

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Экономика»

**Н. И. Егоренков, М. Н. Стародубцева,  
И. Е. Стародубцев**

## **ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

**ПРАКТИКУМ**

**для студентов экономических специальностей  
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2010

УДК 50(075.8)  
ББК 20я73  
Е30

*Рекомендовано научно-методическим советом  
гуманитарно-экономического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 4 от 14.12.2009 г.)*

Рецензент: зав. каф. «Материаловедение в машиностроении» ГГТУ им. П. О. Сухого  
канд. техн. наук *И. Н. Степанкин*

**Егоренков, Н. И.**

Е30

Основы современного естествознания : практикум для студентов экон. специальностей днев. и заоч. форм обучения / Н. И. Егоренков, М. Н. Стародубцева, И. Е. Стародубцев. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2010. – 103 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

Обосновывается положение о том, что экономическая наука должна быть точной наукой, то есть обладать ее главным признаком – моделями, которые качественно объясняют явления, а не являются иллюстрациями, в том числе математическими. Разъясняется, что экономика является динамической системой, подчиняющейся диалектической логике – логике нелинейных систем, частным случаем которых являются линейные системы. Демонстрируется применение математических моделей естественных наук (в частности, физики, химии и биологии) в экономике. Основное внимание уделяется взаимосвязи наук, общим законам (моделям) развития реального мира, включая природу и общество (экономику).

Для студентов экономических специальностей дневной и заочной форм обучения.

УДК 50(075.8)  
ББК 20я73

© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2010

# ТЕМА 1. ТОВАРНОЕ ХОЗЯЙСТВО – НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

## Содержание темы

1. Динамические системы.
2. Линейные и нелинейные системы.
3. «Флаги» нелинейных систем.
4. Товарное хозяйство как нелинейная динамическая система.
5. Вопросы для самоконтроля.
6. Литература к теме 1.

### 1.1. Динамические системы

В математике в общем случае объект или процесс описывается определенной в пространстве  $R^N$  с координатами  $x = (x_1, x_2, \dots, x_N)$  системой  $n$  интегро-дифференциальных уравнений

$$F_i(\psi_j; c_\alpha; t, \frac{d\psi_j}{dt}, \frac{d^2\psi_j}{dt^2}, \dots; x_l; \frac{\partial\psi_j}{\partial x_l}, \frac{\partial\psi_j}{\partial x_l \partial x_m}, \dots; \int dx_l) = 0, \quad (1.1)$$

где  $1 \leq i \leq n$ ,  $1 \leq l, m \leq N$ ,  $1 \leq \alpha \leq k$ . Переменные  $x_l$  и  $t$  рассматриваются как пространственные и временные координаты. Система уравнений (1) – множество (нелинейных) уравнений в частных производных. Решения уравнений  $\psi_j$  называются *переменными состояниями*. Предполагается, что уравнения  $F_i = 0$  зависят от параметров  $c_\alpha$ , называемых *управляющими параметрами*, так как они могут качественно влиять на свойства решений  $\psi_j$ .

Решение системы этих уравнений является сложной задачей и поэтому ее упрощают, ограничиваясь, во-первых, системой уравнений в частных производных, не содержащих пространственных производных, во-вторых, предполагая, что она не зависит от пространственных координат, и, наконец, считая, что она содержит производные по времени не выше первого порядка, которые входят в упрощенную функцию специальным («каноническим») образом.

$$\text{Систему уравнений: } F_i = \frac{d\psi_i}{dt} - f_i(\psi_j; c_\alpha; t) = 0, \quad (1.2)$$

где функции  $f_i$  во многом аналогичны компонентам силы в классической механике, называют **динамической системой**.

Если функции  $f_i$  в уравнениях (2) не зависят от времени, то такая система называется **автономной динамической системой**:

$$F_i = \frac{d\psi_i}{dt} - f_i(\psi_j; c_\alpha) = 0.$$

В случае консервативной системы (функции  $f_i$  могут быть заданы антиградиентом потенциальной функции) возможно значительное упрощение системы уравнений:

$$f_i = -\frac{\partial V(\psi_j; c_\alpha)}{\partial \psi_i};$$
$$F_i = \frac{d\psi_i}{dt} + \frac{\partial V(\psi_j; c_\alpha)}{\partial \psi_i} = 0, \quad (1.3)$$

Эту систему называют **градиентной (потенциальной) динамической системой**.

Наибольший интерес представляет изучение состояний равновесия градиентных систем:

$$\frac{d\psi_i}{dt} = -\frac{\partial V(\psi_j; c_\alpha)}{\partial \psi_i} = 0, \quad (1.4)$$

Именно такого рода динамические системы в основном изучаются в настоящее время. Динамические системы многих частиц, в которых потенциальная энергия не полностью переходит в кинетическую энергию, являются «вязкими» системами, в которых пропорциональна приложенной силе скорость движения частицы (системы Аристотеля), а не ее ускорение (системы Ньютона).

Все реальные системы являются нелинейными. Во многих случаях нелинейные системы можно отобразить линейными моделями, для чего используются методы линейной аппроксимации (линеаризации).

## Линейные зависимости и функции

**Линейная зависимость** – это соотношение вида:

$$a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n = 0,$$

где  $a_1, a_2, \dots, a_n$  – числа, из которых хотя бы одно отлично от нуля;  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – те или иные математические объекты, для которых определены операции сложения и умножения на число. Термин «линейная зависимость» объясняется тем, что величины  $x_1, x_2, \dots, x_n$  входят в уравнение в 1-й степени (линейно).

**Линейная функция** – функция вида  $y = ax + b$  (приращение функции пропорционально приращению аргумента, график функции – прямая линия, наклон которой характеризует коэффициент  $a$ ).

## Нелинейные зависимости и функции

Нелинейность, нелинейная функция – термины, относящиеся к зависимостям, графики которых не являются прямыми линиями.

Геометрический образ нелинейной функции – кривая на плоскости, искривленная поверхность в трехмерном пространстве или более сложные многообразия в пространстве большего числа измерений.

Однако разграничение линейных и нелинейных теорий, систем и моделей принято проводить по другому признаку, а именно по типу описывающих их дифференциальных уравнений.

### 1.2. Линейные и нелинейные системы

**Линейная система** – это система, движения которой описываются линейными дифференциальными уравнениями.

Например, колебания гармонического осциллятора (например, маятника) описываются синусоидой – нелинейной функцией, но удовлетворяют линейному дифференциальному уравнению  $\ddot{x} + \omega^2 x = 0$ , поэтому теорию гармонического осциллятора считают линейной.

**Нелинейная система** – система, описываемая нелинейными дифференциальными уравнениями.

## Нелинейные динамические системы

Раньше считали, что только линейные теории описывают существование реального мира, что именно они дают главный вклад в бесконечный ряд приближений к истине, определяют лицо истины, а нелинейностям отводили роль косметики на «прекрасном лице» линейной теории. В действительности все оказалось не так.

Все нелинейные дифференциальные уравнения имеют несколько решений (корней, радикалов) и, соответственно, все описываемые ими системы имеют несколько стационарных (установившихся) состояний, а протекающие в них процессы являются ветвящимися процессами.

В нелинейных системах не выполняется принцип суперпозиции – простого сложения откликов системы на внешние воздействия, для них характерен синергизм – отклик на совместное действие факторов отличается от суммы откликов при действии этих факторов порознь.

В нелинейных системах наблюдаются качественные, в том числе скачкообразные изменения свойств, при плавном изменении величины воздействующих на них факторов.

### 1.3. «Флаги» нелинейных систем

Нелинейные динамические системы можно распознать, не располагая их уравнениями состояния, так как такого рода системы имеют характерные особенности, своего рода «отпечатки пальцев» или «опознавательные знаки» – «флаги». Их стандартными «флагами» являются:

*Модальность.* Система имеет состояния устойчивого равновесия. Иначе говоря, описывающая систему потенциальная функция имеет более чем один минимум в некоторой области изменения управляющих параметров;

*Катастрофические скачки.* Плавные изменения в значениях управляющих параметров вызывают большие изменения («катастрофический скачок») в значениях переменных состояния;

*Недостижимость.* Если потенциальная функция системы имеет более чем один локальный минимум, она должна иметь, по крайней мере, одно состояние неустойчивого равновесия (локально устойчивые минимумы разделены «недостижимой» областью, соответствующей локальным максимумам потенциальной функции);

*Расходимость.* Два близких пути в пространстве управляющих параметров приводят к далеко расходящимся значениям переменных состояния;

*Гистерезис.* Процесс не является полностью обратимым.

Эти пять флагов (модальность, недостижимость, катастрофические скачки, расходимость и гистерезис) обычно встречаются в совокупности. Они реализуются в случае, если потенциал системы имеет более чем один локальный минимум. Явление гистерезиса иногда может быть ненаблюдаемым, но в этом случае можно наблюдать «переохлаждение» или «перегрев» системы.

Еще три флага (расходимость линейного отклика, критическое замедление/смягчение моды и аномальная дисперсия) могут наблюдаться даже тогда, если потенциал имеет лишь один локальный минимум. Это может быть использовано для установления, как критических значений, так и безопасных пределов управляющих параметров в случаях, когда неожиданные «катастрофические скачки» могут оказаться губительными для системы.

Таким образом, если обычно нужную нам информацию о функционировании нелинейной системы мы получаем при качественных исследованиях уравнений ее состояния, то, используя «флаги», мы можем, установив наличие и тип нелинейной системы, получить необходимые нам сведения и без знания уравнений.

#### **1.4. Товарное хозяйство – нелинейная система**

Сегодня среди экономистов и политиков господствует мнение, что частная собственность и наемный труд - краеугольный камень, фундамент товарного хозяйства (рыночной экономики), а общественная собственность с ним несовместима. Способствуют этому и труды классиков марксизма-ленинизма. Маркс, Энгельс и Ленин рассматривали социализм как первую фазу коммунистической (нетоварной) общественной формации. Они допускали возможность существования товарных отношений при строительстве социализма, но считали, что это «родимые пятна» буржуазного общества, свойственные переходному периоду. Они, конечно, знали о существовании товарных отношений в рабовладельческом строе, а также при феодализме, но рассматривали их как нехарактерный, второстепенный элемент этих экономических укладов (способов производства).

На языке моделирования динамических систем эти представления означают, что товарное хозяйство (рыночная экономика) может существовать только в одном стационарном (установившемся) состоянии, то есть является линейной системой (нелинейные системы могут существовать в нескольких стационарных состояниях).

Когда же на самом деле возникло товарное хозяйство?

Известно, что уже при рабовладельческом строе продавали и покупали средства труда и предметы труда, продукты труда, рабочую силу (рабов, землю, рабочий инвентарь, дома, продукты питания, одежду, и т.д.). Фактически же товарное хозяйство возникло во времена распада первобытно общинного строя. Именно в то время вследствие разделения труда, вызвавшего существенное повышение его производительности, создались условия, при которых у одних производителей оказались в избытке одни продукты труда (жизненные блага), а у других – другие, в которых нуждались первые производители, и наоборот. Это вызвало к жизни обмен продуктами труда сначала между организациями (общинами, родами, племенами), а затем, когда появились семьи, то и между ними (семейными хозяйствами), и, наконец, между отдельными людьми. Бартер – самый простой, примитивный, но все-таки вид торговли. Сначала меняли товар на товар, потом – на универсальный товар (универсального посредника) и, наконец, на деньги (всеобщий эквивалент товаров, самый эффективный посредник). Именно обмен превращает продукты труда в товары, а процесс их производства – в товарную (рыночную) экономику.

Это дает основание утверждать, что экономическая общественная формация, сменившая архаическую общественную формацию (первобытно общинный строй, первобытный коммунизм) является товарной (рыночной) формацией, а входящие в нее качественно отличающиеся один от другого азиатский, рабовладельческий, феодальный и буржуазный экономические уклады (способы производства) являются ее стационарными состояниями. Таким образом, наличие первого (самого главного) «флага» нелинейной системы (модальность) у товарной (рыночной) экономики не вызывает сомнения.

*Катастрофические скачки и недостижимость.* Наличие внезапных, быстрых, скачкообразных (разрывных) переходов в макро- и микроэкономике также не вызывает сомнений. Наиболее наглядные примеры в микроэкономике – это банкротства фирм (предприятий), в макроэкономике – социальные революции. Революция – это не одномоментное событие, а, как правило, перманентное явление (процесс).



Социальная революция – это время, в течение которого зарождается, побеждает и занимает господствующее положение новый экономический уклад. Это фактически переходный от одного уклада к другому период (переходное состояние). Это, говоря языком теории динамических систем, в том числе теории элементарных катастроф и фазовой теории, стационарное состояние неустойчивого равновесия (множество Максвелла), когда еще возможен возврат к первоначальному состоянию по страте Максвелла. Это флаг «недостижимость». В истории человечества много примеров возврата общества к первоначальному состоянию после революции. Например, французская революция 1789 г. (якобинская диктатура, термидор, приход к власти Наполеона и его свержение, восстановление власти Бурбонов), французская революция 1871 г. – (Парижская коммуна, поражение коммунаров, версальцы), германская революция 1918 г. (поражение социал-демократов, приход к власти Гитлера и его поражение, восстановление буржуазного строя), Великая октябрьская социалистическая революция в России 1917 г (победа большевиков, установление диктатуры Сталина, события 1991 г., возвратившие официально страну на путь буржуазного развития) и др.

*Расходимость* (два близких пути в пространстве управляющих параметров приводят к далеко расходящимся значениям переменных состояния). Этот флаг катастрофы также широко проявляется в как макро-, так и в микроэкономике. В настоящее время на земле одни народы живут при буржуазном укладе, другие – при феодальном, а некоторые – еще фактически при рабовладельческом, а то и первобытно общинном строе (некоторые племена в джунглях Амазонки, как сообщает пресса), хотя стартовые позиции у человечества были фактически одни и те же. Об отдельных бизнесменах, а также фирмах, начинающих дело почти в одинаковых условиях, и говорить не приходится – настолько это очевидный факт.

*Гистерезис* (процесс не является полностью обратимым). Существование этого флага катастрофы в макро- и микроэкономике также не подлежит сомнению. После реставрации прежнего уклада экономика общества не возвращается полностью в прежнее состояние без экономических (гистерезисных) потерь. Яркий пример – «трансформационный спад», достигший в некоторых странах более 50% ВВП, при приватизации государственной собственности (восстановлении мелкой и олигархической частной производственной собственности) в бывших советских республиках после революции 1991 г.

Таким образом, исходя из наличия «флагов» нелинейной системы, товарная (рыночная) экономика является нелинейной системой.

Современная экономика (товарно-денежное хозяйство), состоящая из множества хозяйствующих субъектов, которые, взаимодействуя между собою, оказывают влияние друг на друга, на языке моделирования – это система движущихся и взаимодействующих между собою частиц, обладающих силовым полем («частицы» - хозяйствующие субъекты). На языке математики – это связное точечное множество. Это система с обратной связью, кооперативным откликом и ограниченными ресурсами – нелинейная динамическая система.

В математике природа точек (частиц) не играет никакой роли и отличающиеся по природе системы частиц (физические, биологические, экономические и т.д.) могут рассматриваться в ней как проявления одного и того же объекта, то есть как изоморфизмы (взаимно однозначные отображения множеств, сохраняющие их структурные свойства) или гомеоморфизмы (топологически эквивалентные пространства). Единую математическую природу имеют, например, такие, на первый взгляд, совершенно разные процессы, как «броуновское» движение микрочастиц в жидкости, рассеяние тепла в веществе и движение стоимости ценных бумаг.

Таким образом, товарное, включая товарно-денежное хозяйство (частицы – хозяйствующие субъекты) можно рассматривать как динамическую систему, изоморфную веществу (молекулярной системе) (частицы – молекулы).

Уравнение состояния систем, связывающее их переменные состояния  $x$  и управляющие параметры  $r$ , получают, дифференцируя потенциальную функцию систем и приравнявая результат нулю:

$$\frac{dx_i}{dt} = -\frac{\partial U(x, r)}{\partial x_i} = f(x, r) = 0$$

Дифференцируемую функцию  $U$  можно разложить по  $x$  в знакочередующийся степенной ряд и согласно теории катастроф ограничиться без потери существенной для морфологии системы информации первыми членами (для одномерной системы, то есть имеющей одну переменную состояния  $x$ , членом  $x^7$ ). В итоге общее уравнение состояния нелинейной системы можно записать в виде:

$$a_0 - a_1x + a_2x^2 - a_3x^3 + a_4x^4 - a_5x^5 + a_6x^6 = 0,$$

Это уравнение можно преобразовать к виду:

$$a_6x + \left( \frac{a_4}{x} - \frac{a_3}{x^2} + \frac{a_2}{x^3} - \frac{a_1}{x^4} + \frac{a_0}{x^5} \right) = a_5,$$

где  $a_5$  – полная,  $a_6x$  – кинетическая, а выражение в скобках – потенциальная энергии системы.

Если учесть суммарный собственный объем частиц  $b$ , то последнее уравнение приобретает вид:

$$a_6(x - b) + \left( \frac{a_4}{x} - \frac{a_3}{x^2} + \frac{a_2}{x^3} - \frac{a_1}{x^4} + \frac{a_0}{x^5} \right) = a_5.$$

В случае товарно-денежной (рыночной) экономики общее уравнение состояния записывается в виде:

$$p(V - b) + \left( \frac{A_1}{V} - \frac{A_2}{V^2} + \frac{A_3}{V^3} - \frac{A_4}{V^4} + \frac{A_5}{V^5} \right) = RT, \quad (1.5)$$

где  $R$  – масса,  $T$  – скорость обращения денег,  $RT$  – доход, в том числе ВВП («полная энергия» субъектов хозяйствования),  $V$  – объем всех товаров,  $b$  – объем использованных средств производства – собственный «объем» субъекта хозяйствования как «частицы»,  $(V - b)$  – объем конечных (потребительских) товаров,  $p(V - b)$  – используемый в производстве доход (сумма постоянного  $s$  и переменного  $v$  капитала – «кинетическая энергия» субъектов хозяйствования), сумма дробных членов – изымаемый из производства доход (прибавочная стоимость  $m$ , транзакционные (непроизводственные) издержки – «потенциальная энергия» субъектов хозяйствования).

Уравнение шестой степени (1.5) имеет шесть решений, то есть товарно-денежная экономика может существовать в шести стационарных состояниях, часть из которых может быть состояниями устойчивого равновесия, а часть – состояниями неустойчивого равновесия (стационарные состояния товарно-денежной экономики – это экономические уклады или, иначе говоря, способы производства).

Если  $RT$  обозначить через  $Y$ , то уравнение товарно-денежной экономики можно записать в привычном для марксистской экономической теории виде:  $c + v + m = Y$ .

Очевидно, что общее уравнение состояния товарно-денежной экономики как нелинейной динамической системы – это уравнение распределения полученного дохода. Следовательно, не условия производства и получения дохода и даже не его величина определяют тип экономических укладов (способов производства), а характер его распределения.

При увеличении  $V$  и/или  $T$  дробные члены в уравнении (1.5) последовательно становятся незначимыми и возникает семейство уравнений состояния шестой, пятой, четвертой, третьей, второй и первой степеней.

Очевидно, что средне развитая товарно-денежная экономика описывается уравнением состояния третьей степени:

$$p(V - b) + \left(\frac{A_1}{V} - \frac{A_2}{V^2}\right) = RT,$$

которое, если принять  $A_1 = a$ , а  $A_2 = ab$ , можно записать в более простом виде:

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT \quad (1.6).$$

Заключительным в ряду (семействе) уравнений состояния является уравнение первой степени, которое соответствует предельно развитой (совершенной) товарно-денежной экономике:

$$p(V - b) = RT \quad (1.7).$$

Очевидно, что в уравнениях (1.6) и (1.7) множители для  $(V - b)$ , то есть  $\left(p + \frac{a}{V^2}\right)$  и  $p$  соответственно, являются ценами конечных (потребительских) товаров.

Описываемая уравнением (1.7) экономика является совершенной, так как в ней экономический потенциал может быть полностью реализован (ликвидирована прибавочная стоимость и весь доход расходуется на переменный и постоянный капитал).

### 1.5. Вопросы для самоконтроля

1. Что такое динамическая система?
2. Что такое автономная динамическая система?
3. Что такое потенциальная (градиентная) динамическая система?
4. Что такое линейные и нелинейные зависимости?
5. Что такое линейные и нелинейные модели?
6. Назовите характерные черты и «флаги» нелинейных динамических систем.
7. Что такое стационарное состояние динамической системы?
8. Какие существуют типы стационарных состояний?
9. Почему товарная (рыночная) экономика является нелинейной динамической системой?
10. Что такое уравнение состояния динамической системы?
11. Напишите уравнения общего уравнения состояния товарной (рыночной) экономики и расшифруйте входящие в него переменные.
12. Напишите уравнения состояния средне развитой и предельно развитой рыночной экономики.
13. Что такое совершенная рыночная экономика?

### 1.6. Литература к теме 1.

1. Гилмор Р. Прикладная теория катастроф: в 2-х книгах. Кн. 1. Пер. с англ. - М.: Мир, 1984.; кн. 2. Пер. с англ. – М.: Мир, 1984.
2. Занг В.Б. Синергетическая экономика. Время и переменны в нелинейной экономической теории: Пер. с англ. – М.: Мир, 1999.
3. Постон Т., Стюарт И. Теория катастроф и ее приложения, пер. с англ. - М.: Мир, 1980.
4. Чуличков А.И. Математические модели нелинейной динамики. – 2-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.
5. Егоренков Н.И., Казакова Е.Н., Стародубцев И.Е., Стародубцева М.Н. Топологическая динамика товарно-денежного хозяйства // Вестник ГГТУ, 2009, № 3.

## ТЕМА 2. ФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ЭКОНОМИКЕ (ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА)

### Содержание темы:

1. Эконофизика.
2. Капиталодинамика – экономическая энергодинамика (трудодинамика).
3. Физико-математическая (энергодинамическая) модель экономического (производственного) цикла.
4. Фазовая модель средне развитого товарно-денежного хозяйства.
5. Вопросы для самоконтроля.
6. Литература к теме 2.

### 2.1. Эконофизика

Идея моделирования взаимодействия людей как взаимодействия частиц вещества (атомов или молекул) давно носилась в воздухе. Уже в XVII веке в основу социальной философии была положена модель «человек-атом». В XIX веке О. Контом было введено специальное понятие «социальная физика». Это понятие широко использовал русский социолог первой половины XX века Е.В. Спекторский, автор двухтомного исследования «Проблема социальной физики в XVII столетии». Он даже выражал сожаление по поводу того, что в XX веке большинство теоретиков отступило, как он выразился, назад, вернулось от высшего более совершенного методологически, именно рационального типа науки к низшему, конкретно-эмпирическому типу. С позиций физики рассматривал экономику (труд) С.А. Подолинский (1850-1891) в работе «Труд человека и его отношение к распределению энергии» (1880).

«Неожиданную» аналогию между свойствами вещества, а точнее (рассеянием, или диффузией тепла в веществе) и колебаниями цен облигаций заметил еще 1900 году французский ученый Башелье. Он применил для описания колебаний цен облигаций уравнения рассеяния тепла Фурье, то есть адаптировал конкретные уравнения физики к потребностям экономики (финансов).

Существовали и существуют также попытки воспрепятствовать применению физико-математических моделей в социально-экономических науках. Например, в книге Фридриха фон Хайека (Нобелевского лауреата по экономике) «Влияние естественных наук

на науки общественные» желание естествоиспытателей помочь экономической науке осуждается как зловерное, а попытки физиков и математиков сделать что-то в области экономики определяются как самонадеянные и бесполезные!

Сегодня, однако, уже успешно реализуются попытки построить теоретическую экономику «как точную естественную науку». Бурно развивается «экономическая физика», «**эконофизика**» (термин предложен Р. Мантенья и Г. Стенли). К сожалению, «эконофизика» пока концентрирует свое внимание на использовании достижений только статистической физики, включая статистическую механику (классическую статистику) и теорию подобия – скейлинга (фрактальную статистику, степенные законы В. Парето и Б. Мандельброта) для описания экономических явлений. Издаются научные монографии, проводятся международные научные конференции по эконофизике. С 2004 г. а России дважды в год проводятся интернет-конференции «Проблемы эконофизики и эволюционной экономики».

Следует отметить, что эконометрика, бурно развивавшаяся во второй половине XX века, зарождалась из попыток использовать методы статистической физики в экономике. Так, Ян Тинберген, один из основоположников эконометрики (Нобелевская премия по экономике, 1969 г.) окончил физический факультет Лейденского университета, а докторскую диссертацию защитил на тему «Проблемы минимума в физике и экономике».

## **2.2. Капиталодинамика – экономическая энергодинамика (трудодинамика)**

**Термодинамика** – это физическая энергодинамика (теплодинамика), наука о наиболее общих свойствах систем, находящихся в состоянии теплового равновесия, и процессах перехода между этими состояниями, сопровождаемыми превращениями теплоты в другие виды энергии.

