

Чернавский Д. С., Старков Н. И., Малков С. Ю., Коссе Ю. В., Щербаков А. В. Об эконофизике и её месте в современной теоретической экономике // УФН, 2011, т.181, выпуск 9, с.767–773.

Об эконофизике (физической экономике) и её месте в современной теоретической экономике

Чернавский Д.С., Старков Н.И. (ФИАН),
Малков С.Ю., Коссе Ю.В. (Академия Военных Наук),
Щербаков А.В. (АО «Курс», Ген. директор)

Аннотация

Проведено критическое обсуждение основных направлений современной теоретической экономики: неоклассического (т.н. "мейнстрим") и эконофизики («физической экономики»). Эконофизика объединяет три направления: эволюционную экономику, математическое моделирование экономических систем и процессов и математический анализ биржевых рядов. Основа объединения – теория развивающихся систем, развитая в физике. Обсуждаются базовые модели, используемые в эконофизике и их области применения. Подробно обсуждается имитационная модель макроэкономики современной России (привязанная к реальным данным). Показано, что она может служить инструментом поддержки принятия решений. Приведены работы модели как до кризиса 2008 г., так и после него.

On the econophysics (physical economics) and its place in theoretical economics.

Chernavskii D.S., Starkov N.I. (P.N. Lebedev Physical Institute), Malkov S.U. (Economic Institute of Russian Academy of Science), Kosse U.V., (Academy of Military sciences), Scherbacov A.V. (Director of the firm "Kurs")

Abstract

The main directions of the modern theoretical physics: neoclassical and econophysics, are discussed. The econophysics includes three new approaches: evolution economics, mathematical modeling of economical processes and analysis of random time series. The developing system theory is the base of this directions. The base models of econophysics are briefly discussed. The macroeconomical model of the modern Russia is discussed in detail. It is shown that this model can be used for decision support. Some examples of the model results (both before and after the crisis of 2008) are presented.

Об эконофизике (физической экономике) и её месте в современной теоретической экономике

Чернавский Д.С., Старков Н.И. (ФИАН),
Малков С.Ю., Коссе Ю.В. (Академия Военных Наук),
Щербаков А.В. (АО «Курс», Ген. директор)

Введение.

Задачи теоретической экономики те же, что и других теоретических дисциплин.

1. Описание объекта (системы) на языке математических методов.
2. Описание откликов системы на внешние воздействия.
3. Прогноз поведения системы при неизменных внешних условиях.

Традиционно экономика считается наукой гуманитарной, но в теоретической экономике используются математические и физические понятия и методы. Т.о. теоретическая экономика является междисциплинарным направлением. Как правило, междисциплинарные направления (такие как биофизика, физическая химия и др.) не отрываются от своих прародителей и от других естественных наук. Однако из этого правила имеются исключения

В настоящее время в теоретической экономике сложилась критическая ситуация [1]. Существует несколько различных направлений (по крайней мере – два), в которых используются разные основные положения (аксиомы) и разные математические методы. Они дают разные ответы на поставленные выше вопросы.

Тем не менее, в современной (кризисной) ситуации от ответа на них зависят судьбы людей, стран и, возможно, мира. В этом и заключается критичность ситуации.

Обсудим эти направления.

I. Наиболее представлен (особенно за рубежом) т. н. неоклассический подход, который считается «главным течением» (мейнстрим [2]). Основные положения «мейнстрима» следующие:

1) элементарным объектом общества является индивидуум. Он производит продукты с целью получить наибольшую прибыль. Индивидуум потребляет продукты с целью получить максимальную пользу для себя. Основной функцией классической экономики является функция полезности. Предполагается, что индивидуум «рационален» и сам определяет наиболее полезную совокупность благ (в первую очередь, материальных). Различие обычаев («менталитетов») в разных странах и социях при этом не учитывается;

2) самоорганизация индивидуумов в обществе сводится к тому, что возникает стационарное (равновесное) состояние, в котором спрос (на товары, труд, деньги и т.п.) уравнивается предложением. Считается, что общество (государство) образуется как результат объединения индивидуумов и новые качества, не выводимые из свойств индивидуумов, при этом не возникают.

Создается впечатление, что цель «мейнстрима» построить (хотя бы умозрительно) идеальное стабильное общество, где интересы всех были бы максимально удовлетворены и это общество существовало бы вечно. (Типа утопического «Города Солнца»).

В рамках мейнстрима часто используются догмы, например:

1) государство не должно вмешиваться в экономику. Это положение не доказано (потому и «догма») и не может быть доказано, поскольку полное невмешательство (равно, как и полное вмешательство) невозможно. Важна мера вмешательства, которая зависит от ситуации;

2) стационарное и равновесное состояние рыночной экономики единственно. Это положение тоже является не доказанной догмой и в последнее время подвергается сомнению. Тем не менее, в рамках «мейнстрима» исследования динамики переходов между состояниями практически отсутствуют.

Сильная сторона «мейнстрима» в том, что в нем работают большие коллективы профессионалов высокого уровня. Заслугой «мейнстрима» является исследование оптимального стационарного состояния рыночной экономики.

Слабая сторона его в том, что он обособлен от других естественных наук и по существу превратился в «игру в бисер». Критерием качества решения задачи здесь считается внутренняя непротиворечивость и соответствие с аксиомами. Условие соответствия результата реальности обычно не обсуждается. Перечисленные выше актуальные задачи в рамках «мейнстрима» не решаются и не ставятся.

II. Сравнительно недавно возникло новое направление теоретической экономики – эконофизика (или физическая экономика). В неё входят разные задачи:

1) эволюционная экономика возникла в начале прошлого века благодаря работам И. Шумпетера [3]. Далее она развивалась во многих работах (см. [4], там же библиография). Фактически именно Шумпетер обратил внимание на то, что экономика – не статическая, но развивающаяся система. Некоторое время это направление развивалось без использования математического аппарата. В настоящее время такой аппарат имеется, он тот же, что и в других развивающихся системах (и в синергетике);

2) математическое моделирование (на основе теории динамических систем) как макро, так и микроэкономических процессов (это направление часто называют экономической синергетикой (Занг [5])).

