

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
ФИНАНСОВАЯ АКАДЕМИЯ ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
КАФЕДРА «ЦЕННЫЕ БУМАГИ И ФИНАНСОВЫЙ ИНЖИНИРИНГ»

«Допускаю к защите»  
Борис Борисович Рубцов  
(И.О. Фамилия заведующего кафедрой)

## **Дипломная работа**

Савельевой Марии Игоревны

«Применение концепции экономической физики в анализе  
финансовых рынков»

Специальность «Финансы и кредит»  
Специализация «Ценные бумаги и финансовый инжиниринг»

Научный руководитель: Миркин Яков Моисеевич, д.э.н., профессор  
(фамилия, имя, отчество, ученая степень, звание должность)

Москва – 2008 г.

## Содержание.

Введение.....	3
<b>Глава 1. Экономическая физика: основные направления развития, концепции, представители.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Экономическая физика как наука.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2. «Математическое» направление экономической физики.....</b>	<b>7</b>
1.2.1. Линден Ларуш – основоположник «физической экономики».....	7
1.2.2. «Квантовая экономика» В.П. Маслова.....	11
1.2.3. Эконофизика и фрактальный анализ.....	13
<b>1.3. «Физическое» направление экономической физики.....</b>	<b>16</b>
1.3.1. «Квантовая экономика» В.А. Мосийчук и А.В. Мосийчук.....	16
1.3.2. Использование Е. В. Шипицыным, В. В. Попковым, Д. Б. Бергом физики твердого тела в анализе финансовых рынков.....	19
1.3.3. Моделирование поведения людей.....	31
1.3.3.1. Модель Лакса-Марчези.....	31
1.3.3.2. Физика сложных систем - динамика паникующей толпы.....	31
<b>Глава 2. Использование экономической физики в анализе финансового рынка. Сопоставление фундаментальных физических и экономических понятий.....</b>	<b>36</b>
<b>2.1. Финансовый рынок как объект исследования экономической физики.....</b>	<b>36</b>
<b>2.2. Использование «классической» физики в анализе финансовых рынков.....</b>	<b>39</b>
2.2.1. Сопоставление предметов изучения экономики и физики.....	39
2.2.2. Сопоставление задач физики и экономической науки на финансовых рынках.....	41
2.2.3. Методика описания явления в физике.....	43
<b>2.3. Использование полевой физики в анализе финансовых рынков.....</b>	<b>46</b>
2.3.1. Основные положения полевой физики.....	46
2.3.2. Два базовых принципа существования полевой среды. «Полевое уравнение движения». Сопоставление полевой физики и экономики.....	50
<b>Глава 3. Основные направления построения моделей эконофизики. Проблемы развития эконофизики как науки.....</b>	<b>55</b>
<b>3.1. Основные направления построения моделей современной экономической физики.....</b>	<b>55</b>
<b>3.2. Проблемы развития эконофизики как науки.....</b>	<b>57</b>
Заключение.....	60
Список литературы.....	62
Приложение.....	64

## Введение.

Многие специалисты упрекают экономическую науку в несостоятельности, в неспособности прогнозировать будущее. События последних лет в мире, и в России оказались неожиданными для многих профессионалов. По мнению Мосийчука А.В. и Мосийчука В.А., «нынешняя ситуация в познании экономики напоминает ту, которая существовала в «доньютоновский» период в механике, когда о законе всемирного тяготения еще не было и речи, но «сферы деятельности», в которые с яблонь на головы мыслителей падают спелые яблоки, уже были освоены. К чести физиков, они не отождествляли эти сферы с механикой и не называли их общим с научной дисциплиной «классическая механика»<sup>1</sup>.

Современная экономическая теория способна объяснить прошедшие кризисы, но она оказывается несостоятельной в прогнозировании будущего развития экономических процессов. В современных условиях глобализации мировых финансовых рынков, появляются новые факторы и законы, которые не позволяет учитывать современная наука.

Наиболее перспективным направлением разрешения сложившейся ситуации традиционно считаются междисциплинарные исследования, проводимые на стыках разных наук. Они позволяют сформулировать единый понятийный аппарат, сопоставить методы анализа, определить состояние конкретной науки, по сравнению с иными сферами знаний. Широкое применение в начале 1990-х годов методов, апробированных в физике, для изучения экономических явлений привело к формированию нового научного направления, получившего название "экономическая физика".

Для экономиста знакомство с экономической физикой - это, прежде всего, возможность определить место своей науки в процессе познания, выявить ее специфику, в частности понять, являются ли низкие прогнозные качества экономических исследований следствием недостаточной

---

<sup>1</sup> Мосийчук А.В., Мосийчук В.А. Введение в реальную квантовую экономику. М., Научно-техническое общество имени академика С.И. Вавилова, 2006.

изученности объектов или предопределяются спецификой анализируемой среды.

Основная цель данной работы – сформулировать механизм анализа финансового рынка с помощью инструментария экономической физики. Соответственно задачи данной работы: рассмотреть концепции представителей экономической физики, сопоставить фундаментальные понятия экономики и физики и выявить причины эффективности экономической физики, описать виды моделей, используемых при анализе, а также рассмотреть проблемы, с которыми сталкивается экономическая физика.

Предметами исследования являются современные концепции экономической физики и их применение в моделировании финансовых рынков.

При анализе будут использованы методы научной абстракции, дедукции и индукции, позитивный и нормативный анализ и проч.

В первой главе будут рассмотрены работы представителей экономической физики.

Во второй главе автор попытается сопоставить предметы исследования экономики и физики, рассмотреть финансовый рынок как объект исследования экономической физики.

В третьей главе будут сформулированы основные направления построения моделей на финансовых рынках, а также проблемы, с которыми сталкивается современная экономическая физика.

# Глава 1. Экономическая физика: основные направления развития, концепции, представители.

## 1.1 Экономическая физика как наука.

Одним из перспективных направлений развития экономической науки является междисциплинарные исследования, проводимые на стыке разных наук. Они позволяют сформулировать единый понятийный аппарат, сопоставить методы анализа, определить состояние конкретной науки, сопоставив ее с другими сферами знаний.

Новая научная дисциплина, в рамках которой получило свое развитие инновационное сотрудничество физики и экономики, имеет несколько названий: «экономическая физика», «эконофизика» или «физическая экономика». В данной работе автор не различает этих понятий.

На сегодняшний день, экономическая физика как наука еще не создана, но существует целая группа специалистов, которая работает в этом направлении. Значительное увеличение количества научных статей, монографий, конференций за последние несколько лет демонстрируют растущую популярность эконофизики.

В эконофизике основной *акцент делается на математическом моделировании процессов развития и эволюции*, которое в перспективе может привести к построению экономики по образу и подобию точных и естественных наук. *Другой акцент в развитии эконофизики – исследование физических явлений в экономических системах.*<sup>2</sup> Исходя из этого, по мнению автора, можно выделить два направления развития физической экономики. Для простоты, назовем их «физическое» и «математическое» направления экономической физики.

Математическое направление более развито. Оно представлено работами Линдона Ларуша, П.Г. Кузнецова, В.П. Маслова и многих других, в том числе нобелевскими лауреатами Яном Тинбергеном (Jan Tinbergen)

---

<sup>2</sup> <http://www.ephes.ru/vved/issl.php>

(премия 1969 г.), Даниэлем Л. МакФадденом, (Daniel L. McFadden) (премия 2000 г.), Робертом Энглом III (Robert F. Engle III) (премия 2003 г.).

Отличительная черта этого направления заключается в том, что фундаментальные физические и экономические понятия не сопоставляются, а в экономике используются методы математического моделирования, которые описывают физические процессы. Фактически, используются достижения математического моделирования, возникшего в результате потребности физики в описании явлений и законов.

Почему это происходит? Математика сегодня обладает очень широким набором инструментов для описания многообразных процессов.

Так, если человеку задать вопрос, сколько будет  $1+2$ , вряд ли кто-то спросит, а что вообще складывается. Ответ «3» насколько очевиден, что предмет сложения даже не интересен. Но ведь если задуматься, то можно найти и такие процессы, результат от сложения которых получается иным.

Таким образом, *если процесс, протекающий в любой сфере знаний, отвечает определенным критериям, то его можно описать с помощью системы математических показателей.* Именно этот факт и используют представители первого направления.

Что касается второго направления, то оно менее развито, менее систематизировано, работы представителей этого направления достаточно сложно найти. Часто они абсолютно не взаимосвязаны. Но объединяет их то, работы представителей этого направления либо пытаются выделить единые законы существования Природы в широком смысле этого слова, либо проводят аналогии фундаментальных физических и экономических понятий. Часто подобные работы не приспособлены к практике, но это первые шаги к построению очень интересной теоретической базы. Среди представителей этого направления, пожалуй, можно выделить работы А.В. Мосейчук и В.А. Мосейчук, Е. В. Шипицын, В. В. Попков, Д. Б. Берг., проф. М.Б. Семенов, проф. Г. Бордовский и другие.

## ***1.2. «Математическое» направление экономической физики.***

### *1.2.1. Линден Ларуш – основоположник «физической экономики».*

Название «физическая экономика» предложил экономист Линден Ларуш. Он известен как сподвижник президента США Р. Рейгана и создатель так называемой рейгономики, в которой роль государства существенно усилилась.

Линдон Ларуш основал экономическую школу в штатах, что способствовало развитию и распространению его взглядов.

Он родился 8 сентября 1922г. в Рочестере и является одним из самых выдающихся самобытных мыслителей XX века. Для него характерен взгляд “сверху”, от широких философских обобщений к самым значительным практическим проблемам современности. По Л. Ларушу, с одной стороны, развитие искусства позволяет преодолевать сложившиеся представления о Вселенной, с другой стороны, в сочетании с предшествующим опытом человечества, открываются новые физические принципы, появляются новые области знания, расширяется круг возможностей человечества.<sup>3</sup>

Что же включает в себя понятие «физической экономики», являющееся ключевым в экономической теории Л. Ларуша? Т. Муранивский в предисловии к русскому изданию книги Л. Ларуша дает следующее определение: *“Физическая экономика изучает особенности и принципы развития сферы материального (физического) производства с целью количественного и качественного улучшения наполнения “рыночной корзины” на базе непрерывного научно-технологического прогресса, обеспечивающего длительное существование человечества на Земле”*<sup>4</sup>.

Физическая экономика Л. Ларуша появилась в бескомпромиссной борьбе против всех разновидностей экономического либерализма, начиная с Адама Смита и кончая Милтоном Фридманом.

---

<sup>3</sup> <http://www.netda.ru/fian/fian2b.htm#08>

<sup>4</sup> [http://www.larouchepub.com/russian/phys\\_econ/physec\\_toc.html](http://www.larouchepub.com/russian/phys_econ/physec_toc.html)

Для измерения *продуктивности* физической экономики Л. Ларуш предлагает пользоваться такими показателями, как *общий объем производства материальных благ, приходящийся на душу населения, на домохозяйство и квадратный километр*. Он полагает, что “при таком счете деятельность человека может быть выражена, главным образом, по отношению к физическим процессам производства и потребления. С этими материально-производственными процессами тесно связаны только такие виды услуг, как образование, профессиональное здравоохранение, наука, классические виды изящных искусств...”<sup>5</sup>.

Аналитически ключевой величиной для определения функции, характеризующей процесс человеческой деятельности, является *соотношение между физическим объемом содержимого рыночной корзины (на душу населения) и количеством трудовых лет (на душу населения), необходимых для производства рабочей силой этой рыночной корзины потребления*.

На основании состава потребительских корзин и динамики их производства в расчете на одно домохозяйство Л. Ларуш исследовал реальный сектор США. Общий вывод Ларуша: “ВВП является фальсифицированным понятием. Между 1963 и 1993 гг., усиленно подпитываемый спекуляцией, ВВП США возрос с 603,1 млрд. долл. До уровня 6374,0 млрд. долл. В течение этого периода “услуги”, как компонент ВВП, выросли с 39% до 54%, но даже рост вне сферы услуг включал в себя значительную долю обмана. В течение этого периода ВВП, как утверждается, возрос десятикратно, секторы реальной физической экономики в расчете на домохозяйство и на душу населения, в действительности сократились в размерах от 30 до 50% и даже больше”<sup>6</sup>

Ларуш подвергает сомнению методики расчета показателей, используемые для оценки деятельности экономики страны: “Существующая

---

<sup>5</sup> [http://www.larouche.com/russian/phys\\_econ/physec\\_toc.html](http://www.larouche.com/russian/phys_econ/physec_toc.html)

<sup>6</sup> [http://www.larouche.com/russian/phys\\_econ/physec\\_toc.html](http://www.larouche.com/russian/phys_econ/physec_toc.html)

статистическая практика счета национального дохода ... отвергает любые попытки проводить рациональное различие между физически ненужным расширением номинального дохода и полезным производством и потреблением. Например, если бы проституция и торговля наркотиками были легализованы, то официально учитываемый валовой национальный продукт (США) увеличился бы примерно на 500 миллиардов долларов ...»<sup>7</sup>. Более того, официальная статистика “ ... отказалась вычитать из валового национального продукта стоимость невыполненных работ по ремонту и обслуживанию важных объектов основной производственной инфраструктуры...”. Если бы этот ремонт был произведен, то он был бы включен в национальный доход и ВВП. Но *фактический износ инфраструктуры не вычитается* ни из ВВП, ни из национального богатства.

