственно) стремились максимизировать свои накопления X . Это возможно сделать только в процессе перераспределения произведенных в обществе материальных благ. Феодалы принудительно изымали продукцию, произведенную зависимыми от нее крестьянами, пользуясь своей властью. Предприниматели так сделать уже не могут. Они производят много товара одного вида на основе узкой специализации производства, в отсутствие которой невозможно достичь высокой производительности труда (то есть высоких значений коэффициентов g и k и показателя $E(g, k, b)$). Для того чтобы приобрести материальные блага другого характера и сделать накопления им необходимо продать произведенный ими продукт и перевести его в денежную форму. Но для этого нужен платежеспособный покупатель, который захочет покупать продукт у производителя. Наиболее массовым покупателем в развитом индустриальном обществе являются рабочие, и предприниматель вынужден ориентироваться на них. Здесь возникает объективное противоречие. С одной стороны, предприниматель не хочет много платить своим рабочим (то есть стремится снизить коэффициент α), ибо это уменьшает его доходы, с другой стороны, он кровно заинтересован в увеличении потребления рабочих (то есть в повышении коэффициента A_Y), чтобы реализовать произведенный им товар. Таким образом, получается замкнутый круг: чтобы получить доход, предпринимателю надо продать

товар рабочим, но чтобы рабочие были платежеспособными, им нужно выплачивать высокую зарплату, а это ведет к уменьшению дохода предпринимателя. Именно эту дилемму и отражает зависимость (32).

Кроме того, возникает еще одно существенное обстоятельство. Для того, чтобы купить произведенный предпринимателем товар, рабочий не только должен быть платежеспособным, но и должен хотеть приобрести этот товар, а не потратить деньги на что-либо другое. То есть предприниматель должен ориентироваться на потребности своего рабочего, учитывать и предугадывать его желания. Парадоксальным образом в системе (29)-(30) рабочий выступает в роли потребителя и заказчика, а предприниматель - в роли производителя, работающего на заказ, то есть предприниматель находится на услужении у рабочего (тогда как в аграрном обществе крестьянин служил элите). И это не просто образное сравнение, а отражение внутренней структуры рассматриваемой системы: достаточно сравнить уравнения (29) и (30) соответственно со вторым и первым уравнениями системы (13). Как феодал не может существовать без крестьянина (в системе (13)), а древний охотник — без объекта охоты (в системе (4)-(5)), так и рабочий не может существовать без предпринимателя, который платит ему зарплату и предоставляет товары и услуги для удовлетворения его потребностей. Правда, аналогия не полная. Если крестьяне (в системе (13)) могут существовать без землевладельцев и их жизнь при этом только улучшается, то в индустриальном обществе предприниматели и рабочие существовать друг без друга не могут. Это наглядно видно на рис.21: при $Y=0$, когда рабочие становятся неплатежеспособными, фазовая траектория уходит к началу координат, то есть предприниматель разоряется. Таким образом, социальные группы индустриального общества существенно более взаимосвязаны и

взаимозависимы, устойчивости этого общества невозможно добиться силовыми методами: она основана на достижении оптимального баланса интересов и предпринимателей и рабочих. Отсюда - популярность в индустриальном обществе демократических процедур разрешения конфликтов. Более того, без демократии, без общественного консенсуса развитое индустриальное общество просто не выживет, иначе мгновенно наступит коллапс: разбалансировка предложения и спроса с последующим кризисом перепроизводства.

Теперь на основе анализа результатов моделирования рассмотрим, как разрешается в индустриальном обществе противоречие между стремлением предпринимателей к обогащению и объективным ограничением на величину их накоплений $X_0 = A_Y/\alpha$.

Увеличение X_0 за счет уменьшения величины α , то есть за счет снижения зарплаты, не перспективно в рамках системы (29)-(30). При малом количестве денег на руках у рабочих нет возможности покупать дорогостоящие товары длительного пользования. Одновременно с этим, в условиях безденежья и, соответственно, неуверенности в завтрашнем дне усиливается стремление к откладыванию денег «на черный день». Это приводит к изъятию денег из оборота, к снижению платежеспособного спроса (то есть к снижению коэффициента A_Y) и к кризисам перепроизводства, которыми капитализм жестоко «болел» на протяжении всего XIX и первой трети XX века. Таким образом, снижение зарплаты (α) не дает выигрыша в увеличении X_0 , поскольку компенсируется автоматическим уменьшением спроса (A_Y) и к тому же сопровождается неприятностями в виде частых экономических кризисов.

Альтернативная возможность повышения X_0 - увеличение A_Y , то есть стимулирование спроса и подавление у рабочих стремления к

накоплениям. Это основная стратегия предпринимателей в развитом индустриальном обществе, называемом также «обществом потребления» или «обществом всеобщего благосостояния». На стимулирование спроса, стремления к приобретениям направлены реклама, индустрия услуг и развлечений, массовая аудио- и видеокультура. На это же направлена развитая в индустриальных странах система кредитования, снижающая психологический порог в сознании населения при покупке дорогостоящих вещей и дающая им возможность жить в долг, то есть при отрицательных накоплениях ($Y < 0$).

Это - глобальная стратегия повышения X_0 : за счет рабочих. Существует и локальная стратегия повышения X одних предпринимателей за счет снижения X у других. Она заключается в том, чтобы придать своим товарам высокую потребительскую привлекательность и тем самым обеспечить им максимальный спрос. Тогда рабочие, получившие зарплату у других хозяев, принесут свои деньги тому производителю, который в наибольшей степени удовлетворит их потребности и желания. Так возникает аномально высокий уровень доходов у одних предпринимателей за счет, естественно, снижения доходов у других. Этот механизм локального повышения X путем обеспечения повышенного спроса на свою продукцию (по сравнению со спросом на аналогичную продукцию других производителей) называется конкуренцией. Повышенный спрос достигается приданием товару новых потребительских свойств, улучшением качества, снижением цены за счет уменьшения издержек при его изготовлении. А для этого необходимо совершенствование производства (то есть повышение коэффициентов $g(t)$ и $k(t)$) и увеличение инвестиций (то есть повышение коэффициента b). Именно конкуренция, то есть стремление к получению локальных преимуществ перед другими

предпринимателями в борьбе за покупателя, является двигателем научно-технического прогресса при капитализме. Предприниматели вкладывают свои средства в научные разработки точно с той же целью, с какой средневековый рыцарь перед смертельным поединком изобретает новые, неожиданные для противника приемы нападения. Постоянные технические инновации как *средство выживания* в конкурентной борьбе внутренне присущи предпринимателям точно так же, как в предыдущую эпоху закономерно стремление феодалов к военному преимуществу над соседями и собственными подданными. Превращение науки и техники в средство борьбы предпринимателей за выживание привело к потере экономической стабильности в индустриальную эпоху. Напомним, что фазовый портрет системы (29)-(30), изображенный на рис.21, построен для фиксированных значений g и k , то есть в предположении, что состояние производства не изменяется. В действительности, значения g и k постоянно растут под влиянием конкуренции, и соответственно, фазовый портрет системы постоянно меняется. Причем, поскольку технический прогресс (а с ним - и изменение значений g и k) имеет не плавный, а скачкообразный характер, фазовый портрет как бы «пульсирует», частично дестабилизируя систему (так называемые «технологические шоки» [37,38]). Вместе с фазовым портретом постоянно изменяются координаты аттрактора (X_0, Y_0) , вследствие чего разговоры об устойчивом равновесии становятся скорее метафорой, чем отражением действительности. Это также кардинально отличает индустриальное и доиндустриальные социальные системы: если доиндустриальное общество было внешне изменчивым, но очень стабильным по сути, то индустриальное общество нестабильно и изменчиво и внешне и по существу.