**Термодинамическая система** – это система, состоящая из столь большого числа частиц, что ее можно характеризовать макроскопическими параметрами. Эти частицы могут взаимодействовать (обмениваться энергией) между собой, а сама система – с внешней средой, включая обмен не только энергией, но и частицами.

«Совершенно очевидно, что всеобъемлющая теория экономических процессов не может отказаться от того методического арсенала,

которым располагает термодинамика... Попытка представить обобщенную термодинамическую модель экономических процессов была предпринята еще в начале XX века Н. Георгеску-Рогеном» отмечают в книге «Хаос и космос: синергетика эволюции» В. Эбелинг и Р. Файстель.

На языке моделирования современная экономика (товарно-денежное хозяйство) – это система многих движущихся и взаимодействующих между собою частиц, обладающих силовым полем, так как оно состоит из множества хозяйствующих субъектов («частицы»), которые, взаимодействуя между собою, оказывают влияние друг на друга. Товарно-денежное хозяйство («частицы» – хозяйствующие субъекты) можно рассматривать как систему, изоморфную веществу (молекулярной системе) («частицы» – молекулы) (см. тему 1). Вследствие этого по аналогии с термодинамикой целесообразно ввести понятие капиталодинамики.

**Капиталодинамика** – наука о наиболее общих законах экономической деятельности человека, то есть общая экономическая теория, описывающая процесс производства жизненных благ (стоимости) как превращение природного вещества посредством энергии рабочей силы (труда) в жизненные блага, включая перенос накопленной стоимости (прошлого труда) на стоимость новых жизненных благ, обмен жизненными благами, включая продажу-покупку товаров (превращения товаров в деньги, как всеобщий эквивалент товаров, и денег в товары) с учетом отношений собственности на средства производства. Капиталодинамика – это экономическая энергодинамика (трудодинамика).

**Капиталодинамическая система**, как и термодинамическая система, может быть открытой, закрытой, замкнутой (изолированной), равновесной и неравновесной, может находиться в различных стационарных, качественно отличающихся один от другого состояниях (экономические уклады, способы производства), иметь независимые и зависимые экстенсивные и интенсивные переменные (переменные состояния и управляющие параметры), а также потенциалы как характеристические функции параметров состояния. Она характеризуется стоимостью – количеством общественно необходимого труда (энергия); живым трудом, использующим работу созданных человеком машин-двигателей, а также энергию живой и неживой природы, то есть производительной деятельностью (тепло); уровнем экономической свободы хозяйствующих субъектов (энтропия)  $S$ ; трудоемко-



стью – отношением количества затраченного в производственном процессе общественно необходимого живого труда к соответствующему изменению скорости обращения денег (коэффициенту оборачиваемости средств); суммарным объемом конечных (потребительских) и промежуточных (средств производства) товаров  $V$  (объем системы); объемом промежуточных товаров – используемых в товарно-денежном процессе средств производства (собственный объем хозяйствующих субъектов как частиц системы)  $b$ ; объемом потребительских (конечных) товаров  $(V - b)$  – доступным для движения других «частиц» (товаропроизводителей) объемом системы; массой денег в обращении или затратами общественно необходимого труда в одном производственном цикле  $R$  (константа системы); скоростью обращения денег или числом производственных циклов в год  $T$  (интенсивный параметр, характеризующий скорость движения «частиц» - «температура» системы); доходом – аналог работы в термодинамике; прибылью – аналог полезной работы в термодинамическом цикле; стоимостью используемых средств производства и заработной платой – суммой постоянного ( $c$ ) и переменного ( $v$ ) капитала («кинетическая энергия» системы - часть дохода, которая используется в производстве)  $p(V - b)$ ; непроизводственными (транзакционными) расходами или прибавочной стоимостью ( $m$ ) - часть дохода, которая может, но не используется в производстве («потенциальная энергия» хозяйства); доходом  $RT$  (полная механическая энергия) и т. д.

Также как в термодинамике работа  $W$  и количество теплоты  $Q$  имеют размерность энергии, а работа и теплота не являются видами энергии, представляя два различных способа ее передачи при взаимодействии термодинамической системы с окружающей средой, а именно с изменением (работа) и без изменения (теплота) внешних параметров системы, также в капиталодинамической системе трудовые затраты и доход (прибыль) имеют размерность стоимости, но труд и производство прибыли (прибыльность) не являются видами стоимости, а лишь характеризуют экономический, в том числе товарно-денежный, процесс, представляя два различных способа обмена стоимостью. Иначе говоря, также как работа и тепло не являются функциями состояния системы (не определяются начальным и конечным состоянием системы), а лишь характеризуют процесс энергообмена в системе (являются функционалами), труд и получение прибыли также не являются функциями экономической системы, а лишь характеризуют экономический процесс.

Можно сформулировать несколько начал (принципов, постулатов) равновесной капиталодинамики:

**Общее начало** (1-ый постулат) – изолированное товарно-денежное хозяйство с течением времени приходит в состояние равновесия.

**Нулевое начало** (2-ой постулат) – положение о существовании скорости обращения денег, как интенсивного параметра, выражающего состояние активности хозяйствующих субъектов (движения стоимости).

**Первое начало** (3-ий постулат) – математическое выражение закона сохранения и превращения (распределения) стоимости (при постоянстве дохода сумма переменного и постоянного капитала, то есть заработная плата и стоимость использованных средств производства тем меньше, чем больше прибавочная стоимость).

**Второе начало** (4-ый постулат) – закон стихийного возрастания экономической свободы хозяйствующих субъектов (энтропии). Следует отметить, что также как невозможно с помощью замкнутого кругового процесса превратить теплоту в работу без компенсации, а работу в теплоту превратить можно, также невозможно превратить без компенсации живой труд в прибыль, а прибыль в живой труд превратить можно.

**Третье начало** (5-ый постулат) – по мере приближения скорости обращения стоимости (денег) к нулю (возрастанием до бесконечности времени экономического цикла) экономическая свобода хозяйствующего субъекта в равновесной экономике для постоянной скорости обращения стоимости (денег) перестает зависеть от каких-либо капиталодинамических параметров и принимает одну и ту же для всех систем постоянную величину, которую можно принять равной нулю.

### **2.3. Физико-математическая (энергодинамическая) модель экономического (производственного) цикла**

Товарно-денежное хозяйство основано на постоянно повторяющемся производственном (хозяйственном, экономическом) цикле, включающем полный оборот средств хозяйствующего субъекта (покупка хозяйствующим субъектом средств производства, то есть предметов труда и средств труда, производство с их помощью хозяйствующим субъектом товаров (затрата труда), продажа товаров, воспроизводство за счет части полученного дохода израсходованной хо-

зайствующим субъектом трудовой энергии (восстановление рабочей силы), восстановление израсходованных средств производства (покупка новых средств производства).

Как в термодинамике одним из основных методов исследования является метод круговых процессов, так и в капиталодинамике экономический (производственный, хозяйственный) экономический цикл является основой анализа. Из принципа изоморфности товарно-денежного хозяйства и вещества следует, что экономический цикл – это аналог термодинамического цикла (цикла Карно), а прибыль (прибавочная стоимость) – аналог полезной работы, выполненной термодинамической системой. Как и цикл Карно в термодинамике, экономический цикл в экономике является ее сущностью.

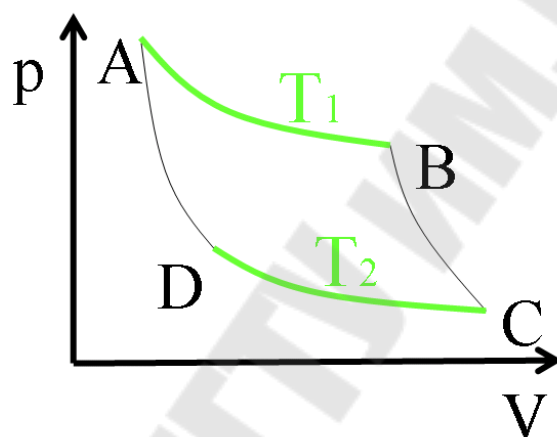


Рис. 2.1. Круговой процесс (капиталодинамический и термодинамический циклы),  $pV = const$  при  $T = const$

Оба цикла включают по четыре стадии (такта):

**1-ая стадия** (А-В). Производство продукта труда за счет затрат живого труда при постоянной скорости обращения денег  $T_1$  - новой стоимости  $W_{AB}$  (аналог такта, соответствующего производству работы в условиях изотермического расширения газа при подводе к нему тепла от нагревателя):

$$W_{AB} = \int_{V_A}^{V_B} p dV = RT_1 \ln \frac{V_B}{V_A} \quad (2.1).$$

В итоге  $V_B = V_A e^{\frac{W_{AB}}{RT_1}}$  при  $pV = const$ .

**2-ая стадия (B-C).** Перенос стоимости использованных средств производства (прошлого накопленного труда) на стоимость продукта труда (аналог адиабатического, то есть без теплообмена, расширения газа):

$$W_{BC} = \int_{V_B}^{V_C} p dV = \int_{V_B}^{V_C} \frac{pV_B^\gamma}{V^\gamma} dV = \frac{R(T_1 - T_2)}{\gamma - 1} \quad (2.2),$$

где  $\gamma$  - отношение трудоемкости (аналог теплоемкости) при  $p=const$  к трудоемкости при  $V=const$ . Процесс эквивалентен уменьшению  $T$ , так как  $RT$  уменьшается при  $R=const$ .

**3-я стадия (C-D).** Возврат части полученного дохода товаропроизводителю для воспроизводства рабочей силы (выплата заработной платы) – аналог изотермического сжатия (отвода тепла за счет контакта с холодильником):

$$W_{CD} = \int_{V_C}^{V_D} p dV = RT_2 \ln \frac{V_D}{V_C} \text{ при } (pV = const).$$

**4-я стадия (D-A).** Покупка (восстановление) использованных средств производства (аналог адиабатического, то есть без теплообмена, сжатия газа):

$$W_{DA} = \int_{V_D}^{V_A} p dV = \frac{R(T_2 - T_1)}{\gamma - 1} = -\frac{R(T_1 - T_2)}{\gamma - 1},$$

где  $\gamma$  - отношение трудоемкости (аналог теплоемкости) при  $p=const$  к трудоемкости при  $V=const$ . Процесс эквивалентен увеличению  $T$ , так как  $RT$  увеличивается при  $R=const$ .

Прибыль или прибавочная стоимость, если прибыль не используется в производстве, то есть не идет на увеличение постоянного или переменного капитала, как и полезная работа за цикл Карно:

$$W = W_{AB} + W_{BC} + W_{CD} + W_{DA} \quad (2.3)$$

Так как  $pV = \text{const}$  при  $T = \text{const}$ , а  $pV^\gamma = \text{const}$  при  $V = \text{const}$ , то полезная работа  $W$ , полученная за цикл Карно, и, соответственно, прибыль (прибавочная стоимость):

$$W = m = RT_1 \ln \frac{V_B}{V_A} - RT_2 \ln \frac{V_C}{V_D} \quad (2.4)$$

Следовательно, прибыль (прибавочная стоимость) в экономическом цикле аналогично полезной работе в термодинамическом цикле получается только за счет подведенной энергии: живого труда в первом случае, тепла – во втором случае. Ее получение невозможно без средств производства (прошлого воплощенного в средствах производства труда), но непосредственно средства производства не создают новую стоимость. Использованные средства производства восстанавливаются, то есть их стоимость не изменяется в процессе производственного цикла, она остается постоянной (средства производства – постоянный капитал). Деньги, вложенные в средства производства, фактически являются «вечными» производственными деньгами. При этом в каждом производственном цикле получается прибыль. Отсюда, если исходить из принципа справедливости, следует, что средства производства (в первую очередь, средства труда) должны быть общественной собственностью, распоряжение-управление и пользование которыми является возмездным.

Следует отметить, что ни природа рабочего тела (воздух, азот, пар и т.д.), ни его фазовое состояние (газ, жидкость и т.д.) в цикле Карно не оговаривается. Но по умолчанию обычно принимается, что это газообразное вещество (при расчете работы используется уравнение разреженного газа  $pV = RT$ ). Если же использовать пар, то изотермы будут представлять прямые линии (страты Максвелла), параллельные оси абсцисс (ось  $V$ ), а для расчета необходимо использовать уравнение  $pV + \frac{a}{V} = RT$ , точнее  $p(V - b) + \frac{a}{V} = RT$ , то есть уравнение (2.8, см. п. 2.4). Применительно к экономике это означает, что расчет дохода и, соответственно, прибыли зависит от типа экономического уклада, то есть характера производственных отношений (см. п. 2.4).

## 2.4. Фазовая модель среднеразвитого товарно-денежного хозяйства

Товарная, в том числе товарно-денежная экономика, как изоморфная веществу система (система многих движущихся и взаимодействующих между собой частиц, обладающих силовым полем: «частицы» вещества – молекулы, «частицы» экономики – хозяйствующие субъекты) описывается, естественно, однотипными с веществом уравнениями состояния. Например, среднеразвитая товарно-денежная экономика описывается (см. тему 1) уравнением состояния

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT \quad (2.5),$$

которое аналогично уравнению Ван дер Ваальса для молекулярной системы со средним запасом потенциальной энергии (система «жидкость-газ»).

При увеличении  $V$  и/или  $T$  кубическое уравнение (2.5) сначала переходит в квадратное уравнение

$$p(V - b) + \frac{a}{V} = RT \quad (2.6),$$

а затем – в уравнение первой степени

$$p(V - b) = RT \quad (2.7).$$

Графические решения уравнений (2.5) и (2.7) (фазовые диаграммы системы) схематически показаны на рис. 2.2, 2.3. Из анализа решений этих уравнений следует, что товарно-денежное хозяйство может существовать в трех стационарных (установившихся, качественно различных) состояниях: двух состояниях устойчивого равновесия (однородные состояния, фазы  $B$  и  $C$ ) и одном состоянии неустойчивого равновесия, разделяющего эти фазы (неоднородное состояние, область фазовых переходов 1-го рода, происходящих при  $T = const$ ).

Переходная область состоит из двух частей: примыкающей к фазе  $B$  части, в которой зарождаются, увеличиваясь в количестве и в размерах, зародыши фазы  $C$ , и следующей за ней примыкающей к фазе  $C$  части, в которой содержатся постепенно исчезающие остатки фа-

зы  $B$ . Эти две части разделены областью «взаимопроникающей сетки» - конвергенции фаз (рис. 2.4, линия  $k-f-q$ ).

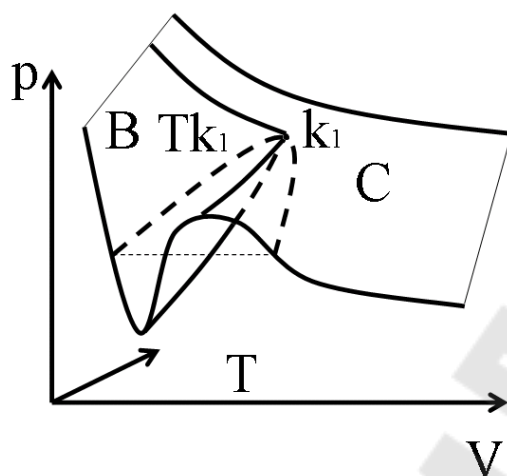


Рис. 2.2. Фазовая диаграмма системы со средним запасом потенциальной энергии (средне развитая рыночная экономика, молекулярная система «газ-жидкость»), описываемая уравнение (2.5), в координатах  $p$ - $V$ - $T$ .

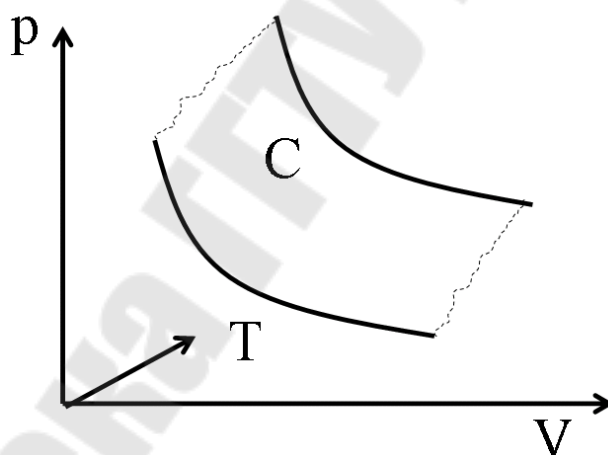


Рис. 2.3. Фазовая диаграмма системы, в которой вся потенциальная энергия перешла в кинетическую энергию (совершенная рыночная экономика, газообразное состояние вещества), описываемая уравнением (2.7), в координатах  $p$ - $V$ - $T$ .

Стационарные состояния товарно-денежного хозяйства – это способы производства (экономические уклады), отличающиеся уровнем непроизводительных издержек (изымаемой из производства частью прибыли - прибавочной стоимостью). В уравнениях состояния непроизводительным издержкам соответствуют дробные члены.

Согласно уравнению (2.5) экономический уклад (фаза)  $B$  имеет неустраняемые непроизводительные издержки (уравнение содержит

дробные члены), то есть является несовершенным товарно-денежным хозяйством. Очевидно, что это экономический уклад с частной собственностью на средства производства, так как именно частная собственность на них (частное владение средствами труда) препятствует, как еще показано Марксом, свободному развитию товарно-денежных отношений. Поскольку это однородное состояние (все хозяйствующие субъекты «равнозначны» и «равноправны»), то оно соответствует состоянию, соответствующему совокупности мелких хозяйств с трудовой частной собственностью (хозяйствующих субъектов, не использующих наемный труд и не могущих диктовать условия многим: крестьяне, ремесленники и др.).

Экономический уклад (фаза) *C* описывается уравнением (2.7), которое не имеет дробных членов (непроизводственные издержки устранены, прибавочная стоимость отсутствует). Следовательно, этот уклад не основан на частной форме собственности. Это предельно развитая, совершенная рыночная экономика. Так как существуют две принципиально разные формы собственности (частная и общественная), то уклад *C* должен быть основан на общественной собственности, а так как он соответствует однородному стационарному состоянию, то он должен функционировать на равном доступе равнозначных хозяйствующих субъектов к распоряжению общественными средствами производства (это можно осуществить на принципах уравнительной аренды общественных средств труда и свободной кооперации хозяйствующих субъектов, не использующих наемный труд). Следовательно, уклад *C* - это бесклассовое общество (социализм как социальная, то есть основанная на общественной собственности, рыночная экономика). Очевидно, что основной принцип социализма может осуществить именно совершенная рыночная экономика. Свободный от монополий рынок – самый объективный и справедливый арбитр в оценке количества общественно необходимого труда, воплощенного в продуктах нашего труда, и цены как его денежного выражения.

Переходное между укладами *B* и *C* неоднородное состояние – смешанная (двухукладная) экономика. Его первая часть, ограниченная линией (*g-d-k-f-q*), является укладом, где количественно преобладают мелкие хозяйства с трудовой частной собственностью (дисперсионной средой является уклад *B*), но экономически господствуют крупные хозяйства с наемным трудом, включая государственные (дисперсная среда). Это, говоря марксистским языком, диктатура



буржуазии. Именно это состояние (экономический уклад) соответствует современной рыночной экономике. Вторая часть ( $q-f-k-m-w$ ) переходного состояния – несовершенная социальная рыночная экономика, в которой еще сохраняются постепенно исчезающие мелкие хозяйства с трудовой формой частной собственности (дисперсная среда), но наемный труд уже ликвидирован (дисперсионная среда – общественная форма собственности, возникшая из государственной формы собственности вследствие ликвидации наемного труда). Это диктатура пролетариата, сутью которой является подавление попыток возрождения собственности, основанной на наемном труде. Эти части разделены областью конвергенции экономических укладов (линия  $k-f-q$ ).

Из анализа уравнений состояния товарно-денежного хозяйства следует, что самым существенным ограничением для функционирования рыночной экономики как системы с обратной связью являются непроизводительные издержки – прибавочная стоимость, обусловленная частным характером владения факторами производства.

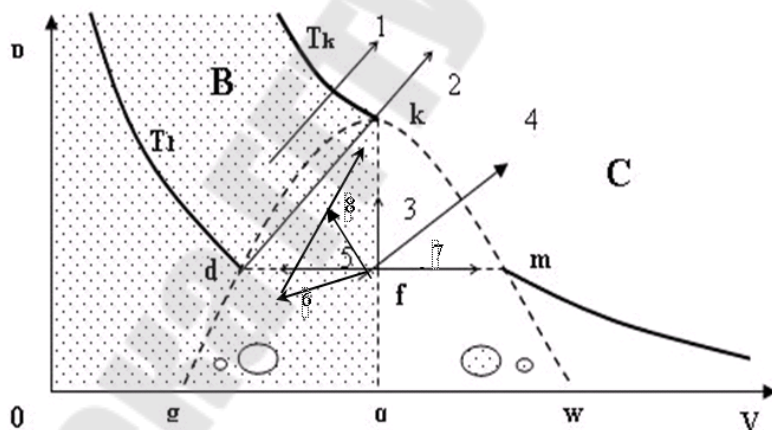


Рис. 2.4. Фазовая диаграмма в координатах  $p-V$  и основные пути реформирования средне развитой товарной (рыночной) экономики.

Из рис. 2.4 следует, что прогрессивное направление развития экономики - переход к укладу С. Этот переход современная экономика может осуществить двумя принципиально различными путями: эволюционным путем (стрелка 2), постепенно увеличивая скорость обращения производственных денег (внедрение технико-технологических инноваций, сопровождающееся демократизацией существующих производственных отношений), и революционным

путем (стрелки 4,7), изменив при существующей скорости обращения денег тип производственных отношений (финансово-экономические инновации - ликвидация основанной на наемном труде частной собственности и преобразование государственной собственности в общественную), переход через линию  $k-f-q$ .

Существуют также окольные, комбинированные и регрессивные пути развития. Приватизация государственной собственности, в том числе при сохранении скорости обращения денег, является регрессивным путем (стрелка 5). Реализуемый некоторыми странами путь (стрелка 6) - зигзаг истории (уменьшение  $V$  и  $T$  вследствие приватизации и ожидаемое их последующее увеличение за счет технико-технологических инноваций). Стрелка 8 - путь «пионера приватизации» («народного» капитализма) М. Тэтчер (ограниченная контролируемая приватизация с внедрением технико-технологических инноваций). Стрелка 3 – неустойчивый путь «конвергенции». Стрелка 4 – оптимальный путь прогрессивного развития.

Скорость обращения денег  $T$  (аналог для вещества – температура) – это «температура» экономики. Она характеризует величину дохода  $RT$ , то есть уровень развития производительных сил. Для постоянных значений  $T$ , то есть при  $RT = const$ , экономические уклады (для вещества – фазы и фазовые переходы 1-го рода) мультимодальны (равновозможны), то есть одному и тому же уровню развития производительных сил соответствует несколько типов экономических укладов (производственных отношений). Это соответствует наличию возможности выбора (для вещества выбор осуществляется внешней средой), а человек, как сознательное существо (сознательная форма движения материи) может отбирать (выбирать) их сам, то есть волевым действием изменять тип уклада. Это существенное отличие социально-экономической системы от физической системы, хотя законы физики выполняются в социологии (экономике). Возможность выбора типа экономического уклада человеком открывает широкие возможности для активного преобразования производственных, социально-экономических отношений человеком. Но не следует при этом забывать, что выбор ограничен! Поле выбора (варианты поведения, количество и тип экономических укладов, то есть характер производственных отношений) задается уравнением состояния системы, его левой частью.

Следует отметить, что положения Маркса о том, что «каждому уровню развития производительных сил соответствует один и только

один тип производственных отношений», и что «ни одна общественная формация не погибает раньше, чем разовьются все производительные силы, для которых она дает достаточно простора, и новые более высокие производственные отношения никогда не появятся раньше, чем созреют материальные условия их существования в недрах самого старого общества» не отменяются, если речь идет именно об «общественных формациях», а не об «экономических укладах». Согласно Марксу общество в своем историческом развитии последовательно проходит три общественные формации (архаическую формацию, то есть первобытно общинный строй; экономическую формацию и коммунистическую формацию). Внутри экономической формации он различал экономические уклады: азиатский, рабовладельческий, феодальный и др. Утверждение о «мультимодальности» относится к экономическим укладам, а не к общественным формациям, оно, конечно, ограничивает, а точнее конкретизирует эти положения.

Можно привести и другие отличия социально-экономической системы от физической системы. Например, газовую постоянную  $R$  в уравнении состояния физической системы (конкретного вещества) ни вещество, ни человек изменить не может, а массу денег в обращении (постоянную в уравнении товарно-денежного хозяйства – аналог газовой постоянной) человек может изменить легко.

## 2.5. Вопросы для самоконтроля

1. Почему экономика и вещество являются на языке физико-математического моделирования изоморфными системами?
2. Что такое «эконофизика»?
3. Обоснуйте возможность применения принципов термодинамики как физической энергодинамики в экономике.
4. Что такое «капиталодинамика»?
5. Опишите круговые (циклические) процессы в термодинамике и капиталодинамике.
6. Обоснуйте возможность применения физической фазовой теории в экономике.
7. Напишите и расшифруйте уравнения состояния средне развитой и предельно развитой рыночной экономики.
8. Используя фазовую диаграмму средне развитой рыночной экономики, назовите принципиальные пути ее реформирования.