Наконец, остановимся еще на одной категории физической экономики Л. Ларуша. Это *потенциальная относительная плотность населения на 1 кв. км. территории*. Эта величина показывает, какая плотность населения может быть потенциально поддержана при данном научно-техническом обеспечении материального производства и данном составе потребительской корзины в расчете на домохозяйство, необходимом для его жизнеобеспечения с учетом воспроизводства человеческого фонда непрерывно возрастающей квалификации и улучшающегося физического состояния (здоровья). Именно эту величину Л. Ларуш предлагает взять как подлинную меру прогресса человечества.

Л. Ларуш известен, как автор двух фундаментальных долгосрочных прогнозов - предсказаний. В 1959-60 гг. он предсказал серию кредитно-денежных потрясений, которые приведут к крушению Бреттонвудской системы (сбылось в 1971 году). Во втором случае он предсказал, что после отмены Бреттонвудской системы политика США и других развитых капиталистических стран приведет к новому кризису, но даже не

---

<sup>7</sup> [http://www.larouche.com/russian/phys\\_econ/physec\\_toc.html](http://www.larouche.com/russian/phys_econ/physec_toc.html)

циклическому, а к обвалу всей системы международных экономических отношений - системному кризису.

П.Г. Кузнецов в статье «Линдон Х. Ларуш, основатель «Физической экономики» - научной альтернативы монетарной системе» следующем образом отзывается о Л. Ларуше: ««Слова молитвы звучат одинаково в устах семнадцатилетнего юноши и семидесятилетнего мужа, но ПОНИМАЮТ они их по-РАЗНОМУ». Этот же эффект производит и монография Л. Ларуша... Линдом Ларуш, изучая СТАНОВЛЕНИЕ современной науки, выделил ключевую фигуру из середины XV века – Николая Кузанского...

Но какова связь ФИЗИЧЕСКОЙ ЭКОНОМИКИ и работ Кузанского? ... У Кузанского – заложены ОСНОВЫ всей НАУКИ, включая область всех социально-экономических явлений. И это за 550 лет до наших дней!

Кузанский производит понятие «УМ» (по-латыни «mens») от понятие «ИЗМЕРЕНИЕ» (по-латыни «mensurare»). У Нас в русском языке все знают МЕНЗУРКУ, но вряд ли кто догадался, что можно считать человека – «УМНЫМ» лишь тогда, когда этот человек выступает в роли «ИЗМЕРЯЮЩЕГО». Кто не чувствует связи между УМОМ и УМЕНИЕМ ИЗМЕРЯТЬ, может спокойно почивать на лаврах своей «учености», но должен знать, что его «наука» еще не достигает уровня научной культуры XV века».

Кузнецов называет наследника Кузанского – Габриеля Крона, «основоположника «Неримановой динамики вращающихся электрических машин», чья работа образует фундамент науки и техники XXI века, открывая путь не только к описанию ПРИРОДЫ, но и описанию СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ. Последнее и есть не что иное, как ФИЗИЧЕСКАЯ ЭКОНОМИКА Линдона Ларуша».

Далее Кузнецов описывает, как происходит *обобщение физических измерений алгебраическим (скалярным) уравнением, затем алгебраические (скалярные) уравнения заменяются матричными уравнениями, и, наконец, матричные уравнения переходят к тензорным уравнениям.*

Таким образом, в центр «физической экономики» как науки Л. Ларуша и его последователя П.Г. Кузнецова, ставится умение «ИЗМЕРЯТЬ». Для этого предлагается использование тензорных уравнений. Так, с помощью двух контравариантных векторов: ДЛИНА и ВРЕМЯ, рассматриваются следующие показатели:

масса как тензор пятого ранга, трижды контравариантный по длине и дважды ковариантный по времени,

скорость как тензор один раз контравариантный по длине и один раз ковариантный по времени,

ускорение – тензор третьего ранга – один раз контравариантный по длине и дважды ковариантный по времени и т.д.

*Итак, базовой задачей физической экономики Л.Ларуша является оценка эффективности реального сектора экономики. Для этого используется показатель потребительской корзины на единицу измерения.*

*В основе физической экономики – умение измерять. Акцент делается на математический аппарат, в центре которого тензорные уравнения.*

*Но, по мнению автора, методика описания уделяется больше внимание, чем самому явлению. В физической экономике Ларуша практически нет фундаментального описания явления, поиска объективных законов протекания экономических процессов. Основная проблема заключается в том, что цель не объяснить явление, а измерить его параметры.*

### 1.2.2. «Квантовая экономика» В.П. Маслова.

Еще один представитель этого направления академик РАН В.П.Маслов. В книге «Квантовая экономика», он рассматривает линейную и нелинейную арифметику. В этой книге говорится о том, что законы нелинейной арифметики на некоторых этапах движут финансовым рынком

более интенсивно, чем законы линейной арифметики. В определенные периоды происходят «фазовые переходы» от одной арифметики к другой.

Он отмечает, что «самые сложные расчеты связаны с переходным периодом, когда одна часть общества живет по одной «арифметике», а другая по другой...»

«Арифметика», о которой говорит В.П. Маслов, представляет из себя теорию вероятности. Под «линейной арифметикой» Маслов понимает классическую теорию вероятности. Он задается вопросом оценки среднего, математического ожидания значения величины.

В.П. Маслов приводит доводы о том, что классический расчет средней величины не отражает реального результата явления, так как моральная потеря от проигрыша может несоизмеримо превышает удовольствие от выигрыша.

Вводятся дополнительные ограничения, на основании которых выстраивается «нелинейная арифметика», согласно которой математическое ожидание считается исходя из иных формул, которые существенно отличаются от классического математического ожидания.

Так, согласно исследованиям В.П. Маслова оказалось, что при выполнении нескольких естественных аксиом для доходов существует единственное семейство нелинейных сложений. Как выяснилось, оно непосредственно переходит в аксиому Гиббса для квантовой статистики (полукольцо Гиббса-Маслова). Кроме того, денежные купюры подчиняются квантовой статистике Бозе-Эйнштейна, поэтому целый ряд законов квантовой жидкости оказался близок к законам, выведенным В.П. Масловым исходя из предъявленной им аксиоматики.

Более того, по В.П. Маслову, математическое объяснение известных эффектов в экономике (дефолт, пробой курса акций) проливает свет на эффекты в квантовой теории жидкости (например, эффект фонтанирования) и на не известный физикам до настоящего времени эффект фазового перехода нулевого рода.

*Несмотря на то, что В.П. Маслов рассматривает все процессы исходя из возможности моделирования их с помощью линейной или нелинейной арифметики, его все же сложно однозначно отнести к представителям «математического» направления. Дело в том, что он много внимание уделяет законам, действующим в экономике и физике. Но это скорее не сопоставление явлений, а проверка параметров явления на соответствие критериям математической модели.*

### *1.2.3. Эконофизика и фрактальный анализ*

Одним из направлений эконофизики является фрактальный анализ структуры финансового рынка, который показывает, что его общая емкость имеет тенденцию к бесконечному росту: суммарный объем мелких рыночных ниш может превышать суммарный объем крупных, поскольку чем меньше размер ниш, тем в большем количестве они присутствуют на рынке. Зная расположение «незанятого» пространства на рынке, можно «расположить» там новых агентов с соответствующим набором услуг и оборотом. При этом будет получена новая, более плотная конфигурация рыночной структуры. Такая процедура может продолжаться бесконечно. Совокупность действующих на рынке однородных агентов описывается распределением численных значений их характеристик. Известно, что сумма независимых случайных величин подчиняется вполне определенному закону, который назван распределением Гаусса. Вдали от среднего значения кривая Гаусса очень быстро убывает, большие отклонения столь редки, что ими пренебрегают.

Однако выяснилось существенное значение и другого класса законов - степенное распределение (распределение Парето)<sup>8</sup>, описывающее фрактальные объекты. Здесь "хвост" убывает гораздо медленнее, большие отклонения более вероятны и ими пренебрегать нельзя. Отличительной

---

<sup>8</sup> Mandelbrot, «The Fractal Geometry», 1982

особенностью фрактальных распределения является бесконечная дисперсия. Именно такова, в частности, статистика биржевых крахов и многих других событий в экономике.

Негауссово распределение характерно практически для всех экономических параметров, в том числе: курсы акций на бирже, цена золота, соотношение курсов валют, динамика розничных продаж и др.<sup>9</sup>

Таким образом, одна из центральных характеристик, позволяющих отличать фракталы друг от друга - это их *размерность*, которая описывает, как объект заполняет пространство и является продуктом всех влияющих на этот процесс факторов.

Для экономики размерность определяет, например, как та или иная компания будет реагировать на микро- и макроэкономические изменения рынка. Поэтому акции двух компаний с одинаковой волатильностью могут очень по-разному реагировать на одни и те же новости и, соответственно, иметь совершенно разные модели прибыли по причине разных видов производства, состояний финансовых балансов и кадровых перспектив. В результате нелинейных законов, по которым могут быть приняты решения на финансовых рынках, график динамики рыночных цен и других показателей имеет вид смещенных случайных блужданий.

Впервые эти процессы обнаружил и описал египетский гидролог Херст. Он показал, что большинство естественных явлений, включая речные стоки, температуру, осадки, солнечные пятна, следуют "смещенному случайному блужданию", то есть тренду с шумом. В дальнейшем выяснилось, что динамика показателей на рынках капитала столь же "естественное" явление, что и вода в Ниле, и также подчиняется этому закону.

Херст вывел уравнение для этих нелинейных процессов. Оно выглядит так:

$$C = 2^{2H-1} - 1$$

---

<sup>9</sup> Peters, «Fractal Market Analysis», 1994; Mandelbrot, «On Dollars, Marks», 1997

где  $C$  - мера корреляции, а  $H$  - показатель Херста.

Имеются три различных классификации для различных показателей Херста:

при  $H = 0,5$  получается истинно случайный ряд чисел, то есть события случайны и не коррелированы. Правая часть уравнения обращается в нуль и настоящее не влияет на будущее.

при  $0 < H < 0,5$  происходит так называемый "возврат к среднему": если система растет в какой-то период, то в следующий период надо ожидать спада. Чем ближе  $H$  к нулю, тем устойчиве эти колебания. Но таких процессов в реальности очень мало.

в реальности обычно  $0,5 < H < 1$  - и это трендоустойчивые ряды. То есть если ряд начал возрастать, ждите, что он будет возрастать и дальше, если он убывает сегодня, завтра тоже будет убывать. Трендоустойчивость тем больше, чем ближе  $H$  к 1, потому что чем больше корреляция между процессами, тем более одинаково они себя ведут. Чем ближе  $H$  к 0,5, тем более зашумленный и менее выраженный тренд получается на выходе.

Исследования показали, что рынки капитала также образуют статистики Херста. Смещения генерируются инвесторами, которые реагируют на текущую экономическую обстановку. Это смещение продолжается до тех пор, пока не появится случайная информация и не изменит смещения по величине, направлению или в том и другом плане.

На основании анализа месячных значений индекса S&P 500 за 1950-1988 гг., статистика Херста показала, что рыночные прибыли являются временными рядами с фрактальным распределением вероятностей. Важно, что акции компаний из одной отрасли имеют схожие значения  $H$ . Производства с высоким уровнем инноваций, которые сосредоточены на выпуске современной техники, имеют тенденцию к более высокому уровню  $H$ . В противоположность им акции коммунальных предприятий, имеющих низкий уровень инноваций, отличаются меньшими величинами  $H$ .

Поскольку акции имеют  $H > 0.5$ , применение стандартного статистического анализа становится проблематичным. Дисперсии неопределенны или бесконечны, что делает волатильность бесполезной или ошибочной оценкой риска.