Таким образом, даже такая упрощенная модель, как (29)-(30), позволяет выявить и объяснить ряд фундаментальных закономерностей функционирования индустриального общества. Более детальная модель подобного типа изложена в [40]. Из нее, в частности, следует, что:

а) вопреки расхожему мнению, в рыночной экономике возможно не одно, а *несколько* устойчивых (равновесных) состояний-аттракторов с разной продуктивностью производства и уровнем жизни населения. Каждый аттрактор имеет свою область притяжения, поэтому, однажды оказавшись в одном из них, общество само по себе за счет только рыночных механизмов не способно перейти в другой аттрактор. Переход из менее благоприятного состояния в более благоприятное может быть осуществлен только в результате целенаправленных мер *государственного регулирования* экономики (то есть целенаправленного изменения параметров социальной системы);

б) математическое моделирование позволяет определить критерии устойчивости различных состояний экономики, в том числе в условиях дестабилизирующих воздействий различного типа [41], а также определить стратегию перевода экономики из низкопродуктивного в высокопродуктивное состояние с учетом имеющихся внешних и внутренних угроз [40].

Моделирование индустриального общества как *открытой* социальной системы предполагает учет взаимодействия между различными государствами. Взаимодействие государств в индустриальную эпоху становится более разнообразным, чем раньше. Потребность в торговом обмене сырьем и готовой продукцией стимулирует развитие экономических связей между различными странами. Если в доиндустриальную эпоху, когда основным ресурсом была земля, активное

взаимодействие государств в основном принимало форму войн за обладание теми или иными территориями, то в Новое время основной формой взаимодействия становится торговля. Даже войны меняют свою суть: они ведутся не столько за территорию, сколько за получение экономических преимуществ. Войны становятся не только "горячими", но и "холодными" - торговыми, таможенными, финансовыми, информационными и т.п. Это и естественно: войны – это форма конкурентной борьбы за ресурс, поэтому сколько видов ресурсов, столько и типов войн.

Динамика войн традиционного ("горячего") типа может описываться на основе модели (3) (например, в [26] проводилось компьютерное моделирование хода Второй мировой войны). С помощью этой модели возможно описание и нетрадиционных видов войн - финансовых, идеологических, геополитических.

Моделирование экономических взаимодействий между различными социальными системами возможно на основе системы (2) путем учета экспорта и импорта в экономическом блоке модели. Так, система (2) используется в работе [42] для моделирования взаимодействия двух социально-экономических систем в предположении о рыночном характере формирования цен в каждой из них в зависимости от соотношения "спрос - предложение". Производство описывается функцией Кобба-Дугласа, зависимость спроса социальных групп от их накоплений описывается нелинейной функцией потребления [40]. Основными социальными группами рассматриваемых социальных систем считаются рабочие и предприниматели. Они имеют накопления, которые являются динамическими переменными и определяются балансом доходов и расходов, описываемым системой дифференциальных уравнений

типа (29)-(30). Как было показано выше, эта система для "замкнутых" обществ (то есть обществ, торговые связи между которыми отсутствуют) имеет ограниченное количество локально устойчивых состояний, в которых уровень накоплений рабочих и предпринимателей в течение продолжительного промежутка времени остается достаточно постоянным. Количество локально устойчивых состояний определяется видом и значениями параметров производственных функций и функций потребления, а переход системы из одного состояния в другое - изменением значений параметров этих функций. При экономическом взаимодействии двух систем между ними происходит обмен товарами. Моделирование показывает, что в этом случае система уравнений, описывающая взаимодействие двух "открытых" обществ, становится неустойчивой. Это происходит вследствие того, что возникает некомпенсированный отток ресурса из одной системы в другую, приводящий к разрушению ранее устойчивых состояний. Степень неустойчивости тем больше, чем значительнее отличаются друг от друга исходные состояния систем. Как правило, при этом различие в экономическом развитии еще больше усиливается. Такая ситуация может быть названа экономическим колониализмом. Возможна ситуация, когда экономические состояния взаимодействующих обществ в результате сближаются, но для этого менее развитая социальная система должна обладать востребованным в другой системе ресурсом и проводить грамотную экономическую политику (не "проедать" получаемые от торговли этим ресурсом доходы, а направлять их на развитие производства).

3. Моделирование переходных исторических эпох

В разделе 2 показано, что общества охотников-собирателей, аграрное и индустриальное, являющиеся последовательными фазами исторического развития, кардинально отличаются друг от друга по структуре, особенностям функционирования и способам обеспечения устойчивости. Соответственно, возникает вопрос: как происходили переходы от одного общественного устройства к другому и могут ли они быть описаны средствами математического моделирования. Этим вопросам посвящен настоящий раздел.

3.1. Переход от общества охотников-собирателей к аграрному обществу

В обобщенном виде общество охотников-собирателей описывается системой уравнений типа (4)-(5), которая отражает а) жесткую зависимость общества от текущего состояния ресурсной базы, б) его социальную однородность (система уравнений описывает общество в целом, без его разбиения на социальные слои). Такое состояние общества сохранялось на протяжении всего Каменного века до эпохи неолита [43]. В эту эпоху люди были по существу одним из видов хищников и занимали свою экологическую нишу в животном мире. Ситуация резко изменилась в неолите, когда человек приручил животных и научился возделывать культурные растения, тем самым превратившись из охотника и собирателя в скотовода и земледельца. Математически это выражается в значительном (в десятки и сотни раз) увеличении коэффициента γ в уравнении (5) (этот коэффициент характеризует скорость воспроизводства пищевых ресурсов) и, соответственно, в увеличении равновесной численности людей $X_0 = \gamma/\beta$, поскольку величина характеризующего потребление коэффициента β

осталась примерно на прежнем уровне. Так как при ведении производящего хозяйства появилась возможность регулировать производство пищевых ресурсов, то колебания, описываемые правой частью уравнения (5) демпфируются, а количество произведенной пищи становится пропорциональным освоенной территории (см. уравнение (9)). Ситуация становится более стабильной, при этом главной ценностью становится плодородная земля.