3) анализ биржевых рядов и исследование их свойств.

Эти три направления объединяет система основных положений, характер решаемых задач и методы их решения.

Во всех трех направлениях экономика рассматривается как развивающаяся система и при описании их используется соответствующий аппарат – теория динамических диссипативных систем. Иными словами, теоретическая экономика здесь является не обособленной дисциплиной, а, напротив, входит в семью естественных наук. Вместе с тем, в этой семье эконофизика является вполне оформившимся направлением.

Особую роль при этом играет проблема дуализма развития: с одной стороны общество должно сохранить накопленную информацию, с другой – создать новую. Эти задачи комплементарны (в смысле Н. Бора). В физике они во многих случаях решены, в экономике их еще придется решать.

Таким образом, ничего особенно нового (по сравнению с другими естественными науками) в эконофизике нет. Физика здесь выступает как наука, которая имеет дело как с Природой, так и с современной математикой и потому обладает дисциплиной мысли и критичностью по отношению к догмам. В

частности, возможность появления (и исчезновения) нескольких стационарных состояний здесь не только допускается, но и широко используется [6,7].

С этой точки зрения, экономика - очень интересная и важная область приложения физики.

В действительности, граница между неоклассической экономикой и экономикой несколько размыта. Многие экономисты в разных работах используют как тот, так и другой подходы.

Цель настоящего сообщения – обсудить примеры математических моделей в экономике и их результаты

Основные понятия и модели.

Функция спроса.

Важную роль в экономике играет спрос. Он зависит от потребностей человека, но не меньшую роль играет поведение окружающих (в том числе СМИ). Иными словами, спрос является коллективной поведенческой реакцией человеческого общества. Спрос описывается функцией спроса. Есть несколько вариантов этой функции.

1. Функция спроса на данный товар (или группу сходных товаров) представляет собой зависимость количества товара Q , потребляемого в единицу времени, от наличия у него денег U или доходов D и цены товара p . В силу условности того и другого функция спроса зависит от отношения U/p (или D/p). Величина Q может выражаться в естественных единицах (шт., кг.), но чаще используют величину Qp , которая выражается в денежных единицах. В качестве примера на рисунке 1 приведем эмпирическую функцию спроса (8). Она построена на основании данных статистических бюро разных стран. Важным свойством её является немонотонность (присутствие т.н. «клюва»). Ниже мы увидим, что он играет важную роль.

2. В макроэкономике используется единый агрегат, включающий товары первой необходимости (пища, одежда, жилище), товары долговременного пользования (машины, телевизоры и т.д.) и элитные товары. В этом случае удобнее пользоваться функцией спроса $Q(U/p)$.

Форма функции спроса $Q\left(\frac{U}{p}\right)$ приведена на рисунке 2 и может быть представлена в аналитическом виде [9]:

$$Q(r) = Q_1 \cdot \frac{r}{r + r_1} + \Theta(r - r_{\min}) \cdot \left[Q_2 \cdot \frac{r - r_{\min}}{r - r_{\min} + r_{02}} + e \cdot (r - r_{\min}) \right], \quad (1)$$

$$\text{где } \Theta(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x < 0 \\ 1, & \text{при } x > 0 \end{cases}$$

Смысл параметров Q_1 , Q_2 , r_1 , r_2 , r_{\min} и e в следующем.

Параметр Q_1 соответствует полному удовлетворению жизненно необходимых потребностей, r_1 – значение покупательной способности, при которой эти потребности удовлетворяются наполовину.

Величина r_{min} – покупательная способность, ниже которой потребитель не приобретает товаров долговременного пользования. Она зависит от психологии потребителя. Так, большое значение r_{min} означает, что человек склонен полнее удовлетворить потребности первой необходимости, т.е. жить проще. Малое значение r_{min} означает, что потребитель склонен жить «по-современному», даже в ущерб питанию.

Параметр Q_2 соответствует полному удовлетворению товарами долговременного пользования, т.е. приобретению всего «джентльменского набора» товаров: комплект бытовой техники, автомобиль, дача и т.д.

Параметр r_2 характеризует стремление человека выглядеть достойным «джентльмена». При малом значении r_2 человек, едва накопивший средства в количестве $U \gg r_{min}/p$ стремится тут же их потратить на приобретение «джентльменского набора». При большом значении r_2 , напротив, человек ведет себя скромно и бережливо даже при накоплениях $U > r_{min}/p$.

Параметр e отражает наличие "всевозрастающих потребностей человека", т.е. неспособность многих остановиться в своих тратах на приобретение роскоши при наличии соответствующих средств.

Таким образом, параметры функции спроса отражают человеческий фактор, т.е. психологию потребителя.

В модели важно поведение коллектива потребителей и, следовательно, параметры функции спроса имеют социально-психологический характер, т.е. учитывают обычаи и правила поведения, сложившиеся в данном обществе.

В разных странах эти параметры, вообще говоря, различны и функции спроса могут заметно отличаться. Сигмоидальный характер функции спроса играет в модели очень важную роль. Его эффект зависит от параметров r_{min} и r_2 : при малых r_{min} и больших r_2 функция спроса практически становится плавной и всюду выпуклой. Сигмоидность (т.е. «клюв» на рисунке 2) исчезает. Параметры функции спроса могут меняться с течением времени, но медленно, например, при смене поколений (роль этих изменений мы обсудим позже)

Производственная функция.

Производственная функция $F(r)$ представляет собой количество произведенного продукта (в единицу времени) от вложенных (оборотных) средств. Последние удобно выражать не в деньгах, а в отношении денег к средне взвешенной цене продукта P : $r=D/P$. При этом исключается роль инфляции. В оборотные средства входят: переменные издержки (пропорциональные объему производства) и постоянные издержки (затраты на поддержание производства и модернизацию его, т. е. НИР и НИОКР). В производственной функции можно выделить три участка:

1) Участок с постоянной отдачей, когда вложенные средства пропорциональны выручке.