*Поведение системы внешне кажется хаотичным, но при подробном рассмотрении в нем обнаруживаются элементы порядка (например, универсальность показателя  $H$ , фрактальной размерности и др.), что позволило выделить экономические системы (и ряд других) в класс систем с детерминированным хаосом. Детерминированность проявляется, например, в периодичности изменений, а хаотичность – в неопределенной длине каждого цикла. Непериодичность не позволяет обнаружить циклы стандартными методами (например, спектральным анализом), поскольку не имеет характерного масштаба (фрактальна). Это - статистический цикл. Он измеряет влияние информации на рынок и то, как память о тех или иных событиях влияет на будущее поведение рынков.*

### **1.3. «Физическое» направление экономической физики.**

Работы специалистов второго направления гораздо сложнее привести в некоторую систему. С одной стороны, к этому направлению можно отнести работы, цель которых – выявить универсальные законы Природы в широком смысле слова, с другой стороны, оно представлено концепциями, в которых проецируются физические явления на экономику. Предметом изучения в данном случае является сама природа явления, его свойства, законы, т.е. исследуются фундаментальные характеристики процессов. Стоит отметить, что пока практически нет работ, которые бы доводились от фундаментального уровня до практического применения.

#### *1.3.1. «Квантовая экономика» В.А. Мосийчук и А.В. Мосийчук*

Примером фундаментальной теоретической работы может служить книга авторов Мосийчук А.В. и Мосийчук В.А. «Введение в реальную квантовую экономику». В центре изучения – «Природа». Они считают, что «в экономике не человек, а именно Природа является главным «действующим лицом», на котором должно быть сосредоточено основное внимание теоретиков и практиков, всех субъектов экономической деятельности»<sup>10</sup>.

При этом под «Природой» понимается «гигантская самоорганизующаяся система функционально связанных элементов объективной и субъективной реальности, удерживаемых как единое целое силами, действия которых определяются детерминистическими и вероятностными законами. Каждый из элементов этой системы, в том числе и человек, должен исполнять свою роль, подчиняясь общим законами, действующим в системе»<sup>11</sup>.

Центральной задачей называется адекватное отражение Природы в сознании людей: «Все люди участвуют в этом процессе, но управляется он не конкретным человеком, а природной системой, в которую входит нераздельная триада сущностей: Природа как первичная реальность, существующая независимо от сознания людей; наука, ее отображающая, и сфера созидательной деятельности людей, в которой опытно-экспериментальным путем проверяется адекватность отображения наукой первичной реальности»<sup>12</sup>

«Обособленная и удалённая от многогранного ядра природы система познания реальности получает информацию о нём дистанционно. Следовательно, ядро излучает эту информацию в сторону системы его познания. Каждую грань ядра ( $W_s$ ) можно условно трактовать как элементарный излучатель сигналов, в которых закодирована информация о свойствах Природы, ограниченная номенклатура которых выделяет соответствующую этой грани научную дисциплину ( $V_s^1$ ) из всей науки,

---

<sup>10</sup> Мосийчук А.В., Мосийчук В.А. Введение в реальную квантовую экономику. М., Научно-техническое общество имени академика С.И. Вавилова, 2006. Стр. 25

<sup>11</sup> Там же. Стр. 25

<sup>12</sup> Там же. Стр. 26

отражающей Природу в целом... Звено  $W_s$  играет роль элементарного передатчика данных о реальности, а звено  $V_s^1$  - приёмника этих данных, необходимых для формирования моделей реальности. Они ... проверяются опытным путём или подвергаются специальной экспериментальной проверке (звено обработки данных ( $V_s^2$ )). При обнаружении опытным или экспериментальным путём неадекватности модели, она корректируется или заменяется новой моделью. Общая схема этой цепи представлена на рис. 1.

Для того, чтобы подчеркнуть принадлежность объекта или сущности сфере, недоступной непосредственным чувственным восприятиям, используется жёлтый или синий цвет. Объекты и сущности, принадлежащие сфере, доступной непосредственным чувственным восприятиям, обозначаются преимущественно красным или зелёным цветом.

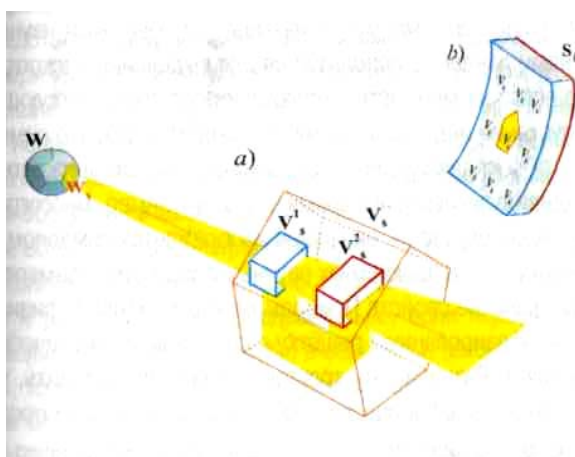


Рис. 1. Общая схема цепи отражения реальности научной дисциплиной.  
 $W$  - первичная реальность в виде излучающего многогранника,  
 $V_s$  - замкнутая цепь отражения реальности научной дисциплиной,  
 $S_1$  - фрагмент фазированной антенной решётки системы познания реальности.

Аналогичные цепи формируются всеми научными дисциплинами.

Авторы упоминают о наличии «вирусов» в системе познания. Ссылаясь на работы В.М.Бехтерева, говорится о том, что в сознание человека информация поступает по двум каналам: по пассивному каналу общего сознания и по активному каналу личного сознания. В канале общего сознания нет анализатора поступающей информации. Подобная структура сознания рациональна, но не помехоустойчивая. Канал общего сознания построен таким образом, чтобы человек воспринимал поступающую по нему информацию без анализа, на веру. Не будь его, каждый человек заново должен был бы добывать знания по всем научным направлениям, не принимая ничего на веру и не имея физической возможности в одиночку

критически переосмыслить все те знания, которые уже накопило человечество. Канал общего сознания специально предназначен для приёма реликтового излучения Природы. Отсутствие в этом канале своего анализатора информации позволило использовать его для несанкционированного воздействия на людей методом внушений и для организации атак психических вирусов. До появления в природе искусственных благ в оснащении канала общего сознания специальными средствами помехозащиты не было необходимости. С появлением искусственных благ должен был бы совершенствоваться и канал общего сознания, однако этому помешало ошибочное включение экономики в разряд гуманитарных дисциплин, неразвитость экономической теории и предоставление психическим вирусам «прав гражданства». Теория квантовой экономики призвана устранить эти препятствия на пути совершенствования канала общего сознания.<sup>13</sup>

Также в книге приводятся формулы, описывающие физические процессы.

*В самом начале книги приводится шкала волновых процессов. И лишь небольшая часть этой шкалы представляет собой видимый свет. В физике нашли методы изучения явлений, которые не подлежат человеческому восприятию.*

*В экономике, в поведении участников финансовых рынков, авторы пытаются выявить процессы «реального мира», скрытые от наблюдения. Хотя эта работа не дает практического решения по моделированию финансовых рынков, она представляет интерес, так как авторы ставят интересные вопросы и предлагают своеобразное их решение.*

### *1.3.2. Использование Е. В. Шипицыным, В. В. Попковым, Д. Б. Бергом физики твердого тела в анализе финансовых рынков.*

---

<sup>13</sup> Там же. Стр. 53-54

Кристаллическое твердое тело (типичный физический объект) имеет точно такую же структуру своей динамической сети, как и финансовый рынок (типичный экономический объект). (рис. 2) Аналогичны и механизмы функционирования обеих сетей: электроны движутся по кристаллическому твердому телу путем перескоков с одного атома на другой, а деньги и товары



*a*

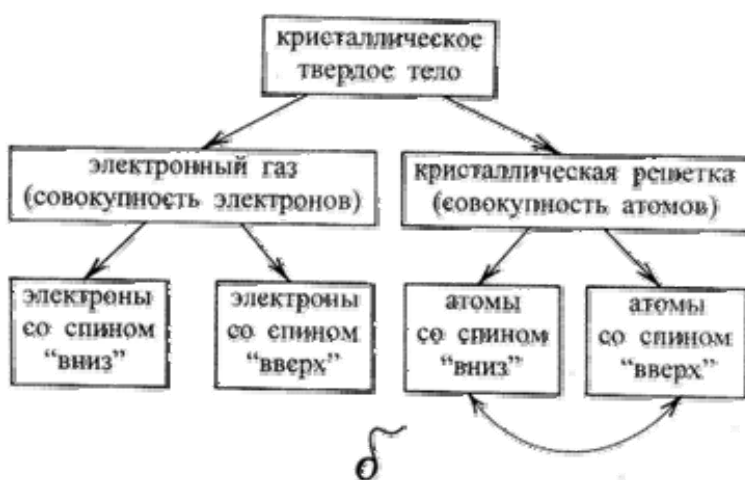


Рис. 2. Изоморфные структуры динамических сетей:  
 а – финансовый рынок (экономический объект)  
 б – кристаллическое твердое тело (физический объект)

перемещаются по финансовому рынку посредством переходов от одного покупателя или продавца к другому. Следовательно, динамические сети финансового рынка и кристаллического твердого тела изоморфны друг другу.

Кристаллическая решетка твердого тела (совокупность субъектов финансового рынка) представляет собой статическую сеть (характеризующуюся только своей структурой), а

добавление к ней электронного газа (совокупности объектов финансового рынка) “возбуждает”

эту сеть и превращает ее из статической в динамическую (характеризующуюся процессом, непрерывно протекающим в ее структуре).

Основными фундаментальными теоретическими моделями физики твердого тела являются  $t - J - A$  модель. Она предполагает, что перемещение электронов с одного атома на другой происходит скачками (т.е. в любой фиксированный момент времени все имеющиеся в рассматриваемом кристаллическом твердом теле электроны находятся на атомах, а не в

межатомном пространстве), причем на каждом атоме существует только один электронный энергетический уровень (т.е. на любом фиксированном атоме одновременно может находиться не более одного электрона). Спин электрона может иметь значение “вниз” или “вверх”, а спин атома целиком определяется спином находящегося на нем электрона и, следовательно, принимает те же два значения. Таким образом, в рамках  $t - J - A$  модели возможны только три различных электронных состояния атома:

$$|0\rangle, |\downarrow\rangle, |\uparrow\rangle, \quad (1)$$

означающие соответственно отсутствие на нем электронов и наличие одного электрона со спином “вниз” или “вверх” (причем в первом случае рассматриваемый атом имеет нулевой спин, во втором – спин “вниз”, а в третьем – спин “вверх”).

Исходя из изоморфизма динамических сетей финансового рынка и кристаллического твердого тела, электроны со спином “вниз” и “вверх” можно отождествить соответственно с деньгами и товаром (под которым понимаются акции или валюта), а атомы со спином “вниз” и “вверх” – с покупателями и продавцами. С учетом проведенного выше отождествления физических понятий с экономическими данное утверждение означает, что покупатель – это тот субъект финансового рынка, у которого имеются деньги, а продавец – тот, у которого есть товар. При этом одновременное наличие денег и товара у одного субъекта не допускается. Можно считать, что торговля на рассматриваемом финансовом рынке ведется фиксированными лотами (товарными и отвечающими их стоимости денежными) и у каждого субъекта этого рынка в любой момент времени может находиться не более одного такого лота.

Отметим, что первый из перечисленных элементов – атом без электронов (т.е. субъекта финансового рынка без денег и товара) – можно считать статическим элементом динамической сети (или пассивным участником рынка), а последние два – атомы с одним электроном со спином “вниз” или “вверх” (т.е. субъектов финансового рынка с деньгами или

товаром – покупателей и продавцов, соответственно) – полагать динамическими элементами сети (или активными участниками рынка). Увеличение количества электронов в рассматриваемом кристаллическом твердом теле (приток на финансовый рынок денег и товара) приводит к “активизации” пассивных участников, т.е. к уменьшению числа статических элементов динамической сети.

Модель  $t - J - A$  характеризуется тремя основными физическими параметрами, каждому из которых можно дать экономическую интерпретацию:

1. обменная энергия  $J$  – является характеристикой процесса обмена электронами со спином “вниз” и “вверх” между двумя атомами; чем больше величина  $J$ , тем легче и быстрее происходит такой обмен. На экономическом языке параметр  $J$  можно интерпретировать как степень легкости и быстроты купли-продажи товара, т.е. как ликвидность.
2. ширина  $W$  зоны разброса энергий – является характеристикой беспорядка в кристаллической решетке. Заметим, что электронный энергетический уровень атома представляет собой суммарную энергию атома в двух его состояниях –  $|\downarrow\rangle$  и  $|\uparrow\rangle$ , а величина  $W$  равна разности между максимальным (наивысшим) и минимальным (наинизшим) электронными энергетическими уровнями атомов рассматриваемого твердого тела. Если теперь физическому понятию “энергия” сопоставить экономическую категорию “стоимость”, то электронный энергетический уровень атома можно интерпретировать как суммарную стоимость денег и товара, которая может иметь различное значение только за счет разной стоимости товара, т.е. вследствие колебаний его цены. Тогда параметр  $W$  фактически будет представлять собой разность между максимальной и минимальной ценой товара, вследствие

чего данный параметр можно интерпретировать как степень изменчивости рыночной цены товара, т.е. как волатильность.