Расширение пищевой базы повлекло за собой важные следствия:

во-первых, резкое увеличение плотности населения и стремление древних скотоводов и земледельцев к овладению пастбищами для скота и плодородными землями для выращивания культурных растений привели к конкуренции между племенами и к борьбе за территорию не на жизнь, а на смерть. В этих условиях главным врагом человека стала не природная стихия (со времени неолита люди стали существенно меньше зависеть от ее капризов), главным врагом человека стал человек - ближайший сосед по территории, конкурент в борьбе за жизненное пространство. Племена перестают свободно кочевать, возникают границы и начинаются войны всех против всех. С этого времени человеческая история становится историей вооруженных конфликтов и завоеваний;

во-вторых, появились излишки продуктов, то есть появилась возможность содержать профессиональных воинов (дружинников) для охраны владений племени от агрессивных соседей. Со временем защитники превратились в правителей, в землевладельцев: обладая военной силой, они стали пользоваться ею для принудительного изъятия материальных благ у производителей в свою пользу. Общество перестало быть однородным, его экономическая структура (ЭСО) трансформировалась из унимодальной в бимодальную (см. рис.5(a)) со

значительным имущественным расслоением. Усилению социальной дифференциации способствовал также переход земледельцев к оседлому образу жизни, поскольку, как указывалось в разделе 1.2, стабильность и наличие ресурсной обеспеченности приводят к структуризации и иерархизации социальных систем. Неоднородность структуры общества становится важнейшим фактором исторического развития, ее необходимо учитывать при моделировании социальных процессов (см., например, систему (13)).

Таким образом, с математической точки зрения основным при моделировании перехода от общества охотников-собирателей к аграрному обществу является учет особенностей новой системы ресурсопользования, более сложной социальной структуры социума и сложившейся системы отношений между социальными группами.

3.2. Переход от аграрного к индустриальному обществу

Переход от аграрного общества к развитому индустриальному происходил постепенно. Должны были сложиться *особые условия*, благодаря которым данный переход оказался возможным. Покажем, что неизбежность этой социальной трансформации далеко не очевидна.

Как было показано в разделах 2.2 и 2.3, способ функционирования и средства обеспечения социально-экономической устойчивости в аграрном и индустриальном обществах во многом противоположны (см. таблицу).

<i>Характеристика общества</i>	<i>Аграрное общество</i>	<i>Индустриальное общество</i>
Ресурсная база, ее объем	Земля и ее плодородие, объем ресурса ограничен	Разнообразная, объем ресурсной базы изменчивый

Порог производственной функции	Небольшой, преодолевается коллективным трудом	Большой, преодолевается за счет инвестиций в производство
Характер производства	Замкнутый, основанный на натуральном хозяйстве	Специализированный, ориентированный на рынок
Социально-психологическая доминанта	Коллективизм, корпоративность	Индивидуализм
Способ использования доходов элитой	Личное потребление, военные расходы	Накопление, инвестирование в производство
Способ социального управления	Авторитарный (директивный), централизованный	Адаптивный, демократический

Индустриальное общество основано на экономическом и политическом взаимодействии формально независимых субъектов, на механизмах сдержек и противовесов, предотвращающих возникновение экономического и политического монополизма. Аграрное общество, наоборот, основано на авторитаризме, на сильной центральной власти, обеспечивающей "синхронизацию" и управляемость общества, защиту от внешних врагов. Индустриальное общество фрагментировано, аграрное – иерархично. Понятно, что естественным образом перейти от одного общества к другому практически невозможно. Тем более, что аграрное общество самодостаточно и перманентно воспроизводится, несмотря на периодически возникающие демографические кризисы (см. раздел 2.2). Логика циклических изменений объяснена в [28] и коротко может быть изложена следующим образом.

Цикл начинается, как правило, с завоевания, в результате которого устанавливается жесткое авторитарное правление победителей, направленное на подчинение своей власти местного населения и представителей бывших элит. Главой государства становится предводитель победителей, который формирует новую элиту из своих

сподвижников и единомышленников. Лояльность новой элиты поддерживается раздачей завоеванных земель. Сильны клановые традиции, обеспечивающие устойчивость отдельных семей и родов. Наследование имущества и земель проводится по пропорциональному принципу - всем сыновьям (или всем детям, включая дочерей): так обеспечивается принцип справедливости на уровне отдельной семьи. Через несколько поколений земельные наделы дробятся, центральная власть слабеет, поскольку уже не имеет свободного ресурса земель для раздачи приближенным. Усиливаются центробежные тенденции у элиты, растет индивидуализм. Государство постепенно распадается на слабосвязанные области, соперничающие друг с другом. Одновременно происходит неуклонное уменьшение крестьянских наделов (в силу все того же пропорционального принципа наследования), начинается демографический кризис и сопутствующие ему волнения, бунты, восстания. Ослабевшая центральная власть уже не в состоянии справиться с ситуацией. Начинаются распри внутри элиты. Дело заканчивается либо кровопролитной гражданской войной, в результате которой к власти приходит диктатор, либо вторжением в ослабевшее государство соседей, стремящихся воспользоваться ситуацией и расширить свои земельные владения. В любом случае вновь устанавливается жесткая центральная власть, авторитаризм, направленный на слом сопротивления старой элиты. И цикл начинается снова.

Разорвать эту цепочку трудно, для этого нужны *особые* условия. Такие условия сложились в эпоху Средневековья в Западной Европе. Она к концу династии Каролингов представляла собой лоскутное одеяло частных владений, центральная королевская власть была чрезвычайно слаба (такая же ситуация была в Киевской Руси перед монгольским нашествием). Но

Западной Европе повезло: на нее не нашлось сильного завоевателя (это связано с ее лесистостью, пересеченностью рельефа и периферийным положением на континенте). Норманны и венгры, терроризировавшие Европу в IX-X веках, были заурядными разбойниками, которые только способствовали укреплению власти местной знати над крестьянами: чем дожидаться помощи от далекого короля, лучше спастись в замке местного графа (правда, затем будешь этому графу многим обязан, но тут уж ничего не поделаешь). Наличие *слабого внешнего врага* привела к уникальному результату: к XI веку Западной Европе сформировалась и закрепились примогенитура (майорат) - принцип наследования, когда после смерти владельца земельный надел не дробится, а целиком наследуется лишь одним (как правило, старшим) из сыновей. Это нелогичный для аграрного общества принцип, он противоречит коллективистской морали, понятию справедливости (можно сказать, что это была своеобразная этическая флуктуация). Однако этот принцип оказался "полезным" в условиях средневековой Европы: благодаря ему окрепли экономические и политические позиции местной знати, что позволило ей самостоятельно противостоять набегам разбойников. С другой стороны, примогенитура в крестьянских хозяйствах повысила их устойчивость, поставила преграду обезземеливанию, стабилизировала демографическую ситуацию. В итоге в Западной Европе на длительный срок была *законсервирована раздробленность*, которая сформировала новую политическую культуру – культуру *договорных* отношений на разных уровнях социальной иерархии (европейский феодализм, а затем и парламентаризм), культуру сдержек и противовесов, политических коалиций, препятствующих усилению какой-либо одного политического субъекта. (Еще раз необходимо оговориться, что Западной Европе повезло: на протяжении всего Средневековья она не

подвергалась серьезным внешним нашествиям. Грозные кочевники, гроза стран Востока – арабы и монголы – вглубь ее лесных массивов не стремились. Турки-османы дошли до Вены, но это был уже шестнадцатый век, и Европа к этому времени уже окрепла. Возможно, если бы внешнее завоевание все-таки произошло, чего не удалось избежать Киевской Руси в тринадцатом веке, то аграрный политический цикл замкнулся бы и все вернулось бы на круги своя.)