2) Участок с падающей отдачей, когда излишек произведенной продукции не востребован обществом.

3) Участок с растущей отдачей, когда потребность в продукте (как правило, инновационном) возрастает и предприятие получает сверхприбыль.

На рисунке 3 представлена производственная функция и её участки.

Базовые модели

В каждой науке модели строятся в два этапа [10]: в начале формулируются т.н. базовые (простейшие) модели. Они содержат небольшое число переменных и уравнений, но при этом описывают суть явления (автоколебания, кризисы и т.д.). Применительно к конкретным условиям базовые модели усложняются, дополняются, комбинируются и превращаются в имитационные модели. В физической экономике имеется набор базовых моделей. Обсудим их кратко.

1. Логистическая модель. Она содержит одно уравнение и имеет вид:

$$\frac{dx}{dt} = a(x - x^2); \quad (2)$$

Эта модель используется для описания развития фирмы, развития вида (в биологии), демографических процессов и т.д. В ней имеется две стадии: первый член - экспоненциальный (или ещё более сильный рост с обострением [11]) и второй член - стадия выхода на стационарный режим в связи с внешними ограничениями.

2. Базовая модель борьбы условных информаций. Она содержит два (или больше) уравнений и имеет вид [12,13]:

$$\frac{du_i}{dt} = \frac{1}{t_i} u_i - \sum_{j \neq i}^n b_{i,j} u_j u_i - a_i u_i^2 + D_i \Delta u_i; \quad i, j = 1, 2 \dots n. \quad (3)$$

Здесь: u_i - число носителей i -ой информации; первый член – воспроизведение i -ой информации; второй член – взаимодействие носителей разных информаций; третий член – внешние ограничения и последний член – миграция носителей в пространстве.

Принято, что взаимодействие антагонистично, т.е. каждый носитель стремится сохранить свою информацию, навязать её другому и создать новую (свою) информацию.

Эта модель использовалась для описания возникновения единого генетического кода в биологии [12,13]. В экономике она использовалась для описания конкуренции фирм (в частности, новаторов и консерваторов) [14], роли рекламы [15], взаимодействия ведущих валют на внешнем торговом рынке [16]. Кроме того, эта же модель использовалась для описания исторических процессов (образования крупных государств) [17], где было продемонстрировано, что идеологические (информационные) факторы играют не меньшую роль, чем экономические.

3. Модель скрытого банкротства имеет вид [18,19]:

$$\frac{dM}{dt} = -\frac{M}{t} + p_m Q_0 \frac{P}{P_0 + P} - \frac{p}{t_p} P - k;$$

$$\frac{dP}{dt} = -p Q_0 \frac{P}{P_0 + P} + \frac{M}{pt}.$$

Здесь M - оборотные средства, P - количество товара на складе. Параметры: Q_0 - максимальная потребность в продукте, p_m - рыночная цена, p - себестоимость, t - время производственного цикла, t_p - время хранения товара, k - постоянные издержки.

Модель описывает как стабильное состояние фирмы, так и бифуркацию – переход в состояние банкротства. При этом банкротство вначале развивается медленно, но затем быстро переходит в критическую фазу. Эта модель использовалась при обсуждении эколого-экономических проблем в глобальном мире. Особенно важен момент, когда ресурсы близки к исчерпанию, а затраты на их регенерацию из отходов возрастают [19].

4. Базовая модель перехода из Высокопроизводительного Состояния (ВП) в Низкопроизводительное (НП), т.е. фактически модель кризиса. Она сродни модели фазовых переходов. В экономфизике она стала возможной благодаря отказу от догмы о единственности рыночного состояния.

На её основе была создана имитационная макроэкономическая модель современной России, которую мы обсудим более подробно.

Макроэкономическая модель современной России

Цель модели – описать, что произошло в результате либерализации цен и каковы возможные варианты дальнейшего развития.

Модель была построена в 90 –е годы и опубликована в УФН [6]. Кризис 90-ых годов в ней интерпретировался как фазовый переход из ВП состояние в НП в результате либерализации цен.

В течение последних лет модель совершенствовалась и дополнялась [9]. При этом выяснилось, что результаты существенно зависят от внешней ситуации и от решений Правительства России. В настоящее время модель не преследует цели дать долговременный прогноз. Более того, с нашей точки зрения таковой и невозможен, поскольку экономика России (и всего мира) находится вблизи неустойчивого состояния. В этой связи, решения, принимаемые правительствами (всех стран) оказывают существенное влияние, но какое именно – не ясно ни тем, кто принимает решения, ни тем, кто пытается их выполнять.

Цель предлагаемой модели – служить инструментом поддержки принятия решений. Для этого модель должна давать ответы на вопросы: "что будет если....?"

Помимо этого модель должна давать кратковременные прогнозы (типа: "что будет, если ничего не делать").

Мы не будем приводить модель полностью (поскольку она опубликована) и ограничимся только некоторыми последними результатами.

1. Наглядное представление о состоянии экономики дает балансовая диаграмма (см. рисунок 4). По вертикали отложены функция спроса и производственная функция. Их пересечения – стационарные состояния. Их три: ВП, НП и коллапс производства. При изменении этих функций (их параметров) возможны переходы (типа фазовых переходов).

Здесь уместно сделать ряд замечаний.

i. В действительности ситуация в России достаточно пестрая. Производственные функции в разных регионах и разных фирмах различны, так, что на диаграмме можно представить веер функций. Он охватывает как фирмы в ВП состоянии (т.н. «газели» [20]), так и фирмы близкие к банкротству.

ii. Функция спроса, как правило, меняется со сменой поколений.

На рис. 5а и 5б представлены две функции спроса. Первая относится к «бережливому» поколению, которое тратит деньги на товары долговременного спроса при их наличии. Видно, что при этом реализуется только ВП состояние. Вторая относится к поколению, выросшему в достатке, которое хочет иметь все и сразу. Видно, что при этом экономика переходит в НП состояние.