3. электронная концентрация  $n$  (изменяющаяся в пределах от 0 до 1) – представляет собой отношение числа электронов в твердом теле ( $N_e$ ) к числу атомов в нем ( $N$ ):

$$n = \frac{N_e}{N}, (2)$$

причем

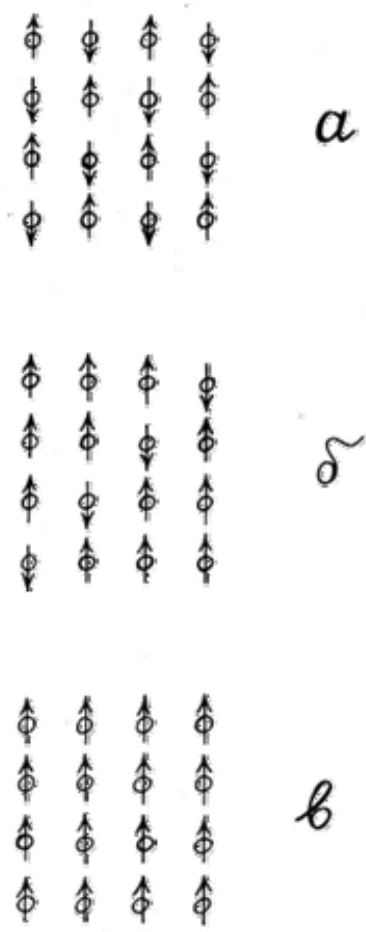
$$N_e = N_e^\downarrow + N_e^\uparrow, (3)$$

где  $N_e^\downarrow$  и  $N_e^\uparrow$  – соответственно число электронов со спином “вниз” и “вверх”. С экономической точки зрения параметру  $n$  можно дать двойное взаимодополняющее толкование. С одной стороны, величина  $n$  представляет собой отношение совокупного количества ресурсов финансового рынка (т.е. суммарного числа денег и товара, обращающихся на нем) к числу всех участников этого рынка (как активных, так и пассивных), что позволяет интерпретировать ее как концентрацию ресурсов. С другой стороны, поскольку в рамках  $t - J - A$  модели электроны могут находиться только на атомах и величина  $n$  представляет собой концентрацию занятых электронами, тогда на экономическом языке параметр  $n$  можно назвать концентрацией активных участников рынка (представляющей собой отношение числа активных участников рынка к полному числу участников рынка), или коэффициентом динамичности (цельности) сети финансового рынка (показывающим, какая часть элементов динамической сети втянута во взаимодействие друг с другом).

Отметим, что в рамках  $t - J - A$  модели вместо электронной концентрации  $n$  можно использовать сопряженную ей величину – дырочную концентрацию  $d$ , которая связана с величиной  $n$  элементарным соотношением

$$d = 1 - n (4)$$

и, в частности, представляет собой концентрацию незанятых электронами атомов. С экономической точки зрения величина  $d$  является концентрацией пассивных участников рынка (представляющей собой отношение числа пассивных участников рынка к полному числу участников рынка), или коэффициентом статичности (разорванности) динамической сети финансового рынка.



Покупатели и продавцы могут меняться местами вследствие спекулятивного характера финансового рынка (т.е. совершения покупок лишь с целью последующих продаж, а продаж – только ради последующих покупок), а атомы со спином "вниз" и "вверх" – вследствие наличия возможности взаимного обмена находящимися на них электронами со спином "вниз" и "вверх" (с учетом того факта, что спин атома однозначно определяется спином находящегося на нем электрона).

Под спином "вверх" и "вниз" понимается направление вектора спина соответственно вдоль и против внешнего магнитного поля.

Рис. 3. Схематичное представление антиферромагнитного (а), ферромагнитного (б) и насыщенного ферромагнитного (в) магнитных упорядочений атомов твердого тела (на примере двумерной квадратной решетки размера 4\*4 в случае  $n=1$ )

$t - J - A$  модель позволяет описать три типа различных магнитных

упорядочений кристаллического твердого тела – антиферромагнетизм (А) , ферромагнетизм (F) и насыщенный ферромагнетизм (SF) (см. рис. 3). Антиферромагнитная структура характеризуется строгим чередованием атомов со спином “вверх” и “вниз” (благодаря чему все ближайшие соседи каждого атома имеют противоположные ему спины), ферромагнитная – преобладанием атомов со спином “вверх” (по отношению к атомам со

спином “вниз”), а насыщенная ферромагнитная – наличием только атомов со спином “вверх” (и полным отсутствием атомов со спином “вниз”). Антиферромагнетик, ферромагнетик и насыщенный ферромагнетик описываются, соответственно, следующими соотношениями:

$$N_{\downarrow} = N_{\uparrow}, (5)$$

$$N_{\downarrow} < N_{\uparrow} (6)$$

и

$$N_{\downarrow} = 0, (7)$$

где  $N_{\downarrow}$  и  $N_{\uparrow}$  – число атомов со спином “вниз” и “вверх”.

Трем вышеупомянутым магнитоупорядоченным структурам можно дать следующую экономическую интерпретацию. Антиферромагнетик представляет собой стабильный (уравновешенный) рынок, число покупателей на котором равно числу продавцов (причем, согласно рис. 3а, каждый покупатель окружен продавцами, а каждый продавец – покупателями; данное обстоятельство повышает эффективность деятельности всех субъектов финансового рынка). Ферромагнетик обозначает нестабильный (неуравновешенный) рынок, число покупателей на котором меньше числа продавцов. Наконец, насыщенный ферромагнетик фактически олицетворяет собой полное отсутствие реального рынка, поскольку в этом случае все активные участники рынка являются продавцами, а покупателей просто нет. Данную ситуацию можно рассматривать как глобальный кризис, при котором рынок полностью теряет ликвидность, а продавцы не могут избавиться от товара по причине отсутствия денег у покупателей.

Таким образом, установлено детальное взаимно-однозначное соответствие между кристаллическим твердым телом (описываемым  $t - J - A$  моделью) и финансовым рынком. Результаты экономической интерпретации физических понятий приведены в приложении 1 .

На рис. 4 приведена построенная магнитная фазовая диаграмма данной модели. В левой верхней половине этой диаграммы (включая ось

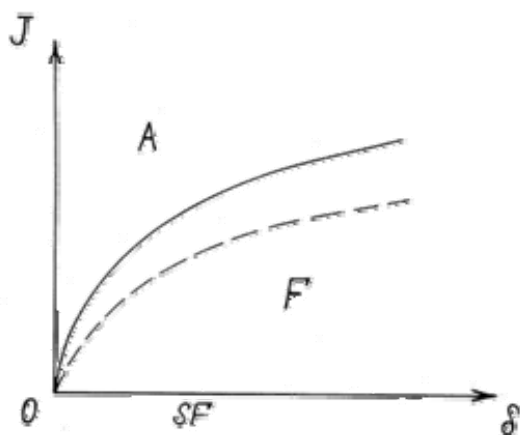


Рис. 4. Качественный вид магнитной фазовой диаграммы  $t - J - A$  модели (или диаграммы состояния финансового рынка) на плоскости параметров  $(J, d)$  при  $W=0$  (сплошная линия) и  $W>0$  (штриховая линия)

ординат) изображена антиферромагнитная фаза, а в правой нижней – ферромагнитная; фаза насыщенного ферромагнетизма существует только на оси абсцисс. Возникновение беспорядка приводит к увеличению антиферромагнитной области и уменьшению ферромагнитной, т.е. беспорядок укрепляет антиферромагнетизм

и подавляет ферромагнетизм. С экономической точки зрения рис.

4 представляет собой фазовую диаграмму состояния финансового рынка, из которой можно сделать следующие выводы.

В случае полного отсутствия ликвидности ( $J=0$ ) реальный финансовый рынок, фактически, тоже отсутствует (так как все активные участники рынка являются продавцами, а покупателей просто нет). Данное обстоятельство выглядит вполне естественным: поскольку финансовый рынок носит исключительно спекулятивный характер (т.е. все покупки на нем совершаются только с целью последующих продаж), постольку никто из участников этого рынка не станет покупать товар, который потом нельзя продать (а отсутствие ликвидности как раз и означает невозможность продажи купленного товара); в то же время стремиться избавиться от неликвидного товара (путем его продажи) будут все, у кого он имеется в наличии.

Появление ликвидности ( $J>0$ ) сразу же приводит к возникновению реального рынка. В случае низкой ликвидности (при малых положительных значениях параметра  $J$ ) этот рынок является нестабильным (неуравновешенным), однако с ростом ликвидности (по мере увеличения

значений параметра  $J$ ) он превращается в стабильный (уравновешенный). Отметим, что чем больше раздробленность рынка  $d$  (и чем меньше концентрация его ресурсов  $n$ ), тем более высокая ликвидность (т.е. большее значение параметра  $J$ ) требуется для перехода от нестабильного рынка к стабильному.

Отметим также тот факт, что с увеличением раздробленности рынка  $d$  (и с уменьшением концентрации его ресурсов  $n$ ) стабильный (уравновешенный) рынок превращается в нестабильный (неуравновешенный), т.е. при любой величине ликвидности  $J$  существует критическое значение раздробленности  $d_c$ , превышение которого ( $d > d_c$ ) приводит к дестабилизации рынка, причем величина  $d_c$  растет с увеличением  $J$  (следовательно, высоколиквидный рынок является более устойчивым к росту раздробленности и снижению концентрации ресурсов, чем низколиквидный).

Также, можно заметить, что появление волатильности ( $W > 0$ ) приводит к увеличению области стабильного (уравновешенного) рынка и к уменьшению области нестабильного (неуравновешенного) рынка. Следовательно, волатильность способствует стабилизации финансового рынка. Данный вывод выглядит вполне закономерным, поскольку волатильность характеризует колебания цены товара, а финансовый рынок (обладающий спекулятивным характером) привлекает всех своих участников (субъектов) именно ожиданием изменения цен.

С другой стороны, укреплению антиферромагнетизма способствует только небольшой беспорядок (малые положительные значения параметра  $W$ ); с ростом же беспорядка (по мере увеличения значений параметра  $W$ ) расширение антиферромагнитной области на фазовой диаграмме сменяется ее сжатием, а при бесконечно большом беспорядке ( $W \rightarrow \infty$ ) антиферромагнитная область просто исчезает (т.е. антиферромагнетизм полностью подавляется). Переводя все вышесказанное с физического языка на экономический, получаем, что только не слишком большая (разумная)

волатильность идет на пользу финансовому рынку; если же колебания цен достигают гигантских масштабов, то это приводит к полному разрушению рынка (так как в данной ситуации вследствие резкого возрастания рисков и огромных финансовых потерь субъектов рынка начинается массовый отток денег и участников торговли с такого рынка).

Наконец, из рис. 4 видно, что появление волатильности ( $W > 0$ ) способствует стабилизации рынка только при наличии конечной ликвидности ( $J > 0$ ); в случае же полного отсутствия последней ( $J = 0$ ) никакие значения волатильности  $W$  ( $W \geq 0$ ) не позволяют создать реальный финансовый рынок. В то же время появление любой конечной ликвидности

( $J > 0$ ) сразу же приводит к возникновению реального рынка (стабильного или нестабильного – в зависимости от значения степени его раздробленности  $d$ ) даже при отсутствии волатильности ( $W = 0$ ).

Следовательно, ликвидность является более важным фактором стабилизации финансового рынка, чем волатильность.

Итак, мы полностью проанализировали экономический смысл магнитной фазовой диаграммы  $t - J - A$  модели. Другим важным и интересным физическим результатом, полученным в рамках данной модели, является концентрационная зависимость температур Нееля и Кюри, приведенная на рис. 5.