Примогенитура в крестьянских хозяйствах, остановив перманентный процесс уменьшения размеров земельных наделов, стабилизировало сельскохозяйственное производство, экономически усилило крестьянство. Одновременно, значительная часть населения (младшие братья, которым не достался в наследство земельный надел) стали работать по найму, что способствовало внедрению рыночных отношений на селе. Они же (младшие братья) стали демографической подпиткой растущих городов, фактором роста класса бюргеров. Необходимость самостоятельно добиваться устойчивого состояния в жизни без надежды на наследство способствовало развитию предприимчивости, индивидуализма в сознании, формированию "первой этической системы" по В.А.Лефевру [44].

Развитию индивидуализма в Западной Европе способствовали и сами природно-климатические условия [45]. Западноевропейские страны расположены в окрестности изотермы января, равной нулю. В этом климатическом регионе почвы менее плодородные, чем речных цивилизациях Востока, климат более суровый: зимой необходимы теплое жилье, одежда, обувь. Поэтому отдельное индивидуальное хозяйство способно обеспечить свои потребности и получать прибавочный продукт только при существенных затратах труда, причем, труд должен быть специализированным с учетом местных условий: производственная

унификация не только не дает эффекта, но и снижает производительность труда. Необходимости в массовых общественных работах, столь распространенных на Востоке (рытье каналов, строительство плотин и т.п.) в лесистой Западной Европе нет. С другой стороны, существует необходимость массового производства несельскохозяйственной продукции, обеспечивающей выживание в прохладном климате (одежда, обувь, топливо, материалы для строительства теплого жилья), что обуславливает потребность в разделении труда и, как следствие, в обмене произведенной продукцией через рынок. Рынок в этих условиях жизненно необходим: только реализовав на рынке свою продукцию, ремесленники могут купить продукты питания, а крестьяне - продукты ремесла. Продавцы заинтересованы в покупателях, а покупатели - в продавцах, и те и другие вынуждены учитывать интересы друг друга, вносить коррективы в свою производственную деятельность. То есть на этом рынке естественным образом формируется схема взаимоотношений, основанная на толерантности и стремлении к компромиссу, к договоренности.

Большую роль в трансформации западноевропейского общества сыграла Чума четырнадцатого века: она без социального катаклизма сбросила накопившееся демографическое напряжение, привела к увеличению земельных наделов на селе и к увеличению платы за труд в городе (то есть к повышению платежеспособности населения). С другой стороны, Чума, вызвав удорожание рабочей силы, заставила большее внимание уделять механизации труда, замене ручной работы на механическую, что в конечном итоге привело к промышленной революции. (Заметим, что на Востоке, с его постоянной демографической избыточностью проблема механизации труда так остро не вставала: всегда находилось необходимое количество рабочих рук.)

Быстрый закат аграрного общества начался в XV-XVI веках. Роль катализатора в данном процессе сыграли централизованные абсолютные монархии, сложившиеся в это время в Западной Европе. Их образование стало возможным благодаря распространению огнестрельного оружия, положившего конец феодальной вольнице. Решающее военное превосходство нового типа вооружений, сделавшее неэффективной рыцарскую конницу, позволило монархам Европы объединить под своей властью большие территории и подавить центробежные устремления своих вассалов. Причем, сделано это было чисто феодальным способом - с помощью грубой силы. Повторилась описанная в разделе 2.2 ситуация, когда появление железного оружия и профессиональных армий привело к образованию великих империй Древнего мира. Но это возникновение централизованных монархий в Европе было расцветом перед катастрофой: монархи сразу же стали вскармливать своих могильщиков.

Дело в том, что для утверждения своей власти на обширных территориях монархам необходимо развитие транспортной инфраструктуры и связи, а также производство вооружения и экипировки для армии. Делать это кустарным, ремесленным образом, как раньше, было неэффективно в силу технологической сложности требуемых изделий, и особенно, огнестрельного оружия. Монархи стали способствовать образованию мануфактур и возвращать буржуазию, к которой раньше были равнодушны и - более того - относились с пренебрежением. Эта ситуация оказалась для буржуазии своеобразным «звездным часом». Как отмечалось выше, у предпринимателей существуют две основные проблемы при организации расширенного специализированного производства: во-первых, где взять средства для инвестиций (то есть начальный капитал для того, чтобы запустить производственный процесс),

и, во-вторых, где найти платежеспособного покупателя, который купит произведенную продукцию. В раздробленной средневековой Европе предпосылок для решения этих проблем не было (особые условия сложились в Англии - родине капитализма, но это отдельная тема). Действительно, основная масса населения - крестьяне - жили в основном натуральным хозяйством. Феодалы существовали за счет натуральных поборов и не особо нуждались в специализированной продукции. Зато они зорко следили, чтобы их подданные не богатели, и как только обнаруживали данный факт - стремились отобрать излишки. Система, таким образом, была самосогласованной и устойчивой. Ситуация изменилась с появлением централизованных абсолютных монархий: появился сразу и инвестор и покупатель — и процесс пошел. Поясним это с помощью модели. Для этого объединим уравнения (13), (23) и (24):

$$dZ/dt = \alpha_1 \cdot Z \cdot Y_1 + \alpha_2 \cdot Z \cdot Y_2 + \alpha_X \cdot Z \cdot X - A_z \cdot Z, \quad (33)$$

$$dX/dt = g \cdot b \cdot X \cdot Y_2 / (b \cdot X \cdot Y_2 + g/k) - A_X \cdot X - b \cdot X - \alpha \cdot X \cdot Y_2 - \alpha_X \cdot Z \cdot X, \quad (34)$$

$$dY_1/dt = \gamma \cdot R \cdot N_1 - A_1 \cdot Y_1 - \alpha_1 \cdot Z \cdot Y_1, \quad (35)$$

$$dY_2/dt = \alpha \cdot X \cdot Y_2 - A_2 \cdot Y_2 - \alpha_2 \cdot Z \cdot Y_2. \quad (36)$$

Здесь Z , X , Y_1 , Y_2 - накопления монарха (государственной казны), совокупные накопления буржуазии (предпринимателей), крестьян и наемных рабочих, соответственно;

$\alpha_1 \cdot Z \cdot Y_1$, $\alpha_2 \cdot Z \cdot Y_2$, $\alpha_X \cdot Z \cdot X$ - налоги, собираемые государством с крестьян, наемных рабочих и буржуазии, соответственно;

$A_z \cdot Z$ - государственные расходы (в первом приближении их можно считать пропорциональными накоплениям Z);

$A_X \cdot X$, $A_1 \cdot Y_1$, $A_2 \cdot Y_2$ - функции потребления предпринимателей, крестьян и наемных рабочих, соответственно;

$g \cdot b \cdot X \cdot Y_2 / (b \cdot X \cdot Y_2 + g/k)$ - производственная функция предпринимателей;

$b \cdot X$ - расходы предпринимателей на инвестиции;

$\gamma \cdot R \cdot N_1$ - продукция, произведенная крестьянами;

N_1 - численность крестьян;

$\alpha \cdot X \cdot Y_2$ - совокупная зарплата наемных рабочих.

