

НОВЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ: ЭКОНОФИЗИКА В МЕДИЦИНЕ КАТАСТРОФ И НЕЙРОННЫХ СЕТЯХ

(ОСНОВЫ НБИКС - формата)

**Антипова Татьяна Александровна¹, Ардатова Анастасия Сергеевна²,
Власов Ян Владимирович³, Гаврилов Владимир Юрьевич⁴**

¹ORCID: 0000-0001-5499-2170 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Кандидат физико-математических наук. Доцент кафедры медицинской физики, математики и информатики.

²ORCID: 0000-0003-3329-9427 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Ординатор кафедры медицинской реабилитации, спортивной медицины, физиотерапии и курортологии.

³ORCID: 0000-0002-9471-9088 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Доктор медицинских наук. Профессор кафедры неврологии и нейрохирургии. Президент "Общероссийской общественной организации инвалидов-больных рассеянным склерозом" (ОООИ-БРС).

⁴ORCID: 0000-0001-6964-6086 Самарская региональная общественная организация инвалидов - больных рассеянным склерозом (СОРС). Советник по научным вопросам. Член – корреспондент Академии медико-технических наук Российской Федерации.

АННОТАЦИЯ

Помимо составления прогнозов математика находит скрытые закономерности в уже произошедших событиях. Последний финансовый кризис, подкосивший экономики всех без исключения стран, многие сравнивали с цунами. Математик из Нью-Йорка Реджинальд Смит (Redginald Smith) считает, что его развитие, скорее, напоминает эпидемию инфекционного заболевания. В своей статье, опубликованной в

журнале *Physical Society of Korea*, ученый выявил очаг заболевания и проследил динамику его распространения по миру.

Математики очень давно изучают развитие эпидемий и обнаружили огромное количество законов, которые управляют заражением в популяциях людей и животных.

Отмечается, что выявленные закономерности вполне применимы для описания распространения скрытых инфекций. Математика очень давно изучает развитие эпидемий, пандемий и обнаружила огромное количество законов, которые управляют заражением в популяциях людей и животных.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: эконофизика, эволюция нелинейных систем, нейронные сети, медицина катастроф, пандемии, эпидемии, вероятностные и статистические методы, фрактальный анализ, адаптивные системы, энтропия, негэнтропия, запутанные квантовые состояния, декогеренция, квантовая экономика, квантовая биология.

ВВЕДЕНИЕ

«Эконофизика появилась в середине [1990](#)-х в результате попытки заняться сложными проблемами, изложенными экономикой, с точки зрения [физических методов](#). Неудовлетворенность традиционными объяснениями экономистов была обусловлена несоответствием финансовых наборов данных существовавшим теоретическим моделям.

Сам термин эконофизика был введен американским физиком Гарри Юджином Стэнли ([en:H. Eugene Stanley](#)) для объединения множества исследований, в которых типично физические методы и приемы использовались при решении экономических задач^[1]. Торжественное заседание, посвященное открытию эконофизики было организованным [1998 году](#) в [Будапеште](#) Дженосом Кертесзом и Имре Кондором.

В настоящее время, почти регулярные серии встреч на тему эконофизика включают: семинар Никкеи *Econophysics Research*, и симпозиумы APFA, ESHIA, коллоквиум по эконофизике» [1].

«Основными инструментами эконофизики являются вероятностные и статистические методы, часто взятые из статистической физики. Физические модели, которые применялись в экономике, включают кинетическую теорию газа (так называемые модели кинетического обмена на рынках), модели перколяции, хаотические модели, разработанные для изучения остановки сердца, и модели с самоорганизующейся критичностью, а также другие модели, разработанные для предсказания землетрясений. Более того, были попытки использовать математическую теорию сложности и теорию