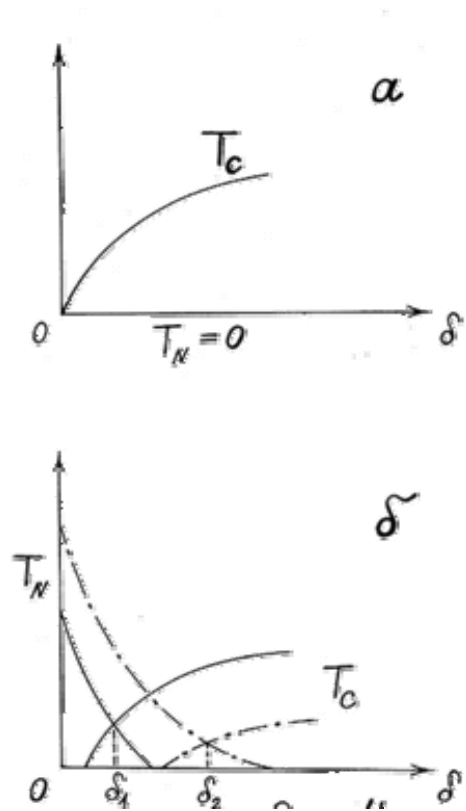


Рис. 5. Зависимость температур Нееля ( $T_N$ ) и Кюри ( $T_C$ ) от дырочной концентрации  $d$  при  $W=0$  (или зависимость спроса от предложения от цены, т.е. кривые покупок и продаж)  
 а –  $J=0$ ,  
 б –  $J > 0$ :  $J=J_1$  (сплошные линии) и  $J=J_2$  (штрих-пунктирные линии), причем  $J_2 > J_1$ ;  
 $d_1$  и  $d_2$  – равновесные цены соответственно  $J=J_1$  и  $J=J_2$

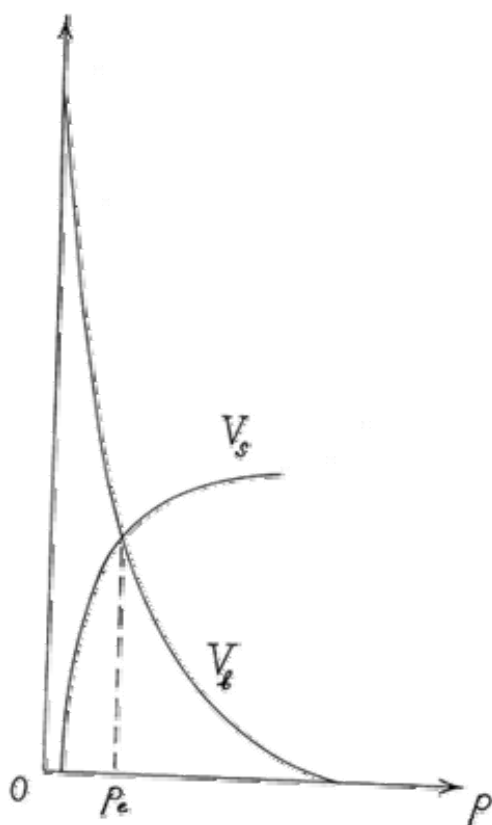


Рис. 6. Зависимость объемов спроса ( $V_d$ ) и предложения ( $V_s$ ) товара на рынке от цены ( $p$ ) этого товара (кривые покупок и продаж);  $p_e$  – равновесная цена (т.е. цена, по которой реально происходит обмен товара на деньги между продавцами и покупателями)

(достаточно большой для того, чтобы продажа товара по ней оказывалась выгодной) и затем монотонно возрастает. Абсцисса точки пересечения кривых спроса и предложения (или, другими словами, кривых покупок и продаж) определяет равновесную (справедливую) цену товара.

Однако на самом деле рис. 5 содержит больше информации, чем рис.6, т.е. экономические результаты исследования финансового рынка (опирающиеся на физические результаты изучения кристаллического твердого тела в рамках  $t - J - A$  модели) дополняют и расширяют выводы, обобщая их на случай переменной ликвидности  $J$  и тем самым позволяя рассмотреть влияние изменения ликвидности на спрос, предложение и равновесную цену.

Отождествление температур Нееля  $T_N$  и Кюри  $T_C$  соответственно с объемами спроса и предложения товара на рынке, а дырочной концентрации  $d$  – с ценой этого товара, приводит к полному качественному совпадению рис. 5б с изображенным на рис. 6 результатом работы С экономической точки зрения рис. 4б (как и рис. 5) показывает, что при нулевой цене товара ( $d = 0$ ) предложение отсутствует ( $T_C = 0$ ), а спрос определяется исключительно полной (абсолютной) потребностью в данном товаре и является конечной величиной ( $0 < T_N < \infty$ ). С ростом цены ( $d > 0$ ) спрос постепенно

падает до нуля ( $T_N = 0$ ), а предложение становится отличным от нуля ( $T_N > 0$ ) лишь при некоторой фиксированной конечной цене

Из рис. 5а видно, что при полном отсутствии ликвидности ( $J=0$ ) спрос на товар тоже полностью отсутствует ( $T_N = 0$ ), а предложение является отличным от нуля ( $T_N > 0$ ) при любой (даже сколь угодно малой) положительной цене ( $d > 0$ ); равновесная цена в этом случае равна нулю. Поскольку финансовый рынок носит спекулятивный характер, поэтому на нем, не находится желающих купить товар в случае невозможности его последующей продажи; владельцы же абсолютно неликвидного товара, очевидно, готовы продать его по любой отличной от нуля цене (лишь бы не бесплатно).

Из рис. 5б следует, что при появлении ликвидности ( $J>0$ ) в области малых цен  $d$  сразу же возникает отличный от нуля спрос ( $T_N > 0$ ), а предложение начинает отличаться от нуля ( $T_N > 0$ ) только при не слишком малом положительном значении цены  $d$  (тем больше, чем выше ликвидность  $J$ ); равновесная цена при конечной ликвидности становится отличной от нуля. В случае дальнейшего увеличения ликвидности спрос растет, а предложение падает (и это утверждение оказывается справедливым для всех цен); при этом кривые спроса и предложения фактически смещаются вправо по оси абсцисс, в результате чего в том же направлении движется и точка пересечения этих кривых, т.е. с ростом ликвидности равновесная цена возрастает. Все вышеупомянутые результаты хорошо согласуются со спекулятивным характером финансового рынка.

*Авторы статьи, используя изоморфизм динамических сетей финансового рынка и кристаллического твердого тела, успешно применили теоретические методы физики твердого тела для исследования динамики финансовых рынков (как фондовых, так и валютных). Результаты свидетельствуют о высокой эффективности использованного перенесения научных методов из физики в экономику, поскольку не только привели в итоге к построению аналогичной модели Л. Вальраса, но и позволили расширить ее.*

### *1.3.3. Моделирование поведения людей.*

#### *1.3.3.1. Модель Лакса-Марчези.*

Одна наиболее удачных из применяемых в эконофизике моделей была разработана экономистом Т. Лаксом и физиком М. Марчези. В ней представлены три группы участников фондового рынка: сторонники фундаментального анализа, приобретающие акции при падении их котировок ниже уровня, определяемого долгосрочными факторами; сторонники технического анализа - пессимисты, продающие акции при повышении котировок для фиксации прибыли; сторонники технического анализа - оптимисты, покупающие акции при их росте. В основу данной модели положены представления статистической физики о взаимодействии частиц под влиянием внутренних факторов системы. В модели устанавливаются вероятности переходов участников рынка из одной группы в две другие, причем функции переходов определяются прибылями от использования фундаментальных или технических стратегий. Динамика котировок зависит от соотношений спроса трех групп участников. Согласно данной модели, стабильное состояние рынка наступает после значительных колебаний, когда сокращается число сторонников технического анализа и растут ряды приверженцев фундаментального подхода.

Модель Лакса-Марчези предполагает постоянство количества акций на рынке. Такое допущение типично для всех моделей, заимствованных из физики. Оно связано с тем, что моделирование физических явлений основывается на законе сохранения энергии.

#### *1.3.3.2. Физика сложных систем - динамика паникующей толпы.*

Физика сложных систем изучает поведение любой системы большого количества объектов, если их взаимодействие подчиняется каким-либо определенным законам. Это может быть поведение атомов и молекул, это может быть и поведение абстрактных систем, которыми занимается статистическая физика, физика разупорядоченных систем, хаотическая динамика. Одним из наименее известных, но очень активно изучаемых

направлений является применение методов физики сложных систем к социальным явлениям, т.е. к человеческим сообществам.

Здесь очень плодотворными оказались исследования динамики фондовых бирж и применения к экономике вообще.

Недавно появилась еще одна интересная работа в этом направлении. В статье<sup>14</sup> исследовалось поведение толпы в состоянии паники. Природа человека такова, что в экстренных ситуациях он часто ведет так же, как и все вокруг - именно это и позволяет рассматривать (к счастью, только приближенно) толпу людей как набор объектов, следующих простым правилам. Конкретно, работа изучала то, как толпа покидает помещение через узкую дверь в экстренном случае, например, при пожаре.

Модель паникующей толпы заключается в следующем: движение каждого человека происходит под действием нескольких сил. Это могут быть не только настоящие физические силы, но и некоторое психологическое взаимодействие. Главное, что каждая из этих сил заставляет человека двигаться с ускорением (одно из предположений модели).

Силы эти таковы. Пусть в какой-то момент времени скорость  $i$ -го человека равна  $v_i$ . Эта скорость может не совпадать с "желаемой" скоростью движения  $v_i^0$ . Например, "желаемая" скорость движения человека, который только что узнал об опасности, направлена к выходу и максимальна по модулю, вне зависимости от его "настоящей" скорости. Для того, чтобы разогнаться, человеку требуется некоторое время, которое мы обозначим через  $t_i$ .

Далее, учитываем силы между отдельными индивидуумами. Во-первых, будем считать, что даже в отсутствие непосредственного физического контакта между двумя людьми существует некое "психологическое отталкивание", т.е. тенденция держаться подальше друг от друга. Эта сила была промоделирована экспоненциальным законом:  $f_{ij} \sim$

---

<sup>14</sup>D.Helbing, I.Farkas, T.Vicsek., Nature 407 (2000) 487; <http://ru.arxiv.org/abs/cond-mat/0009448>

$\exp(-d_{ij}/b)$ , где  $d_{ij}$  - расстояние центрами масс  $i$ -го и  $j$ -го индивидуумов. Затем, в случае непосредственного контакта возникает радиальная сила давления, а также "сила трения скольжения", которая пропорциональна относительной скорости двух людей. Образно говоря, учитывалось, что люди, движущиеся с разными скоростями, мешают друг другу локтями. Наконец, аналогичные силы  $f_{iw}$  вводились для описания взаимодействия человека со стенкой, включая и эффект психологического отталкивания от стен.

Таким образом, уравнение, описывающее движение  $i$ -го человека (попросту 2-ой закон Ньютона), выглядит так:

$$m_i \frac{dv_i}{dt} = m_i \frac{v_i^0(t)e_i^0(t) - v_i(t)}{\tau_i} + \sum_{j \neq i} f_{ij} + \sum_w f_{iw} \quad (8)$$

Поскольку такое уравнение движения (8) имеет место для каждого человека ( $i = 1, 2, \dots, N$ ), мы на самом деле имеем дело с огромной системой связанных уравнений.

Что с этими уравнениями делать? Аналитически решить эту систему не удастся, поэтому приходится обращаться к численным методам. Это значит, мы решаем эти уравнения на компьютере шаг за шагом: берем значения координат и скоростей всех людей в начальный момент времени, вычисляем все силы, находим по уравнению приращение скорости за некоторый малый промежуток времени, вычисляем новые скорости и новые координаты, повторяем процедуру. В результате мы получаем динамическую картину движения толпы, которую можно отобразить и графически. Именно это и есть то, что называется численным моделированием явления.

Для того, чтобы решать уравнения численно, необходимо определить значения всех параметров и коэффициентов, присутствующих в модели. Хорошо, когда эти параметры можно определить из экспериментальных данных. Однако в задаче о поведении толпы присутствуют величины, не поддающиеся прямому измерению (психологическое отталкивание), поэтому исследователю приходится самому присваивать этим параметрам значения,

которые выглядят правдоподобными. Наличие таких коэффициентов, вообще говоря, уменьшает достоверность результатов, а значит и уменьшает предсказательную силу модели.

В статье говорится о необходимости привлечения дополнительных экспериментальных данных для подтверждения и улучшения модели.

Теперь - о самих результатах. В численном моделировании результатом можно называть явление, устойчивое по отношению к небольшим изменениям параметров, то есть неизменно возникающее при различном наборе коэффициентов.

Во-первых, был выявлен переход от простого неупорядоченного движения к толпе и возникновению давки около выхода. Пока "желаемая" скорость покидания помещения была меньше 1,5м/с, движение людей было более-менее организованным. При больших скоростях сила, "толкающая" человека к выходу, превышала взаимное психологическое отталкивание между людьми, в игру вступал непосредственный физический контакт, возникала давка, лавинообразно образовывалась толпа.

Затем, наблюдался эффект, названный авторами "чем быстрее, тем медленнее". Это значит, чем быстрее люди хотят покинуть комнату (т.е. чем выше "желаемая" скорость), тем медленнее толпа просачивалась через дверь: люди, находящиеся непосредственно у выхода, мешали друг другу.

В-третьих, когда "желаемая" скорость возрастала еще больше и сила взаимодействия людей превышала критическую, давление в толпе стало приводить к травмам отдельных людей. В рамках этой модели, травмированный человек превращался в неподвижное препятствие, это приводило к еще большим заторам, и в результате количество человек, успевших покинуть комнату за определенное время, резко уменьшалось.