Поскольку в рассматриваемый период численность наемных рабочих N_2 по сравнению с численностью крестьян N_1 была незначительна ($N_2 < N_1$), можно считать справедливыми следующие неравенства:

$$Y_1 > Y_2, \quad \alpha_1 \cdot Z \cdot Y_1 > \alpha_2 \cdot Z \cdot Y_2. \quad (37)$$

Это означает, что вклад налогов с рабочих в доходы государства был пренебрежимо мал. Можно также считать, что совокупные налоги с крестьян существенно превышали налоги с предпринимателей:

$$\alpha_1 \cdot Z \cdot Y_1 > \alpha_X \cdot Z \cdot X. \quad (38)$$

Система (33)-(36) имеет устойчивое состояние равновесия, к которому она эволюционирует с течением времени. В состоянии равновесия с учетом соотношений (37) и (38) объем государственной казны и накопления предпринимателей имеют следующие значения:

$$Z_0 = \frac{\gamma \cdot R \cdot N_1}{A_Z - \alpha_X \cdot X_0} - \frac{A_1}{\alpha_1} \approx \frac{\gamma \cdot R \cdot N_1}{A_Z} - \frac{A_1}{\alpha_1}, \quad (39)$$

$$X_0 = \frac{A_2 + \alpha_2 \cdot Z_0}{\alpha} \approx W \cdot \left(1 - \frac{W \cdot \alpha_X}{A_X} \right), \quad \text{где } W = \frac{\gamma \cdot R \cdot N_1}{A_Z} \cdot \frac{\alpha_2}{\alpha}. \quad (40)$$

Выражения (39) и (40) позволяют сделать следующие выводы. Доходы предпринимателей определяются в значительно большей степени состоянием государственной казны, чем платежеспособностью рабочих, в отличие от системы (23)-(24), о чем свидетельствует сравнение выражений (40) и (32). Более того, из (40) видно, что предпринимателям выгодно всячески снижать зарплату (уменьшать коэффициент α), что приводит к обнищанию рабочих. С другой стороны, доходы государственной казны не

слишком сильно зависят от активности предпринимателей. При этом государство сохраняет возможность контролировать активность предпринимателей, при необходимости повышая норму налогообложения α_X и тем самым, снижая их доходы в соответствии с (40). Поначалу процесс казался управляемым, однако, неожиданно обретя богатого инвестора и покупателя, буржуазия стала быстро набирать силу. Со временем контроль со стороны феодального государства стал тяготить окрепшую буржуазию, и она решила взять власть в свои руки. Началась эпоха буржуазных революций.

В результате революций устанавливались республиканские режимы, что соответствовало духу буржуазии. Однако - вот парадокс - республиканское правление оказывалось неустойчивым и после некоторого периода неразберихи, как правило, восстанавливались монархии, правда, с существенно ограниченными в пользу буржуазии правами. Разгадка этого парадокса проста: с утратой абсолютистской монархии в стране с бедным населением буржуазия лишалась богатого и надежного инвестора и покупателя, что было равноценно экономической гибели. Сильное централизованное государство должно было быть восстановлено, даже ценой возвращения монархии.

В условиях научно-технического прогресса при поддержке национальных правительств в странах Западной Европы XIX века начался интенсивный экономический рост, превращение государств из аграрных в индустриальные. Доля аграрного сектора в экономике стала стремительно падать. Анализ логики развития экономической системы, основанной на промышленном производстве, может быть проведен с помощью модели (33)-(36), из которой исключено уравнение (35), относящееся к аграрному сектору. При фиксированных значениях коэффициентов g и k

данная система имеет устойчивое состояние равновесия. Если считать, что основную приходную часть бюджета составляют налоги с физических лиц, то в состоянии равновесия объем государственной казны и совокупные накопления предпринимателей составляют соответственно:

$$Z_0 = \frac{g \cdot \left(1 - \frac{(A_X + b) \cdot \alpha_2}{k \cdot b \cdot A_Z} - \frac{\alpha}{k \cdot b} \right)}{\frac{(A_X + b) \cdot \alpha_2}{\alpha} + A_Z} - \frac{A_2}{\alpha_2}, \quad (41)$$

$$X_0 = \frac{A_2 + \alpha_2 \cdot Z_0}{\alpha} \approx \frac{g}{\alpha} \cdot \frac{\left(1 - \frac{(A_X + b) \cdot \alpha_2}{k \cdot b \cdot A_Z} - \frac{\alpha}{k \cdot b} \right)}{\frac{(A_X + b) \cdot \alpha_2}{\alpha} + A_Z}, \quad (42)$$

Сопоставление данных выражений с выражениями (39) и (40) свидетельствует, что по сравнению с рассмотренной ранее ситуацией состояние системы почти не изменилось: по-прежнему промышленность в значительной степени зависит от государственных заказов - государство является главным покупателем произведенной продукции, по-прежнему у предпринимателей сохраняется стремление повысить свои доходы за счет снижения зарплаты рабочим (то есть за счет уменьшения коэффициента α), что делает последних неплатежеспособными. Единственное, но значительное изменение - появление зависимости доходов государства и предпринимателей от развития производительных сил (коэффициентов g , b , k). Это явилось сильнейшим стимулом к техническим инновациям в промышленности в XIX веке.

Неизменная политика на повышение доходов предпринимателей за счет снижения зарплаты рабочим в конечном счете, завела в тупик, вызвав экономическую и политическую нестабильность. Экономическая нестабильность выразилась в регулярно повторяющихся кризисах перепроизводства, обусловленных низкой платежеспособностью

населения. Политическая нестабильность отразилась в усилении классовой борьбы, приведшей к череде восстаний и пролетарских революций. Существование капиталистической системы как таковой оказалось под угрозой.