информации, разработанную многими учеными, среди которых Мюррей Гелл-Манн и Клод Э. Шеннон, соответственно. Для потенциальных игр было показано, что порождающее возникновение равновесие, основанное на информации через информационную энтропию Шеннона, дает такую же равновесную меру (мера Гиббса из статистической механики), что и стохастическое динамическое уравнение, которое представляет зашумленные решения, оба из которых основаны на ограниченных модели рациональности, используемые экономистами. Теорема флуктуации-диссипации соединяет эти два понятия, чтобы установить конкретное соответствие «температуры», «энтропии», «свободного потенциала / энергии» и других физических понятий с экономическими и биологическими системами. Модель статистической механики не строится априори – это результат ограниченно рационального допущения и моделирования существующих неоклассических моделей. Он был использован для доказательства «неизбежности сговора» Хью Диксона в случае, для которого неоклассическая версия модели не предсказывает сговор. Здесь спрос растет, как и в случае с товарами Веблена, покупатели акций с ошибкой «горячей руки», предпочитающие покупать более успешные акции и продавать менее успешные, или среди коротких трейдеров во время короткого сжатия, как это произошло при сговоре группы WallStreetBets с целью поднять курс акций GameStop в 2021 году. Количественные показатели, полученные из теории информации, использовались в нескольких работах эконофизика Аурелио Ф. Баривьера и соавторов для оценки степени информационной эффективности фондовых рынков. Зунино и др. использовать инновационный статистический инструмент в финансовой литературе: плоскость причинности сложности-энтропии. Это декартово представление устанавливает рейтинг эффективности различных рынков и выделяет разную динамику рынка облигаций. Было обнаружено, что в более развитых странах фондовые рынки имеют более высокую энтропию и меньшую сложность, в то время как рынки развивающихся стран имеют более низкую энтропию и более высокую сложность. Более того, авторы приходят к выводу, что классификация, полученная из плоскости причинно-следственной связи сложности и энтропии, согласуется с квалификацией, присвоенной крупными рейтинговыми компаниями суверенным инструментам. Аналогичное исследование, разработанное Bariviera et al. исследовать взаимосвязь между кредитными рейтингами и информационной эффективностью выборки корпоративных облигаций нефтяных и энергетических компаний США, используя также плоскость причинно-следственной связи сложности-энтропии. Они считают, что эта классификация соответствует кредитным рейтингам, присвоенным Moody's. Еще один хороший пример – теория случайных матриц, которую можно использовать для выявления шума в матрицах финансовой корреляции. В одной статье утверждается, что этот метод может улучшить производительность портфелей, например, при его оптимизации. Однако существуют различные другие инструменты из физики, которые использовались до сих пор, такие как гидродинамика, классическая механика и *квантовая механика* (включая так называемую классическую

экономику, квантовую экономику, квантовую биологию и квантовые финансы), а также формулировка интеграла по траекториям статистической механики. . Концепция индекса экономической сложности, представленная физиком Сесаром А. Идальго и экономистом из Гарварда Рикардо Хаусманном и представленная в Обсерватории экономической сложности Массачусетского технологического института, была разработана в качестве инструмента прогнозирования экономического роста в «Атласе экономики» Гарвардской лаборатории роста. По оценкам Хаусманна и Идальго, ЕСІ намного точнее предсказывает рост ВВП, чем традиционные меры управления Всемирного банка . Есть также аналогии между теорией финансов и теорией диффузии . Например, уравнение Блэка-Шоулза для опциона ценообразования является диффузия - адвекция уравнение (см , однако для критики методологии Блэка-Шоулза). Теорию Блэка – Шоулза можно расширить, чтобы дать аналитическую теорию основных факторов экономической деятельности» [2].

«Начиная с середины 1990-х годов в лексикон участников научных конференций вошло странное слово-гибрид - эконофизика. Этот термин был придуман американским физиком Гарри Стэнли (Harry Stanley) для объединения множества исследований, в которых типично физические методы и приемы использовались при решении экономических задач.

Физики и математики пришли на помощь экономистам, так как те не могли справиться с растущим потоком данных, используя применимые в экономике методы анализа. Оказалось, что многие экономические явления, например, развитие фондовых рынков или инфляция, хорошо описываются при помощи математического аппарата теории хаоса или законов, которым подчиняется поведение динамических систем.

Свежий взгляд математиков на экономику позволил выявить несколько нетривиальных закономерностей, которые управляют движениями денежных потоков и ценных бумаг. В 2006 году в авторитетном физическом журнале *Physical Review Letters* появилась статья японских эконофизиков, которые сравнили динамику фондовых рынков с фазовыми переходами в системе конденсированных сред.