*Несмотря на то, что данная работа очень косвенно относится к финансовым рынкам, она интересна тем, что задается вопрос о модели поведения людей в кризисной ситуации. Паника толпы существенно влияет на деятельность финансовых рынков в период кризиса.*

*Причем становится не важно, где происходит паника, модель поведения людей всегда похожа. Так, А.В. Мосийчук и В.А. Мосийчук тоже упоминают о том, что «обнаружили в сфере экономики распространяются неизвестные ранее, недоступные для чувственного восприятия волны, которые подобно цунами могут вызывать стихийные бедствия – экономические кризисы, ведущие к трагедии».<sup>15</sup>*

*Таким образом, необходимо учитывать, что главные участники финансового рынка – это все-таки люди, чье поведение подвержено влиянию человеческой природы.*

*Экономическая физика – это попытка не только создать науку по образу и подобию технических наук, она позволяет учитывать при этом и особенности поведения людей, их психологии. Что позволяет более комплексно подойти к описанию процессов.*

---

<sup>15</sup> Мосийчук А.В., Мосийчук В.А. Введение в реальную квантовую экономику. М., Научно-техническое общество имени академика С.И. Вавилова, 2006. Стр. 4

## **Глава 2. Использование экономической физики в анализе финансового рынка. Сопоставление фундаментальных физических и экономических понятий.**

В настоящее время основными направлениями развития эконофизики в анализе финансовых рынков выступают: исследование динамики доходности ценных бумаг, а также распределения богатства и доходов в обществе с помощью методов статистической физики; применение моделей квантовой механики для изучения взаимодействия экономических агентов (по аналогии с взаимодействием элементарных частиц).

Усилия многих исследователей направлены на анализ больших массивов эмпирических данных по обменным курсам валют, ценам акций, функционированию отдельных секторов финансового рынка. Математический аппарат включает методики корреляционного анализа, выявление тренда, мультифрактального анализа. Приложение к управлению рисками и прогнозированию осуществляется путем выявления аттракторов, определения ранних симптомов обвала рынка.

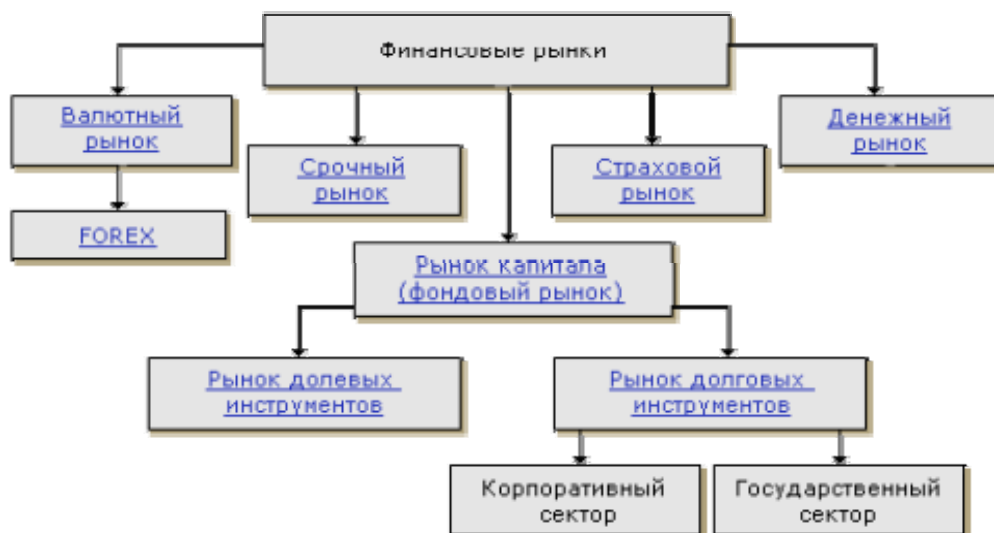
Для моделирования финансового рынка используются многоагентные (multi-agent) и перколяционные модели. Рассматривается универсальность скейлинговых закономерностей во флуктуациях активов компаний, статистические распределения дохода фирм. Пристальное внимание уделяется результатам стохастического моделирования априорных ожиданий, новым подходам к определению цен опционов, анализу Леви-процессов в динамике цен.

Основная задача этой главы – рассмотрение финансового рынка как объекта исследования экономической физики, попытаться выявить причины, которые делают законы физики столь привлекательными для экономиста.

### ***2.1. Финансовый рынок как объект исследования экономической физики.***

Рынок капитала (финансовый рынок), как и товарный рынок является механизмом, позволяющим продавцам и покупателям встретиться и заключить сделку. Понятие финансового рынка многогранно и включает в себя следующие рынки (схема 1):

Схема 1. Структура финансовых рынков.



Источник: <http://www.fintools.ru/>

Финансовый рынок обладает следующими свойствами:

1. прозрачность,
2. ликвидность,
3. волатильность,
4. взаимосвязанность финансовых рынков,
5. большой объем сделок.

Наличие этих свойств финансовых рынков позволяют использовать при их анализе инструменты моделирования других наук. Именно поэтому возникло направление исследования финансовых рынков на базе физики и математического моделирования, которое сегодня образует отдельную научную дисциплину – эконофизику.

Как уже отмечалось ранее, можно выделить 2 направления развития этой науки: «математическое» и «физическое».

«Математическое» направление более популярно сегодня, оно позволяет достичь эффективных практических результатов. Поэтому растет популярность специалистов с техническим образованием на финансовых рынках.

Но данное направление все же вторично, так как сначала выявляются физические процессы, законы, а лишь затем создаются математические модели. Когда же на следующем этапе сопоставляются математические модели и экономические процессы, возникает третья ступень моделирования. Появляется разрыв между первичным физическим процессом и экономическим.

По мнению автора, это приводит к тому, что не выстраиваются новые модели, более полно описывающие экономические явления, а используются ранее созданные модели, и экономические явления лишь проверяются на соответствие этим моделям.

Преимущество «математического» направления заключается в том, что отсутствует необходимость глубоко изучать природу физических и экономических процессов, достаточно проверить имеющиеся данные на соответствие ограничениям модели. Это направление позволяет добиться быстрых и эффективных практических результатов.

Если мы говорим о «физическом» направлении, то здесь необходимо понять и сопоставить природу физических и экономических явлений. Более того, подобное сопоставление может привести к большим ошибкам, чем первое направление, так как возникает необходимость создавать новые модели на базе уже существующих, но меняя при этом базовые допущения модели, потому что выявляются различия между процессами в физике и экономике. Более того, много времени занимает приспособление модели к реальным данным, к имеющейся статистике.

Но только подобное моделирование, по мнению автора, позволяет достичь наиболее интересных результатов, максимально использовать возможности интеграции двух наук.

Существуют работы, которые проецируют отдельные модели, описывающие физические явления на процессы, протекающие на финансовых рынках. Но нет ни одной работы, посвященной сопоставлению фундаментальных экономических и физических понятий.

Без подобного сопоставления теряется база для глубокого исследования. Именно поэтому, в этой главе, автор попытается сопоставить фундаментальные физические и экономические явления.

*Таким образом, наличие определенных свойств у финансовых рынков позволяет применять те методы, которые уже апробированы в такой науке, как физика. При этом, по мнению автора, исследования в данной сфере должны быть более фундаментальными. Хотя «математическое» направление дает более быстрые результаты, которые легко применить на практике, «физическое» направление позволяет достичь большей интеграции двух наук, что позволяет выявить новые законы функционирования рынков и факторы, влияющие на них..*

## **2.2. Использование «классической» физики в анализе финансовых рынков.**

### *2.2.1. Сопоставление предметов изучения экономики и физики.*

Одной из причин возрастающего интереса к физике, по мнению автора, является сходство предметов изучения этих наук. Предметом изучения физики является материя.

Стоит отметить, что в физике часто термины не имеют четкого определения. Более того, авторы учебников иногда даже не пытаются давать определения самой материи.

Во введении Т.И. Трофимова пишет о материи как об «окружающем нас мире, о всем существующем вокруг нас и обнаруживаемым нами посредством ощущений».

Предметом изучения экономики также является материя, которая представлена капиталом.

И.В. Савельев в книге «Курс общей физике», выделяет 2 формы существования материи: вещество и поле.

Критерием, позволяющим выделить 2 формы, является наличие инертной и гравитационной массы. Инертная масса характеризует способность тела сопротивляться воздействию силы. Соответственно, чем больше ускорение в результате воздействия силы, тем меньше масса и наоборот.

Формула для вычисления инертной массы:

$$m = F / a$$

Гравитационная масса характеризует способность тела притягиваться к другому телу. Значение показателя гравитационной массы можно вывести из закона всемирного тяготения.

Вещество обладает и инертной, и гравитационной массой. В настоящее время доказано, что инертная и гравитационная массы равны друг другу.<sup>16</sup> Но стоит отметить тот факт, что если инертная масса является постоянной величиной, то значение гравитационной массы при определенных условиях может меняться.

Поле же не обладает инертной массой, но оно обладает гравитационной массой.

Отсутствие инертной массы указывает на то, что под действием силы скорость движения частиц не меняется. Т.е. частицы движутся всегда с одной скоростью  $c$  (скоростью света), эта скорость неизменна. Она является постоянной величиной. Частицы могут изменять свое направление только в результате столкновения или притяжения к другому телу.

В экономике, по мнению автора, также можно выделить 2 формы существования материи: реальный и фиктивный капитал. Реальный капитал

---

<sup>16</sup> Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вызов/ Т.И. Трофимова. – 14-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. Стр. 15

обладает определенными характеристиками, способностью удовлетворять какие-либо потребности. Причем эти характеристики не меняются в любой системе отсчета.

Что касается его меновой стоимости, то этот показатель очень изменчив. Особенно он может отличаться в разных системах отчета (стоимость товара в одном регионе не соответствует его стоимости в другом регионе, хотя потребности, которые товар может удовлетворить, не изменились).

Фиктивный капитал (под фиктивными капиталами будем понимать в том числе и деньги в функции средства обращения) обладает меновой стоимостью, абсолютной ликвидностью. Благодаря фиктивному капиталу происходит перемещение капитала реального. Развитие рынка фиктивного капитала приводит к упрощению возможности перемещения реального капитала. Причем скорость такого перемещения может ограничиваться только количеством рейсов в банке. Это свойство очень похоже на скорость света для микрочастиц.

*Материя и ее формы – вот что объединяет предмет изучения физики и экономики. Так, можно провести аналогию между физической материей и капиталом, а также между формами материи: поле и вещество – в физике, реальный и фиктивный капитал – в экономике.*

### *2.2.2. Сопоставление задач физики и экономической науки на финансовых рынках*

Если вспомнить, то среди функции финансового рынка можно выделить следующие:

- активная мобилизация временно свободных средств из различных источников;
- эффективное распределение свободных ресурсов между потребителями ресурсов;

- определение наиболее эффективных направлений использования финансовых ресурсов (связано с ценообразованием);
- формирование рыночных цен на отдельные финансовые инструменты, что определяет спрос и предложение на финансовом рынке;
- осуществление квалифицированного посредничества между продавцом и покупателем финансовых инструментов (брокеры, дилеры);
- ускорение оборота средств, способствующее активизации экономических процессов.

Т.е. финансовые рынки решают определенные экономические задачи:

1. определение цены на финансовые ресурсы, капитал,
2. обеспечивают движение капитала,
3. перераспределяют характеристики экономических отношений, такие как риск, валюта операции, процентная ставка и др. между участниками экономических отношений.

При анализе финансового рынка, важно определить следующие характеристики:

1. выявить законы, которые действуют на финансовых рынках
2. в центре изучения – движение капитала в различных формах
3. определение цены товара и факторов на нее влияющих

Физика - это наука, которая изучает движение, действие и взаимодействие частиц. Именно это сходство и позволило именно физике приобрести такую популярность на финансовых рынках.

Универсальная мера, через которую происходит объединение всех физических процессов движения и взаимодействия является **энергия**. С помощью различных видов энергии характеризуются все физические процессы.

*Помимо сходства предметов изучения, экономика и физика также решают похожие задачи. Основная задача физики – описание движения материи, выявление причин, которые влияют на это движение. Эти влияния описываются в виде действия сил, возникающих в результате*

*взаимодействия частиц. Универсальной мерой движения и взаимодействия является энергия. Соответственно, одна из основных функций финансовых рынков – перемещение (движение) капитала в различных формах. Помимо этого, на финансовых рынках происходит определение цены. Можно провести аналогию цены – в экономике и массы – в физике.*

### *2.2.3. Методика описания явления в физике.*

Итак, рассмотрим методику описанию движения и взаимодействия в физике более подробно.

"Движение есть способ существования материи. Нигде и никогда не бывало и не может быть материи без движения... Материя без движения так же немыслима, как и движение без материи. Движение поэтому так же несотворимо и неразруσιμο, как и сама материя - ... : количество имеющегося в мире движения остается всегда одним и тем же." - Ф. Энгельс.