Выход был найден Дж.М.Кейнсом, предложившим в корне изменить экономическую политику, нацелив ее на построение «общества потребления», где основным платежеспособным покупателем станет сам рабочий, прежде прозябавший в бедности. Эксперимент удался, во многом благодаря усилиям Ф.Рузвельта. Новая система укрепилась и после Второй мировой войны стала господствующей в Северной Америке и в Западной Европе. Основные особенности этой системы были рассмотрены выше на основе анализа модели (29)-(30). Реализация новой политики привела к тому, что общество, ранее резко поляризованное по имущественному признаку, стало в значительной мере однородным, «унимодальным» [46,47] (см. рис.5(б)), ибо только в этих условиях может быть обеспечена его максимальная покупательная способность. Попутно в значительной степени была решена проблема политической стабильности, поскольку «унимодальное» общество менее кризисно и более управляемо с помощью демократических процедур [48,49].

3.3. Современная историческая ситуация

Современная ситуация в мире является переходом от индустриального к постиндустриальному обществу, замешанному на процессах глобализации. Анализ этого перехода - большая отдельная тема, которую невозможно сколь-либо полно осветить в рамках одной статьи. Коснемся лишь нескольких вопросов, связанных с моделированием протекающих

процессов и с анализом устойчивости современного социально-экономического развития.

Как было показано выше, во второй половине XX века под флагом учения Дж.М.Кейнса западные индустриальные государства взяли курс на построение "общества всеобщего благоденствия". В самом общем виде это общество описывается системой (29)-(30). Его важным отличием от предшествующих типов общества является то, что доселе обездоленный рабочий становится основным покупателем, гарантом благополучия предпринимателей. Предприниматели кровно заинтересованы в том, чтобы рабочий мог и - главное - хотел покупать и чтобы эта жажда приобретений была неистребимой. Жажду нужно воспитывать и подпитывать. Именно на это направлена вся пропагандистская машина и мощь средств массовой информации Запада. Рабочий должен непрерывно покупать. Для этого его постоянно обрабатывают рекламой, внушают мысли о престижности тех или иных товаров, возбуждают стремление к удовольствиям и тут же предлагают услуги по их удовлетворению. В чем здесь опасность? Чтобы понять это, сделаем небольшой экскурс назад, в докапиталистическую эпоху.

Ранее на примере системы (13) было показано, что логика докапиталистических общественных отношений приводила к сильному имущественному расслоению социума [49]. Власть имущие разными способами изымали у производителей продукты их труда для удовлетворения своих потребностей. Этот процесс имел естественный предел, когда состояние производителей опускалось до уровня физического выживания. В этом состоянии резко падала производительность труда (что было невыгодно элите, поскольку становилось нечего изымать у производителей), а также резко возрастал

социальный протест («нечего терять, кроме цепей»). Поэтому логика функционирования рассматриваемого общества приводила к естественному формированию «бимодальной» структуры распределения населения по накоплениям (см. рис.7(a)). Социальная стабильность в поляризованном обществе возможна только в том случае, если выработаны эффективные компенсационные механизмы в духовной и идеологической сфере, позволяющие, с одной стороны, обеспечить мирное сосуществование властителей и их подданных, а с другой стороны, установить правила общежития производителей на основе взаимопомощи и взаимоподдержки. Такие механизмы, действительно, были созданы и отработаны на протяжении столетий и тысячелетий. К ним относятся прежде всего общественная мораль и религия, культивирующие бого- и законопослушность, смирение гордыни, чувство единения индивида с социумом и с космосом. В условиях сильного дефицита материальных благ проповедовалась устремленность к духовному, возвышенному, велась «игра на повышение», стимулировалась тяга к самосовершенствованию.

В развитом капиталистическом «обществе потребления», имеющем «унимодальную» структуру (см. рис.5(б)) и решившем проблему физиологического выживания, все эти идеологические механизмы оказались не нужны и более того - вредны, поскольку они сдерживают потребительские инстинкты. На культивировании духовности много не заработаешь. Гораздо эффективнее возбудить примитивные инстинкты и желания и предложить товар или услуги для их удовлетворения. Поэтому на Западе полным ходом пошла деидеологизация, раздаются призывы к раскрепощению («бери от жизни все»), стимулируются агрессивность, необузданные желания, стремление к «красивой жизни». Другими словами, идет «игра на понижение», человек примитивизируется - таким

легче манипулировать и индикативно руководить. Если в докапиталистическую эпоху управляли с помощью силы, то теперь - с помощью манипулирования сознанием. Современные предприниматели равнодушны к государству, нации, семье и другим социальным институтам, так как они не приносят прибыли. Им нужен изолированный, атомизированный «экономический» человек [50,51], во всех жизненных ситуациях максимизирующий свою личную функцию полезности и не связанный никакими «предрасудками» внеэкономического свойства. Постепенное разрушение традиционных социальных институтов и ценностей коллективистского толка - направление деятельности сторонников глобализации [52,53]. В этих условиях все большее экономическое и политическое влияние оказывается в руках у представителей финансового капитала, не имеющего национальной принадлежности и не признающего государственных границ.

Для того чтобы рабочий не только хотел, но и мог покупать, в «обществе потребления» развита система кредитования и других финансовых услуг. Чрезмерное стимулирование денежного оборота привело к ситуации, когда реальное товарное наполнение доллара по оценкам специалистов в несколько раз ниже его номинальной стоимости [53]. Накачка рынка долларами неуклонно ведет к экономической катастрофе, но об этом стараются не думать и не говорить.

Еще одна угроза постоянно возрастающего потребления - это жесточайший экологический кризис [53]. Равновесие с природой нарушено со времен Средневековья. Современное цивилизованное общество слишком много потребляет и создает слишком много отходов, которые все больше засоряют планету и делают ее все менее приспособленной для проживания не только человека, но и других живых существ.

Но самое тревожное - это даже не сами по себе цивилизационные угрозы, возникшие в эпоху капитализма. Угрозы существованию различных социальных систем возникали на протяжении всей человеческой истории. Рано или поздно люди методом проб и ошибок находили способы парирования подобных угроз. Вызывает тревогу, что со времени возникновения капитализма мир вступил в эру перманентной нестабильности. Нестабильность стала неотъемлемой частью жизни. Более того, сама логика развития современного индустриального общества приводит к раскачиванию неустойчивостей в обществе. Для иллюстрации приведем два примера.

Пример первый. Выше уже говорилось, что реальная экономическая и политическая власть в настоящее время переходит в руки финансового капитала, который паразитирует на производящей экономике. Огромные состояния в финансовой сфере создаются спекулятивным путем в периоды кризисов, в периоды спокойного развития прибыли финансовых спекулянтов намного меньше. Поэтому последние заинтересованы в нестабильности и всячески ее провоцируют - вспомним хотя бы откровения Дж. Сороса [54,55].

Пример второй. Современный капитализм стремится к атомизации и деидеологизации человека, объективно способствует разрушению традиционных социальных институтов от государства до семьи. Между тем, все эти институты были выработаны на протяжении долгой человеческой истории именно как стабилизаторы общественной жизни. Как поведет себя человек, лишенный ориентиров и ограничителей? Насколько будет благоразумно и осмысленно его поведение? - Неизвестно.