Долговременные (порядка 10 – 20 лет) периодические изменения в экономике получили название циклов Кондратьева. Возможно, что изложенное выше является одной из причин этих циклов. Правда, сам Кондратьев связывал циклы с инновационной активностью людей (не касаясь их психологии и функции спроса, хотя эти вещи связаны.)

Кризис 2008 г.

Кризис произошел во всем мире, но в США и в России имел разные причины.

В России, начиная с 2004 г. росли цены на сырье и товары Естественных Монополий (ЕМ). Цены на товары отечественной обрабатывающей промышленности росли медленнее (в меру инфляции). Рентабельность падала и приближалась к критическому значению («клюву»). При этом в уравнении для цены устойчивость падала и возникала бифуркация типа Андронова – Хопфа (т.е. колебательный режим). При продолжении этой тенденции промышленный кризис в России был бы неизбежен (о чём неоднократно говорилось на конференциях [20] и писалось).

В США кризис имел финансовый характер (падение акций и кризис коммерческих банков). От этого пострадали в первую очередь российские финансисты: американские банки потребовали от них вернуть кредиты и не дали новых для погашения долгов. Российское руководство поддержало российских финансистов, но за счет средств, изъятых из реального сектора. В результате российские промышленники в течение полугода (вторая половина 2008 г.) были лишены оборотных средств. В условиях низкой рентабельности это привело к промышленному кризису. На рис. 6. приведены официальные данные с 2003 по 2009 г. (поквартально в рублях).

Видно, что общий тренд ВВП до августа 2008 г. был положительным (на фоне сезонных колебаний). Это не противоречит утверждению о том, что рентабельность обрабатывающей промышленности за эти годы падала. Дело в том, что в общий ВВП входят также услуги и добыча сырья (цены которого росли), что и обеспечивало общий положительный тренд, (что отражено на рисунке б). Пунктиром приведены расчетные данные без учета изъятия оборотных средств в 2009 г. Видно, что кризис в России в этом случае не имел бы места (но случился бы несколько позже). В результате в конце 2008 г. «неожиданно» возник кризис и общее ВВП упал почти вдвое. Затем ВВП поднялся, но не достиг прежнего уровня.

Посткризисные меры.

После кризиса были предложены антикризисные меры (как правительством, так и другими организациями). Обсудим их в рамках модели.

1. Частичное государственное регулирование цен сырья, товаров и услуг ЕМ. В модели этот фактор входит как параметр рентабельности и зависит от инфляции,

мировых цен и государственной стабилизации цен на часть продукции. На рисунке 7 представлены результаты расчетов ВВП обрабатывающей промышленности при различных долях государственного регулирования цен. Параметр a означает долю продукции ЕМ, цены которой фиксированы на данном (текущем) уровне и не растут. Нижняя кривая соответствует отсутствию регулирования, верхняя кривая – полной фиксации цен. Начальная точка – август 2008 г.

Реально ВВП снизился примерно на 30 % и до сих пор сохраняется на этом уровне. В модели этому соответствует фиксация цен на уровне 75%. Реально здесь сыграло роль и снижение мировых цен, так, что фиксация цен могла быть и меньше.

На рисунке 8 представлены модельные расчеты и статистические данные в посткризисное время. Видно, что страна не вышла из кризиса (находится в депрессии) и процесс носит колебательный характер, о чем упоминалось выше.

2. Сейчас снова встал вопрос об изменении системы налогообложения (снижение налогов НДС и на прибыль) В модели они входят как параметр κ_2 , определяющий рентабельность. На рисунке 9 приведены модельные расчеты роста ВВП при снижении налогов.

Из рисунка видно, что снижения налогов на 3-4 % уже достаточно для выхода из кризиса. Разветвление – время изменения налоговой системы.

3. Каковы последствия увеличения затрат на ОПК? Большая часть продукции ОПК на внутренний рынок не поступает и потому не приносит прибыли. Тем не менее, эти затраты необходимы по соображениям не экономическим. Вопрос заключается в том, какой урон они принесут экономике и какую инфляцию вызовут. На рисунке 10 приведены расчеты инфляции в зависимости от вложений в ОПК (нижняя линия), увеличения пенсий (средняя линия) и зарплаты бюджетникам (верхняя линия).

Из рисунка видно, что инфляция, вызванная затратами на ОПК, заметно меньше, чем можно было бы ожидать. Причина в том, что не все вложения поступают на денежный рынок (в форме зарплаты), но часть их поступает в промышленный сектор, как плата за комплектующие. Кроме того, объем затрат на ОПК составляет малую долю бюджета по сравнению с пенсиями и зарплатой бюджетников.

Заключение

Предлагаемая работа лежит в рамках широкого направления, которое имеет несколько названий: "самоорганизация" (И.Р. Пригожин), "синергетика" (Г. Хакен) и "сложность". Базовые модели, упомянутые выше, в действительности исследованы и разработаны более подробно, чем это представлено в статье. Однако, не все они доведены до состояния имитационных моделей, в которых решаются реальные актуальные задачи с учётом конкретных условий.

Тем не менее, надобность в этом уже назрела и работа в этом направлении активно ведётся. Так, в работах [22] представлены модели мировой динамики. Модель "борьбы валют" развивается и детализируется с учётом трёх и более участников. Это особенно актуально для планирования введения единой торговой

валюты для взаимных расчетов между странами БРИК (Бразилия, Россия, Индия и Китай).

Из базовой модели следует, что ситуация здесь не проста и требует модельных расчетов.

Базовая модель скрытого банкротства имеет прямое отношение к ситуации в мире в целом. Дело в том, что в настоящий момент мы живем не за счет производимого продукта, а используем природные запасы «на складе». Иными словами. Мы уже находимся в состоянии скрытого банкротства, но пока не замечаем этого. Из базовой модели следует, что переход к открытому банкротству может быть «неожиданным» и очень резким. Предвидеть его необходимо заранее – для этого и нужна математическая модель.