## 2.6. Литература к теме 2

1. Мантенья Росарио Н., Стенли Г. Юджин. Введение в эконофизику: Корреляция и сложность в финансах. Пер. с англ.– М.: Книжный дом «ЛИБРИКОМ», 2009.
2. Романовский М.Ю., Романовский Ю.М. Введение в эконофизику. Статистические и динамические модели. – М.-Ижевск: НИЦ «РХД», ИКИ, 2007.
3. Егоренков Н.И., Казакова Е.Н., Стародубцев И.Е., Стародубцева М.Н. Топологическая динамика товарно-денежного хозяйства // Вестник ГГТУ, 2009, № 3.
4. Румер Ю.Б., Рывкин М.Ш. Термодинамика и статистическая физика: Учебное пособие. 3-е изд., стер. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. Ун-та: Сиб. унив. изд-во, 2001. – 608 с.

## ТЕМА 3. ХИМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ЭКОНОМИКЕ (ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ХИМИЯ)

### Содержание темы

1. Принцип Ле Шателье.
2. Закон действующих масс: экономический процесс, как «химическая реакция» (автокатализ, автоколебательные и хаотические процессы в химии и экономике).
3. Вопросы для самоконтроля.
4. Литература к теме 3.

В «Диалектике природы» Ф. Энгельс выделяет пять иерархических форм движения материи (механическая, физическая, химическая, биологическая и сознательная; низшая – механическая, высшая – сознание, мышление) и, соответственно, пять фундаментальных наук (механику, физику, химию, биологию и науки о человеке и человеческом обществе, включая медицину, социологию, экономику и др.). Каждая высшая форма движения и соответствующая ей наука содержит в себе как подчиненный элемент низшую форму движения и, соответствующую ей науку, но не сводится к ней. Законы механики выполняются в физике, законы физики – в химии, законы молекулярной химии – в биологии, а законы биологии – в науках о человеке и обществе. Это не означает, что науку об обществе (например, социологию, включая экономику) можно свести к биологии, биологию – к молекулярной химии, молекулярную химию – к физике, а физику – к механике. В социологии, в том числе в экономике, есть законы, которых нет в биологии, в биологии – которых нет в молекулярной химии, в химии – которых нет в физике, а в физике – которых нет в механике. Это означает, что можно построить иерархический по сложности ряд моделей социологии (социальная механика, социальная физика, социальная химия, социальная биология), включая экономику (экономическая механика, экономическая физика, экономическая химия, экономическая биология), простейшими из которых будут механические модели.

Еще в начале XX века Питирим Сорокин уподоблял людей «химическим элементам», то есть атомам и молекулам, а процесс их взаимодействия называл «социальной химией», видя задачу социаль-

но-экономических наук в «поиске формулы, объясняющей это взаимодействие».

Очевидно, что в химических моделях экономики реализуются также ее физические и механические модели.

### 3.1. Принцип (закон) Ле Шателье

Принцип Ле Шателье (1884г.) является следствием общего принципа равновесия Гиббса и оценивает воздействие внешних факторов на состояние физической или химической системы, находящихся в равновесии:

*«Если на систему, находящуюся в равновесии, оказывается внешнее воздействие (например, изменяется давление, температура или концентрация), то в результате протекающих в ней процессов равновесие сместится в таком направлении, чтобы ослабить (уменьшить) оказываемое воздействие».*

Принцип Ле Шателье определяет смещение химического и фазового равновесия при изменении температуры, давления и состава системы.

Пример для химической системы: в химической реакции образования аммиака из азота и водорода при увеличении давления равновесной смеси азота, водорода и аммиака равновесие смещается в сторону образования аммиака (образование одной молекулы вместо исходных двух уменьшает давление).

Пример для физической системы: если подводить тепло к равновесной системе «лёд-жидкая вода» (пытаться увеличить ее температуру), то лёд начнет плавиться (при плавлении льда поглощается тепло, что способствует уменьшению температуры) и до тех пор, пока существует лёд, температура остается постоянной, повысить ее невозможно.

О выполнении принципа Ле Шателье в социально-экономических системах упоминал еще в 20-х годах прошлого (XX) века Богданов А.А. - ученый, известный многим как автор «Всеобщей организационной науки (тектологии):

«Закон Ле Шателье нам придется опять коснуться, поэтому я его формулирую. Закон равновесия относится к определенному типу систем, которые так и называются системами равновесия, и эти системы характеризуются тем, что если на них производится какое-нибудь воздействие извне, которое, значит, их изменяет, то в них воз-

никают изменения, стремящиеся противодействовать, ослабляющие это внешнее воздействие... Общество не только в своей материальной жизни, но и в своей интеллектуальной, в данном случае в своем научном сознании, принадлежит к типу систем Ле Шателье, систем равновесия, то есть на внешние, изменяющиеся воздействия реагирует такими свойствами изменений, которые этому противодействуют» [Богданов А.А. Из доклада, прочитанного на заседании Социалистической Академии Наук в 1923 г. «Общественно-научное значение новейших тенденций естествознания»].

Пример выполнения принципа Ле Шателье в экономике - широко известный «принцип невидимой руки рынка» Адама Смита, «кривая спроса» (увеличение объема товаров влечет за собой уменьшение их цены, так как доход должен оставаться постоянным в совершенной экономике), эффект «равновесной цены», снижение объемов производства при увеличении прибавочной стоимости и т.д.

### **3.2. Закон действующих масс: экономический процесс, как «химическая реакция» (автокатализ, автоколебательные и хаотические процессы в химии и экономике)**

Экономический процесс можно представить как химическую реакцию. Например, продукт труда  $R$  (жизненное благо) можно рассматривать как результат взаимодействия работника (реагент  $A$ ) со средствами производства (реагент  $B$ ).

Химическая реакция между двумя веществами записывается как

$$cA + mB \xrightarrow{r} zR,$$

где  $A, B$  – молярные концентрации реагентов, а  $R$  – продукта реакции;  $c, m, z$  – стехиометрические коэффициенты;  $r$  – константа скорости прямой реакции.

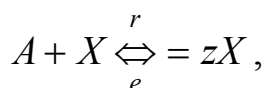
Скорости химической реакции подчиняются закону действующих масс.

***Закон действующих (действия) масс: скорость химической реакции при данной температуре прямо пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ в степенях с показателями, равными стехиометрическим коэффициентам в уравнении реакции.***

Согласно закону действующих масс скорость прямой реакции  $v$ :

$$v = \frac{dR}{dt} = rA^c B^m$$

В случае автокаталитической реакции (один из исходных реагентов является продуктом реакции: самоускоряющейся реакции, если константа скорости положительна, или самозамедляющейся реакции, если константа скорости отрицательна) с неограниченным ресурсом ( $A$ ):



где  $e$  – константа скорости обратной реакции, скорость прямой реакции описывается линейным дифференциальным уравнением

$$dX / dt = kX,$$

где  $k = Ar$ . Накопление продукта реакции в этом случае описывается уравнением:

$$X = X_0 e^{kt},$$

то есть количество продукта увеличивается экспоненциально. Это дифференциальное уравнение реакции для упрощения расчета количества продукта можно превратить в итерационное уравнение (с дискретным временем)

$$X_{n+1} = kX_n.$$

Схема зависимости последующего количества продукта автокаталитического процесса  $X_{n+1}$  (ось ординат) от предыдущего значения  $X_n$  (ось абсцисс) при неограниченном ресурсе представлена на рис. 3.1.



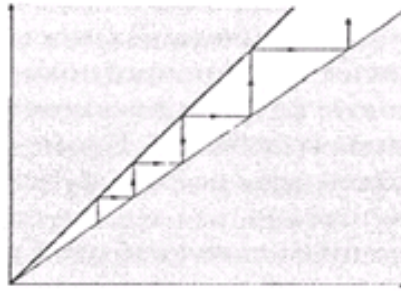
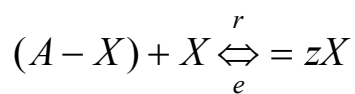


Рис. 3.1

В случае автокаталитической реакции с ограниченным ресурсом ( $A-X$ ):



скорость прямой реакции описывается нелинейным (квадратичным) дифференциальным уравнением

$$dX/dt = rX(A - X).$$

Это дифференциальное уравнение также можно превратить в итерационное уравнение (с дискретным временем)

$$X_{n+1} = rX_n(1 - X_n).$$

В этом случае зависимость  $X_{n+1}$  от  $X_n$  описывается параболой (рис. 3.2, 3.3, 3.5, 3.8), высота которой определяется  $r$ . Дискретная динамика кумулятивного процесса изменения  $X$ , будет описывать уравнение  $X_{n+1} = (1+r)X_n - rX_n^2$ . При  $X_{n+1}$  меньше  $X_{n+1} = X_n$  (биссектриса) процесс затухает (рис. 3.2).

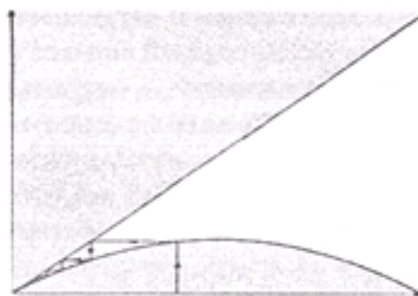


Рис. 3.2.

Анализ отображений  $x_{n+1} = f(x_n)$  выполнил Фейгенбаум, выявив универсальные закономерности в поведении такого рода систем. При  $0 < r < 2$  анализируемая величина постепенно возрастает (рис. 3.3) до определенного предела (устойчивое равновесие, точка пересечения биссектрисы с параболой) (рис. 3.3, 3.4).

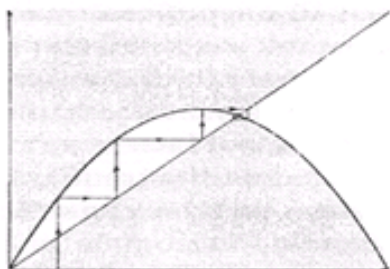


Рис. 3.3

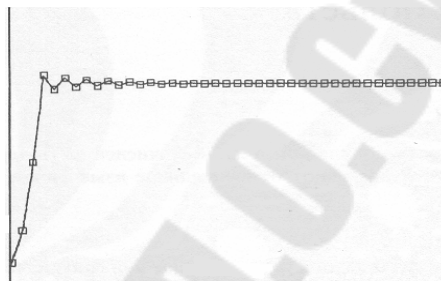


Рис. 3.4

Если  $r > 2$ , то процесс начинает осциллировать (возникают колебания, бифуркации значений) сначала между двумя (рис. 3.5, 3.6), а потом четырьмя (рис. 3.7), восемью и т. д. уровнями (происходит последовательное удвоение периода колебаний).

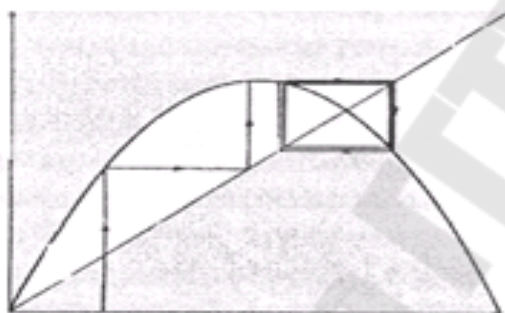


Рис. 3.5

Цикл периода 2

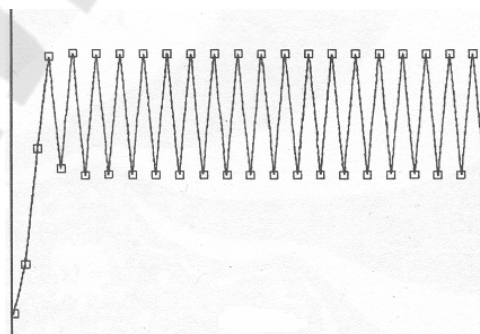


Рис. 3.6

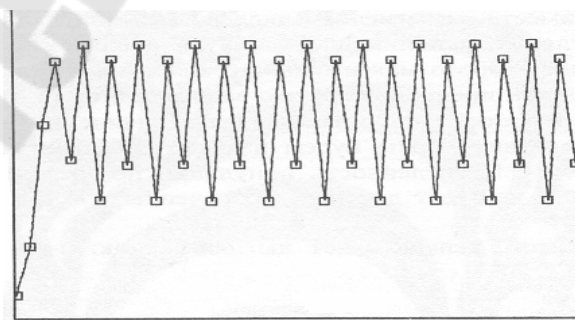


Рис. 3.7 (цикл периода 4)

Если  $r_n$  – значение параметра роста, соответствующее  $n$ -ой бифуркации, когда происходит смена периодов колебаний, то

$(r_n - r_{n-1}) / (r_{n+1} - r_n)$  сходится к значению 4,669..., когда  $n \rightarrow \infty$  («число Фейгенбаума»). Удвоение периода напоминает фрактал, основанный на двоичной системе с показателем масштабирования, равным числу Фейгенбаума.

Наконец, при  $r = 2,57$  процесс становится «хаотическим»:

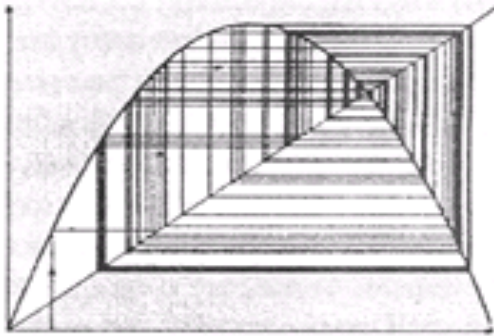


Рис. 3.8

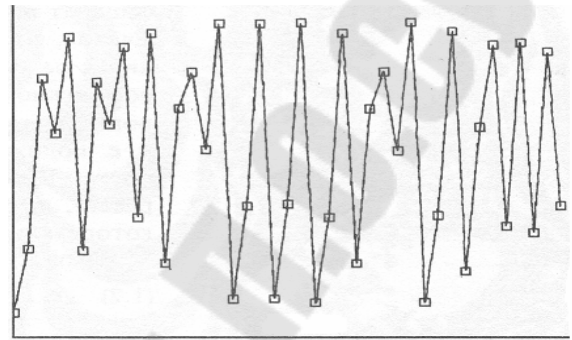


Рис. 3.9

Внутри «хаотической» области существует бесчисленное множество «окон» с устойчивыми периодическими точками. Структура каскада бифуркаций за точкой хаоса соответствует структуре каскада бифуркаций, предшествующего ей (так называемый обратный каскад). Около точки полного хаоса ( $r = 3$ ) имеется только одна хаотическая полоса, распадающаяся при  $r = 2,679$  на две, при  $r = 2,593$  на четыре, затем на 8,16,32 полос и т.д. до бесконечности. Область  $r = (2,57 - 3)$  - область «детерминированного хаоса» с окнами устойчивости. Ниже представлена бифуркационная диаграмма (зависимость  $X_{n+1}$  от  $r$ ). Следует отметить, что рассматриваемые колебания являются не переходным режимом, а установившимися (стационарными) колебаниями.

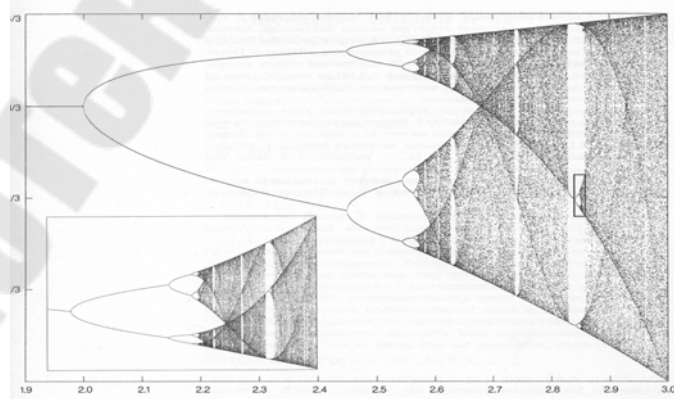


Рис. 3.10. Бифуркационная диаграмма

«Хаотическое» поведение нелинейной системы – не аналог случайного ее поведения, так как процесс полностью воспроизводим, он

предопределен уравнением состояния, то есть детерминирован. Это «детерминированный хаос» - характерное свойство нелинейных систем.

Очевидно, что не только экономический, но также и социально-экономический процесс можно записать как химическую автокаталитическую реакцию. Например, если вместо исходных реагентов подразумевать жизненные блага и работников, а вместо продуктов реакции – работников (конечной целью всякого производства является воспроизводство рабочей силы), то можно построить модель изменения народонаселения. Например, итерационное уравнение

$$(A - X) + 2X \underset{e}{\overset{r}{\rightleftharpoons}} = 3X$$

означает, что производственная деятельность двух работников (например, молодой семьи) при ограниченных ресурсах в состоянии обеспечить существование трёх человек (родить ребенка и воспитать из него квалифицированного работника).

### 3.3. Вопросы для самоконтроля

1. Почему законы молекулярной химии выполняются в экономике и социологии?
2. Описывается ли вся сложность экономической и социально-экономической жизни законами химии?
3. Приведите другие примеры действия физико-химического закона Ле Шателье в экономике и обществе.
4. Используйте химический закон действующих масс для объяснения и описания других экономических и социально-экономических процессов.
5. Приведите примеры выполнения в экономике и социологии других физических и химических законов (например, газовых законов).

### 3.4. Литература по теме

1. Денисов Е.Т. Закон действующих масс. В кн: Химическая энциклопедия: В 5-ти т.: Т.2 / Редкол.: Кнунянц И.Л. (гл. ред.) и др. – М.: Сов. энциклопедия, 1990; с. 15-16.

2. Малинецкий Г.П. Хаос. Структуры. Вычислительный эксперимент: Введение в нелинейную динамику. Изд. 3-е, стереотипное. – М.: Едиториал УРСС, 2002; с. 163-187.
3. Филиппов В.К. Принцип Ле Шателье. В кн: Химическая энциклопедия: В 5-ти т.: Т.2 / Редкол.: Кнунянц И.Л. (гл. ред.) и др. – М.: Сов. энциклопедия, 1990; с. 588.
4. Энгельс Ф. Диалектика природы. М.: Политиздат, 1975.

## **ТЕМА 4. БИОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ЭКОНОМИКЕ (ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ)**

### **Содержание темы**

1. Биология и экономика
2. Модель Мальтуса (неограниченное размножение).
3. Модель с ограниченным размножением.
4. Модель Ферхюльста (с ограниченным ресурсом).
5. Модель с двойным ограничением.
6. Модель Лотка-Вольтерра.
7. Вопросы для самоконтроля.
8. Литература к теме 4.

«Животному сама природа определила круг действий, в котором оно должно двигаться, и оно спокойно его завершает, не проявив стремления выйти за его пределы, не подозревая даже о существовании какого-либо другого круга»

[Маркс К.]

### **4.1. Биология и экономика**

Биологические модели экономики являются более сложными, чем химические, а химические модели – более сложными, чем физические, а физические модели – более сложными, чем механические модели. Соответственно, биологические модели экономики включают в себя химические, физические и механические модели. Биологические модели не исчерпывают, конечно же, всей сложности экономики, в экономике существуют законы, которых нет в биологии. Тем не менее, не следует забывать, что биологические законы действуют в экономике. Их необходимо не только знать, но и учитывать при выработке управленческих решений, а главное – уметь их использовать для повышения эффективности экономики.

### **4.2. Модель Мальтуса (неограниченное размножение)**

Воспроизводство материальной жизни, точнее человека (населения), является основной задачей развития любой страны, всего человечества.

Историю применения математики в науке о популяциях (численности сообществ, населения) принято исчислять с момента выхода в свет книги Мальтуса «Опыт о законе народонаселения» (1798 г.). В ней впервые четко сформулировано представление о том, что численность популяции (фр. population – население), которой предоставлена возможность размножаться неограниченно, увеличивается во времени в геометрической прогрессии. Иначе говоря, динамика численности неограниченной ресурсами популяции описывается уравнением  $dX / dt = kX$ , имеющим решение  $X(t) = X_0 e^{kt}$  и поэтому, естественно, называемым уравнением экспоненциального роста (при  $k > 0$  происходит экспоненциальный рост популяции). Поскольку производство жизненных благ (в первую очередь, продуктов питания) увеличивается, как считал Мальтус, гораздо медленнее (не в геометрической, а в арифметической прогрессии), то рост народонаселения согласно Мальтусу будет неизбежно замедляться. Конечно, в случае человеческой популяции на этот процесс существенное влияние оказывает менталитет человека, его представления о жизненных ценностях. Так, некоторые при удовлетворении собственных потребностей в продуктах питания могут предпочесть перспективу более высокого уровня собственного обеспечения другими жизненными благами (при общей ограниченности средств на производство жизненных благ) перспективе родить и воспитать детей. Именно этим обстоятельством объясняют то, что в последние десятилетия численность населения в промышленно развитых странах стала существенно сокращаться. Особенно угрожающие размеры сокращения численности населения приобрело в бывших советских республиках. Так, после перестройки экономики в 90-х годах прошлого века ежегодное сокращение населения в России составляет сотни тысяч человек (при общей численности около 145 миллионов), в Республике Беларусь – десятки тысяч человек (при общей численности около 9,5 миллиона). В Латвии в настоящее время численность (30-40)-летних в 2 раза превышает численность детей до 10 лет (через 30 лет некому будет содержать пенсионеров).

Уравнение Мальтуса – это фактически открытое и используемое в биологии (обществе) химическое уравнение, вытекающее из закона действующих масс (см. тему 3). Оно применимо не только к численности популяции, но также и к процессу производства любых жизненных благ. Это еще раз свидетельствует о том, что законы химии выполняются в биологии.



### 4.3. Модель с ограниченным размножением

Особи популяции не только рождаются, но и умирают. Поэтому уравнение динамики популяции следует переписать в виде:

$$x = x_0 + \alpha x_0 - \beta x_0 \quad x = \mu x_0 ,$$

где  $\beta$  – коэффициент смертности,  $\mu = 1 + \alpha - \beta$  – коэффициент прироста популяции,  $x - N$  (численность популяции),  $x_0 - N_0$  (исходная численность популяции).

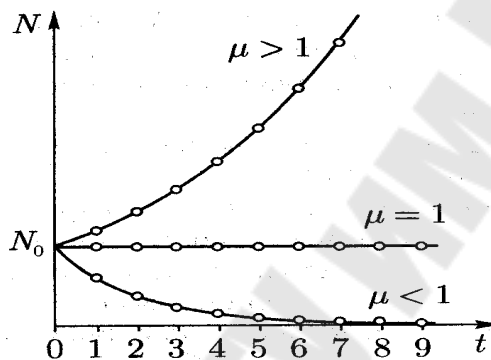


Рис. 4.1. Динамика численности популяции при различных коэффициентах ее прироста

### 4.4. Модель Ферхюльста (с ограниченным ресурсом)

Модель Ферхюльста учитывает то обстоятельство, что коэффициент прироста («размножения») уменьшается с увеличением численности популяции, что связывается с ограничением какого-либо ресурса (например, продуктов питания). Эта модель описывается дифференциальным уравнением:

$$dN/dt = rN(1 - N)$$

или соответствующим ему итерационным отображением (так называемая «логистическая модель»):

$$N_{n+1} = rN_n(1 - N_n).$$



Эти уравнения также являются уравнениями, вытекающими из закона действующих масс, то есть химическими по своей природе уравнениями, которые выполняются в биологии (см. тему 3). Их графические решения представлены на рис. 4.2 и рис. 4.3.

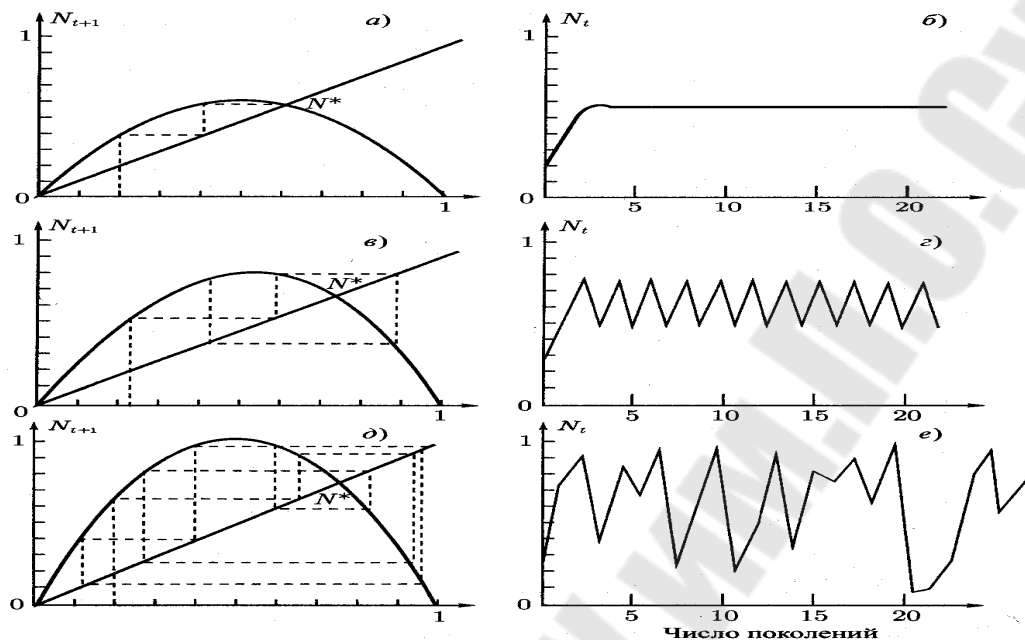


Рис. 4.2. Монотонное приближение к равновесию (а,б); цикл 2 (в,г), детерминированный хаос (д,е).