Фазовым переходом называют переход вещества из одного термодинамического состояния в другое. Характерным примером фазового перехода является замерзание воды при опускании температуры ниже нуля градусов Цельсия (при нормальном атмосферном давлении). Кристаллы льда образуются по всей емкости с водой практически мгновенно после того, как будет преодолена критическая точка. Авторы работы показали, что обвалы на фондовых рынках подчиняются тем же законам - до определенного момента ситуация стабильна, но после "перевала" индексы начинают необратимо падать.

Оперируя теми же законами, что и японские ученые, российский математик Виктор Маслов, по его словам, предсказал экономический кризис 2008-2009 годов за шесть месяцев до его начала. О способности предвидеть будущее фондовых рынков в 2009 году заявила группа эконофизиков из Швейцарии и Китая. Проанализировав динамику китайского фондового индекса Shanghai Composite, исследователи заключили, что он представляет собой надувающийся пузырь и предсказали дату, когда пузырь должен лопнуть.

В назначенный срок значение индекса не изменилось, но спустя несколько дней он резко упал. Пока ученые не могут однозначно сказать, было ли это то самое предсказанное эконофизиками падение, или же совпадение по времени было случайным. Коллеги "ясновидцев" также не исключают, что именно их работа и спровоцировала падение индекса - фондовые рынки очень чувствительны к прогнозам, как позитивным, так и негативным (можно ожидать, что в скором времени эта их особенность также будет формализована).

Математика очень давно изучает развитие эпидемий и обнаружила огромное количество законов, которые управляют заражением в популяциях людей и животных. В последние годы список инфекционных агентов, чья деятельность была описана языком формул, дополнили компьютерные вирусы. Летом 2009 года канадские математики рассчитали модель последствий появления на земле «[зомби-вируса](#)» [3].

Авторы отмечают, что выявленные закономерности вполне применимы для описания распространения скрытых инфекций.

Американские ученые установили, что эволюция террористических организаций во многом напоминает эволюцию производственных компаний, например ферм (либо консортивных отношений в концернах экосистем – прим. авт.). Ученые надеются, что новые знания помогут в борьбе с этими организациями. Статья ученых пока еще нигде не опубликована, однако ее [препринт](#) доступен на сайте arXiv.org: <https://arxiv.org/abs/0906.3287>» [4].

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Наука о финансовых временных рядах долгое время развивалась в виде двух несвязанных направлений и лишь в последнее время наметилась некоторая тенденция к их сближению [5].

Первое направление, которое можно назвать статистическим, берет свое начало от работы Луиса Башелье 1900 г. [6], где автор, еще за пять лет до Эйнштейна, предложил первую модель броуновского движения (модель случайного блуждания) и применил ее для описания колебания цен акций на фондовой бирже. Строго математически эта модель была обоснована в начале 20-х годов прошлого века Норбертом Винером [7] и применительно к рынку