Приведенные примеры отнюдь не исчерпывают всех проблем современной экономики. Однако, упомянутые базовые модели (и их комбинации) создают основу для моделирования практически всех актуальных задач.

Модель макроэкономики современной России приведена здесь уже не как базовая, а как имитационная. Следовательно, она претендует на описание и прогноз реальных событий. Насколько удачно – судить читателю.

Важно, что модель описывает не столько прогноз, сколько отклик системы на те, или иные внешние воздействия (события, которые ещё не произошли, но могут произойти). Иными словами, модель может служить инструментом поддержки принятия решения руководством экономикой страны.

Кроме того, модель является достаточно полной, т.е. дает информацию о распределении населения по доходам и накоплениям (и то и другое в современной России очень поляризовано), о спросе на товары разных категорий и т.п. Иными словами, она позволяет представить экономический портрет современной России. Разумеется, модель ежегодно модернизируется (с учетом меняющихся параметров). При этом особое внимание уделяется вопросу: "Сколь близко (или далеко) страна находится от точки бифуркации?"

В статье приведены ответы не на все возможные вопросы: «что будет, если...?».

Тем не менее, математическая основа для ответа на любой из подобных вопросов в эконофизике имеется.

Мы не касались здесь вопросов поведения цен акций на биржах. Этому посвящены доклады М.Ю. Романовского и М.М. Дубовикова.

Работа выполнена при поддержке программы гранта РФФИ № 08-06-00319.

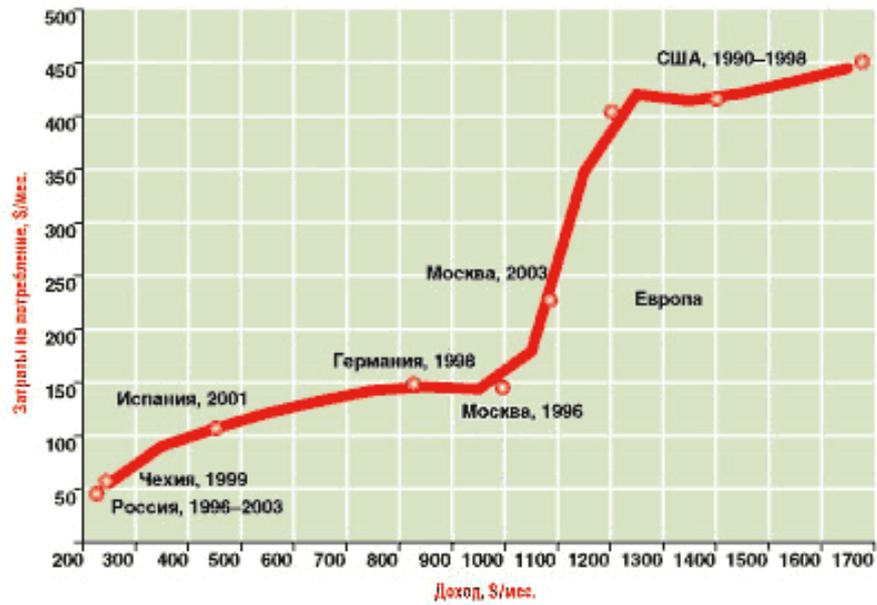
Литература.

1. Полтерович В.М., "Кризис экономической теории", Экономическая наука современной России, 1998, № 1.
2. Ходжсон Г.М., Эволюционная и институциональная экономика как новый мейнстрим?, Экономический вестник Ростовского государственного университета, 2008, Т. 6, № 2, с. 8-21.
3. Шумпетер И., Теория экономического развития, Москва, Прогресс, 1982.
4. Маевский В.И., О взаимодействии между эволюционной теорией и ортодоксией: концептуальный анализ, в сб. 5-го Международного симпозиума по эволюционной экономике, М., изд. Институт экономики РАН, 2004, с. 91;

- Маевский В.И., Введение в эволюционную экономику, 1997, М., изд. “Япония сегодня”.
5. Занг В.-Б. Синергетическая экономика: Время и перемены в нелинейной экономической теории, М., Мир, 1999.
 6. Д.С. Чернавский, Н.И. Старков, А.В. Щербаков, О проблемах физической экономики, УФН, 2002, № 9, с. 1045.
 7. Робинсон Дж., Экономическая теория несовершенной конкуренции, 1986, М., Прогресс, с. 101.
 8. Качалов И., Кому на Руси будет жить хорошо (продовольственный рынок России: развитие и прогноз), <http://www.foodmarket.spb.ru/current.php?article=781>.
 9. Чернавский Д.С., Малков С.Ю., Старков Н.И., Коссе Ю.В., Оборонно-промышленный комплекс и развитие экономики России // Стратегическая стабильность, 2004, №1, с.37-47.
 10. Чернавский Д.С., Чернавская Н.М. Принципы построения математических моделей развивающихся систем, 2007, , Биофизика, т.54, № 1, с. 103-113.
 11. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. - М.: Наука, 1997.
 12. Chernavskaya N.M., Chernavskii D.S., J. Theor. Biol., 1975, v. 53.
 13. Чернавский Д.С. Синергетика и Информация. - М.: УРСС, 2004.
 14. Чернавский Д.С., Щербакова А.В., Зульпукаров М. -Г.М., Модель конкуренции, Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша, Москва, Препринт № 64, 2006 г.
 15. Зульпукаров М. -Г.М., Модель рекламы, Сборник трудов 7-го Международного симпозиума по эволюционной экономике, ред. В.И. Маевский, изд-во Института экономики РАН, 2009 г.
 16. Чернавский Д.С., Старков Н.И., Деньги как аналог условной информации, Сборник трудов 9-го Международного симпозиума по эволюционной экономике, ред. В.И. Маевский, изд-во Института экономики РАН, 2010 г.
 17. Д.С.Чернавский, Н.М.Чернавская, С.Ю.Малков, А.С.Малков Геополитические процессы как объект математического моделирования, Сб. История и синергетика: Математические модели социальной, экономической и культурной динамики, Отв. ред. С.Ю.Малков, А.В.Коротаев. Изд.2-е, испр. и доп. - М.: КомКнига, 2010, с.142-155.
 18. Чернавская Н.М., Щепетов Д.С., Васильева Л.Ю., Переход предприятия к оптимальному режиму работы, 2004, Фундаментальные физ.-мат. проблемы и моделирование технико-технологических проблем, Станкин, т. 7, стр. 263-275
 19. Чернавская Н.М., Васильева Л.Ю., Плескачева Т.Б., Домбровская В.Е. , «Эколого-экономическая деятельность предприятий», Москва, «Янус-К» 2010.
 20. Юданов А.Ю., Опыт конкуренции в России. Причины успехов и неудач, Москва, Из-во ИНТРАС – КНОРУС, 2007.
 21. Щербаков А.В., Проблемы отечественного машиностроения, 2008, Кабели и Провода, №.5, стр. 6-11.
 22. Акаев А.А., К вопросу о фундаментальных пределах экономического роста и потребления, ДАН, 2010, т. 434, № 6, с. 749; Акаев А.А., Садовничий В.А., Математическая модель демографической динамики со стабилизацией