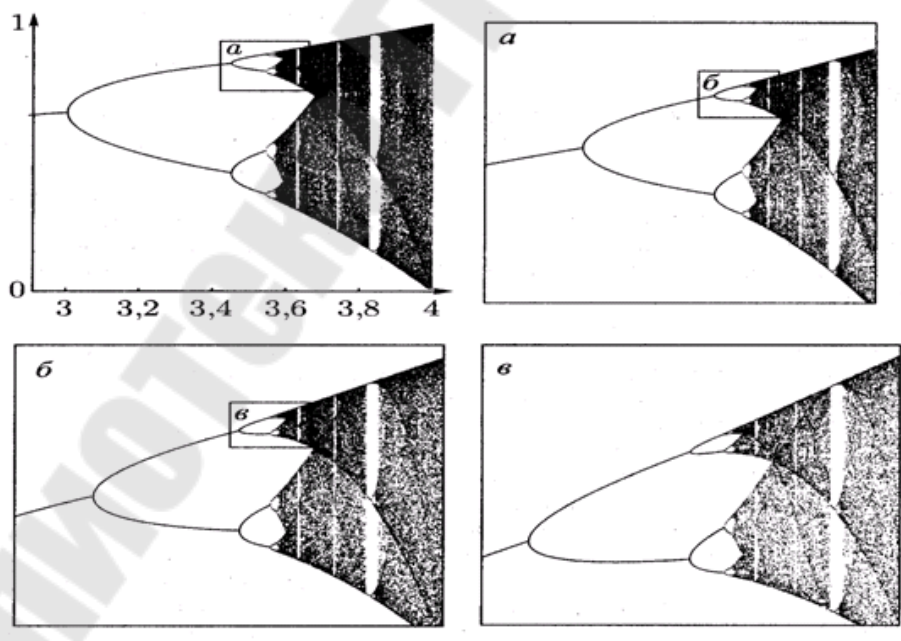


Рис. 4.3. Бифуркационная диаграмма, самоподобие структуры (ось абсцисс -  $r$ )

В зависимости от значений константы скорости процесса  $r$  имеет место несколько сценариев: популяция может вырождаться; достигать постоянной численности; возможны гармонические колебания ее численности, включая удвоения периодов колебаний; детерминированный хаос.

#### 4.5. Модель с двойным ограничением:

$$dx/dt = x(\alpha - \gamma x) - \beta x$$

где  $x(t)$  – численность популяции в момент времени  $t$ ,  $\alpha > 0$  – коэффициент рождаемости,  $\beta > 0$  – коэффициент смертности, вызванной старением организма,  $\gamma > 0$  – коэффициент смертности, связанный с ограничением ресурса.

При  $\alpha < \beta$  численность популяции стремится к нулю (популяция вымирает).

При  $\alpha > \beta$  численность популяции с увеличением времени стремится к устойчивому стационарному значению (режиму).

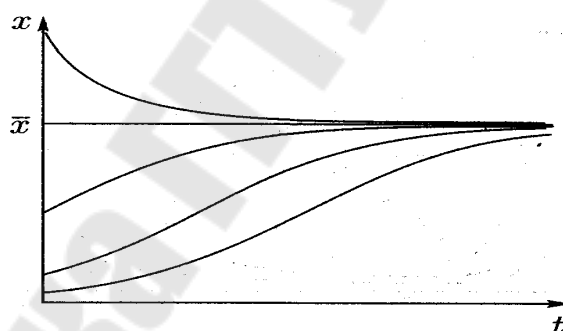


Рис. 4.4. Динамика решений логистического уравнения с двойным ограничением

#### 4.6. Модель Лотка-Вольтерра (хищник-жертва)

Первая математическая модель, описывающая динамику взаимодействующих популяций, появилась в 20-х годах XX века – модель Лотка-Вольтерра:

$$\begin{aligned} dx/dt &= \alpha x - \beta xy & \alpha > 0, \beta \geq 0 \\ dy/dt &= -\gamma y + \delta xy & \gamma > 0, \delta \geq 0 \end{aligned}$$

$x(t), y(t)$  – плотность популяции жертвы и хищника соответственно (желающие могут считать, как отмечает академик Арнольд В.И., что жертвы – это трудящиеся, а хищники – это организованные преступники [1]);

$\alpha, \beta, \gamma$  – скорость размножения популяции жертвы в отсутствие хищника, удельная скорость потребления популяцией хищника популяции жертвы при единичной плотности обеих популяций,

$\gamma$  – естественная смертность хищника,  $\delta/\beta$  – коэффициент переработки потребленной хищником биомассы жертвы в собственную биомассу.

В основу модели положены следующие идеализированные представления о характере внутривидовых и межвидовых отношений в системе «хищник-жертва»:

1. В отсутствие хищника популяция жертвы размножается в соответствии с принципом Мальтуса – экспоненциально;

2. Популяция хищника в отсутствие жертвы вымирает;

3. Суммарное количество жертвы, потребленное популяцией хищника в единицу времени, линейно зависит и от плотности популяции жертвы, и от плотности популяции хищника;

4. Потребленная хищником биомасса жертвы с постоянным коэффициентом перерабатывается в биомассу хищника;

5. Какие бы то ни было дополнительные факторы, оказывающее влияние на динамику популяций, отсутствуют.

В условиях изоляции  $\delta = \beta = 0$  численность жертв экспоненциально возрастает  $x(t) = e^{\alpha t} x_0$ , а численность хищников экспоненциально убывает  $y(t) = e^{-\gamma t} y_0$

При взаимодействии  $\beta > 0, \delta > 0$  в системе может наблюдаться равновесное состояние, отвечающее стационарному решению:

$$x(t) \equiv \bar{x} = \frac{\gamma}{\delta}, y(t) \equiv \bar{y} = \frac{\alpha}{\beta} .$$

Отклонение от равновесия ведет к колебательному решению.

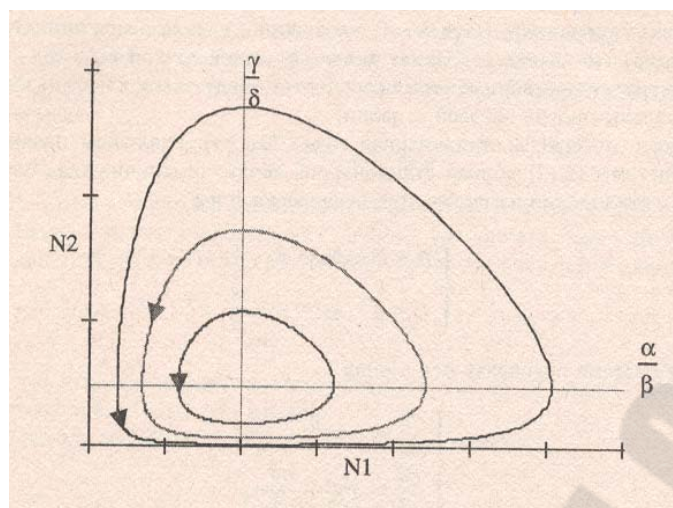


Рис. 4.5. Периодические решения в модели «хищник-жертва»

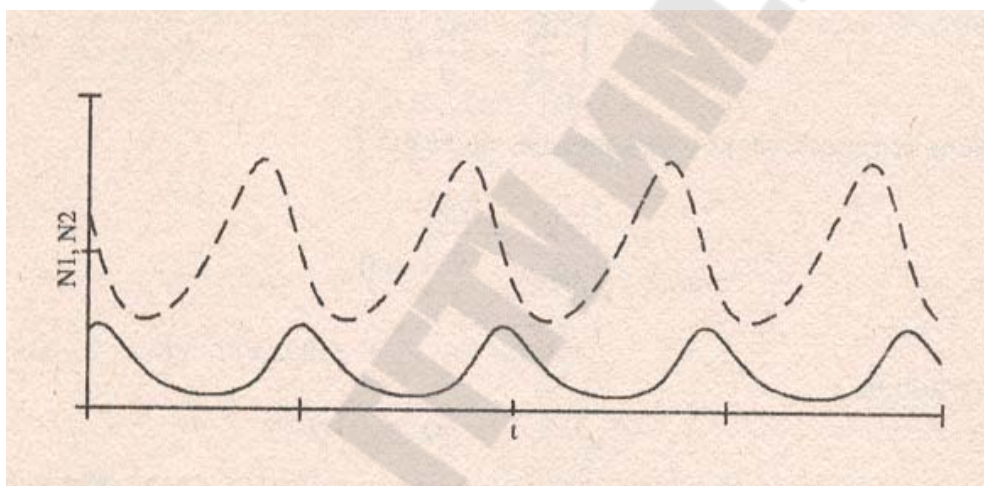


Рис. 4.6. Зависимость числа хищников (сплошная линия) и жертв (пунктир) от времени (ось абсцисс)

Очевидно, что рассмотренные модели, включая модель «хищник-жертва», пригодны не только для описания динамики численности популяций. Они уже широко используются для описания динамики социально-экономических явлений (от динамики численности городов до закономерностей классовой борьбы). Например, модель «хищник-жертва» использована для описания отношений рабочих и буржуазии (модель Гудвина). Учитывающая взаимодействие между уровнем занятости и законодательно закрепляемой долей отчислений на оплату труда, эта модель напоминает модели политической экономики, и ее иногда называют «неомарксистской» моделью. Модель бы-

ла усовершенствована многими учеными (Десаи, Зангом, Флашелем, Шаху и др.).

Еще в первой половине XX века экономист Н.Д. Кондратьев предложил (в письме к жене из Суздальского политизолятора) для описания динамики народного хозяйства (капитала и населения) дифференциальное уравнение

$$\frac{dy}{dt} = ky(L - y),$$

то есть фактически предложил использовать при описании экономики уравнение Ферхюльста. К сожалению, он дал только его аналитическое решение

$$y = \frac{L}{1 + Ce^{-at}},$$

которое описывает изменение капитала и населения кривой логистического типа, и не рассмотрел соответствующее этому уравнению итерационное отображение, выявляющее автоколебания, включая «детерминированный хаос». Но именно Н.Д. Кондратьев интенсивно разрабатывал теорию экономических циклов и обосновал существование в экономике больших циклов конъюнктуры - длинных волн (40-60 лет), длинопериодных автоколебаний, которые и получили впоследствии наименование «волн Кондратьева». Он собирался написать две книги (книгу о больших колебаниях и книгу о малых циклах и кризисах). К сожалению, осуществить это он не смог, так как в 1938 году он был расстрелян (фактически по указанию Сталина - желание расстрелять Кондратьева Сталин выразил в одном из своих писем к Молотову).

Примеры использования в экономике нелинейных моделей с ограниченными ресурсами, аналогичных рассмотренным выше, можно найти в книге В.-Б. Занга «Синергетическая экономика».

#### 4.7. Вопросы для самоконтроля

1. Объясните взаимосвязь биологических наук и экономики.
2. Назовите основные «биологические» модели, которые выполняются в экономике.

3. Обоснуйте существование циклических колебаний экономики на примере моделей естественных наук (химических и биологических).
4. Какие особенности динамических моделей приводят к появлению автоколебаний и «хаотических» режимов?
5. Что такое большие циклы конъюнктуры Кондратьева?

#### 4.8. Литература к теме 4

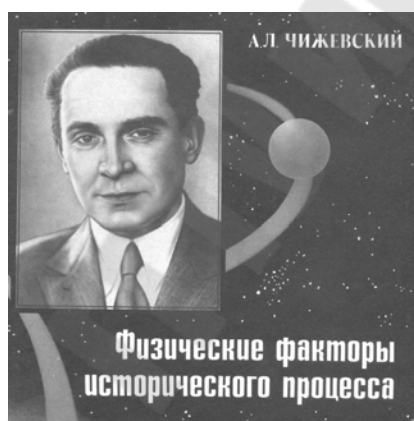
1. Арнольд В.И. «Жесткие» и «мягкие» математические модели. – М.: МЦНМО, 2004.
2. Васин В.В., Ряшко Л.Б. Элементы нелинейной динамики: от порядка к хаосу. М.-Ижевск, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»; Институт компьютерных исследований, 2006.
3. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование: Пер. с франц. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004.
4. Занг В.-Б. Синергетическая экономика. Время и переменны в нелинейной экономической теории: Пер. с англ. – М.: Мир, 1999.
5. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. Избранные труды / Ред. колл.: Абалкин Л.А. (пред.) и др.; сост. Яковец Ю.В.. – М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2002.
6. Туган-Барановский М.И. Периодические промышленные кризисы. История английских кризисов. Общая теория кризисов. – М.: Наука, 1997.

## ТЕМА 5. ЗЕМНОЕ ЭХО СОЛНЕЧНЫХ БУРЬ – ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА БИОСФЕРУ, ЧЕЛОВЕКА И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

### Содержание занятия

1. А.Л. Чижевский – основоположник гелиобиологии.
2. Живое вещество (клетка, организм, популяция) и окружающая среда;
3. Пульс Солнца и волны эпидемий, неурожаяев, катастроф, экономики, военной и политической активности человечества.
4. Вопросы для самоконтроля.
5. Литература к теме 5.

#### 5.1. А. Л. Чижевский – основоположник гелиобиологии



Александр Леонидович Чижевский (1897-1964) родился в п. Цеханович Гродненской области (ныне территория Польши). Учился на физико-математическом и медицинском факультетах Московского университета. В 1942 г. арестован по доносу и 10 лет просидел в тюрьме. Является основоположником науки о влиянии Солнца на жизнь (гелиобиологии). Он сформулировал также положение «Предрасположенность к поведению человеческих масс есть функция энергетической деятельности Солнца». Идеи Чижевского при его жизни не нашли поддержки ни у власти, ни у большинства ученых в СССР. Горячим сторонником и другом Чижевского был К.Э. Циолковский.

Чижевский писал о том, что еще «английский историк Бокль (1821-1862) пытался показать, что к истории должны быть приложимы методы и принципы естественных наук, ибо история есть взаимо-

действие между человеком и природой». «Почти одновременно с Боклем американский химик и историк Дрэпер (1811-1882) высказал мысль о том, что историческая эволюция народов управляется естественными законами и находится под влиянием физических агентов природы, что исторические явления ... подчинены определенной закономерности, которая должна быть рано или поздно вскрыта». Но Чижевский подчеркивал, что, несмотря на отдельные попытки, «сфера точных дисциплин совершенно не коснулась истории в целом», «что главной причиной отсутствия подобных исследований надо признать слепое, но общее убеждение в независимости психической и социальной деятельности человека от каких-либо физико-химических явлений в окружающем его мире», «что «физика должна осветить лицо истории своими законами о веществе, связать человека с человеком, человечество с природою путем установления для органических веществ законов, аналогичным законам неорганического мира. Математика в теоретическом синтезе должна выявить формы исторических явлений и вскрыть исторические пути народов и человечества. Современная точная наука мало-по-малу уже вступает на этот путь».

## **5.2. Живое вещество (клетка, организм, популяция) и окружающая среда**

Все живое на Земле построено из клеток и подразделяется на два больших «царства»:

1 - прокариоты (безъядерные клетки, организмы): бактерии и археобактерии;

2 - эукариоты (ядерные клетки, организмы): растения, грибы, животные, человек.

«Организм без внешней среды, поддерживающей его существование, невозможен, поэтому в научное определение организма должна входить и среда, влияющая на него. Так как без последней существование организма невозможно, то споры о том, что в жизни важнее – среда или само тело, не имеют ни малейшего смысла» [И.М. Сеченов].

Свет и тепло, излучаемые Солнцем, являются основой жизни на Земле. Количество света и тепла и, следовательно, динамика жизни зависит от вращения Земли вокруг своей оси (времена суток: день и ночь) и вращения её вокруг Солнца (поры года: весна, лето, осень, зима). Но Солнце влияет на земную жизнь не только посредством



этих известных каждому человеку и очевидных факторов. Оно является также мощным источником магнитного поля и потока элементарных частиц. Расстояние от Солнца до Земли составляет 107 солнечных диаметров – незначительная по космическим масштабам величина. Поэтому Земля «купается» в море видимого и невидимого солнечного излучения (полей и частиц вещества).

### 5.3. Пульс Солнца и волны эпидемий, неурожая, катастроф, экономики, военной и политической активности человечества

Активность Солнца не является постоянной, она периодически (циклически) изменяется и, соответственно, периодически изменяется динамика жизненных процессов на Земле.

«Мысль об особом солнечном влиянии на организм принадлежит не одному мне, а сотням и тысячам тех летописцев и хроникеров, которые записывали необычайные явления на Солнце, глад, моровые поветрия и другие массовые явления на Земле. Но я облек древнюю мысль и форму чисел, таблиц и графиков и показал возможность прогнозирования» [А.Л. Чижевский].

Активность Солнца характеризуется числами Вольфа-Вольфера (W-W), связанными с числом наблюдаемых пятен на его поверхности. Средний период солнечной активности – 11 лет (от 7 до 16 лет, чаще – от 9 до 13 лет). Существуют также циклы меньшей и большей продолжительности (например, 4,4 года, 33-35 лет, 60-72 года, 266 лет). В соответствии с солнечной активностью изменяются многие земные процессы (неурожай, эпидемии, волнения народных масс и т.д.). Одна из причин цикличности солнечной активности – суммарное гравитационное влияние планет на Солнце.

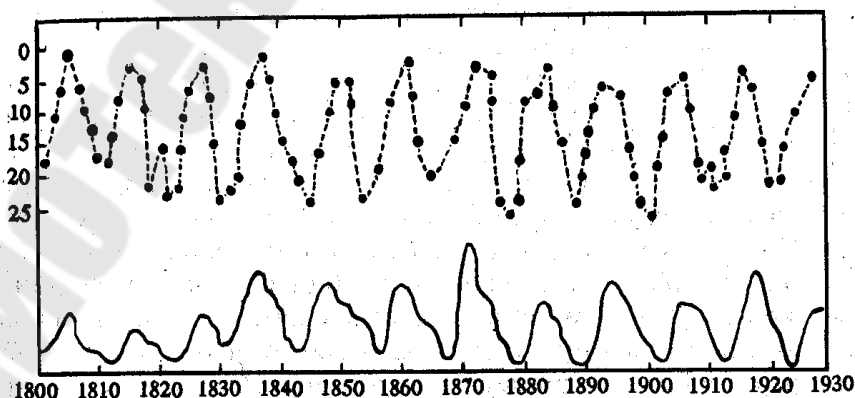


Рис. 5.1. Влияние планет Юпитера, Земли, Венеры и Меркурия на деятельность Солнца. Верхняя кривая – конstellация (созвездие) планет. Нижняя кривая – деятельность Солнца (по Ф. Мальбурэ)

## Рост древесины и солнечная активность

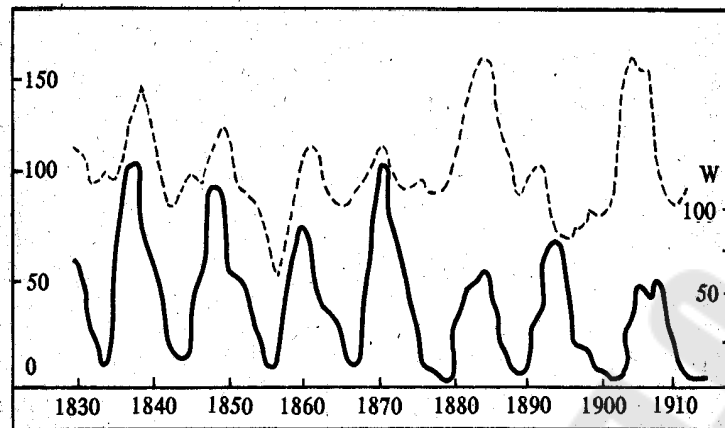


Рис 5.2. Верхняя кривая – рост древесины (толщина годичных колец) в Эберсвальде (Германия) с 1830 по 1910гг.  
Нижняя кривая – деятельность Солнца (по Дугласу)

## Урожайность зерновых и солнечная активность

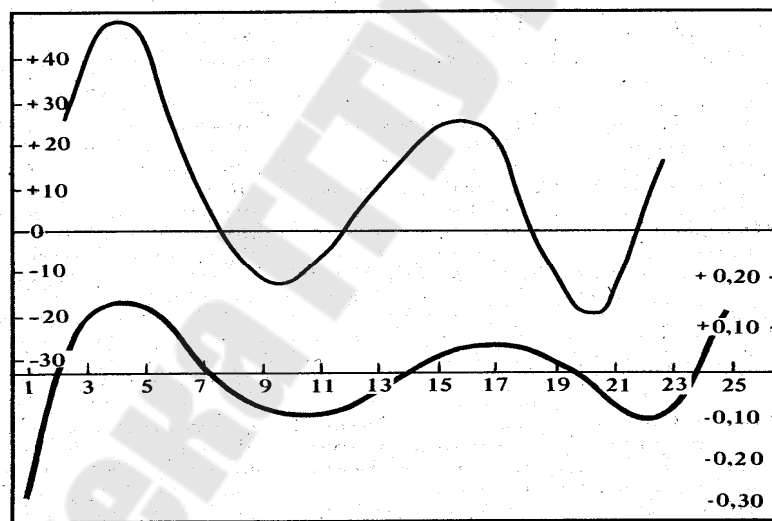


Рис. 5.3. Нижняя кривая – урожай зерновых хлебов в России.  
Верхняя кривая – солнечные пятна.  
Кривые средних колебаний по столетним наблюдениям (по Семенову)

Хорошо известен в науке «параллелизм трёх кривых, представляющих собою графическое изображение пятнообразовательной деятельности солнца, частоты полярных сияний и колебаний земного магнетизма» [А.Л. Чижевский].

## Смертность от холеры и солнечная активность

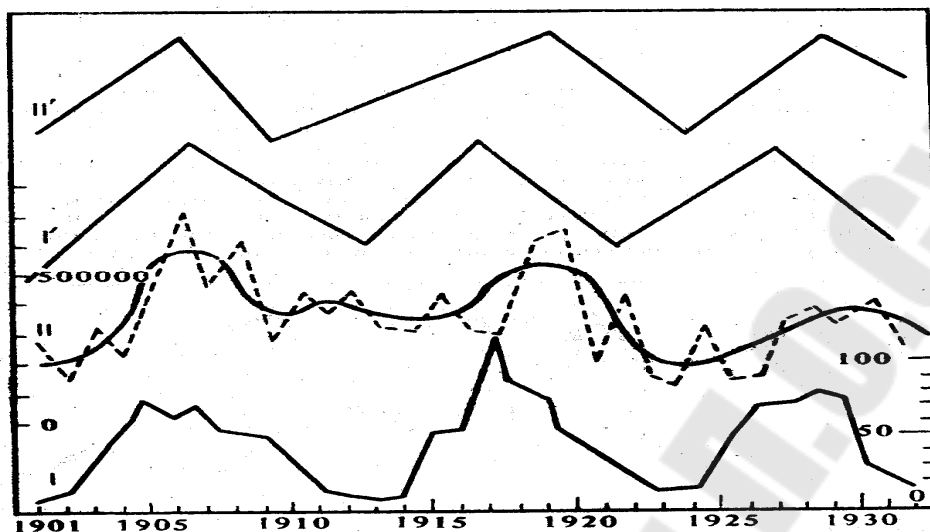


Рис. 5.4. Смертность от холеры в Британской Индии и периодическая деятельность Солнца с 1901 по 1931г.

Кривые: I – солнечная активность,

II – холера, I' – солнечная активность, схема кривой I.

Точки максимума и точки минимума соединены прямой. Кривая II' – холера

## Магнитные бури и солнечная активность

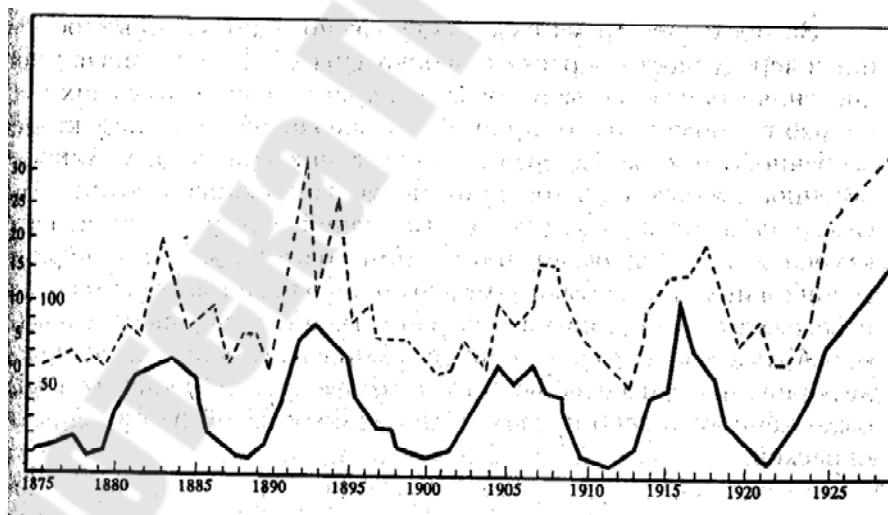


Рис. 5.5. Нижняя кривая – солнечные пятна с 1875 по 1925г. (площади пятен).