долгое время развивалась исключительно в академической среде. Последнее было связано с тем, что в соответствии с этой моделью принципиально невозможно получить прибыль больше средней по рынку. Однако это противоречило опыту реального трейдинга. Поэтому, среди инвесторов броуновскую модель стали серьезно принимать в расчет только в начале 60-х гг., когда окончательно оформилась концепция «эффективного рынка» (рынка, на котором цены в полной мере отражают всю доступную информацию). Согласно Фамэ [8] для существования такого рынка достаточно предположить, что на нем действует большое число полностью информированных агентов, которые мгновенно реагируют на внешние события, действуя при этом рационально и независимо. Необходимость подобной концепции диктовалась тем, что в ее рамках обретала смысл теория формирования оптимального портфеля Уильяма Шарпа (Ноб. премия по экономике 1990 г.) [9], которая имела большое практическое значение. Основной же моделью поведения цены на таком рынке стала модель броуновского движения. Высшим достижением подхода, основанного на этой модели, стали работы Блэка, Шоулза и Мертона (Ноб. премия по экономике 1997 г.) [10, 11], которые позволяли точно рассчитывать «справедливые» цены опционов. Напомним, что классическая модель броуновского движения основана на двух постулатах. Во-первых, приращения процесса на любом интервале времени имеют нормальное (гауссово) распределение с нулевым средним, которое следует из центральной предельной теоремы и получается как результат суммирования достаточно большого числа независимых случайных факторов. Во-вторых, приращения на непересекающихся интервалах являются статистически независимыми. Однако наблюдения финансовых временных рядов выявили ряд особенностей, которые не согласуются с этими постулатами. Наиболее важные из них связаны с тем, что сильные изменения временного ряда происходят значительно чаще, чем следовало бы ожидать исходя из гауссова распределения (проблема «толстых хвостов»), причем такие изменения обычно разделены колебаниями относительно малой интенсивности (эффект кластеризации волатильности). По этой причине параллельно с броуновской моделью стали развиваться всевозможные ее обобщения, которые были связаны с отказом либо от условия нормальности распределения приращений (первый постулат), либо от условия независимости последних (второй постулат). В первом случае мы приходим к движению Леви (Levi Motion) и, в частности, к устойчивым распределениям Парето [12, 13]. Во втором – к процессам с памятью и обобщенному броуновскому движению (Fractional Brownian Motion) [14]. Наконец, если отказаться от обоих постулатов броуновской модели, то мы приходим к идеям авторегрессионной условной гетероскедастичности (зависимости значений временного ряда от его предыдущих значений при изменении дисперсии во времени), или ARCH-моделям Энгла (Ноб. премия по экономике 2003 г.), и различным ее обобщениям (см. обзор [15]). Наиболее полно и последовательно статистический подход, связанный с гипотезой эффективного рынка (Effective Market Hypothesis), изложен у Ширяева [16]. Второе направление, которое

естественно назвать *динамическим*, родилось и стало развиваться в среде практикующих трейдеров в начале 30-х гг. прошлого века. Этот подход получил название «технический анализ» (в отличие от фундаментального анализа, основанного на расчете «справедливой» цены акции в виде дисконтированной стоимости будущих доходов). Идеологической основой такого подхода стало известное положение Чарльза Доу (главного автора известного индекса), выдвинутое им еще в конце XIX в. Доу утверждал, что естественное состояние цены – это тренд (направленное движение вверх или вниз), который является результатом совместного действия толпы и отражает действующую на рынке социальную тенденцию. Поэтому тренд будет продолжаться до тех пор, пока на рынке не произойдет смена этой тенденции. Цель технического анализа – вскрыть внутренние закономерности временного ряда, на основе которых можно прогнозировать переходы из тренда во флэт (относительно стабильное состояние рынка) и обратно. На этом пути были открыты многочисленные формы относительно устойчивого поведения временного ряда (фигуры технического анализа). Первые работы в этом направлении принадлежат Уильяму Ганну и Ральфу Эллиоту [17]. Уже в 50-е гг. почти все классические фигуры технического анализа («треугольник», «трапеция», «голова и плечи» и т.д.) были известны. Однако лишь в 80-е гг. в известных монографиях Джона Мерфи [18] Роберта Прехтера [19] происходит их систематизация. Последняя совпала по времени с неожиданной поддержкой, которую в эти годы технический анализ получил со стороны теории динамического хаоса. Из общей теории следовало, что временной ряд, который внешне выглядел как реализация случайного процесса, вполне мог порождаться нелинейной динамической системой малой размерности. Это означает, что его можно представить в виде одномерной проекции траектории такой системы в расширенном фазовом пространстве, которая описывается с помощью небольшого числа обыкновенных дифференциальных уравнений. Согласно же концепции Доу поведение цен акций определяется стадным инстинктом, который (как убедительно свидетельствуют данные социальной психологии) подчиняется крайне примитивному механизму. Поэтому вполне обоснованной кажется гипотеза о том, что такой механизм представляет собой динамическую систему. В этом случае, используя теорему Такенса [20], можно восстановить текущее значение временного ряда, исходя из достаточно большого числа исторических данных. Причем для такого восстановления совсем не обязательно знать конкретный вид и число уравнений системы. По существу эта процедура сводит задачу экстраполяции одномерного ряда к задаче интерполяции некоторой многомерной функции. Последняя же является типовой задачей для нейронных сетей [21]. Поэтому теорию динамического хаоса можно считать идеологической основой того мощного внедрения нейротехнологий в бизнес, которое мы повсеместно наблюдали в 90-х гг.