численности населения мира вокруг стационарного уровня, ДАН, 2010, т. 435, № 3, с. 317.

Рисунок 2. ПОТРЕБЛЕНИЕ ПРОДУКТОВ В НЕКОТОРЫХ СТРАНАХ, \$ в месяц



Данные : Russian food & drinks market magazine

WWW.YARMARKA.NET

Рисунок 1.

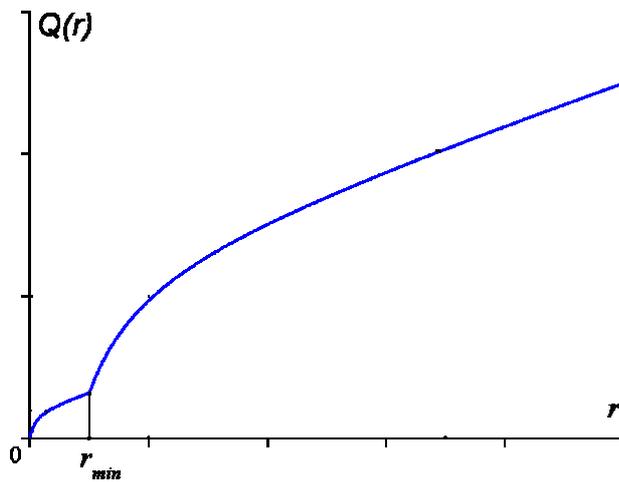


Рисунок 2.

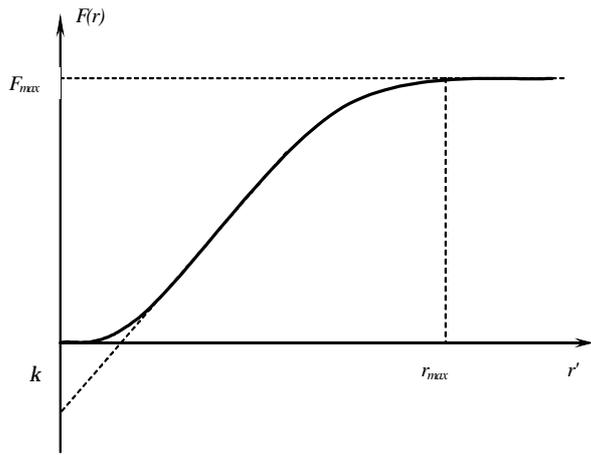


Рисунок 3.

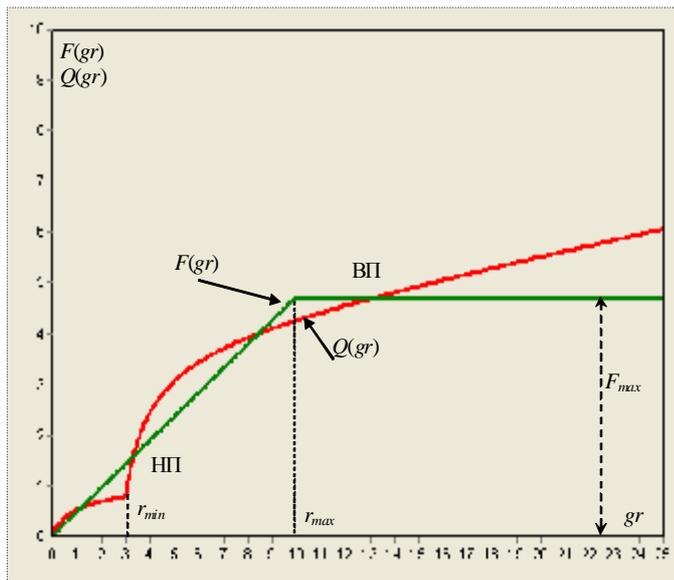


Рисунок 4.

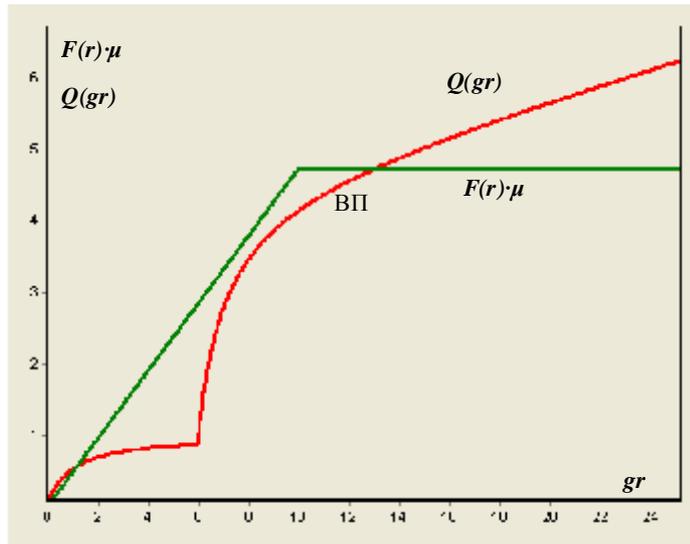


Рисунок 5а.