Как всем известно, механика – часть физики, которая изучает закономерности механического движения и причины, вызывающие или изменяющие это движение.

Для описание движения тел различной массы и с различной скоростью используются 3 вида механики:

1. классическая механика Галилея-Ньютона, которая изучает движения макроскопических тел, скорости которых малы по сравнению со скоростью света  $c$  в вакууме,

2. релятивистская механика, основанная на специальной теории относительности, сформулированной А. Эйнштейном, которая описывает законы движения макроскопических тел со скоростями сравнимыми со скоростью  $c$ .

3. квантовая механика, которая описывает движение микроскопических тел.

Классическая механика описывает движение с помощью таких показателей, как скорость и ускорение. Причем скорость – это есть не что иное, как первая производная по времени, а ускорение – вторая производная. Очень многие показатели в экономике от индексов до коэффициентов построены именно по такому принципу. Т.е. используется для анализа динамики цены используется коэффициент изменения одной величины относительно другой. А это есть не что иное, как первая производная.

Законы движения макроскопических тел со скоростями, сравнимыми со скоростью  $c$ , изучает релятивистская механика или специальная теория относительности, сформулированная А.Эйнштейном.

Специальной теорией относительности сформулированы принципы рассмотрение движения в рамках различных систем отсчета. При этом инертная масса в различных системах отчета может изменяться. Что позволяет возникнуть инструментарию для анализа движения капитала между странами, а также оценки стоимости в рамках двух и более валютных систем. По мнению автора, специальная теория относительности может расширить наши возможности при описании именно международных экономических отношений.

Что касается квантовой механики, то это теория активно используется для моделирования поведения людей.

Современная физика представляет все многообразие свойств Природы через 4 вида взаимодействия элементарных частиц. На качественном уровне можно говорить, что истинно элементарными частицами называются физические объекты, которые не имеют составных частей. К таким частицам можно отнести электроны и фотоны.

Помимо качественных различий, фундаментальные взаимодействия отличаются в количественном отношении по силе воздействия, которая характеризуется термином *интенсивность*. По мере увеличения интенсивности фундаментальные взаимодействия располагаются в следующем порядке:

- гравитационное,
- слабое,
- электромагнитное,
- сильное.

Каждое из этих взаимодействий характеризуется соответствующим параметром, называемым константой связи, численное значение которого определяет интенсивность взаимодействия.

Согласно классической физике, фундаментальные взаимодействия переносятся квантами. В процессе взаимодействия физический объект испускает частицы - переносчики взаимодействия, которые поглощаются другим физическим объектом. Это ведет к тому, что объекты как бы чувствуют друг друга, их энергия, характер движения, состояние изменяются, то есть они испытывают взаимное влияние.

*Для описание движения в физике используются 3 вида механики: классическая, релятивистская и квантовая. Все силы, которые могут повлиять на движение тел, объясняются 4 видами взаимодействия.*

*Но как выделить все эти виды взаимодействия на финансовых рынках? И сколько на самом деле базовых видов взаимодействия? Отсутствие ответа на эти вопросы привели к необходимости поиска иных теорий.*

*Автор также столкнулся с проблемами, которые возникают в физике. Дело в том, что за последнее время не было открытий сопоставимых по величине с теми, что были сделаны более века назад. В рамках классической физической теории возникают неразрешимые противоречия. Например, существующее противоречие в механике. Причем если классическая механика, является предельным случаем релятивистской и квантовой механики, то две последние механики явно противоречат друг другу.*

*Эти неразрешимые противоречия приводят к тому, что физика больше не развивается качественно.*

*Все это приводит к тому, что в физике возникают новые направления развития, среди которых можно выделить полевую физику.*

### ***2.3. Использование полевой физики в анализе финансовых рынков.***

#### *2.3.1. Основные положения полевой физики.*

Полевая физика – это достаточно необычное направление физики, поэтому, по мнению автора, стоит остановиться на нем чуть подробнее.

В полевой физике ключевое физическое понятие «Поле» трансформируется в понятие «Полевая среда».

В современной физике поле в большей степени интерпретируется как заданная в пространстве и времени математическая функция, которая определяет силу, действующую на пробную частицу со стороны других объектов, называемых источниками. При этом полагается, что сама пробная частица не влияет на поле или ее влияние пренебрежимо мало.

Полевая физика указывает на полную несостоятельность этой гипотезы. Находится немало примеров, которые показывают, что как источники, так и частица регистрации в равной мере влияют на ситуацию и должны определять поле. Это требует перейти от понятия поля, как математической функции, к понятию поля, как реальной физической сущности, называемой полевой средой. Она как-то распределена в пространстве, подвержена влиянию всех объектов, причем как «источников» так и исследуемой частицы, и испытывает собственную динамику, которая, в свою очередь, влияет на движение всех объектов. Другими словами, классический механизм взаимодействия, согласно которому источники создают поля, а поля влияют на исследуемый объект, заменяется новым подходом, в рамках которого «все влияет на все» через полевую среду и разделение объектов на источники и исследуемое тело оказывает очень условным.

Полевая физика показывает, что именно формальный математический подход к полю, несимметричный в плане «источник – исследуемая частица» привел к нестыковке классической механики и электродинамики на рубеже XIX-XX веков. Именно по этой причине пришлось от преобразований Галилея перейти к преобразованиям Лоренца, использовать формальную зависимость массы от скорости и иные релятивистские поправки. Аналогично, формальное отношение к полю как к математической функции, а не к реальной физической сущности, не позволило естественным образом получить в классической теории поля дискретность и квантовое поведение и потребовало создание квантовой физики в ее нынешнем виде.

Переход от формального математического понятия поля к полевой среде позволяет построить альтернативную физику. По духу она во многом похожа на классическую физику и оперирует столь же наглядными и простыми понятиями пространства, времени, материи, движения и взаимодействий, однако позволяет естественным образом описать и объяснить как релятивистские и квантовые эффекты, так и немало других неклассических явлений.

В полевой физике рассматривается в основном две модели полевой среды. Первая из них – модель полевых оболочек. Она соответствует ситуации, когда объектов мало, расстояния между ними велики и связи малы, в результате чего полевая среда фактически распадается на шарики-оболочки отдельных частиц. Это приближение соответствует классическому поведению, в рамках него справедлив закон обратных квадратов для любого типа взаимодействия, а также принцип суперпозиции. Из этого приближения следуют классическая механика, классическая электродинамика, частично теория относительности и ряд других приложений.

Вторая модель соответствует наличию единой полевой оболочки, неделимой между объектами. Такая модель становится необходимой в условиях сильных связей (сильных полей), высокой концентрации частиц в малой области пространства. В этих условиях появляются коллективные

эффекты, дискретность, собственные частоты, нарушается принцип суперпозиции, закон обратных квадратов. Приближение единой полевой оболочки соответствует квантовому поведению, ядерной физике, физике твердого тела и немалому количеству других, еще не изученных областей физики.

Для количественного описания полевой среды используется функция плотности полевой среды  $W = W(r,t)$ . Эта величина позволяет оперировать понятиями больше-меньше и формализовать на математическом языке принципы динамики полевой среды. В классической интерпретации функция плотности полевой среды трансформируется в функцию полевой связи частиц, которая совпадает с известным понятием потенциальной энергии взаимодействия. В квантовых условиях понятие плотности полевой среды отчасти перекликается с пси-функцией и плотностью вероятности обнаружения частицы в данной области пространства.

Полевая физика выделяет две компоненты полевой среды – электрическую и гравитационную, которые позволяют объяснить все известные эффекты. При этом сильное (ядерное) и слабое взаимодействия не рассматриваются в полевой физике как самостоятельные, а являются комбинацией электрической и гравитационной компонент полевой среды в особых условиях.

Полевая среда представляет основу представления полевой физики. Она не является абстрактным вспомогательным понятием, а считается реально существующей физической сущностью, лежащей в основе физического Мира. Эта сущность не состоит из атомов, молекул или элементарных частиц, а следовательно, не является материальной. Реальность ее существования следует из наличия взаимосвязей между всеми материальными объектами и их взаимодействием на расстоянии.

Природа взаимодействия объектов на расстоянии состоит в том, что каждый из них возмущает окружающую полевую среду. Эти возмущения от каждого объекта распространяются в полевой среде и достигают других

объектов. Искажения полевой среды в окрестности каждого объекта приводят к изменению характера его движения, которое интерпретируется как действие сил.

«Природа массы» считается в современной физике одной из самых важных и сложных загадок. В этом свете одним из серьезных достижений полевой физики следует считать объяснение природы массы, причем как на качественном, так и на количественном уровне.

Согласно полевой физике свойство массы приобретает телами за счет внешних взаимодействий. Так изолированное тело вообще не обладает массой. Наличие полевых связей исследуемого объекта с другими объектами препятствует изменению характера его движения, и чем больше таких связей, тем больше препятствия. Это и выражается в появлении свойства инерции – препятствия изменению характера движения объекта. Наглядными примерами появления свойства массы могут служить такие понятия, как присоединенная масса или эффективная масса.

С количественной точки зрения полевая физика приводит к полевому уравнению движения, которое определяет динамику тел в полевой среде:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{W}{c^2} \mathbf{u} \right) = \nabla W$$

В этой формуле функция полевой связи  $W$  исследуемого тела с остальными телами совпадает с классическим понятием потенциальной энергии и определяет скорость движения исследуемого тела  $\mathbf{u}$ . Примечательно, что в качестве коэффициента при скорости  $\mathbf{u}$  под знаком производной возникает отношение функции полевой связи  $W$  к квадрату скорости света  $c$ , которое как раз и имеет смысл массы  $m$ .

Если ввести величину силы  $F$ , как градиента функции полевой связи (со знаком минус):

$$\mathbf{F} = -\nabla W$$

то выражение, соответствующее понятию массы  $m$  примет вид:

$$m = -\frac{W}{c^2}$$

Это так называемая формула полевой массы позволяет связать традиционное понятие массы с полевыми характеристиками. Она служит количественным выражением качественного понимания природы массы, озвученного выше.

*В полевой физике акцент с изучения взаимодействия между телами перемещен на изучение полевой среды, в которой оказываются эти тела, и на возмущения, которые эти тела вызывают в полевой среде. Смещение акцента приводит к иным результатам исследования, а также позволяет унифицировать природу всех четырех взаимодействий.*

*2.3.2. Два базовых принципа существования полевой среды. «Полевое уравнение движения». Сопоставление полевой физики и экономики.*

Полевая физика базируется на двух принципах: «принципе непрерывности» и «принципе близкодействия или волновых возмущений в полевой среде».

«Принцип непрерывности» является довольно общим правилом в отношении самых разных сплошных сред. В классической физике этот принцип хорошо известен в применении к жидкости или газу как закон сохранения массы (количества частиц), в электродинамике – как закон сохранения заряда. Его физический смысл означает неуничтожаемость той или иной субстанции, которая не может возникать из ничего и исчезать в никуда.

В полевой физике аналогичное понятие применяется к полевой среде и во многом созвучно идее сохранения энергии. Если бы полевая среда, ответственная за движение всех тел, могла рождаться из ничего и исчезать вникуда, то это означало бы беспричинный разгон и остановку объектов что, очевидно, противоречит реальному положению дел. Поэтому полевая механика строится на представлении о том, что динамика полевой среды может быть связана только с ее перетеканием из одной области в соседнюю.

Принцип непрерывности полевой среды формализован в полевой физике в виде хорошо известного уравнения непрерывности, которому должна удовлетворять функция плотности полевой среды  $W$ :

$$\frac{\partial W}{\partial t} + \nabla \cdot (Wv) = 0$$

где  $v$  – скорость движения рассматриваемого элемента полевой среды.

«Принцип близкодействия» и «Принцип дальнодействия» соперничают друг с другом уже очень давно. Полевая физика, опирающаяся на концепцию взаимодействия всех тел посредством полевой среды, очевидно, делает выбор в пользу принципа близкодействия. Это означает, что взаимодействие удаленных тел происходит не напрямую, минуя все остальное, что находится между ними, а «по цепочке», роль которой играет полевая среда. Так возмущение, созданное одним объектом, распространяется в полевой среде, постепенно достигает другого объекта и изменяет характер его движения.

Принцип близкодействия формализован в полевой механике в виде волнового уравнения:

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} = \nabla^2 W$$

которому должна удовлетворять функция плотности полевой среды  $W$ . В качестве скорости распространения возмущений в полевой среде рассматривается величина скорости света  $c$ . Принцип близкодействия является одной из отправных точек для получения полевого уравнения движения.

«Полевое уравнение движения» является ядром полевой механики. Его смысл состоит в том, что скорость движения исследуемого объекта  $u$  и ее изменение определяются значениями функции плотности полевой среды  $W$  в окрестности этого объекта:

$$\frac{1}{c^2} \frac{dWu}{dt} = \nabla W$$

где  $c$  – величина скорости света.