Однако с точки зрения стационарного подхода точный прогноз финансового временного ряда в принципе невозможен. Чтобы разрешить противоречие двух подходов, следует обратиться к результатам экспериментального

исследования рынка. Как показывают подобные исследования, на реальном рынке вся совокупность агентов распадается на кластеры (референтные группы), в каждом из которых агенты подражают друг другу. Кластеры могут образовывать довольно сложные иерархические связи, могут сливаться в более крупные и распадаться на более мелкие. При этом ясно, что концепция эффективного рынка и концепция Доу описывают два предельных случая. В первом случае на рынке присутствует большое число примерно одинаковых кластеров. Рынок находится в наиболее стабильном состоянии и его эволюция в основном определяется внешней информацией, которая имеет случайный характер. Во втором же случае на рынке присутствует один большой кластер, значительно превосходящий все остальные. Рынок наиболее близок к обвалу и его динамика подчиняется исключительно внутренним факторам. В связи с вышесказанным возникают естественные вопросы: «По каким законам эволюционирует кластерная структура и какова причина образования больших кластеров?». Ответить на подобные вопросы и означает осуществить синтез двух указанных концепций. В последнее десятилетие серьезные результаты в этом направлении были получены в рамках эконофизики.

Как отдельное направление эконофизика стала оформляться с середины 90-х годов прошлого века, на стыке экономики и физики. При этом само слово «эконофизика» вошло в общее употребление лишь после того, как в 1997 г. Имре Кондор и Янош Кертис организовали в Будапеште «симпозиум по эконофизике» (Workshop on Econophysics). Становление новой дисциплины во многом было связано с приходом в экономику крупных физиков, таких как Филипп Андерсон (Нобелевская премия по физике 1977 г.), Пер Бак, Юджин Стенли и целый ряд других. К тому времени в экономике и, в первую очередь, в финансах накопились задачи, которые не могли быть решены в рамках этих наук. Для решения таких задач предполагалось использовать аппарат и методологию теоретической физики. Заметим, что подобные попытки сблизить экономику и физику многократно предпринимались и раньше. Однако никогда еще этот проект не вызывал такого общественного резонанса. Продолжает неуклонно расти число научных статей, монографий и конференций по эконофизике. Престижные университеты включают соответствующие курсы в свои учебные программы. Все больший интерес проявляют к этой науке и финансовые структуры. Помимо этого, эконофизику уже начинают рассматривать в качестве единой теории, описывающей как функционирование глобальной системы мирового капитала, так и поведение на рынке отдельных экономических субъектов. Следует сказать, что в концептуальном плане эконофизика опирается на позицию, которая не является традиционной в теоретической физике. Такая позиция была представлена Филиппом Андерсом в [22] еще в 1972 г. В этой работе автор утверждал, что «физика элементарных частиц и, в частности, редукционистские подходы обладают лишь ограниченной возможностью объяснить устройство мироздания. Реальность имеет иерархическую структуру, каждый уровень которой в определенной степени независим от уровней, находящихся выше и ниже. На каждой стадии необходимы