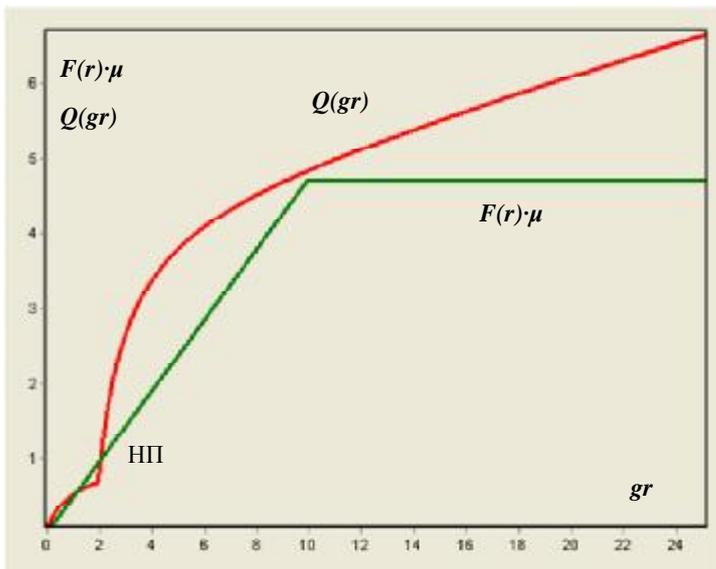


Рисунок 5б.

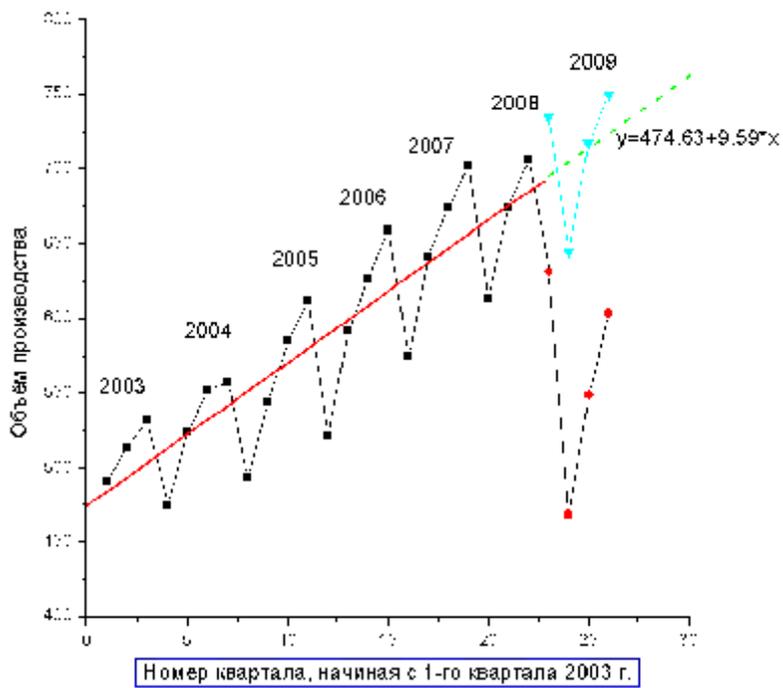


Рисунок 6.

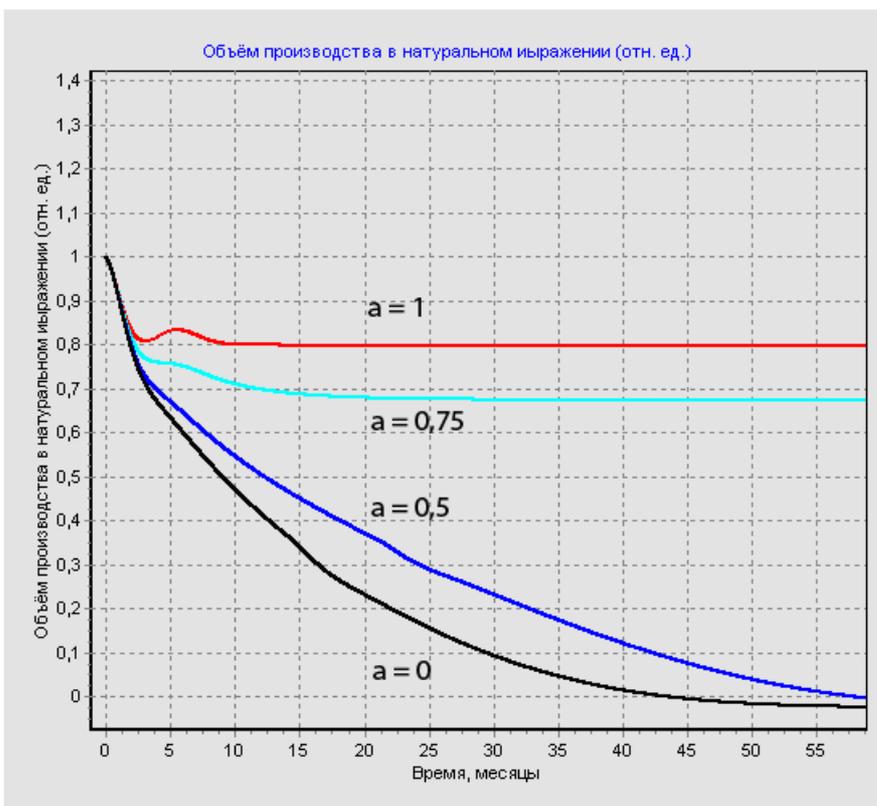


Рисунок 7.