Верхняя кривая – интенсивность магнитных бурь за то же время

(по данным обсерватории в Гринвиче);

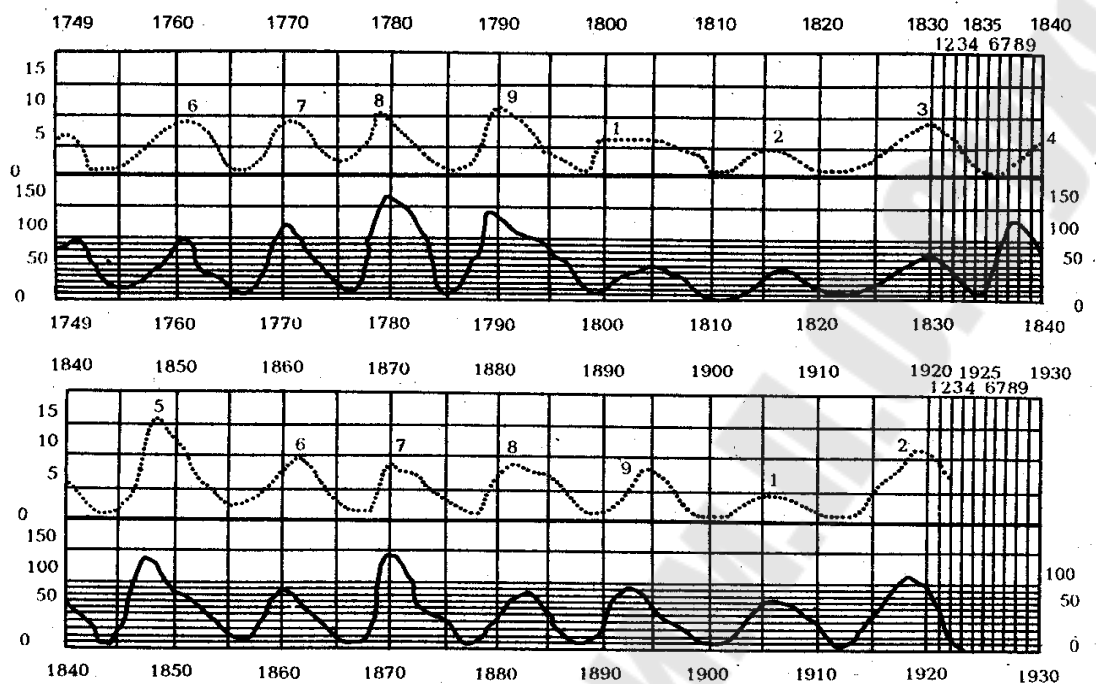
Следует обратить внимание на небольшие скачки кривой магнитных бурь в годы минимумов солнечных пятен

## Влияние солнечной активности на социально-экономическую деятельность

«Мысль о том, что поведение социальных коллективов находится в известной зависимости от циклических изменений на Солнце, по-видимому, появляется впервые со времени У. Гершеля (1738-1822), когда он сделал попытку установить связь между числом солнечных пятен, неурожаями и ценами на хлеб. Затем гипотеза Джевонса (1835-1882) о причинной зависимости между периодическими промышленными кризисами и циклической деятельностью Солнца, развитая им в 80-х годах прошлого столетия, способствовала укреплению этой мысли... Французский астроном Морэ обратил внимание на то, что некоторые войны и походы хорошо совпадают с максимумами солнечной деятельности... Наконец, В.М. Бехтерев, рассматривая этот вопрос с точки зрения психиатра, склонялся к признанию возможности воздействия солнечной радиации на нервно-психическую сферу... Вышеперечисленные авторы ограничились беглыми и поверхностными замечаниями, основанными на нескольких случайных совпадениях, и не пытались подвергнуть этот вопрос строго научному изучению и критической проверке» [А.Л. Чижевский].

В 1924 г. в Калуге вышла книга А.Л. Чижевского «Физические факторы исторического процесса», в которой он научно обосновал положение о влиянии Солнца на социально-экономические процессы. В ней он сделал вывод о том, что «... с необходимой принудительностью вытекает следствие, по которому историческое развитие человечества, взятого в целом, должно протекать некоторым, вполне закономерным, образом, под равнодействующей всех действующих на человечество внутренних сил социального порядка и внешних сил окружающей природы» [А. Чижевский]. Работа подверглась резкой критике, но на ее защиту решительно встал К.Э. Циолковский, подчеркнув, что она «является примером слияния различных наук воедино на монистической почве физико-математического анализа».

## Военно-политическая активность человечества и солнечная активность



*Рис. 5.6.* Параллелизм кривых пятнообразовательной деятельности Солнца (нижняя кривая) и всемирной военно-политической активности человечества (верхняя кривая) с 1749 по 1920-е годы

«Я исходил из представления о процессе пятнообразования как о процессе усиленной деятельности известных участков Солнца, а, следовательно, и усиленного излучения из этих участков. Это должно неминуемо оказывать влияние на усиление или ускорение тех или иных процессов на Земле, в ее коре и атмосфере. А усиление или ускорение физико-химических процессов в окружающей нас среде должно было оказывать определенное воздействие и на наше поведение... Таким образом, я пришел к мысли о том, что в данном случае мы имеем обычный процесс превращения энергии. Усиленный приток лучистой энергии Солнца превращается, пройдя ряд промежуточных стадий, в переизбыток нервно-психической, эмоциональной энергии» [А. Чижевский].

## Исторические события и солнечная активность

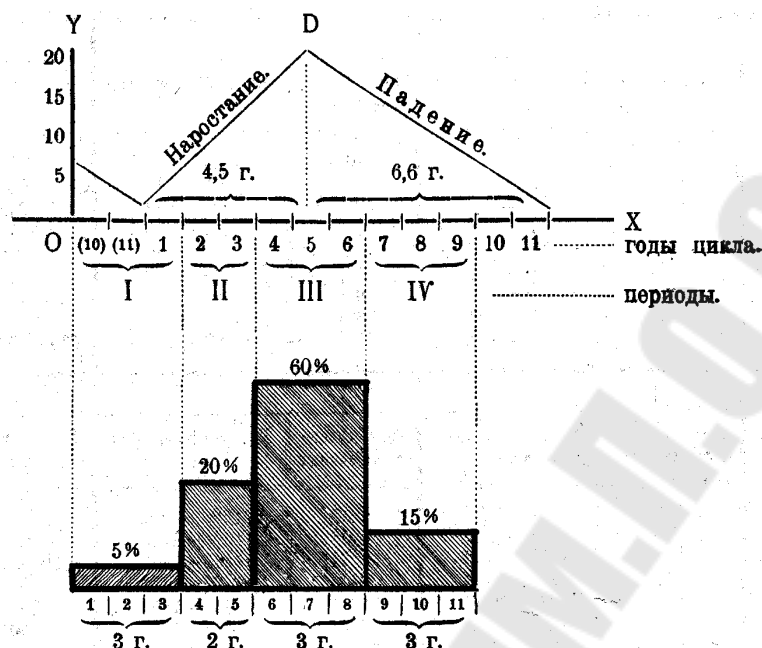


Рис. 5.7. Процентное отношение количества возникновений исторических событий к годам и периодам цикла. Средний вывод за 500 лет. (XV – XX в.в.)

«Теория физических основ исторического процесса позволяет констатировать факт наличия известного рода ритма в психической деятельности всего человечества и периодических колебаний в ходе всемирно-исторического процесса, как выражения этого ритма. Следовательно, как совокупная жизнь всего человечества, так и жизнь индивидов подчинены строгим и неизменным законам ритма, которые могут быть обнаружены при помощи исследований, охватывающих своим материалом деяния больших человеческих масс и большие промежутки времени» [А. Чижевский].

Некоторые важнейшие исторические события, совпадающие с пиками солнечной активности: великая французская революция (1789); революции в Австрии, Венгрии, Германии, Италии, Франции (1848-1849); Парижская коммуна (1871); революция 1905-1907 гг. в России; Февральская и Октябрьская революции (1917); начало 2-ой мировой войны (1939-1941).

Хорошо известно, что капиталистическая экономика развивается циклически. Ее периодически, как подчеркивали многие ученые (например, К. Маркс, М. Туган-Барановский, И. Шумпетер и др.) сотрясают финансово-экономические кризисы. Статистически выявляе-

ны (7-11)-летние циклы. Имеются данные, свидетельствующие о вероятности существования циклов в (3-3,5)года, (16-24) лет, 33 года, 48 лет, а также (45-55) лет (циклы Кондратьева). Кондратьев говорил о трёх (45-55)-летних циклах: первый цикл (1810-1817)-(1844-1851), второй цикл (1844-1851)-(1890)-(1896), начало третьего цикла он относил к (1890)-(1896). Циклы Кондратьева особенно популярны среди ученых. Считают, что сегодня завершается пятый и зарождается шестой цикл Кондратьева.

А. Чижевского по праву считают не только основоположником науки гелиобиологии, но и общественным деятелем. Он подчеркивал, что полученные им выводы необходимо не только учитывать в процессе преобразования природы, но и умело использовать при управлении социально-экономическими процессами, государством.

«Таким образом, значение данной теории должно рассматриваться с точки зрения государственоведения. Она указывает государственной власти методы действия, согласные с психическим состоянием масс, находящихся в зависимости от колебаний электрической энергии солнца. Величайшие ошибки и неудачи правителей, полководцев, вождей народа часто могли быть вызваны тем, что они, не сообразуясь с состоянием психического предрасположения масс, либо требовали от них выполнения невозможного, не соответственного с состоянием их психики, либо ошибочно рассчитывали на их поддержку в то время, когда массы были лишены связующего их единства, внешние факторы не начинали оказывать на них свое влияние или последнее уже оканчивалось. Из этого допущения, имеющего веские основания, не трудно сделать вывод о тех горизонтах, которые открываются для вождей народа, дипломатии стратегии и пр.

Государственная власть должна знать о состоянии солнца в любой данный момент. Перед тем, как вынести то или иное решение правительству необходимо справиться о состоянии светила: светел, чист ли его лик или омрачен пятнами? Солнце – великий военно-политический показатель: его показания безошибочны и универсальны». [А. Чижевский]. Сегодня становится очевидным, что Солнце – значимый социально-экономический фактор.

Ученые прогнозируют, что солнечная активность достигнет очередного максимума в 2012-2013 гг.

При анализе циклов в различных системах не следует забывать, что практически реальные системы являются, как правило, самоорганизующимися системами, нелинейными динамическими системами с

ограниченными ресурсами, которым присущи колебания, связанные с действием внутренних факторов (см. тему № 6). Именно такой системой является человеческое общество. Иначе говоря, колебания активности общества, включая его военно-политическую и экономическую активность, могут быть следствием как внутренних, так и внешних факторов, действующих по отдельности или совместно. Так как долговременные циклы Кондратьева имеют, как показывает практика, явную тенденцию к сокращению периода, то они, вероятнее всего, связаны, как и предполагал Кондратьев, с действием внутренних факторов (например, с технико-технологическими инновациями). В то же время (7-16)-летние экономические циклы вполне могут быть связаны с периодичностью солнечной активности.

#### **5.4. Вопросы для самоконтроля.**

1. Чем характеризуется интенсивность солнечной активности?
2. Что лежит в основе периодичности солнечной активности?
3. Какие ученые внесли основной вклад в разработку проблемы влияния Солнца на периодичный характер земных процессов, не обусловленный вращением Земли вокруг Солнца?
4. Какая периодичность солнечной активности?
5. Приведите другие примеры зависимости земных процессов от солнечной активности (из мира растений, животных, человека, общества).

#### **5.5. Литература к теме 5:**

1. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. М.: Мысль, 1973.
2. Чижевский А.Л. Космический пульс жизни: Земля в объятиях Солнца. М.: Мысль, 1995.
3. Чижевский А.Л. На берегу Вселенной: Годы дружбы с Циолковским: Воспоминания. – М.: Мысль, 1995.



## ТЕМА 6. ДИАЛЕКТИКА – ЛОГИКА НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ

### Содержание темы

1. Логика – наука о мышлении.
2. Математическая логика.
3. Диалектическая логика.
4. Диалектическая логика – логика нелинейных систем.
5. Вопросы для самоконтроля.
6. Литература к теме 6.

#### 6.1. Логика – наука о мышлении

**Логика** (гр. *logos* – мысль, слово, разум, закономерность) – наука о мышлении, о законах и формах, приемах и операциях мышления, с помощью которых человек познает действительность; совокупность правил, которым подчиняется отражающий мир, процесс мышления.

**Формальная логика** – наука о логических формах мыслей и процессов мышления, отвлеченных от конкретного содержания суждений, умозаключений и понятий. Это изучение мысли со стороны ее структуры, формы (правильность рассуждения определяется его формой, структурой, а не содержанием). Это нормативная наука о формах и приемах интеллектуальной познавательной деятельности, осуществляемой с помощью языка.

Формальная логика является одной из древнейших наук. Как вполне определенная наука она уже сформировалась в IV веке до новой эры в трудах выдающегося древнегреческого ученого Аристотеля (дедуктивная логика). Ее возникновение было связано с широким распространением в греческом обществе того времени интеллектуальных споров, дискуссий на весьма отвлеченные темы.

**Язык** – это знаковая система, предназначенная для фиксации, переработки и передачи информации. Различают естественные (средство обычного общения между людьми) и искусственные (символьные, специальные) языки. Знаками могут быть произнесенные или написанные слова, символы и их комбинации.

**Знак** – это объект, используемый в процессе познания или общения в качестве представителя какого-либо другого объекта. Различают знаки-индексы, знаки-образы и знаки-символы. Знаки-символы

не связаны материально и не сходны с представляемыми ими объектами.

Основными категориями формальной логики, в которых содержится информация о реальной действительности, являются:

**Понятие** – это мысль, которая посредством указания на некоторый признак выделяет из некоторого множества (рода) и собирает (обобщает) в подмножество (класс) все предметы, обладающие этим признаком; это форма мышления, отражающая предметы в их существенных признаках. Понятие фиксирует мысль о предмете. Система признаков, по которой происходит выделение и обобщение предметов, называется **предикатом** (логическим сказуемым).

**Суждение** – мысль, в которой что-то утверждается или отрицается об объектах, их свойствах или отношениях.

**Высказывание** – мысль (предложение) об определенном положении дел (выражающая определенное суждение).

**Рассуждение** – процедура обоснования некоторого высказывания путем пошагового выведения его из других высказываний.

**Умозаключение** – непосредственный переход от одного или нескольких высказываний к некоторому другому высказыванию (прием мышления, посредством которого из некоторого исходного знания получается выводное знание; форма мышления, посредством которой из одного или нескольких суждений выводится новое суждение; процесс получения выраженного в суждении знания из другого знания, также выраженного в исходных суждениях - посылках). Умозаключения делятся на дедуктивные (между посылками и заключениями имеет место отношение логического следования) и индуктивные (посылки лишь подтверждают заключение). Иначе говоря, с помощью дедуктивных умозаключений некоторую мысль «выводят» из других мыслей, а индуктивные умозаключения лишь «наводят» на эту мысль (ее надо «открыть»). Методы научной индукции, систематизированные затем Дж. С. Миллем (1806-1873), разработал Ф. Бэкон (1561-1626). Дедуктивная логика Аристотеля и индуктивная логика Бэкона-Милля составляют основу формальной логики.

**Законы мышления** (логические законы) – необходимые, существенные связи мыслей в процессе мышления.

**Теория** – это система связанных между собой понятий и высказываний, относящихся к некоторой предметной области (например, множество чисел, точек, линий, живых организмов и т.д.).

**Истина** – адекватное отражение в сознании человека явлений и процессов природы, общества и мышления. Критерием истинности умозаключений является практика.

Набор методов и приемов формальной логики:

**Анализ** – расчленение целого на части,

**Синтез** – соединение отдельных частей в целое,

**Индукция** – умозаключение, в основе которого лежит переход от частного (особенного) к общему,

**Дедукция** – умозаключение, в основе которого лежит переход от общего к частному (особенному),

**Сравнение** – выявление сходства или различия явлений и процессов,

**Аналогия** – перенос одного или ряда свойств с известного явления на неизвестное.

Ни анализ, ни синтез, ни дедукция, ни индукция и т.д. не раскрывают внутреннее противоречие предмета, не отражают самодвижения, развитие его.

Основные законы формальной логики:

- **закон тождества** (каждая мысль должна иметь строго определенное устойчивое содержание);
- **закон противоречия** (две противоположные мысли об одном и том же предмете, взятом в одном и том же времени, отношении и т.д., не могут быть истинными);
- **закон исключения третьего** (из двух отрицающих друг друга мыслей об одном и том же предмете, одно непременно истинно);
- **закон достаточного основания** (всякая истинная мысль должна обосновываться другими мыслями, истинность которых доказана ранее).

В формальной логике противоречие, в котором тезис и антитезис имеют равную силу и в одинаковой степени покоятся на одних и тех же основаниях (антиномия), неразрешимо. Такое противоречие отрицает все законы формальной логики.

На ограниченность формальной логики указывают апории - утверждения, противоречащие опыту (например, апории Зенона: «Ахилл и черепаха», «стрела» и др.), а также математические теоремы Гёделя о полноте и неполноте систем аксиом.

Основанная Аристотелем формальная логика сегодня называется традиционной формальной логикой. Она занимала господствующее положение в науке до начала XX века. Со временем разработанная философами формальная логика стала не устраивать, в первую очередь, математику. Математики предприняли попытку разработать свою логику, математическую (символьную) логику, свести рассуждения к вычислениям.

## 6.2. Математическая логика

*Математическая логика* (теоретическая логика, символическая логика) – раздел математики, посвящённый изучению математических доказательств и вопросов оснований математики. Математическая логика исследует знаки-символы.

Идея построения универсального языка математики и формализации на его базе математических доказательств выдвигалась в 17 в. Лейбницем. Он хотел каждому понятию дать численную характеристику (составить своего рода «словарь» чисел-понятий) и установить такие правила оперирования с этими числами (грамматику), которые позволили бы не только доказывать все истины, доступные логическому доказательству, но и открывать новые. Он мечтал заменить человеческий мозг (мышление) вычислительной машиной. Фактически работы по алгебраизации аристотелевой логики появились только в середине 19 в. (Буль, 1847; де Морган, 1858). После того как Фреге (1879) и Пирс (1885) ввели в язык алгебры логики предикаты (логическое сказуемое), предметные переменные и кванторы (логическая операция, дающая количественную характеристику области предметов), возникла реальная возможность применить этот язык к вопросам оснований математики.

В совместном труде Рассела и Уайтхеда «Принципы математики» (1910) была предпринята попытка сведения всей математики к логике, которая не увенчалась успехом, так как оказалось невозможным вывести из чисто логических аксиом существование бесконечных множеств.

На рубеже 19 - 20 вв. были обнаружены антиномии (парадоксы), связанные с основными понятиями теории множеств. Стало ясно, что нужно как-то ограничить канторовскую теорию множеств. Брауэр (1908) выступил против применения правил классической логики к бесконечным множествам.

Гильберт предложил путь преодоления трудностей, основанный на применении аксиоматического метода (метода системы аксиом) рассмотрения формальных моделей математики и на исследовании вопросов непротиворечивости таких моделей финитными средствами. Гильберт предпринимает попытку пересмотра евклидовой геометрии, освобождения её от обращения к интуиции. Фактически им был поставлен вопрос; «Самодостаточна ли математика?». Задача, поставленная Гильбертом, сводилась к необходимости строго доказать, что система аксиом как базовых утверждений, принимаемых за основу без доказательств, совершенна и полна, то есть позволяет математически описать все сущее. Требовалось доказать, что можно задать такую систему аксиом, которые будут не только взаимно непротиворечивыми, но позволят также выводить умозаключения относительно истинности или ложности любого утверждения. Это была дерзкая и грандиозная задача.

Однако в 1931 австрийский математик Курт Гёдель доказал теоремы о полноте и неполноте, которые фактически похоронили идею Гильберта. Теорема о полноте гласила, что если система аксиом полна, то она противоречива, то есть в ней можно доказать любое утверждение, включая противоположные (требование полноты несовместимо с требованием непротиворечивости). Из нее следовал единственно разумный выход – принятие неполной системы аксиом. Но первая (слабая) теорема о неполноте утверждает, что такая система аксиом содержит неразрешимые, недоказуемые истинные или ложные утверждения, а вторая (сильная) теорема о неполноте утверждает, что логическая полнота или неполнота любой системы аксиом не может быть доказана в ее рамках. Для этого необходимы дополнительные аксиомы, то есть система аксиом более высокого уровня. В ней снова будет недоказуемое утверждение и т.д. Например, на языке арифметики (языке, утверждения которого формулируются с помощью логических операций и отношений равенства в терминах натуральных чисел и операций сложения и умножения) можно сформулировать такое утверждение, которое на этом языке нельзя ни доказать, ни опровергнуть. Но это можно сделать на языке алгебры как языке более высокого уровня. С языком алгебры возникает такая же ситуация. Языком самого высокого уровня в настоящее время является теория множеств. Но теорема Гёделя справедлива и для нее. Выводы, к которым пришел Гёдель, говорят о несостоятельности идеи полной (всеобъемлющей) формализации логики.

Было разработано понятие общерекурсивной функции и выявлено, что она является уточнением интуитивного понятия алгоритма. По существу вся математика связывалась с теми или иными алгоритмами. Но следствием разработки точного понятия алгоритма стало обнаружение существования неразрешимых *алгоритмических проблем* в математике.

Математическая логика находится пока на стадии ее становления, она бурно развивается, но пока не является стройной теорией. В настоящее время математическую логику разделяют на классическую и неклассическую логику.

К неклассической логике относят:

**Интуиционистскую логику** (интуитивную ясность и убедительность, то есть интуицию, рассматривает как основу математики и логики),

**Конструктивную логику** (оперирует объектами, которые задаются точным и вполне понятным способом – алгоритмом),

**Многозначные логики** (число значений истинности аргументов и функций для высказываний может быть больше двух любым конечным или даже бесконечным),

**Модальные или деонтические логики** (в модельных суждениях раскрывается характер связи между субъектом и предикатом или между отдельными простыми суждениями в сложном суждении, которое включает модальные понятия, то есть такие как «необходимо», «возможно», «запрещено», «хорошо», «случайно» и др.),

**Положительные логики** (построенные без операций отрицания),

**Паранепротиворечивая логика** (учитывает, что два противоположных суждения, которые не могут быть истинными в одно и то же время и в одном и том же отношении, в разное время могут быть истинными, то есть переход одной противоположности в другую противоположность).

Несмотря на незавершенность, математическая логика имеет большое прикладное значение; она глубоко проникает в информатику, естественные, технические и гуманитарные науки.

Современная математическая (символическая) логика не охватывает всех проблем традиционной формальной логики и не заменяет ее полностью.

### 6.3. Диалектическая логика (диалектика, диалектический материализм)

Слово «диалектика» впервые использовал Сократ в смысле искусства вести диалог (спор), направленный на взаимно заинтересованное обсуждение проблемы с целью достижения истины путем противоборства мнений.

Термин «логика» многозначен. Он употребляется не только для описания форм мышления, его непротиворечивости, обоснованности, последовательности (субъективная формальная логика), но и для описания закономерностей их возникновения, изменения и развития (объективно-идеалистическая диалектическая логика Гегеля), а также для описания закономерностей развития природы и общества (объективная диалектическая логика). Например, говорят о «логике развития», «логике конкуренции», «логике фактов» и т.д.

Классическая наука, включая классическое естествознание, математику и философию, изучала преимущественно статические системы и стационарные (установившиеся) процессы. Если же она рассматривала изменения, то есть динамические системы, то это были количественные изменения. Она использовала в основном линейные модели (теории). Классическая наука не изучала нелинейные динамические системы, состояния которых могут изменяться качественно, самоорганизующиеся системы. Иначе говоря, она не изучала процессы развития систем.

**Развитие** – необратимое, направленное, закономерное изменение материи и сознания (материальных и идеальных объектов), их универсальное свойство. В результате развития возникает качественно новое состояние объекта, его состав и структура коренным образом изменяются.

Различают две стадии развития, между которыми существует диалектическая связь: *эволюцию*, связанную с постепенным количественным изменением свойств объекта (эволюция) и *революцию*, характеризующуюся качественным, коренным изменением свойств объекта, скачкообразным переходом от одного устойчивого состояния к другому устойчивому состоянию (революция).

Понять процессы развития и свойства развивающихся систем помогает диалектическая логика, диалектика, диалектический материализм, материалистическая диалектика.