совершенно новые законы, концепции и обобщения, требующие не меньшего вдохновения и творчества, чем на предыдущих». «Психология – это не прикладная биология, так же как и биология – это не прикладная химия» – отмечал Андерсон. Таким образом, если раньше «первые принципы, которые не могут быть объяснены в терминах более глубоких принципов» по определению содержала только физика элементарных частиц, теперь оказалось, что такие принципы может содержать любая дисциплина. Концепция Андерсона стала объединяющим лозунгом обширных мультидисциплинарных исследований, для проведения которых в середине 80-х гг. в Нью-Мексико был создан Институт Санта-Фе. *Предполагалось, что эти исследования внесут «серьезный вклад в решение таких острых долгосрочных проблем, как дефицит торгового баланса, СПИД (CoViD – прим. авт.), генетические дефекты, умственное здоровье, компьютерные вирусы».* Именно в этом институте впервые стали появляться работы по экономике с использованием самого современного аппарата теоретической физики. В настоящее время Институт Санта-Фе является одним из главных центров эконофизики, где эта наука развивается в рамках общей теории сложных адаптивных систем. Примерами подобных систем служат центральные нервные системы и нейросети, экосистемы и колонии муравьев, социальные структуры и политические системы, и, конечно, различные структуры, возникающие в экономике. Все эти системы состоят из множества взаимодействующих элементов, которые способны накапливать опыт в процессе взаимодействия с другими элементами, а затем изменяться таким образом, чтобы приспособиться к окружающей среде. Характерным этапом эволюции всех адаптивных систем является процесс самоорганизации, при котором в результате самоусиления отдельных взаимодействий в системе спонтанно возникает порядок. При этом сама система как целое приобретает новое качество, которое может отсутствовать у отдельных элементов. Базовым примером самоорганизации в экономике служит процесс, управляемый «невидимой рукой» Адама Смита, где множество индивидуумов, стремясь удовлетворить исключительно свои личные материальные потребности, рожают поведенческое целое с принципиально иным качеством. Как показали исследования, проведенные большой группой экономистов, «во многих экспериментах по моделированию рыночных систем плохо информированные, склонные к ошибкам и непонятливые субъекты, контактируют между собой на основе установленных правил и создают социальные алгоритмы по максимизации общих материальных ценностей, явно приближающиеся к оптимальным результатам, которые, как традиционно считалось, можно было бы получить лишь на основе полной информации и с помощью когнитивно-рациональных личностей». Кроме того, эти работы также показывают, что с течением времени рынок может приближаться к эффективному. Это означает, что он способен агрегировать в себе с помощью цен всю значимую информацию. При этом на промежуточных временах из-за того, что субъекты постоянно совершают как ошибки восприятия, так и ошибки под действием эмоций, а также из-за того, что при

недостатке информации они обычно начинают подражать друг другу, в системе могут возникать самоорганизующиеся информационные «миражи», которые в скором времени распадаются. Таким образом, можно сказать, что «люди эволюционируют к рациональности, учась на ошибках». Эти экспериментальные исследования стали побудительным мотивом для появления целого раздела эконофизики, посвященного «игре в меньшинство» (Minority Game) [23]. Цель этой «игры» – показать на простой модели, каким образом экономические агенты с ограниченной рациональностью при неполной информации могут создавать эффективный рынок.

ВЫВОДЫ

Эти законы могут применяться для прогнозов поведения сложных негэнтропийных систем. Таких – например – как экологические и биологические системы. Примерами подобных систем служат центральные нервные системы и нейросети, экосистемы и колонии муравьев, социальные структуры и политические системы, и, конечно, различные структуры, возникающие в экономике и медицине катастроф. Все эти системы состоят из множества взаимодействующих элементов, которые способны накапливать опыт в процессе взаимодействия с другими элементами, а затем изменяться таким образом, чтобы приспособиться к окружающей среде. Характерным этапом эволюции всех адаптивных систем является процесс самоорганизации, при котором в результате самоусиления отдельных взаимодействий в системе спонтанно возникает порядок. При этом сама система как целое приобретает новое качество, которое может отсутствовать у отдельных элементов. Такими системами – например – являются макроскопические каскады *запутанных квантовых состояний*, которые могут быть детерминированы до одного из собственных значений по параметрам кинетики какого либо – макроскопического опять же по сути – биологического процесса. То есть перейти из суперпозиции состояний в иное детерминированное декогеренцией качество. *И «самоорганизовываться» из квантовых в классические объекты тогда, когда некоторое количество квантовой информации запутанных состояний микрочастиц – во фрактальных подмножествах множества каскадов чистых состояний какого либо биологического процесса, телепортируемого в виде электромагнитных волн – способно изменить ход целого ряда биологических макроскопических процессов. Либо инициировать классическое возникновение новой последовательности процессов – через мезоскопическое пространство электродинамических событий [24 – 28].*

ЛИТЕРАТУРА

1. Электронный ресурс – URL – <https://ru.wikipedia.org/wiki/Эконофизика>
2. Электронный ресурс – URL – <https://ru.abcdef.wiki/wiki/Econophysics>
3. Электронный ресурс – URL – <https://science.uottawa.ca/mathstat/en>