К сожалению, что-либо предсказывать здесь очень сложно. Исследования в области динамики сложных нелинейных систем

показывают [24], что благодаря присутствию нелинейных взаимодействий в данных системах достоверные предсказания их эволюции объективно ограничены узким временным интервалом (так называемым «горизонтом предсказуемости»), который тем короче, чем больше в системе неустойчивостей. Мы живем в бифуркационное время. В подобные периоды даже малые флуктуации могут быстро привести к необратимым последствиям. Старые стабилизационные механизмы разрушаются на глазах. Создание новых механизмов стабилизации традиционно осуществлялось путем проб и ошибок. Однако, если раньше на это уходило столетия, то сейчас такого запаса времени у нас нет, а цена ошибки неизмеримо возросла. Кроме того - и это очень важно - огромное значение в связи с резким убыстрением скорости изменений в общественной жизни начинает играть психологический фактор, пределы психических возможностей человека. Дело в том, что если раньше существенные изменения происходили на временах, превышающих длительность человеческой жизни, вследствие чего переход к новым стратегиям поведения осуществлялся в ходе естественной смены поколений, то сейчас скорость изменений настолько повысилась, что стратегии необходимо резко менять на протяжении жизни одного поколения, то есть одним и тем же людям. Способен ли человек к таким психологическим потрясениям и стрессам? - Мы еще не знаем.

Итак, проведенный анализ свидетельствует, что современное индустриальное общество перманентно продуцирует нестабильность во всех сферах жизни общества. Снижение внутренних напряжений в данных условиях может быть обеспечено лишь путем поддержания динамического равновесия между различными частями постоянно меняющейся социальной структуры социума. Инструментом такой балансировки

являются демократические институты: выборность органов управления, приводящая к периодической замене облеченных властью людей, служит для своевременного учета складывающихся социально-экономических реалий и оперативного реагирования на происходящие изменения.

Однако, насколько долговечен такой тип общественного развития, есть ли у него пределы? Моделирование показывает, что они существуют и обусловлены ресурсными ограничениями. Растет стоимость сырьевых ресурсов, истощаются их природные запасы. Накапливаются вредные отходы производства, множатся экологические проблемы, решение которых требует колоссальных материальных и финансовых средств. Стало очевидно, что "всеобщее благосостояние" может быть обеспечено отнюдь не для всех, а лишь для ограниченного круга лиц. Прекратились разговоры о конвергенции, о постиндустриальном рае для всего человечества. На смену им пришла теория "золотого миллиарда" [56], в соответствии с которой высокие жизненные стандарты гарантируются лишь небольшой части населения Земли: тем, кому посчастливилось родиться в высокоразвитых индустриальных странах. Остальным (в том числе и населению России) уготована роль изгоев, обслуживающих "золотой миллиард". Причем, с течением времени разрыв в уровне благосостояния будет не уменьшаться, а расти. Таким образом, начинается возврат к характерной для средневековья, - "бимодальной" структуре мирового сообщества (рис.5(а)), где правый "горб" распределения будет включать в себя "золотой миллиард", а левый - всех остальных.

Аналогия со средневековьем проведена не случайно. В ту эпоху ресурсы в обществе также были ограничены и элита насильственным путем изымала для своих нужд прибавочный продукт, создаваемый трудом производителей. Сейчас роль производителей играют экономики

развивающихся стран, а роль феодальной элиты – современная мировая экономическая элита. В качестве средства подчинения используются политические и финансовые рычаги, кредиты, предоставляемые на жестких экономических и политических условиях. Искусственно поддерживаемая финансовая и технологическая зависимость развивающихся стран является гарантией их управляемости. Непокорные правительства наказываются провоцированием экономических кризисов и политической нестабильности, а также прямым военным вмешательством (примером чему являются недавние карательные акции в Ираке и Югославии). Совершенствуются формы и методы применения "организационного оружия", в арсенал которого входит деидеологизация населения, разрушение традиций, внедрение потребительской психологии, вербовка национальных элит, дезорганизация государственного управления и т.п. Эти процессы идут под флагом глобализации современного мирового социально-экономического развития. Математическое моделирование позволяет лучше понять закономерности и внутреннюю логику этих процессов [26].

В заключение необходимо сказать о применении методов математического моделирования для анализа ситуации в современной России. Эта тема очень объемная, здесь мы ограничимся лишь одним тезисом, более подробно эти вопросы изложены в [33,39,49].

Как было показано выше на основе результатов математического моделирования, самоорганизация СС в условиях ограниченного и увеличивающегося ресурса приводит к формированию кардинально различающихся структур во всех основных сферах жизни общества (экономической, социально-психологической, управленческой). *То, что*

способствует усилению устойчивости одного типа общества, приводит к дестабилизации другого; то, что является угрозой для одного типа общества, является благом для другого.

В отношении России из этого следует важный вывод. Россия в течение всего двадцатого века пыталась осуществить переход от аграрного к индустриальному обществу. Российскими особенностями являются суровые природно-климатические условия, ограниченные ресурсы, высокие издержки производства [57,58]. В связи с этим переход шел мучительно, с большими материальными и людскими жертвами. Характерно то, что реализуя стратегию индустриальной модернизации, большевики, по существу, воссоздали общество феодального (то есть аграрного) типа в управленческой и социально-психологической сферах (репрессивный характер управления; жесткая вертикаль авторитарной власти; государственный патронаж, обеспечивающий социальные гарантии трудящимся; бескомпромиссная идеология мессианского типа, пропаганда аскетизма). Проведенный выше анализ особенностей самоорганизации СС показывает, что в этом была своя логика: *логика обеспечения устойчивости к дестабилизирующим воздействиям в условиях ограниченного ресурса.* С начала девяностых годов возобновилась попытка перевести страну на рельсы развития по западному образцу и построить развитое индустриальное общество. Но простое копирование управленческих решений, дающих эффект на Западе, дало обратный результат на российской почве. Проведенный выше анализ показывает, что иначе не могло и быть, поскольку данные решения предназначены для усиления устойчивости СС совсем в других условиях. Таким образом, прежде, чем внедрять в жизнь те или иные управленческие решения, необходимо исследовать их влияние на социально-экономическую

устойчивость общества, особенно в такой нестандартной ситуации, какая сложилась в России. Без математического моделирования устойчивости социально-экономических процессов здесь не обойтись.

Литература

1. *Плотинский Ю.М.* Модели социальных процессов: Учебное пособие для высших учебных заведений. – М.: Логос, 2001.
2. *Эбелинг В., Энгель А., Файстель Р.* Физика процессов эволюции. – М.: Эдиториал УРСС, 2000.
3. *Эбелинг В.* Образование структур при необратимых процессах. Введение в теорию диссипативных структур. – М.: Мир, 1979.
4. *Хэггет П.* Пространственный анализ в экономической географии. -М.: Прогресс, 1968.
5. *Анатомия кризисов.* – М.: Наука, 2000.
6. *Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С.* Математическая биофизика. - М.: Наука, 1984.
7. *Мелик-Гайказян И.В.* Информационные процессы и реальность. - М.: Наука, Физматлит, 1998.
8. *Хакен Г.* Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. - М.: Мир, 1985.
9. *Николис Г., Пригожин И.* Самоорганизация в неравновесных системах. - М.: Мир, 1979.
10. *Николис Г., Пригожин И.* Познание сложного. - М.: Мир, 1990.
11. *Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б.* Современные проблемы нелинейной динамики. – М.: Эдиториал УРСС, 2000.
12. *Малинецкий Г.Г.* Хаос, структуры, вычислительный эксперимент. Введение в нелинейную динамику. - М.: Наука, 1997.