Основоположниками научно обоснованной диалектической логики являются немецкие ученые В. Гегель, К. Маркс и Ф. Энгельс. Стихийная диалектика получила свое развитие уже у древнегреческого мыслителя Гераклита Эфесского (около 520-460 гг. до новой эры). Затем диалектика «была исследована более или менее точным образом лишь двумя мыслителями: Аристотелем и Гегелем» (Ф. Энгельс). Заслуга Гегеля состоит в том, что он впервые разработал и в энциклопедически-систематической форме изложил диалектическое мировоззрение и соответствующий ему диалектический метод исследования. Но гегелевская диалектика была идеалистической. Маркс и Энгельс соединили диалектику Гегеля с материализмом, материалистическим пониманием природы, общества и мышления, разработали материалистическую диалектику, диалектический материализм - науку о всеобщей взаимосвязи и наиболее общих законах развития природы, человеческого общества и мышления, то есть логику природы, общества и мышления как теорию познания действительности, реального мира.

«Мой диалектический метод, - писал Маркс в предисловии ко второму изданию «Капитала», - по своей основе не только отличен от гегелевского, но является его прямой противоположностью. Для Гегеля процесс мышления, который он превращает даже под именем идеи в самостоятельный субъект, есть демиург (\*творец, создатель) действительного, которое составляет лишь его внешнее проявление. У меня же, наоборот, идеальное есть не что иное, как материальное, пересаженное в человеческую голову и преобразованное в ней».

«Диалектика *вещей* создает диалектику *идей*, а не наоборот» (Ленин В.И.). Говоря о логике, диалектике и теории познания материализма, Ленин подчёркивал, что «не надо 3-х слов: это одно и то же». «Логика есть учение не о внешних формах мышления, а о законах развития “всех материальных, природных и духовных вещей”, то есть развития всего конкретного содержания мира и познания его, то есть итог, сумма, вывод *истории* познания мира». «Законы логики суть отражение объективного в субъективном сознании человека»

Основные категории диалектической логики (материалистической диалектики):

- Единичное, особенное, общее;
- Сущность и явление;
- Причина и следствие;



- Случайность и необходимость;
- Возможность и действительность.

#### Основные законы диалектики.

- Закон единства и борьбы противоположностей (взаимное проникновение и взаимопревращение противоположностей, когда они доведены до крайности).
- Закон перехода количества в качество.
- Закон отрицания отрицания.
- Закон ветвления (дивергенции-конвергенции, мультимодальности).

Закон единства и борьбы противоположностей свидетельствует о том, что развитие реального мира и его познания происходит путем раздвоения единого на взаимоисключающие противоположные элементы, стороны, тенденции. Их взаимодействие, взаимопроникновение, взаимоотношения и «борьба», разрешение возникающих противоречий характеризуют, во-первых, реальные объекты (системы, процессы) как единое целое, а, во-вторых, составляют внутренний импульс их изменения, движущую силу, источник развития.

Закон перехода количественных изменений в качественные характеризует процесс развития, механизм устранения (ликвидации) противоречия (противоположностей). Под воздействием постепенно (плавно) изменяющегося какого-либо фактора (управляющего объектом фактора) противоречие или уровень противоположностей могут быть устранены двумя путями. Во-первых, в процессе количественных (плавных) изменений свойств объекта противоречие или уровень противоположностей так же постепенно и плавно снижаются до нуля (например, непосредственные переходы воды из жидкой фазы или состояния кипящей жидкости в газообразную фазу при подводе тепла с увеличением давления и температуры - фазовый переход 2-го рода). Во-вторых, количественные, то есть плавные изменения свойств объекта, достигают определенного предела, после чего сразу происходит ликвидация противоречия, то есть двух противоположностей, совершается скачок, коренное изменение состояния объекта, смена одного качества другим (например, переход воды из жидкой фазы в газообразную фазу при подводе тепла в условиях постоянной температуры и давления - путем фазового перехода 1-го рода).

Закон отрицания отрицания также характеризует механизм развития. Он указывает, что процесс развития происходит по спирали, что возникновение нового включает в себе некоторые элементы старого, что в процессе развития наблюдается сочетание поступательности, преемственности и прогрессивности.

Закон ветвления (дивергенции-конвергенции) является новым законом диалектики, вытекающим из современной теории нелинейных динамических систем. Он также характеризует механизм развития и указывает на то, что при одном и том же запасе полной энергии системы (объекта) она может существовать в различных стационарных (установившихся) состояниях. «Выбор» этих состояний осуществляется в природе, включая животный мир, окружающей средой (ее параметрами, внешними управляющими системой факторами). «Животному, - как писал Маркс, - сама природа определила круг действий, в котором оно должно двигаться, и оно спокойно его завершает, не проявив стремления выйти за его пределы, не подозревая даже о существовании какого-либо другого круга». В человеческом обществе этот выбор может осуществляться человеком. «Философы, - как писал Маркс, - лишь различным образом объясняли мир, но дело заключается в том, чтобы изменить его», а «Возможность ... выбора является огромным преимуществом человека перед другими существами».

#### 6.4. Диалектическая логика – логика нелинейных систем

Ярким подтверждением диалектической логики (диалектики, диалектического материализма) является Периодический закон и Периодическая таблица химических элементов Д.И. Менделеева.

1 H	2 He	3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 —	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	55 Cs	56 Ba	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 —	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	72 —	73 Ta	74 W	75 —	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 —	86 Rn	87 —	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U
-----	------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	-------	-------	------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	------	-------	-------	-------	-------	------

Рис. 6.1. Таблица Менделеева

Так как электронная конфигурация (конфигурация отрицательно заряженных частиц) атомов химических элементов изменяется периодически с увеличением положительного заряда их ядер, то все свойства, определяемые электронным строением, закономерно изменяются по периодам и группам Периодической таблицы. Это, прежде всего, атомные и ионные радиусы, ионизационные потенциалы, степень окисления, атомный объем и др. и, соответственно, физические и химические свойства элементов. Периодически изменяются также многие физические и химические свойства простых и сложных веществ, образованных элементами – аналогами, то есть расположенных в одной подгруппе.

В Периодической таблице химических элементов Д.И. Менделеева ярко проявляются все основные законы диалектики: единство и борьбы противоположностей (положительно и отрицательно заряженные частицы), перехода количества в качество, отрицания отрицания, ветвления.

«Менделеев, применив бессознательно гегелевский закон о переходе количества в качество, совершил научный подвиг» (Ф. Энгельс).

Все реальные системы, включая экономику, являются, в конечном счете, дискретными системами – системами многих движущихся и взаимодействующих между собою (связанных силами) «частиц», то есть потенциальными, нелинейными динамическими системами. В реальном мире полностью исключить взаимодействие частиц невозможно. Нелинейные системы описываются нелинейными дифференциальными уравнениями, которые имеют несколько решений, которые соответствуют определенным качественно отличающимся стационарным состояниям системы, которые переходят одно в другое при изменении значений управляющих системой параметров. Это самоорганизующиеся, развивающиеся системы (см. Тема 1).

В нелинейных системах выполняются все законы диалектики. Например, в веществе как нелинейной системе одно стационарное состояние переходит в другое стационарное состояние (устойчивого или неустойчивого равновесия), одна фаза (стационарное состояние устойчивого равновесия) при плавном изменении управляющих веществом параметров переходит в другую фазу либо непосредственно (без скачка, фазовый переход 2-го рода), либо (скачкообразно, фазовый переход 1-го рода). Очевидно, что при таком переходе (качественном изменении состояния системы) выполняется закон перехода

количества в качество, закон отрицания отрицания и закон ветвления. При этом движущей силой изменений является «единство и борьба» сил притяжения и отталкивания частиц системы (их величина, связанная с объемом системы, изменяется при изменении управляющих системой факторов (температуры и давления).

Аналогичная ситуация реализуется в человеческом обществе – в общественной экономической формации (товарном хозяйстве), в которой стационарными состояниями (экономические уклады, способы производства) устойчивого равновесия (фазы) являются азиатский, крестьянско-ремесленный и социалистический, а стационарными состояниями неустойчивого равновесия (фазовые переходы 1-го рода) – рабовладельческий, феодальный, буржуазный и диктатуры пролетариата. При этом движущей силой развития является противоречие между частными и общими интересами хозяйствующих субъектов, между уровнем развития производительных сил и характером производственных отношений.

### **Трудный путь становления диалектики**

Одной из основных причин кризиса современной науки, включая теоретическую экономику, является господство формальной логики (логики мышления). «Каждая наука, - как отмечал Гегель, - есть ... прикладная логика, поскольку она состоит в том, чтобы выразить свой предмет в формах мысли и понятия». «... Именно диалектика является для современного естествознания наиболее важной формой мышления, ибо только она представляет аналог и тем самым метод объяснения для происходящих в природе процессов развития, для всеобщих связей природы, для переходов от одной области исследования к другой», - подчеркивал Энгельс.

К сожалению, многие ученые-естествоиспытатели и экономисты, включая выдающихся ученых, это длительное время не понимали. Так, отрицали диалектический материализм и не признавали марксистский метод сторонники «Копенгагенской школы (Н. Бор и др.), в том числе будущий академик и лауреат Нобелевской премии по физике Л.Д. Ландау. Он выступал против «допущения» материалистической диалектики в науку, считал марксистскую философию псевдонаучной, открыто объявлял ее лженаукой, осмеивал диалектику, рассматривая ее как вредное для науки схоластическое учение. Такой же позиции в то время придерживались известные ученые-

естествоиспытатели Френкель, Бронштейн, Гамов, Иваненко, Шубников, Обреимов, Лифшиц, Румер и др.

К сожалению, у многих естествоиспытателей «узко понятие превращения и нет понимания диалектики», как правильно отмечал еще В.И. Ленин. Возврат к диалектике в среде ученых, конечно, происходит, но, как подчеркивал Энгельс, «возврат к диалектике происходит бессознательно, поэтому противоречиво и медленно». Тем не менее, это неумолимое требование времени, логики современной науки – диалектической логики реального мира.

### **6.5. Вопросы для самоконтроля**

1. Что такое логика?
2. Какие виды логики существуют?
3. Что такое формальная, математическая и диалектическая логики?
4. Назовите основные категории формальной и диалектической логики.
5. Назовите основные законы формальной и диалектической логики.
6. Что означают термины: развитие, эволюция, революция?
7. Являются ли взаимоисключающими формальная, математическая и диалектическая логики?
8. Почему при изучении экономики необходимо руководствоваться диалектической логикой?

### **6.6. Литература к теме 6**

1. Бочаров В.А., Маркин В.И. Основы логики: Учебник. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2009. – 336 с. (Классический университетский учебник).
2. Диалектика (диалектическая логика). В кн.: Философский энциклопедический словарь. Гл. редакция: Л.Ф. Ильичев, П.Н. Федосеев, С.М. Ковалев, В.Г. Панов – М.: Сов. Энциклопедия, 1983; с. 154-159.
3. Диалектический материализм: Учебник / Редкол.: Б.Н. Бессонов (отв. ред.) и др. – М.: Мысль, 1989.
4. Математическая логика. В кн.: Математический энциклопедический словарь / Гл. ред. Ю.В. Прохоров; Ред. код.: С.И. Адян,

- Н.С. Бахвалов. В.И. Битюцков и др. М.: Сов. Энциклопедия, 1988; с. 340-343.
5. Новоселов М.М. Логика (с. 319-320). Лосев А.Ф., Спиркин А.Г. Диалектика (с. 154-158). Спиркин А.Г. Диалектический материализм (с. 159-163). В кн.: Философский энциклопедический словарь. – М.: ИНФРА-М, 1998.
  6. Периодическая система химических элементов. В кн.: Химическая энциклопедия: В 5-ти т.: Т.3 / Редкол.: Кнунянц И.Л. (гл. ред.) и др. – М.: Сов. энциклопедия, 1992; с. 482-486.
  7. Успенский В.А., Верещагин Н.К., Плиско В.Е. Вводный курс математической логики. 2-е изд. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004.
  8. Успенский В.А. Теорема Гёделя о неполноте. – М.: Наука, 1982. – 112 с. – (Популярные лекции по математике).
  9. Формальная логика. В кн.: Философский энциклопедический словарь. Гл. редакция: Л.Ф. Ильичев, П.Н. Федосеев, С.М. Ковалев, В.Г. Панов – М.: Сов. Энциклопедия, 1983; с. 316-319.

## ТЕМА 7. АКСИОМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

### Содержание темы

1. Общий подход к разработке управленческих решений.
2. Правдоподобные рассуждения.
3. Общая схема аксиоматического метода научно обоснованных доказательств и принятия решений.
4. Логика – технология работы с понятиями и аксиомами.
5. Вопросы для самоконтроля.
6. Литература к теме 7.

#### 7.1. Общий подход к разработке управленческих решений

Основной проблемой любого специалиста, включая управленца, является принятие «правильных» решений.

**Управленческое решение** – полномочное обоснованное указание действий, направленных на достижение оптимального состояния, функционирования и развития объекта управления. Различают стандартные (традиционные, принимаемые многократно в сходных ситуациях, «шаблонные») и нестандартные (творческие, новые, оригинальные, для которых не существует «образца») решения.

Выделяют несколько этапов при выработке управленческого решения:

*1-й этап* – целевое изучение объекта управления. Его первая ступень – определение общей (ориентирующей) цели. Если общая цель является исчерпывающей, и нет существенных проблем для ее осуществления, то первый этап завершается. В случае проблемной ситуации изучение объекта управления продолжается. В процессе изучения объекта управления применяются два подхода: функциональный (объект рассматривается как «чёрный ящик») и структурно-динамический (изучается структура объекта и внутренние процессы в нем). При этом используется метод восхождения от «абстрактного» к «конкретному», намечающий общий ход изучения дополняется анализом (при выделении абстракций) и синтезом (при их объединении). Для изучения сложных объектов, как правило, применяется системный подход, одним из существенных преимуществ которого является возможность выделения не всех элементов изучаемого объекта, а

лишь необходимых и достаточных для разрешения имеющейся проблемы. Различают четыре варианта системного анализа: структурный (элементы системы являются неподвижными, в частности - электрические цепи), динамический (элементы системы или подсистем системы являются движущимися, в частности – транспорт), генетический (развивающиеся системы) и специфический (например, социальные объекты). В случае прогнозного проектирования используют исторический (учитывает сохранившиеся данные о прошлых состояниях объекта) и логический (учитывает известные закономерности и тенденции функционирования объекта) анализ.

*2-й этап* – выработка конкретного желаемого образа объекта и определение условий перевода объекта из существующего состояния в необходимое.

*3-й этап* – разработка и анализ вариантов управленческого решения.

*4-й этап* – создание конкретного проекта управленческого решения.

## 7.2. Правдоподобные рассуждения

Часто встречается ситуация, когда рассуждения строятся по следующей схеме: если информация, содержащаяся в посылках  $A_1 \dots A_n$  верна, то правдоподобно было бы считать, что имеет место также  $B$ . Это так называемые ***правдоподобные индуктивные рассуждения (умозаключения)***. Они дают проблематичное знание и подразделяются на обобщающую индукцию, исключаящую индукцию (методы установления причинных зависимостей) и аналогию.

***Обобщающая индукция*** (наведение) – рассуждения, в которых переходят от единичных утверждений к общим, точнее от знания о некоторых отдельных предметах какого-либо класса к знаниям обо всех предметах этого класса. Различают несколько ее видов: статистическую и нестатистическую, полную и неполную, эмпирическую и математическую, популярную и научную.

В случае *популярной* (народной, вульгарной) *индукции* на наличие рассматриваемого свойства проверяются первые попавшиеся объекты, и часто делается поспешное заключение типа «все лебеди белы». Действительно, все европейские лебеди белы, но при открытии Австралии обнаружили черных лебедей!



В случае *научной индукции* проверяются на наличие рассматриваемого свойства не первые попавшиеся предметы изучаемого класса (генеральной совокупности), а те из них, которые специально отобраны для этой цели, то есть класс отобранных предметов (выборка). Именно выборка подвергается сплошной проверке, и если результат удачен, то есть каждый предмет обладает проверяемым свойством, то тогда он может быть перенесен с достаточно высокой степенью вероятности на всю генеральную совокупность (индуктивное обобщение). Наиболее слабым местом при этом является переход от утверждения, что все предметы выборки обладают проверяемым свойством, к утверждению, что этим свойством обладают все предметы генеральной совокупности. Для его надежного обоснования необходимо, чтобы выборка достаточно точно передавала качественную структуру и состав изучаемого класса, то есть была репрезентативной выборкой. Считается, что достаточно объемная выборка всегда репрезентативна, так как согласно закону больших чисел, которому подчиняются массовые явления, закономерность обнаруживается лишь при достаточно большом числе наблюдений.

**Научная индукция** – умозаключение, в котором обобщение строится путем отбора необходимых и исключения случайных обстоятельств.

**Исключающая индукция** (методы установления причинных зависимостей) – это рассуждение (умозаключение), посредством которого устанавливается причина наступления определенного события путем исключения из предшествующих обстоятельств тех из них, которые не могут быть причиной наступления этого события. Это рассуждение, когда на основании некоторых эмпирических данных между двумя массовыми событиями (явлениями)  $x$  и  $y$  устанавливается отношение причинной (казуальной) связи, состоящей в том, что существование события (явления)  $x$  обуславливает существование события (явления)  $y$ . При этом  $x$  называют причиной, а  $y$  – следствием (действием этой причины). Любой фактор, способный воздействовать на некоторый объект и вызывать его ответную реакцию, можно рассматривать как причину этой реакции. Понимаемая таким образом причина называется в науке действующей (основной) причиной и является ее наиболее фундаментальной разновидностью.

Различают несколько методов обобщения, установления причинных зависимостей:

*Метод сходства* – для отыскания причины некоторого явления обращаются к предшествующим событиям (обстоятельствам, факторам) и пытаются обнаружить то же событие (обстоятельство, фактор), которое всегда предшествует наступлению изучаемого явления.

*Метод различия* – экспериментальный метод, при котором одно и то же явление изучается в двух ситуациях: в присутствии некоторого предшествующего события и в отсутствии его, но при сохранении всех остальных событий.

*Совместный метод сходства и различия.*

К сожалению, метод различия и совместного сходства и различия не всегда можно использовать, так как часто исключить интересное нас событие не представляется возможным.

*Метод сопутствующих изменений* – метод, при котором факторы, в том числе и такие, которые невозможно исключить, модифицируются (изменяется их интенсивность) и наблюдаются вызванные этим обстоятельством изменения.

*Метод остатков* – метод, устанавливающий причину, вызывающую определенную часть сложного действия при условии, что причины, вызывающие другие части этого действия, уже выявлены.

*Статистические методы установления причинных связей* – методы, которые используются в случае, когда связь между событиями является не строго детерминированной (определенной, однозначной), а вероятностной.

*Аналогия* – рассуждение, сущность которого состоит в том, что на основе сходства двух предметов (систем) *A* и *B* по каким-то характеристикам, а также на основе того, что *A* присущ некоторый признак, заключают о присущности этого признака и *B*. Это вывод о сходстве двух объектов (предметов или отношений между ними) на основании их сходства в одних признаках и переносе признаков, обнаруженных у одного объекта на другой объект, у которого эти признаки не обнаружены. Существует большое разнообразие рассуждений по аналогии (при этом различают популярную и научную аналогию):

*Аналогия предметов или свойств* (объектом сравнения выступают два сходных единичных предмета, а первоначальным признаком – признак одного из них; анализируемой характеристикой является свойство).

*Аналогия отношений* (анализируемой характеристикой является отношение между факторами). Она также бывает популярной и науч-

ной. Например, по аналогии отношений Резерфорд предложил планетарную модель атома.

*Аналогия на основе сходства функций* (анализируемой характеристикой является функция объектов).

В сущности, познание реального мира – это его воспроизведение в аналогиях (теоретических моделях, которые позволяют, если они являются хорошими подобиями-аналогиями реального мира, переносить то, что установлено нами теоретически, но сам реальный мир, то есть понимать его устройство и функционирование, а также преобразовывать его). Моделирование – мощный современный инструмент познания действительности. Особенно эффективным является математическое моделирование, компьютерный вычислительный эксперимент.

*«От живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике – таков диалектический путь познания истины, познания объективной реальности»* (Ленин В.И.)

### **7.3. Общая схема аксиоматического метода научно обоснованных доказательств и принятия решений**

Очевидно, что оптимальное решение должно быть научно обоснованным, ведь наука – это сфера человеческой деятельности, функция которой – выработка и теоретическая систематизация объективных знаний о действительности; одна из форм общественного сознания. Она включает деятельность по получению нового знания и результат этой деятельности – сумму знаний, лежащих в основе научной картины мира. Теория – это модель (система идей, дающая целостное представление о закономерностях и существенных связях действительности). Знание – проверенный практикой результат познания действительности, отражение действительности в мышлении (сознании); воспроизведение в языковой форме представлений о закономерных связях действительности. Знание – это продукт общественной деятельности (практики), направленной на преобразование действительности. Непосредственная цель науки – описание, объяснение и предсказание процессов и явлений действительности на основе открываемых ею законов.

В естественных науках утверждения обычно обосновываются экспериментально, путем проведения эксперимента, то есть путем научно поставленного опыта (наблюдения). Фактически общее утвер-

ждение (заключение, вывод) делается, исходя из частных случаев, то есть индуктивным методом познания истины. Аналогичная ситуация характерна и для социально-экономической жизни.

**Индукция** – умозаключение, в котором на основании принадлежности признака отдельным предметам некоторого класса, делают вывод о его принадлежности классу в целом. Это заключение о получении общего утверждения, исходя из частных случаев. **Полная индукция** – умозаключение, в котором на основе принадлежности определенного признака каждому элементу класса делают вывод о его принадлежности классу в целом.

Обычно как в естествознании, так и общественной практике число наблюдений является ограниченным. Следовательно, используется **неполная индукция** - умозаключение, в котором на основе принадлежности определенного признака некоторым элементам класса, делается вывод о его принадлежности классу в целом; получение общего утверждения на основании неполного перечня его частных случаев.

Очевидно, что при использовании метода неполной индукции нужно быть очень осторожным. Еще Эйнштейн высказал парадоксальную на первый взгляд мысль о том, что опыт не может подтвердить теорию, но может ее опровергнуть! Действительно, нет никакой гарантии, что  $n+1$  опыт может не подтвердить предполагаемое утверждение.

В настоящее время, в период кризиса экономической науки, многие управленцы (в частности, политики) любят заявлять, что они в своей деятельности «идут от жизни». Особенно часто используется аргумент «мировой опыт показывает ...». Кстати, для обоснования проведения массовой приватизации государственной собственности в СССР и других «социалистических» странах был использован именно этот аргумент – ссылка на мировой опыт. Но представьте себе, что вы живете во времена рабовладельческого строя, а вам говорят о том, что с целью повышения эффективности экономики необходимо перейти от рабского труда к наемному труду. Вы, конечно, приводите «неотразимый» довод: «мировой опыт показывает, что экономика всех стран основана на рабском труде!». Экономика – нелинейная система, а в нелинейных системах различные стационарные состояния качественно отличаются. Иначе говоря, будущее системы не определяется ее прошлым. Если вы охлаждаете жидкую воду (простейшая всем известная нелинейная система многих частиц – молекул), то предска-

зять появление льда, исходя из законов поведения жидкости, принципиально невозможно!

Тем не менее, не только в практической жизни, но даже в естественных науках метод неполной индукции до сих пор считается вполне приемлемым, им часто пользуются.

Самая «строгая» (точная) наука – математика, ее «истины» более незыблемы и неполная индукция в обычном виде в математике «не работает». В математике тоже возникает подобная ситуация, когда одна теорема доказывается на основе другой ранее доказанной теоремы, а последняя – на основе третьей, ранее доказанной теоремы и т.д. Возникает вопрос, когда можно остановиться? Фактически перед нами выбор: или процесс продолжать бесконечно, то есть пытаться доказывать «последнюю» теорему, опираясь на ранее доказанную теорему (а если таковой нет?), или остановиться и объявить ее «аксиомой». Математики предпочли последний выход из создавшегося положения.

*Аксиома* – предложение, принимаемое как истинное без доказательств.

*Аксиоматика* – система аксиом (аксиоматическая система) вместе с основными объектами и основными отношениями между ними, а также правила вывода основных положений теории.

*Аксиоматизация* – процесс создания аксиоматики (установление аксиоматики) и вывод основных положений теории.

*Математическая индукция* – метод доказательства утверждений в математике, основанный на аксиоме математической индукции.

*Аксиома математической индукции*: Если утверждение  $P(n)$  верно для  $n=1$  и если из истинности  $P(k)$  вытекает истинность  $P(k+1)$ , то  $P(n)$  верно для любого  $n$  ( $n$  и  $k$  – натуральные числа).

Современный стандарт логической строгости основан на теоретико-множественной концепции (любая теория имеет дело с одним или несколькими множествами объектов, связанных между собою некоторыми соотношениями. Все формальные свойства этих объектов и отношений, необходимые для развития теории, фиксируются в виде аксиом, не затрагивающих природы самих объектов и отношений. Теория применима к любой системе объектов с отношениями, удовлетворяющими положенной в основу системе аксиом).