4. Электронный ресурс – URL – <https://lenta.ru/articles/2009/09/08/fusion/>
5. Дубовиков М.М., Старченко Н.В. Эконофизика и анализ финансовых временных рядов. «Эконофизика. Современная физика в поисках экономической теории» / Под. ред. В.В. Харитонова и А.А. Ежова. М. : МИФИ, 2007. С. 244–293.
6. Bachelier L. Theory of Speculation (Translation of 1900 French edn) / P.H. Cootner (Ed.) // The Random Character of Stock Market Prices, The MIT Press, Cambridge. 1964. P. 17–78.
7. Wiener N. Differential-space // J. Math. Phys. Math. Inst. Technol. 1923. № 2. P. 131–174.
8. Fama E.F. Mandelbrot and the stable Paretian hypothesis // J. Bus. 1963. (36). P. 420–429.
9. Сигеру О., и др. Нейроуправление и его приложения / Пер. с англ. под ред. А.М. Ганшина. М. : ИПРЖР, 2001. 321 с.
10. Black F., Scholes M. The pricing of options and corporate liabilities // J. Polit. Econ. 1973. № 3. P. 637–659.
11. Merton R. Theory of rational option pricing // Bell J. Econ. Manage. Sci. 1973. № 4. P. 141–183.
12. Mandelbrot B. Sur certains prix speculatifs: faits empiriques et modele base sur des processus stables additifs de Paul Levy // C. R. Acad. Sci. 1962. (254). P. 3968–3970.
13. Мандельброт Б. Фракталы, случай и финансы. М. ; Ижевск : НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2004. 256 с.
14. Mandelbrot B. Une classe de processus stochastiques homothetiques a soi; application a la hi climatohgique de H. E. Hurst // C R. Acad. Sci. 1965. (260). P. 3274–3277.
15. Лоскутов А.Ю., Бредихин А. А. ARCH-модели на финансовом рынке России // Обозрение прикладной и промышленной математики. 2004. Т. 11. № 3. С. 468–486.
16. Ширяев А.Н. Основы стохастической финансовой математики. М. : Фазис, 1998. 544 с.
17. Elliott R. N. Elliott's Masterworks: the Definitive Collection, Gainesville. New Classics Library, 1994.
18. Мерфи Дж. Технический анализ фьючерсных рынков. М. : Сокол, 1996. 592 с.
19. Prechter R.R., Frost A.J. ELLIOTT WAVE PRINCIPLE KEY TO MARKET BEHAVIOR. Gainesville, New Classics Library, 1978. 248 p.
20. Takens F. Dynamical Systems and Turbulence. Berlin : Springer-Verlag, 1981. 898 p.
21. Ежов А.А., Шумский С.А. Нейрокомпьютинг и его приложения в экономике и бизнесе. М. : МИФИ, 1998. 222 с.
22. Anderson P.V. More is different // Science, 1972. 177. P. 393–396.

23. Генетические алгоритмы обучения. Режим доступа
[<http://www.hamovniki.net/~alchemist/NN/DATA/Gonchar/Main.htm>]
24. Антипов О.И., Ардагов С.В., Гаврилов В.Ю. Способы нелокальной стимуляции процессов в биологических объектах, основанные на новых физических принципах действия // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т.17, №5(3), 2015 С.715-719.
25. Gavrilov V.Yu., Antipova T.A., Vlasov Y.V., Ardatov S.V., Ardatova A.S. METHOD OF TELEPORTATION BASED ON NATURE-LIKE USING OF BIOLOGICAL OBJECTS//American Scientific Journal № (48) Vol.1 Electronic resource. URL: <https://american-issue.info/zhurnaly-ojs/№48-2021/> – 2021 P. 4 – 17
26. Гаврилов В.Ю., Неганов В.А., Осипов О.В ., Пряников И.В. Объективная реальность Торы. — М: Сайнс-Пресс, 2008. —104 с.
27. Гаврилов В.Ю., Ключев Д.С., Неганов В.А., Осипов О.В., И.В. Зеркальная реальность (nanometa). – Самара: ИУНЛ ПГУТИ, 2014. – 256 с.
28. Т. А. Антипова, С. В. Ардагов, А. С. Ардагова, Я. В. Власов, В. Ю. Гаврилов КВАНТОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ (СРЕЗЫ НЕПРЕРЫВНОСТИ). Распечатано с готового макета Саратов: ООО "Ракурс", Самара – 2021 250 стр. ISBN 978-5-6046353-2-2