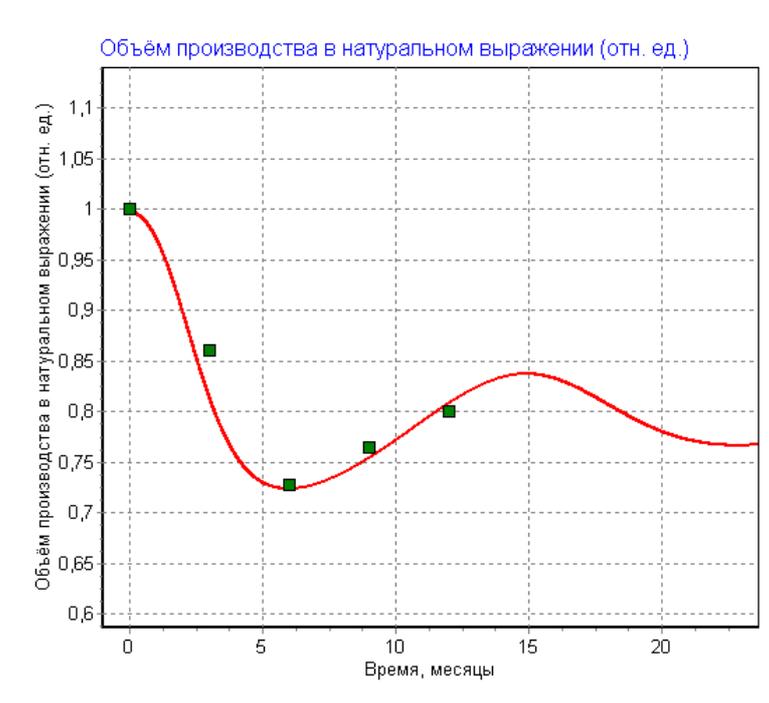


Рисунок 8.

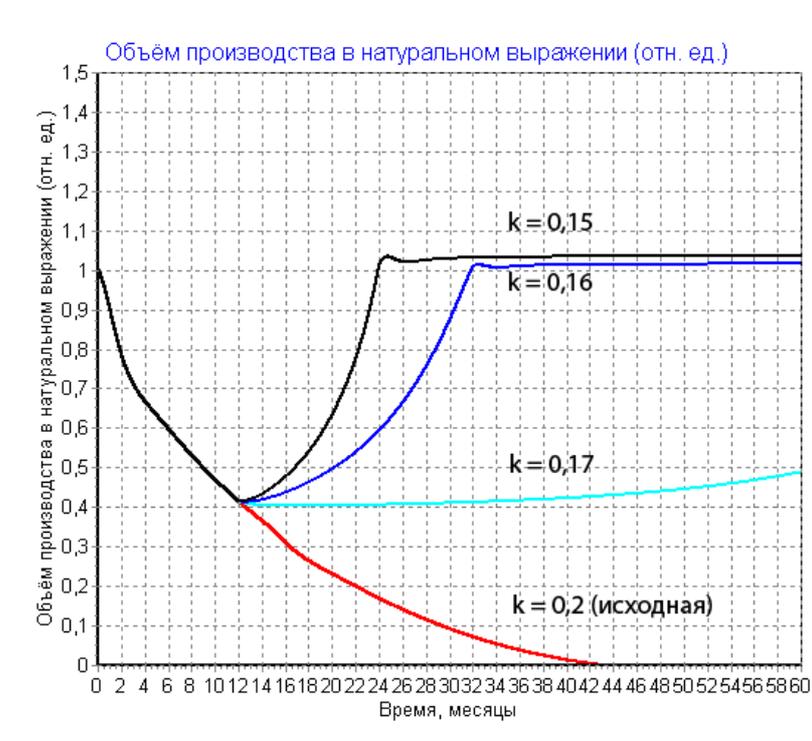


Рисунок 9.

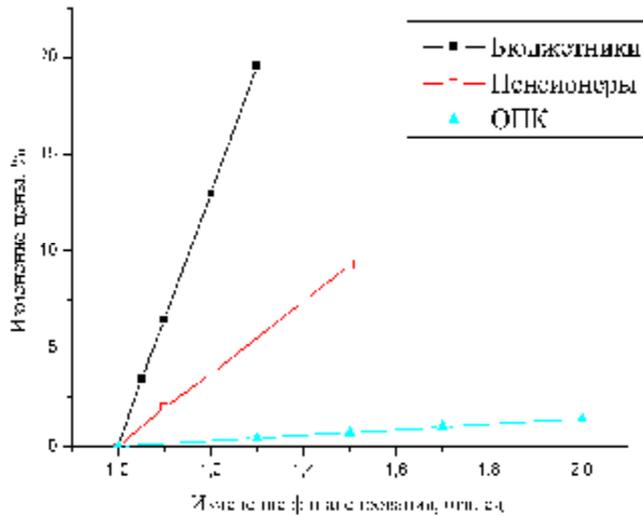


Рисунок 10.

Подписи к рисункам

Рис. 1. Вид функции спроса (эмпирические данные) [8].

Рис. 2. Аналитическое представление функции спроса.

Рис. 3. Производственная функция.

Рис. 4. Балансовая диаграмма (см. текст).

Рис. 5. "Фазовый переход" при изменении функции спроса в случае а. бережливого поколения; б. поколения, выросшего в достатке

Рис. 6. Динамика ВВП в период 2003-2009 гг.: ■, ● - статистические данные; ▼ - тренд на 2008 г. (IV квартал) и 2009 г. (I-III кварталы) ; прямая линия - тренд без учёта сезонных изменений.

Рис. 7. Динамика ВВП при разной степени регулирования базовых цен а.

Рис. 8. Динамика ВВП (без учёта тренда): ■ - эмпирические данные; линия модельный расчёт с учётом регулирования цен при $\alpha = 0,45$.

Рис. 9. Динамика ВВП в условиях развития кризиса при изменении налогов.

Рис. 10. Изменение ценовой инфляции при дополнительном финансировании: ■ - бюджетников; о - пенсионеров; ▲ - предприятий ВПК.