Аксиоматический метод – метод построения научной теории, при котором в основу кладутся некоторые исходные не требующие доказательств положения, называемые *аксиомами* теории, а все ос-

тальные предложения теории получаются как логические следствия аксиом.

*Общая схема метода:*

- 1) Перечисляются исходные понятия, которые вводятся без определений (аксиоматические понятия);
- 2) На основе исходных понятий определяются новые необходимые понятия (определяются все основные понятия);
- 3) Формулируются исходные аксиомы, указывается список аксиом, в которых устанавливаются некоторые связи и взаимоотношения между первоначальными понятиями;
- 4) На основе понятий и аксиом (первоначальных фактов, содержащихся в аксиомах), с помощью некоторой логической системы (логических рассуждений) выводятся доказательства новые факты – теоремы.

**Понятие** – мысль, отражающая в обобщенной форме предметы и явления действительности и связи между ними посредством фиксации общих и специфических признаков, в качестве которых выступают свойства предметов и явлений и отношения между ними. Есть два способа, позволяющие составить представление о том, что такое «понятие»: «наглядный» и «дефиниционный». В первом случае смысл понятия усваивается на примерах, во втором – с помощью определений (лат. *definitio* – определение). При дефиниционном способе одни понятия определяются через другие понятия, другие – через третьи и т.д. Возникает ситуация аналогичная выше рассмотренной ситуации с теоремами. И выход из нее математики нашли такой же – необходимо где-то остановиться и далее не определять. Понятия, которые уже не имеют определения, но основные свойства которых мы перечислили и на которые будем опираться в наших дальнейших рассуждениях, называются неопределяемыми или исходными. Это «аксиоматические» понятия.

#### **7.4. Логика – технология работы с понятиями и аксиомами**

Считается, что аксиоматический метод - это дедуктивный метод, а дедукция (лат. *deductio* – выведение) – это форма мышления, сущностью которой является переход от общего к частному (переход от знания большей степени общности к знанию меньшей степени общности). Термин, к сожалению, часто трактуется расширительно – как процесс логического вывода, то есть перехода по тем или иным пра-

вилам логики от некоторых данных предложений-посылок к их следствиям (заключениям). Он употребляется также как синоним термину «вывод», то есть для обозначения конкретных выводов следствий из посылок, так и как родовое наименование общей теории построения правильных умозаключений. Под дедукцией часто понимают и сам процесс логического следования. Например, в «Толковом математическом словаре» А.М. Микиши и В.Б. Орлова термин «дедукция» определяется как «общее название логических методов, позволяющих выводить новое утверждение из некоторых исходных утверждений». Очевидно, что при этом теряется различие между дедукцией как процессом перехода от общего к частному и индукцией как процессом перехода от частного к общему. Термин «дедукция» в этом случае оказывается обобщающим термином. В современной математической логике под дедукцией понимают умозаключение, дающее достоверное (истинное) знание. Иначе говоря, признается только логически полученная, выведенная, а не «открытая» истина. В этом смысле аксиоматический метод можно назвать «дедуктивным» методом. Но это не совсем неправильно. Аксиоматический метод использует как дедукцию, так и индукцию. К сожалению, индуктивный метод в настоящее время развит более слабо, чем дедуктивный. Это более «трудный» метод.

Наука начиналась с анализа, то есть основным методом, приемом исследования было разложение сложного явления (объекта, системы) на более простые. Соответственно, широко распространился метод получения частных умозаключений на основе общих утверждений (дедуктивный метод). Индуктивный метод (получение общего утверждения на основе частных наблюдений) является более сложным (аналог анализ и синтез). В «общем» утверждении обычно содержатся «в зародыше» частные утверждения, а в простой сумме частных утверждений общее не всегда содержится, его надо «открыть», используя, например, закон перехода количества в новое качество.

Еще Энгельс в «Диалектике природы» писал о том, что «индукция и дедукция связаны между собою столь же необходимым образом, как синтез и анализ. Вместо того чтобы односторонне превозносить одну из них до небес за счет другой, надо стараться применять каждую из них на своем месте, а этого можно добиться лишь в том случае, если не упускать из виду их связь между собой, их взаимное дополнение друг друга» [Соч., т. 20, с. 542-543].

В аксиоматическом методе новые факты (утверждения) выводятся на основании понятий и аксиом с помощью логических рассуждений (логики).

В настоящее время существует три типа логики (традиционная формальная логика, математическая логика и диалектическая логика) (см. тему 6). Но будущее за логикой, являющейся логикой реальной действительности (природы, общества и мышления), логикой нелинейных систем, которые могут существовать в стационарных состояниях устойчивого и неустойчивого равновесия, а также в неравновесных состояниях, то есть за диалектической логикой. Это не означает отрицания формальной и математической логик. Формальная логика – это логика стационарных состояний устойчивого равновесия (в частности, линейных систем), логика «фаз», видов, родов, классов, отрядов и т.д. Это частный случай диалектической логики. Все реальные системы являются нелинейными системами, допускающими во многих случаях линеаризацию (в частном случае, нелинейные системы могут проявлять себя как линейные системы). Например, вещество (нелинейная система) может существовать в виде разреженного газа, который описывается уравнением состояния первой степени (линейная система). Математическая же логика – это не что иное, как символическая форма логики. Пока это «формальная» логика, но будущее математической логики – символическая диалектическая логика.

Таким образом, для принятия правильных решений на базе современного стандарта строгости (аксиоматического метода) необходимо пользоваться диалектической логикой (тема 6), то есть знать общие взаимосвязи и общие законы развития реального мира (природы, общества и мышления).

### **7.5. Вопросы для самоконтроля**

1. Что такое «управленческое решение»?
2. Что такое «правдоподобные рассуждения»?
3. Что означает термин «современный стандарт строгости»?
4. Что такое «аксиоматический метод»?
5. Что означает термин «аксиома»?
6. В чем различие индукции и дедукции как логических методов?
7. Какие формы логики существуют?
8. Почему при принятии решений необходимо руководствоваться диалектической логикой?



## 7.6. Литература к теме 7

1. Бочаров В.А., Маркин В.И. Основы логики: Учебник. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2009.
2. Ивлев Ю.В. Логика: Учебник. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Проспекти, 2009.
3. Аксиоматический метод. В кн.: Математический энциклопедический словарь / Гл. ред. Ю.В. Прохоров; Ред. код.: С.И. Адян, Н.С. Бахвалов. В.И. Битюцков и др. М.: Сов. Энциклопедия, 1988. – 848 с. ; с. 45-47.
4. Успенский В.А. Что такое аксиоматический метод? - Ижевск: Научно-издательский центр «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 96 с.
5. Аксиоматический метод. В кн.: Математическая энциклопедия. Ред. коллегия: И.М. Виноградов (глав. ред.) [и др.] Т. 1. – М.: Советская Энциклопедия, 1977, 1152 стб.; стб. 109-113.
6. Хомяков П.М. Системный анализ и проблемы принятия решений. Лекция 7. В кн.: Хомяков П.М. Системный анализ: Экспресс-курс лекций / Под ред. В.П. Прохорова. Изд. 3-е. – М.: Издательство ЛКИ, 2008.
7. Новоселов М.М. Логика (с. 319-320). Лосев А.Ф., Спиркин А.Г. Диалектика (с. 154-158). Спиркин А.Г. Диалектический материализм (с. 159-163). В кн.: Философский энциклопедический словарь. – М.: ИНФРА-М, 1998.
8. Успенский В.А. Теорема Гёделя о неполноте. – М.: Наука, 1982. – 112 с. – (Популярные лекции по математике).
9. Диалектический материализм: Учебник / Редкол.: Б.Н. Бессонов (отв. ред.) и др. – М.: Мысль, 1989.

## **ТЕМА 8. МОЖЕТ ЛИ ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЭКОНОМИКА БЫТЬ ТОЧНОЙ НАУКОЙ?**

### **Содержание темы:**

1. Традиционные представления о «точной» науке.
2. Основные социально-экономические и экономические теории.
3. Эконометрика и неоклассическая экономическая теория как примеры использования математики и законов естественных наук в теории экономики (триумф и трагедия непонимания).
4. Современные представления о «точной науке».
5. Вопросы для самоконтроля.
6. Литература к теме 8.

### **8.1. Традиционные представления о «точной» науке**

Традиционные представления о «точной» науке базируются на образе «классической» науки (в первую очередь механики Ньютона). В классической науке случайность считалась второстепенным, побочным, не имеющим принципиального значения фактором. Случайные события считались строго независимыми. Предполагалось, что явления жестко связаны причинно-следственной связью, точнее между ними существует функциональная (однозначная) связь. Принималось, что определяющие поведение системы факторы поддаются строгой оценке, то есть характеризующие систему параметры могут быть количественно определены. Неравновесное состояние и неустойчивость воспринимались как временные и досадные неприятности. Считалось, что ход событий в прошлом, в настоящем и в ближайшем будущем подчиняется одному и тому же закону (в системе происходит количественное, а не качественное изменение свойств), то есть будущее предсказуемо и однозначно определяется настоящим и прошлым. Эволюция сложной системы рассматривалась как смена одного устойчивого состояния другим устойчивым состоянием с кратким переходным периодом между ними. В науке господствовали линейные модели реальной действительности (систем, явлений, процессов и т.д.).

Традиционными представлениями о точной науке как раз и руководствуются те ученые, которые до сих пор считают, что гумани-

тарные науки, в том числе социально-экономические науки, включая экономику, не могут быть точными науками.

Уже в наше время, в XX веке, известный английский философ, логик и социолог Карл Поппер категорически утверждал о невозможности научной теории развития человеческого общества, настаивал на том, что история не имеет смысла и только люди в состоянии придать ей цель, а задача историков – изучение единичных событий. Он отрицал объективные законы общественного развития и возможность социального прогнозирования.

Даже сегодня, в начале XXI века некоторые ученые еще предлагают экономистам, в том числе в учебниках и в учебных пособиях, «проявить скромность и отказаться от притязаний на открытие законов экономической жизни общества».

## 8.2. Основные социально-экономические и экономические теории

Необходимо помнить, что *развитие* – *необратимое, направленное, закономерное изменение материи и сознания* (материальных и идеальных объектов), *их универсальное свойство*. В результате развития возникает новое качественное состояние объекта – качественно изменяются его состав и структура. Различают две стадии развития, между которыми существует диалектическая связь: *эволюцию*, связанную с постепенным количественным изменением свойств объекта (эволюция) и *революцию*, характеризующуюся качественным, коренным изменением свойств объекта, скачкообразным переходом от одного устойчивого состояния к другому устойчивому состоянию (революция):

На статус теорий социально-экономического развития претендуют две теории:

**Формационная теория** Маркса (движущей силой развития общества является внутренний фактор – противоречие между уровнем развития производительных сил и характером производственных отношений, экономика рассматривается как самоорганизующаяся система). Согласно Марксу общество в своем развитии проходит три формации: архаическую (первобытнообщинный строй, первобытный коммунизм), экономическую и коммунистическую (цивилизованный коммунизм). Экономическая общественная формация включает несколько способов производства - экономических укладов (например, рабовладельческий, феодальный, буржуазный). Согласно Марксу ха-

рактик производственных отношений определяется уровнем развития производительных сил, а производственные отношения связаны с отношениями собственности на средства производства. Поэтому экономическая, точнее социально-экономическая теория Маркса является политической экономией.

**Цивилизационная** теория Данилевского-Тойнби (в основу развития положен внешний по отношению к экономике фактор – культура в широком смысле, включая этническую и расовую, специфические религии, типы государства и философии). В своем 12-томном труде «Постижение истории» Тойнби выделил 21 цивилизацию: шумерско-андскую, вавилонскую, древнеегипетскую, хеттскую, сирийскую, персидскую (иранскую), арабскую, минойскую, эллинскую (греко-римскую), западную, православную южных славян (основной массив - Византия), православную русскую, древнекитайскую, дальневосточную японо-корейскую, индскую, индуистскую, майяскую, мексиканскую, юкатанскую, андскую. Позднее Тойнби выделял уже 36 цивилизаций, в то числе 5 «живых» цивилизаций: западно-христианскую, православно-христианскую, исламскую, индуистскую и дальневосточную. Преобладающим признаком уже становится религия (ненаучная идеология).

Формационная и цивилизационная теории - две принципиально разные теории общественного развития.

Очевидно, что формационная теория имеет существенные преимущества перед цивилизационной теорией с научной точки зрения, так как социальная система – это нелинейная динамическая система, самоорганизующаяся система. Карл Маркс попытался впервые обосновать положение о том, что общество развивается по таким же строгим законам, как и природа: «Я смотрю на развитие экономической общественной формации как на естественно-исторический процесс. Конечной целью моего сочинения является открытие экономического закона движения современного общества», – писал он в предисловии к 1-ому изданию «Капитала»

В отличие от теорий социально-экономического развития, существенную роль в которых играют складывающиеся в обществе отношения (религиозные или производственные – отношения собственности), в чисто экономических теориях эти отношения практически или не рассматриваются или им не придается существенного значения. К этим теориям относятся:

- *Классическая теория* (макро-микроэкономика)

- *Неоклассическая теория* (микроэкономика, совершенная конкуренция, фирмы как целостные безликие субъекты рынка, «черные ящики»)
- *Кейнсианские теории* (макроэкономика, агрегированные показатели: совокупный спрос, доход, сбережения, потребление и т.д.)
- *Неоклассический синтез* (макро-микроэкономика, смесь классики, неоклассики и кейнсианства)
- *Поведенческая теория* (микро-микроэкономика, внутренние отношения в фирме как целостном субъекте рынка, человеческий фактор, «прозрачные ящики»)
- *Институционализм* (микротеория, институты как безликие субъекты экономики, «черные ящики»)
- *Неоинституционализм* (микро-микроэкономика, внутренние отношения в институтах как целостных объектах общества, трансакционные издержки, права собственности, сеть контрактов и др.).

### **8.3. Эконометрика и неоклассическая экономическая теория как примеры использования математики и законов естественных наук в экономике (триумф и трагедия непонимания)**

*Экономикс.* Накануне XX века Альфред Маршалл, глава кембриджских экономистов, предложил отказаться от термина «политическая экономия» и далее именовать теоретическую экономику (науку об экономике) просто «экономика» («economics»).

*Мэйнстрим* (основное течение) – совокупность современных западных экономических теорий, ядром которой является неоклассическая теория (общая теория рыночного равновесия) и эконометрика.

*Неоклассическая теория* (У. Джевонс, К Менгер, Л. Вальрас, Дж. Кларк, И. Фишер, А. Маршалл, В. Парето, К. Виксель и др.), которую считают началом современной экономической науки, возникла в конце XIX века. Она произвела маржиналистскую революцию в классической экономике, представленной именами А. Смита, Д. Рикардо, Дж. Милля, К. Маркса и др.

Неоклассики развили инструментарий *предельного анализа экономики*, прежде всего понятие *предельной полезности*, а также *предельной производительности*.

Главным достижением неоклассической теории является разработка в рамках теории общего равновесия экономических систем, заложенной еще А. Смитом, модели конкурентного равновесия, сформулированной и впервые сформулированной Л. Вальрасом в виде системы математических уравнений.

В целом для неоклассической теории характерен микроэкономический подход к экономическим явлениям, в отличие от макроэкономического подхода, характерного для марксизма и кейнсианства.

**Эконометрика** – научная дисциплина, предметом которой является изучение количественной стороны экономических явлений и процессов средствами математического и статистического анализа. Ее главным инструментом является эконометрическая модель, задачей – проверка экономических теорий на фактическом (эмпирическом) материале при помощи методов математической статистики.

Эконометрические (макроэконометрические) исследования впервые начали голландец Ян Тинберген и норвежец Рагнар Фриш, ставшие в 1968 г. первыми лауреатами Нобелевской премии по экономике. Термин введен в науку Р. Фришем.

Вопрос «Может ли быть экономическая наука точной наукой?» впервые возник в начале XX века. В острой форме он проявился в споре между шотландским экономистом Кейнсом и голландским экономистом Тинбергеном, который совместно с норвежским экономистом Фришем создал эконометрику, соединившую экономическую теорию с классической статистикой. Кейнс считал, что экономическая наука не может претендовать на точность, так как она фундаментальным образом отличается от естественных наук (механики, физики, химии и т.д.). Почему же, по мнению Кейнса, математические методы принципиально неприменимы в экономике, а экономическая наука не может быть точной?

Эконометрика оперирует набором формализованных методов количественного анализа, основанных на учете независимых факторов, включая классическую теорию вероятностей – теорию строго независимых событий. Она предполагает, что экономическая среда однородна, а определяющие ее поведение факторы поддаются строгой оценке, точнее характеризующие систему параметры могут быть количественно определены. Эконометрика основывается на допущении, что ход событий в прошлом, в настоящем и в ближайшем будущем подчиняется одному и тому же закону, точнее в системе происходит количественное, а не качественное изменение свойств. Кейнс же счи-

тал, что реальные события являются взаимозависимыми, экономический мир неоднороден и чрезвычайно изменчив, что прошлое необратимо, а будущее неопределенно, непредсказуемо и непознаваемо.

Несмотря на критику Кейнса и других ученых, эконометрика получила бурное развитие. Как экономическая дисциплина она развивалась в рамках теории общего равновесия экономических систем, заложенной еще Смитом и впервые сформулированной в виде системы математических уравнений Вальрасом, а затем в более широких рамках неоклассической экономической теории. Нобелевские премии по математической экономике, включая эконометрику, получили более двух десятков экономистов, включая Тинбергена и Фриша.

Триумф эконометрики и неоклассической теории в середине XX века на время отложил спор. Но на рубеже XX-XXI веков, когда экономическая наука оказалась не в состоянии ответить на главный вопрос экономической практики (как эффективно управлять крупной собственностью, включая государственную собственность на средства производства, природные и финансовые ресурсы?), то претензии предъявили, прежде всего, к неоклассической теории, включая эконометрику, как главному течению теоретической экономики. Сегодня экономическую науку снова обвиняют в тех же «грехах», в которых обвинял Тинбергена Кейнс.

Претензии к «Экономикс» наиболее ярко выразил Марк Блауг. Он считает, что неоклассическая теория «пала жертвой пустого формализма», «абстрактного кабинетного теоретизирования», превратилась в «усыпляющую схоластику наших дней».

Особо суровые обвинения достались теории общего экономического равновесия, с которой, как он отмечает, «началось разрастание раковой опухоли в самой сердцевине микроэкономики».

«Современная экономическая наука больна, подчеркивает М. Блауг, - она все больше превращается в интеллектуальную игру ради самой игры, независимую от практической значимости».

Неудивительно, пишет он, что экономисты «оказались хуже, чем бесполезными, когда начали давать советы правительствам Восточной Европы, как им переходить от командной экономики к рыночной».

Ситуация до сих пор не изменилась. Как отмечается в передовой статье журнала «Вопросы экономики переходного периода» (2005 г., № 11): «Современная теория экономики находится в глубоком кризисе. Кризис обнаруживает себя не только в том, что теоретическая эконо-

номика не сумела найти эффективные решения насущных проблем экономической политики, в частности в реформирующихся странах, но и глубинным, внутренним для теории образом, происходит накопление фактов, свидетельствующих о принципиальной ограниченности ее методов».

Очевидно, что мейнстрим и на рубеже XX - XXI веков оказался не в состоянии ответить на самые актуальные социально-экономические вопросы.

Критика современных теорий экономики переросла в отрицание возможности применения математических методов в экономике и перспектив использования в ней методов естественных наук. Начинает утверждаться мнение о том, что существует непроходимая пропасть между естественными и общественными науками, что «мир хозяйствующих субъектов не функционирует по тем же законам, что и мир неживой природы», что «глубоко познать и понять первый из этих миров с помощью методов точных наук вряд ли когда-нибудь удастся», что «методология естественных и гуманитарных наук различаются по причинам фундаментального характера».

#### **8.4. Современные представления о «точной науке»**

Критика эконометрики и неоклассической экономической теории, несомненно, является справедливой. А вот выводы о том, что методы современных точных (естественных) наук неприменимы в экономике, а экономическая теория не может быть точной наукой, являются необоснованными. В экономике, в том числе в финансах, уже накоплен большой экспериментальный материал, огромный массив многолетних наблюдений, вполне достаточный для того, чтобы он мог бы подверженным исследованию методами точных наук с целью отыскания объективных экономических законов, наличие которых является первым условием для отнесения науки к «точной науке». При этом необходимо уточнить понятие «точный». Термин «точный» означает «передающий что-нибудь в полном соответствии с действительностью». Следовательно, это понятие, означающее строгое следование определенному *закону*, охватывает не только количественные, но и *качественные* показатели. Следование закону может быть функциональное и статистическое. Кроме того, характеризующие систему показатели могут быть взаимосвязанными, включая их точность, а законы могут быть стохастические (вероятностные).



Реальная экономика является нелинейной динамической системой, развивающейся, самоорганизующейся системой (Тема 1). Такого рода системы, как показывает опыт изучения их точными науками, могут существовать в нескольких стационарных (установившихся), в том числе мультимодальных (мультистабильных, равновозможных) состояниях, а протекающие в них процессы являются ветвящимися процессами, имеют горизонт предсказуемости и т.д.

### Случайность событий и современная наука

То, что за совокупностью случайных событий «прячется» закономерность (детермированность, определенность), поняли уже давно (по крайней мере, с тех пор как была разработана теория вероятностей и, соответственно, теория статистики). Например, Ф. Энгельс отмечал, «что в природе сквозь хаос бесчисленных изменений прокладывают себе путь те же ... законы движения, которые в истории господствуют над кажущейся случайностью событий». Ученые в настоящее время широко изучают стохастические (вероятностные) системы, включающие случайные компоненты, структуры, последовательности или функции и т.п., то есть удовлетворяющие статистическим законам системы. Сегодня проблема заключается не в том, допустимо ли для «точной» науки заниматься случайными событиями, существуют ли описываемые вероятностными зависимостями процессы, а в том, какие типы случайных событий существуют, и какую форму их описания использовать в конкретных случаях, в том числе в экономике. Стохастичность процессов, событий не отменяет их причинно следственную связь.

В настоящее время в прикладной науке господствуют стохастические модели, в основе которых лежит допущение о независимости событий, а вероятность распределения событий описывается симметричной «колоколообразной» кривой К. Гаусса с быстро спадающими хвостами (классическая статистика). Эта кривая базируется на принципах относительного «равноправия», «равнозначности» (каждое событие вносит вклад в общую сумму, но ни одно из них не определяет статистический результат).

Уравнение кривой Гаусса

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{((x-\mu)/\sigma)^2}{2}},$$

где  $x$  – уровень исследуемой величины;  $\mu$  – среднее значение всех величин;  $\sigma$  – стандартное отклонение, то есть ширина разброса величин вокруг среднего значения.

Известна также статистика Коши, Леви, Парето и других со степенным (гиперболическим) законом распределения. В статистике Коши уравнение для приведенной плотности вероятности:

$$f(x) = \frac{1}{\pi(1+x^2)}.$$

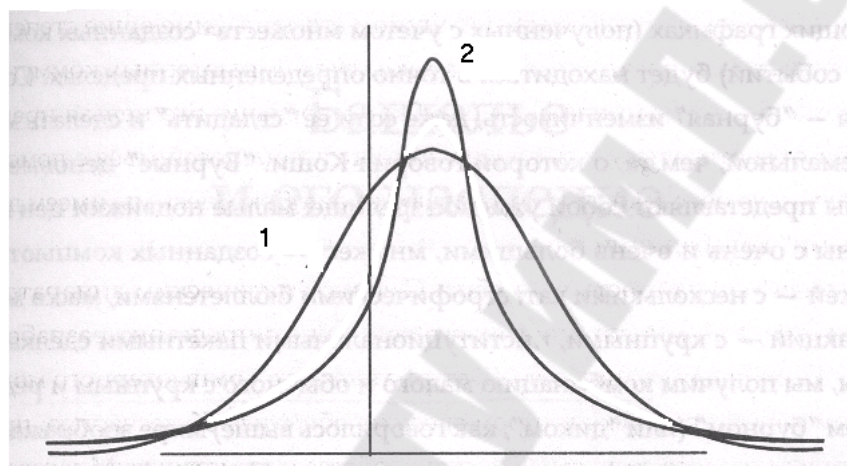


Рис 8.1. Кривая Гаусса (1), кривая Коши (2, пример - стрельба из лука вслепую, пики - островершинные, хвосты – «толстые»)

В статистике Коши-Леви «колоколообразная» кривая приподнята над осью абсцисс и, следовательно, имеет так называемые «толстые» или «жирные» хвосты, что означает существование бесконечной дисперсии.

Итальянец Вильфредо Парето еще в 1897 г. показал, что распределение доходов среди населения во всех странах и во все эпохи не подчиняется «нормальному» закону, а кривая доходов среди богатых описывается степенной формулой (гиперболическим законом):

$$y = A(x-a)^{-\alpha},$$

где  $x$  – величина дохода,  $y$  – количество лиц, имеющих доход, превышающий  $x$ ,  $a$  – минимальный доход,  $A$  и  $\alpha$  – параметры зависимости, получаемой статистически.