13. *Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С.* Введение в синергетику. - М.: Наука, 1990.
14. *Дмитриев А.С., Старков С.О., Широков М.Е.* Синхронизация ансамблей связанных отображений // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика, 1996, т.4, № 4-5, с.40.
15. Новое в синергетике. Загадки мира неравновесных структур.- М.: Наука, 1996.
16. *Алексеев Ю.К., Сухоруков А.П.* Введение в теорию катастроф. – М.: Изд-во МГУ, 2000.
17. *Постон Т., Стюарт И.* Теория катастроф и ее приложения. – М.: Мир, 1980.
18. Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика. – М.: Наука, 2000.
19. *Подлазов А.В.* Парадигма самоорганизованной критичности // Препринт ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, №86, 1995.
20. *Мун Ф.* Хаотические колебания. - М.: Мир, 1990.
21. *Поздняков А.* Философия политики. - М., 1994.
22. *Малков С.Ю.* Применение методов синергетики к анализу социальных систем // Стратегическая стабильность, 1997, №1, с.51.
23. *Аршинов В.И., Буданов В.Г.* Синергетика – эволюционный аспект // Самоорганизация и наука: опыт философского осмысления. - М., 1994, с.229.
24. Пределы предсказуемости. - М.: ЦентрКом, 1997.
25. *Малков С.Ю., Ковалев В.И., Лобов С.С.* Логико-математическое моделирование социально-экономических систем. Методический аспект // Стратегическая стабильность, 2002, №3, с.27-44.

26. Чернавский Д.С., Чернавская Н.М., Малков С.Ю., Малков А.С. Математическое моделирование геополитических процессов // Стратегическая стабильность, 2002, №1, с.60-66.
27. Малков С.Ю., Сергеев А.В. Математическое моделирование социально-экономической устойчивости развивающегося общества // Стратегическая стабильность, 2002, №4, с.54-61
28. Turchin P. Historical dynamics (в печати).
29. Малков С.Ю. Математическое моделирование исторических процессов // Новое в синергетике. Взгляд в третье тысячелетие / Под ред. Г.Г.Малинецкого, С.П.Курдюмова. - М.: Наука, 2002; Малков С.Ю., Ковалев В.И., Малков А.С. История человечества и стабильность (опыт математического моделирования) // Стратегическая стабильность, 2000, №3, с.52-66.
30. Дьяконов И.М. Пути истории. От древнейшего человека до наших дней. - Л.: Восточная литература, 1994.
31. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего.- М.: Наука, 1997.
32. Дорнбуш Р., Фишер С. Макроэкономика. - М.: ИНФРА-М, 1997.
33. Петров А.А. Экономика. Модели. Вычислительный эксперимент. - М.: Наука, 1996.
34. Лебедев В.В. Математическое моделирование социально-экономических процессов. - М.: Изограф, 1997.
35. Занг В.-Б. Синергетическая экономика. Время и переменны в нелинейной экономической теории. – М.: Мир, 1999.
36. Пу Т. Нелинейная экономическая динамика. – Ижевск, 2000.
37. Шумпетер Й. Теория экономического развития. - М.: Прогресс, 1982.

38. *Глазьев С.Ю.* Теория долгосрочного технико-экономического развития. - М.: ВладДар, 1993.
39. *Нефедов С.А.* О демографических циклах в истории средневекового Египта [<http://hist1.narod.ru/Science/Egipt/EgiptSV.htm>]
40. *Чернавский Д.С., Старков Н.И., Щербаков А.В.* Базовая динамическая модель экономики России (Инструмент поддержки принятия решений) // Препринт ФИАН № 1, 2001 г.
41. *Малков С.Ю., Ковалев В.И., Лобов С.С.* Моделирование угроз национальной безопасности. Методологический аспект // Стратегическая стабильность, 2002, №2, с.51-60.
42. *Малков С.Ю., Коссе Ю.В.* Моделирование экономического взаимодействия государств // Стратегическая стабильность, 2003, №4, с.62-65.
43. *Biraben J.N.* Essai sur l'evolution du nombre des homme // Population, 1979, №1.
44. *Лефевр В.А.* Алгебра совести. - М., 2002.
45. *Малков С.Ю.* Использование методов исследования устойчивости сложных систем для анализа условий стабильного развития стран европейского региона // Стратегическая стабильность, 1998, №2, с.81-92.
46. *Чернавский Д.С., Пирогов Г.Г. и др.* Динамика экономической структуры общества (математическая модель) // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика, 1996, т.4, №3, с.67.
47. *Чернавский Д.С., Попков А.С., Рахимов А.Х.* Математическая модель экономической структуры общества // Экономика и математические методы, 1993, т.30, вып.2.
48. *Ольшанский Д.В.* Массовые настроения в политике. - М.,1995.

49. *Ковалев В.И., Коссе Ю.В., Малков А.С., Малков С.Ю.* Российские модернизации последнего столетия в свете математического моделирования // Техничко-экономическая динамика России: техника, экономика, промышленная политика. М.: ГЕО-Планета, 2000, с.215-238.
50. *Автономов В.С.* Модель человека в экономической науке. - СПб.: Экономическая школа, 1998.
51. *Панарин А.С.* Политология. О мире политики на Востоке и на Западе. - М.: Университет, 1999.
52. *Панарин А.С.* Россия в циклах мировой истории. - М.: Изд-во МГУ, 1999.
53. *Туроу Лестер К.* Будущее капитализма. Как сегодняшние экономические силы формируют завтрашний мир. - Новосибирск: Сибирский хронограф, 1999.
54. *Сорос Дж.* Алхимия финансов. - М.: ИНФРА-М, 1996.
55. *Сорос Дж.* Сорос о Соросе. Опережая перемены. - М.: ИНФРА, 1996.
56. *Фукуяма Ф.* Конец истории? // Философия истории. Антология. М., 1995.
57. *Милов Л.В.* Великорусский пахарь и особенности российского исторического процесса. - М.: РОССПЭН, 1998.
58. *Паршев А.П.* Почему Россия не Америка. – М.: Форум, 2001.
59. *Нефедов С.А.* Опыт моделирования демографического цикла // Информационный бюллетень Ассоциации "История и компьютер", №29, 2002, с.131-142.
60. *Нефедов С.А.* Простейшая математическая модель демографической динамики земледельческого общества // Информационный бюллетень Ассоциации "История и компьютер", №31, 2003, с.266-269.