В логарифмических осях (дважды логарифмический или билогарифмический график) формула описывает прямую линию с наклоном. Степенная функция - свидетельство, что использование ресурса системой зависит от величины ее ресурса (обратная связь).

Распределение типа  $f(x) = ax^{-n}$  характерно не только для доходов богатых (Парето), но и частотности слов (Ципф), научных публикаций (Лотка), размера городов (Саймон), финансовых рынков (Мандельброт). В частности, Мандельброт показал, что доходность акций характеризуется гиперболическим распределением, имеющем «жирные» хвосты и бесконечную дисперсию.

Опыт показывает, что экспериментальные стохастические результаты стремятся, в основном, к распределениям, описываемым именно этими двумя законами: «нормальным» законом Гаусса (равнозначные события, однородные системы) и степенным законом (неравнозначные события, неоднородные системы). Согласно Мандельброту рассматриваемые два типа распределений – это две крайности, которые целым спектром других членов семейства связывает распределение Леви:

$$\log f(t) = i\delta t - \gamma |t|^\alpha [1 + i\beta(t/|t|) \tan(\alpha\pi/2)],$$

имеющее четыре ключевых переменных, определяющих окончательную форму кривой (Гаусса, Парето и др.):  $\delta$  – параметр «местоположения»,  $\gamma$  – параметр масштаба (определяет величину общей вероятности),  $\beta$  – параметр асимметрии (при  $\beta = 0$  кривая симметрична),  $\alpha$  – параметр, который определяет «толщину хвостов». Если  $\alpha = 2$ , а  $\beta = 0$ , то распределение Леви описывает стандартную кривую (Гаусса), при  $\alpha = 1$ , а  $\beta = 0$  – кривую Коши с очень «толстыми хвостами».

Бенуа Мандельброт является основоположником фрактальной геометрии, Он показал, что гиперболические распределения – «ближайшие родственники фракталов» (в какой-то степени самоподобных структур), что они статистически самоподобны (масштабно-инвариантны) и назвал такую статистику фрактальной. Им введено понятие фрактальной размерности пространства вероятностей. В гиперболических распределениях роль размерности играет показатель степени.

Мандельброт пришел к выводу, что имеют место три состояния «случайности». Он ввел понятия «мягкой», «медленной» и «бурной»

случайности и попытался провести их аналогию с агрегатными состояниями вещества (твердым, жидким и газообразным), то есть использовать для описания случайных событий, в том числе финансово-экономических событий, представления физики как точной науки о веществе.

Более широкая идея называть преобразующее природу человечество «живым веществом» принадлежит Вернадскому. Субъекты хозяйствования часто называют «молекулами» (например, лауреат Нобелевской премии по Экономике Коуз).

Согласно Мандельброту мягкая форма случайности - самая известная и управляемая. Случайности такой формы подчиняются подбрасывание монеты и статические помехи плохо настроенного радио. Ее классическим математическим выражением является кривая Гаусса или «нормальное» распределение вероятностей, названное так потому, что долгое время рассматривалось как норма природы. Бурная форма случайности - противоположный полюс шкалы. Она более беспорядочна и непредсказуема. Медленная форма случайности находится между двумя этими крайними формами.

Особенности различных форм случайности Мандельброт демонстрирует на примере финансовых рынков. Однако заслуживающая внимания гипотеза Мандельброта и основанный на ней анализ форм случайности противоречивы.

С одной стороны, он подчеркивает, что «стандартные теории финансов базируются на «мягкой» форме случайности», в то время как реальные финансовые рынки «намного более бурные». Современные финансовые рынки он назвал турбулентными и сравнил их с ветром. С другой стороны, он подчеркивает, что «в традиционной теории каждый отдельный инвестор имеет столь же ничтожное значение, как и любой другой, их торговля подобна столкновению молекул в газовой камере – миллионы актов обмена крохотным количеством энергии». Противоречия в рассуждениях Мандельброта связаны со следующими обстоятельствами.

Во-первых, макроскопические динамические системы многих движущихся частиц, в том числе вещество, могут быть «покоящиеся» и «движущиеся» («потокосые»). Турбулентность – свойство потоковых систем. Она характерна для различных агрегатных и фазовых состояний систем. Турбулентность наблюдается не только в газе, но и в жидкости. В принципе, она может реализоваться и в твердом состоя-

нии, в том числе поликристаллическом, если времена наблюдения очень большие (хорошо известно, что ледники «текут»).

Во-вторых, следует использовать более точную (строгую) классификацию состояний вещества, а именно не «агрегатные» (твердое, жидкое и газообразное), а «фазовые» представления о веществе. При фазовом анализе различают фазы и фазовые переходы (переходные между фазами состояния), которые характеризуются (переходы первого рода) и не характеризуются (переходы второго рода) скачкообразными изменениями внутренней энергии и плотности, выделением или поглощением тепла, что соответствует непрерывному или скачкообразному изменению первой производной термодинамического потенциала.

Фаза – однородное (гомогенная) термодинамически равновесное состояние вещества (стационарное состояние устойчивого равновесия системы). Фаза – это “притягивающее множество” или аттрактор нелинейных динамических систем. В фазе все частицы вещества находятся в “равноправном” состоянии.

Из одной фазы в другую вещество переходит двумя путями - с помощью фазовых переходов первого или второго рода. Фазовый переход 1-го рода от фазы  $B$  (например, жидкому состоянию) к фазе  $C$  (например, газообразному состоянию) осуществляется при  $T=const$ . Переходная область состоит из двух частей. Она включает примыкающую к фазе  $B$  часть, в которой зарождаются, постепенно увеличиваясь в количестве и в размерах, зародыши фазы  $C$  (дисперсионная среда – фаза  $B$ , дисперсная – фаза  $C$ ; кипящая жидкость: пузырьки газа в жидкости), и следующую за ней и примыкающую к фазе  $C$  часть, в которой содержатся постепенно исчезающие остатки фазы  $B$  (дисперсионная среда – фаза  $C$ , дисперсная – фаза  $B$ ; пар: капельки жидкости в газе, туман).

Образование и рост зародышей новой фазы, также как и уменьшение размеров и исчезновения остатков старой фазы после перехода через область взаимопроникающих фаз является автокаталитическим процессом. Переходная область – это система с памятью, с обратной связью, нелинейная динамическая система, для которой характерен «вектор изменений» при повторяющихся одинаковых воздействиях. Переходное состояние – это «смешанное», неоднородное, то есть не гомогенное, как фаза, а гетерогенное состояние вещества. Это стационарное состояние неустойчивого равновесия динамической системы. В такого рода состояниях события в системе становятся взаи-

мозависимыми и неравнозначными. Фракталы – характерное свойство переходных состояний динамических систем (состояний неустойчивого равновесия), областей перехода системы от одного состояния устойчивого равновесия к другому состоянию устойчивого равновесия, от одного притягивающего множества к другому притягивающему множеству (аттрактору).

В мире Гаусса события (ошибки) распределены как размеры почти одинаковых песчинок. Иначе говоря, статистика Гаусса описывает однородные явления (системы). Взгляд Коши на мир совершенно другой. В мире Коши события (ошибки) представляют собой вроде смеси песчинок, гравия, валунов и гор. Иначе говоря, статистика Коши описывает «неравнозначные» события (неоднородные системы).

Если сравнить эти представления о статистике Гаусса (классической) и Коши (фрактальной) с представлениями о фазе и фазовом переходе первого рода, то очевидна аналогия классической статистики с фазой вещества (стационарным состоянием устойчивого равновесия), а фрактальной статистики с фазовым переходом первого рода (стационарным состоянием неустойчивого равновесия) в веществе. Внутри этих форм могут существовать разновидности, аналогичные тем, какие существуют между кристаллической, жидкой и газообразной фазами или переходными состояниями («конденсация-испарение», «конденсация-возгонка», «кристаллизация-плавление»). Отсюда следует, что принципиально разных форм статистики для находящейся в равновесии (устойчивом или неустойчивом) системы, то есть для равновесных состояний системы может быть только две, а не три.

Для потоковых систем аналог фазы покоящихся систем – это ламинарное течение, а фазового перехода 1-го рода – турбулентное течение, переход к хаотическому движению (полному хаосу). Ведь всякую неавтономную систему (поведение системы зависит от времени), формально можно свести к автономной, если увеличить число динамических переменных системы (независимых координат  $N$ -мерного пространства) на единицу. Иначе говоря, можно принять время в качестве независимой координаты системы и тогда систему уже следует рассматривать как автономную систему с  $(N + 1)$ -мерным пространством. В этом случае ламинарное и турбулентное течения (установившиеся режимы) можно отождествить со стационарными состояниями устойчивого и неустойчивого равновесия автономной системы.

Переход от одного состояния устойчивого равновесия к другому состоянию устойчивого равновесия не осуществляется мгновенно, а требует определенного времени. Если факторы, обеспечивающие определенное состояние равновесия изменить на факторы, обеспечивающие другое состояние равновесия за время меньшее, чем время, которое необходимо для реализации перехода к этому состоянию равновесия, то структура системы будет не соответствовать его равновесной структуре. Новое состояние системы окажется неравновесным. Так как оно может существовать неограниченно долго, то с практической точки зрения его можно рассматривать как «устойчивое состояние». В случае вещества это неравновесное состояние называется «стеклоподобным», «стеклообразным» (процесс его реализации называется «стеклованием»). Например, обыкновенное оконное стекло. Термин устойчивое «неравновесное состояние» используют также для характеристики предельно уплотненных дисперсных систем (например, порошкообразных систем). В последнее время в англоязычной литературе эти предельно уплотненные системы и стеклообразные системы объединяют общим термином «jammed matter (state)». Именно статистику, точнее форму случайности, характерную для этого состояния систем, можно рассматривать как «медленную» (промежуточную согласно Мандельброту между «бурной» и «мягкой» формами), то есть как промежуточную между статистикой, характерной для фазы и статистикой, характерной для фазового перехода 1-го рода.

Таким образом, описание стохастических процессов в экономике качественно не отличается от описания такого рода процессов в физике («точной» науке).

### **Невозможность точного определения параметров в современной науке**

Нильсом Бором в 1927г. установлен **принцип дополнительности**, согласно которому *получение экспериментальной информации об одних физических величинах, описывающих микробъект (элементарную частицу, атом, молекулу), неизбежно связано с потерей информации о некоторых других величинах, дополнительных к первым.*

Взаимно дополнительными величинами являются координата частицы и ее скорость (импульс), энергия и время и др. Состояния, в

которых взаимно дополнительные величины одновременно имеют точные значения, принципиально невозможны. Если одна из них абсолютно точно определена, то значение другой является абсолютно неопределенным.

В том же 1927 г. Вернером Гейзенбергом установлен **принцип неопределенности** для частиц квантового мира - *характеризующие физическую систему дополнительные величины не могут одновременно принимать точные значения*. Он отражает двойственную, корпускулярно-волновую природу элементарных частиц материи:

$$\Delta p_x \Delta x \geq \frac{h}{2\pi},$$

где  $\Delta p_x$  - импульс;  $\Delta x$  - координата;  $h$  - постоянная Планка.

Принцип неопределенности Гейзенберга (фундаментальное положение квантовой теории) является частным случаем принципа дополненности Бора.

Оба принципа не ограничивают, как считали первоначально, познание реальной действительности, а лишь указывает на степень применимости к ней понятий и законов классической механики (макроскопических характеристик).

Очевидно, что невозможность точного определения какой-то величины в определенных условиях современная наука не связывает с потерей науки статуса «строгая наука». Никто физику после открытия принципа дополненности Бора и принципа неопределенности Гейзенберга не перестал считать «строгой наукой».

### **«Горизонт предсказуемости» в современной точной науке**

Экономика является системой с обратной связью и ограниченными ресурсами, нелинейной динамической системой. Простейшим уравнением, описывающим такого рода системы является дифференциальное логистическое уравнение  $dx/dt = rx(1-x)$  или его итерационный аналог  $x_{n+1} = rx_n(1-x_n)$ , анализ которых проведен при рассмотрении темы 3 («Химические модели в экономике»).

При увеличении константы скорости процесса  $r$  система изменяет характер своего поведения, последовательно переходя от состояния с постоянной скоростью процесса ( $r$  меньше 2), к автоколебательному режиму изменения скоростей процесса (с удвоением перио-



дов колебаний) ( $r$  больше 2, но меньше 2,57), а затем сначала к «детерминированному хаосу с окнами устойчивости» ( $r$  равно 2,57, но меньше 3) и, наконец, к полному «детерминированному хаосу» в режиме изменения скоростей ( $r$  равно или больше 3) (рис. 8.2). «Хаотический» режим означает наличие «горизонта предсказуемости» (в традиционном смысле) событий в системе, но не означает ликвидацию причинности событий, так как процесс полностью воспроизводим!

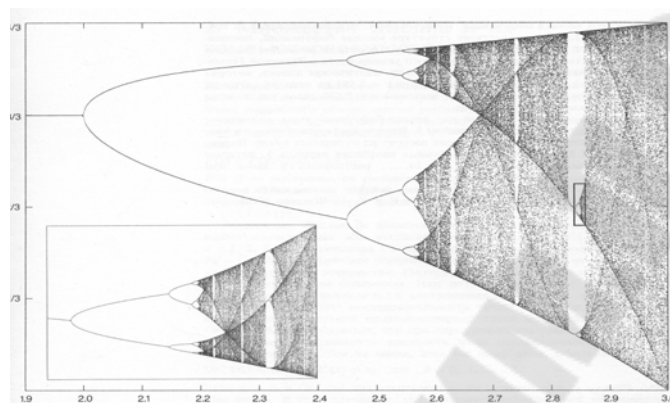


Рис. 8.2. Бифуркационная диаграмма – зависимость  $x_{n+1}$  (ось ординат) от  $r$  (ось абсцисс). Горизонт предсказуемости ( $r = 3$ )

Получается на первый взгляд парадоксальная ситуация: система описывается уравнением, причем простейшим уравнением, то есть является детерминированной (вполне определенной), а ее поведение оказывается при некоторых значениях управляющего ею параметра «непредсказуемым» в традиционном смысле, то есть его невозможно определить аналитическими методами. Тем не менее, положение системы можно, если хватит ресурса, определить численным (вычислительным) экспериментом. Открытие точными науками «горизонта предсказуемости» событий – величайшее научное достижение. Это фактически проблема предельных ситуаций, перехода количества в новое качество.

### Мультимодальность (мультистабильность) состояний системы

При анализе нелинейных динамических систем, в том числе товарно-денежного хозяйства, их уравнений состояния и фазовых диаграмм (темы 1,2,3,4) было показано, что при одном и том же значении полной (кинетической и потенциальной) энергии системы могут быть реализованы несколько ее стационарных состояний устойчивого и неустойчивого равновесия (имеет место мультимодальность или

мультистабильность стационарных состояний или, иначе говоря, равновозможность их существования). Отбор этих состояний в природных системах осуществляется окружающей средой (внешними для системы параметрами). Для социально-экономической системы как нелинейной динамической системы многих частиц («частицы» – хозяйствующие объекты) выбор может быть осуществлен ее «частицами» – хозяйствующими субъектами.

Таким образом, традиционные представления о «точной» науке устарели. Современные «точные» науки (например, физика и химия) описывают не только системы с функциональными связями, но и стохастические системы, в том числе подчиняющиеся не только классической (гауссовой), но и неклассической (фрактальной) статистике, в которой дисперсия может быть бесконечной. Они описывают системы с сопряженными параметрами, в которых степень точности определения одного параметра уменьшается при увеличении степени точности определения другого параметра. Они описывают не только линейные, но и нелинейные системы, то есть системы, которые могут находиться в различных стационарных состояниях устойчивого и неустойчивого равновесия, а также в неравновесных состояниях, системы с «горизонтом предсказуемости». Системы, в которых различные стационарные состояния могут быть мультимодальными при одном и том же значении полной энергии.

Несмотря на существование «горизонта предсказуемости» причинно-следственные связи явлений сомнению не подвергаются. Изменяется только наше классическое представление о связи причины и следствия, «предсказуемости». Предсказания могут быть однозначные, вероятностные, качественные. Нелинейное уравнение в отличие от линейного имеет несколько решений и все они «правильные». Система, описываемая нелинейным дифференциальным уравнением, то есть нелинейная система, может находиться в нескольких стационарных состояниях. Это характерное свойство всех развивающихся, самоорганизующихся, то есть реальных систем. Иначе говоря, именно классическую науку следует называть «неточной», так как она была не в состоянии описывать реальную действительность (большинство реальных систем), а ограничивалась только особыми случаями.

Сегодня главный признак «точной науки» – наличие качественных моделей, то есть таких моделей, которые качественно объясняют явления, а не являются только иллюстрациями, в том числе математическими». Рядом таких моделей современная экономическая наука

уже располагает (часть из них заимствована из естественных наук, часть разработана самостоятельно). Дальнейшая разработка качественных моделей - актуальная и фундаментальная задача современной теоретической экономики как точной науки.

Критика Кейнсом эконометрики и неоклассической теории, конечно, была правильной. Современная экономическая теория, базирующаяся на общей теории нелинейных динамических систем, оказалась в состоянии разрешить эти проблемы, чтобы войти в семью «точных» наук.

Следует отметить, что оценивания с позиций современной науки социально-экономическую теорию Маркса, необходимо признать, что он был пионером в попытке создания нелинейной теории экономики. Его социально-экономическая модель обладает признаками, характерными для нелинейной системы (переход количественных изменений в качественные, наличие качественно отличающихся экономических укладов – стационарных состояний и др.). К сожалению, общая теория нелинейных динамических систем в XIX веке, когда жил Маркс, только-только зарождалась, и, естественно, он не мог по этому разработать математическую модель социально-экономического процесса. Но его уравнение распределения дохода  $(c + v) + m = Y$  – это фактически современное уравнение состояния

товарно-денежного хозяйства  $(p + \frac{a}{V^2})(V - b) = RT$ , записанное в ви-

де  $p(V - b) + \frac{a(V - b)}{V^2} = RT$ , где  $p(V - b) = (c + v)$ ,  $\frac{a(V - b)}{V^2} = m$ , а

$RT = Y$  (см. темы 1,2). Сегодня наблюдается ренессанс марксизма, его уже никто из серьёзных ученых не сбрасывает «с парохода современности». Наукой признана существенная роль производственных отношений в экономическом развитии. А именно теория Маркса учитывает не только производительные силы общества, но и производственные отношения.

Сегодня самая актуальная задача – дальнейшее развитие экономической теории и теории социально-экономического развития как точных наук. Диалектическая логика как логика нелинейных систем, диалектический материализм являются мощным инструментом для решения этой задачи. Знание диалектических законов позволили даже Сталину, который не имел высшего образования, утверждать еще 70 лет тому назад, когда ученые-математики только начинали закладывать основы теории нелинейной динамических систем, что наука об

обществе может быть точной наукой: «Если мир познаваем и наши знания о законах развития природы являются достоверными знаниями, имеющими значение объективной истины, то из этого следует, что общественная жизнь, развитие общества также познаваемо, а данные науки о законах развития общества являются достоверными данными, имеющими значение объективных истин. Значит, наука об истории общества, несмотря на всю сложность явлений общественной жизни, может стать такой же точной наукой, как, скажем, биология».

### **8.5. Вопросы для самоконтроля**

1. Что такое «точная» наука в классическом (традиционном) понимании?
2. Назовите основные положения эконометрики и неоклассической теории как базы «мэйнстрим».
3. Назовите основные отличия линейных и нелинейных динамических систем.
4. Назовите характерные свойства экономики как нелинейной динамической системы.
5. Что такое «точная наука» в современном понимании?
6. Почему теоретическая экономика не только может, но и должна быть точной наукой?

### **8.6. Литература к теме 8**

1. Занг В.-Б.. Синергетическая экономика. Время и перемены в нелинейной экономической теории.: Пер. с англ.- М.: Мир, 1999. Постон Т., Стюарт И. Теория катастроф и ее приложения, пер. с англ.- М.: Мир, 1980.
2. Мандельброт Б., Хадсон Л. (Не) послушные финансовые рынки: фрактальная революция в финансах: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006.
3. Блауг М. Методология экономической науки, или Как экономисты объясняют. Пер. с англ. / Науч. ред. и вступ. ст. В.С. Автономова.– М.: НП «Журнал Вопросы экономики», 2004.
4. Мантенья Росарио Н., Стенли Г. Юджин. Введение в эконофизику: Корреляция и сложность в финансах. Пер. с англ. / Под ред. В.Я. Габескерия. – М.: Книжный дом «ЛИБРИКОМ», 2009.

5. Казарян В.П. Системный подход в современной науке. В кн.: Концепции современного естествознания. Учебник для вузов / под общ. ред. профессора С.А. Лебедева. – М.: Академический Проект, 2007.
6. Хомяков П.М. Системный анализ: Экспресс-курс лекций / Под ред. В.П. Прохорова. Изд. 3-е. – М.: Издательство ЛКИ, 2008.
7. Егоренков Н.И., Казакова Е.Н., Стародубцев И.Е., Стародубцева М.Н. Топологическая динамика товарно-денежного хозяйства // Вестник ГГТУ, 2009, № 3, с. 92-100.

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Тема 1. Товарное хозяйство – нелинейная динамическая система	3
1.1. Динамические системы .....	3
1.2. Линейные и нелинейные системы .....	5
1.3. «Флаги» нелинейных систем .....	6
1.4. Товарное хозяйство как нелинейная динамическая система .....	7
1.5. Вопросы для самоконтроля .....	12
1.6. Литература к теме 1 .....	13
Тема 2. Физические модели в экономике (экономическая физика)	14
2.1. Эконофизика .....	14
2.2. Капиталодинамика – экономическая эргодика (трудо- динамика) .....	15
2.3. Физико-математическая (эргодинамическая) модель эконо- мического (производственного) цикла .....	18
2.4. Фазовая модель средне развитого товарно-денежного хозяйст- ва .....	21
2.5. Вопросы для самоконтроля .....	27
2.6. Литература к теме 2 .....	27
Тема 3. Химические модели в экономике (экономическая химия)	28
3.1. Принцип Ле Шателье .....	29
3.2. Закон действующих масс: экономический процесс, как «хими- ческая реакция» (автокатализ, автоколебательные и хаотические процессы в химии и экономике) .....	30
3.3. Вопросы для самоконтроля .....	35
3.4. Литература к теме 3 .....	35
Тема 4. Биологические модели в экономике (экономическая биоло- гия) .....	36
4.1. Биология и экономика .....	36
4.2. Модель Мальтуса (неограниченное размножение) .....	37
4.3. Модель с ограниченным размножением .....	39
4.4. Модель Ферхюльста (ограниченный ресурс) .....	39
4.5. Модель с двойным ограничением .....	41
4.6. Модель Лотка-Вольтерра .....	41
4.7. Вопросы для самоконтроля .....	44
4.8. Литература к теме 4 .....	45
Тема 5. Земное эхо солнечных бурь – влияние солнечной активности на биосферу, человека и социально-экономические процессы .....	46
5.1. А.Л. Чижевский – основоположник гелиобиологии .....	46
5.2. Живое вещество (клетка, организм, популяция) и окружающая среда .....	47

5.3. Пульс Солнца и волны эпидемий, неурожаев, катастроф, экономики военной и политической активности человечества .....	48
5.4. Вопросы для самоконтроля .....	55
5.5. Литература к теме 5 .....	55
Тема 6: «Диалектика – логика нелинейных систем» .....	56
6.1. Логика – наука о мышлении .....	56
6.2. Математическая логика .....	59
6.3. Диалектическая логика .....	62
6.4. Диалектическая логика – логика нелинейных систем .....	65
6.5. Вопросы для самоконтроля .....	67
6.6. Литература к теме 6 .....	68
Тема 7. Аксиоматический метод принятия управленческих решений .....	70
7.1. Общий подход к разработке управленческих решений .....	70
7.2. Правдоподобные рассуждения .....	71
7.3. Общая схема аксиоматического метода научно обоснованных доказательств и принятия решений .....	74
7.4. Логика – технология работы с понятиями и аксиомами .....	77
7.5. Вопросы для самоконтроля .....	79
7.6. Литература к теме 7 .....	80
Тема 8. Может ли теоретическая экономика быть точной наукой?.....	81
8.1. Традиционные представления о «точной» науке .....	82
8.2. Основные социально-экономические и экономические теории .	83
8.3. Эконометрика и неоклассическая экономическая теория как примеры использования математики и законов естественных наук в теории экономики (триумф и трагедия непонимания) .....	85
8.4. Современные представления о «точной науке» .....	88
8.5. Вопросы для самоконтроля .....	100
8.6. Литература к теме 8 .....	100

**Егоренков Николай Иванович  
Стародубцева Мария Николаевна  
Стародубцев Иван Евгеньевич**

## **ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

### **Практикум**

**для студентов экономических специальностей  
дневной и заочной форм обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку  
ГГТУ им. П.О. Сухого в качестве электронного  
учебно-методического документа 31.05.10.

Пер. № 9Е.

E-mail: [ic@gstu.by](mailto:ic@gstu.by)

<http://www.gstu.by>