Оказывается, что градиент функции плотности полевой среды в окрестностях объекта, то есть изменение плотности полевой среды в пространстве, соответствует классическому понятию силы  $F$  и составляет правую часть полевого уравнения движения. При этом изменение плотности полевой среды во времени входит в уравнение движения симметрично скорости рассматриваемого тела и соответствует классическому понятию массы  $M$ . Таким образом, формула полевой массы  $M$  и формула силы  $F$  в полевой среде следуют из полевого уравнения движения и фактически являются определениями этих величин в полевой физике:

$$M = -\frac{W}{c^2}$$

$$F = -\nabla W$$

Подобная структура уравнения движения соответствует одному из принципов полевой физики – принципу двойного действия. А уравнение движения в этих обозначениях сводится к известному виду:

$$\frac{dMu}{dt} = F$$

В самом элементарном виде полевое уравнение движения описывает относительное движение двух объектов в системе отсчета, связанной с одной из них (в системе поля). Существует еще и обобщенное полевое уравнение движения или уравнение движения для многокомпонентной полевой среды, которое описывает относительное движение любого количества объектов в произвольной системе отсчета. Примечательно, что для обобщенного полевого уравнения движения не требуется понятие инерциальной системы отсчета – оно справедливо в совершенно любой системе, в том числе и неинерциальной.

Первые два типа полевого уравнения движения описывают разные классы явлений. В частности их следствиями оказываются классическая механика, электродинамика (выражение для силы Лоренца), релятивистская механика (уравнение с формальной зависимостью массы от скорости), часть

формул общей теории относительности (объяснение аномального смещения перигелия Меркурия, красного смещения).

Впрочем, это далеко не полный перечень следствий обобщенного полевого уравнения движения. Оно позволяет получить выражение для ядерных сил, как комбинации обычного электричества и гравитации, описать механизм стабильности неточечной заряженной частицы, построить модель нашей Галактики, объяснить ее спиральную структуру и распределение скоростей без привлечения гипотезы темной материи, а также получить ряд квантовых соотношений, например, формулы Де Бройля. Однако для построения полноценной квантовой механики обобщенное полевое уравнение движения требует модернизации.

Это связано с тем, что в обычном виде полевое уравнение движение учитывает динамику полевой среды только в окрестностях рассматриваемого объекта, оставляя без внимания поведение полевой среды во всем остальном пространстве. Это приближение часто оказывается справедливо, особенно когда объектов немного и связи между ними можно разделить на парные. Но полноценное квантовое поведение возникает тогда, когда группа частиц представляет собой неделимую систему. Тогда в ней возникает набор дискретных устойчивых состояний, собственные частоты и другие, характерные для квантового поведения свойства. В этом случае полевое уравнение движения должно учитывать динамику полевой среды во всем пространстве, а не только в окрестности рассматриваемого объекта, что представляет собой более сложный и интересный класс задач.

*Выделяются два базовых принципа существования полевой среды, на которых выстраивается дальнейшая теория: принцип «непрерывности полевой среды» и принцип «волновых возмущений полевой среды». Т.е. в полевой физике, в отличие от экономики, полевая среда не может возникать из ничего и исчезать в никуда. Если же рассматривать денежную эмиссию, то ее механизм явно противоречит этому принципу. Но, вряд ли, стоит отказываться от синергетического эффекта от объединения двух наук.*

*Скорее необходимо учитывать существующие различия при построении моделей. Более того, принцип «волновых возмущений» наоборот, многое объясняет в экономических процессах. Использование этого принципа может объяснить законы движения на финансовых рынках.*

*В экономике достаточно сложно понять, что же представляет из себя полевая среда. По мнению автора, полевую среду экономики можно понять как некоторое информационное пространство. Причем, составной частью этого пространства являются деньги в функции меры стоимости.*

*Тогда получается, что капитал, попадая в некоторую полевую среду, вызывает в ней возмущение. Это возмущение распространяется в полевой среде волнообразно. Причем возникает вопрос, о скорости распространения возмущения. Если в физике эта величина равна скорости света, то определить ее в экономике сложно. Факторы, которые ограничивают движение капитала, являются время работы банковской системы и фондовых бирж. Капитал в форме ценных бумаг может перемещаться из одной точки пространства в другую благодаря современным технологиям достаточно быстро. Движение же реального капитала гораздо сложнее. Впрочем, полевая физика позволяет учитывать и это.*

*Полевая физика своеобразно трактует показатель массы. Так, масса отражает лишь величину возмущения, оказываемым телом на полевую среду, а также способность противостоять этому возмущению. Т.е. масса – величина относительная, она проявляется во взаимодействии различных тел. Что соответствует цене в экономике, которая формируется на конкретном рынке.*

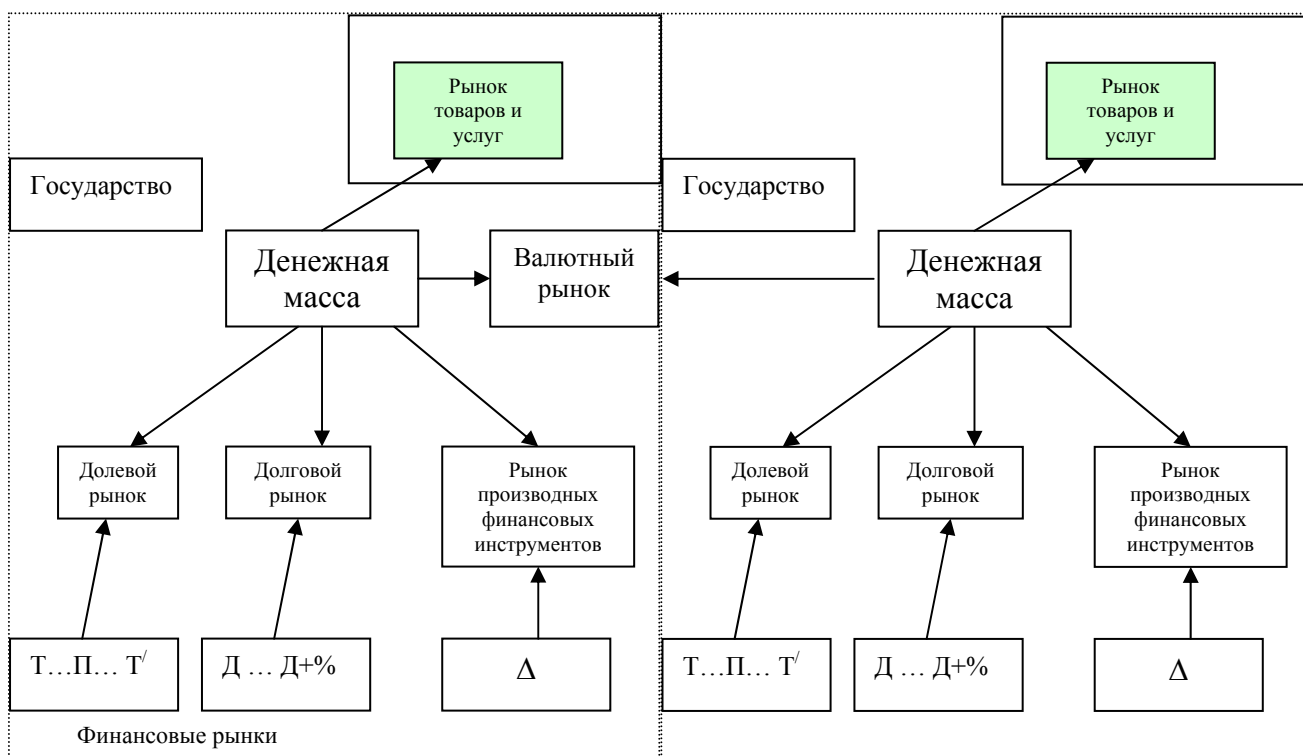
### Глава 3. Основные направления построения моделей эконофизики. Проблемы развития эконофизики как науки.

#### 3.1. Основные направления построения моделей современной экономической физики.

Важным результатом эволюции эконофизических представлений должна стать интеграция подходов физики и экономики к трактовке базовых фундаментальных понятий.

Сегодня же экономические отношения на финансовых рынках представляют достаточно сложную структуру взаимосвязанных рынков. (см. схема 2).

Схема 2. Структура экономических отношений на финансовых рынках.

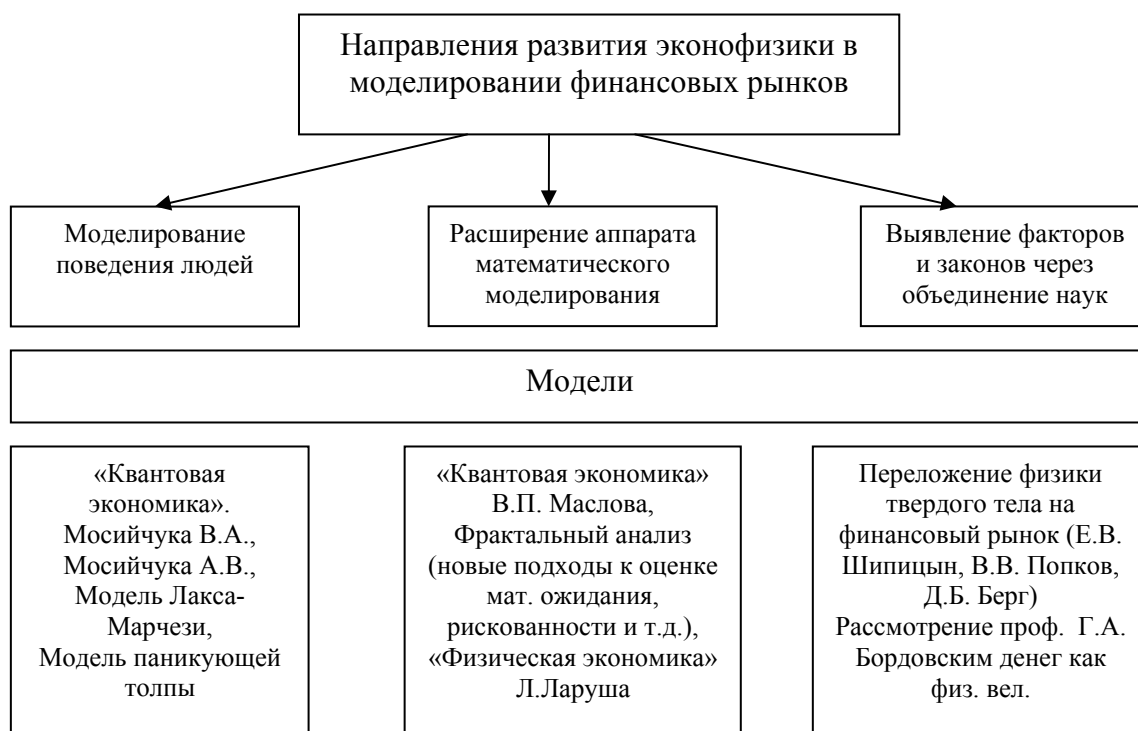


Итак, финансовые рынки – это, прежде всего, экономические отношения между людьми, связанные с перераспределением следующих товаров: денежного потока в форме добавленной стоимости (долевой рынок), денежного потока в форме процента (долговой рынок), перераспределение параметров экономических отношений, таких как рискованность, ликвидность, валюта сделок и т.д. (рынок производных финансовых

инструментов), международное перераспределение капитала (валютные рынки).

Для моделирования всех этих взаимоотношений в эконофизике можно выделить следующие направления развития (схема 3):

Схема 3. Направления развития эконофизики в моделировании финансовых рынков.



По мнению автора, несмотря на многообразие моделей эконофизики, их можно объединить в 3 направления развития. Первое направление – это моделирование поведения людей. Дело в том, что любой финансовый рынок – это покупатели и продавцы, конкретные люди с разными целями. Объяснить их поведение, выявить его причины в различных ситуациях – вот те задачи, которые решаются моделями этого направления.

Второе направление позволяет расширить существующий аппарат математического моделирования. Используются новые подходы к оценке рискованности, например, размерность фрактала, используются иные подходы к оценке математического ожидания, например «нелинейная арифметика» В.П. Маслова и др. Помимо этого, существуют попытки создать

универсальную систему измерения на базе тензорных уравнений (Л.Ларуш, П.Г. Кузнецов).

Третье направление, по мнению автора, наиболее перспективное, позволяет сопоставить физические и экономические понятия, законы, выявить новые факторы, расширить существующие экономические модели и т.д. Сегодня оно представлено немногочисленными работами таких специалистов, как Г.А. Бордовский, Е.В. Шипицын, В.В. Попков, Д.Б. Берг.

*Итак, в анализе финансовых рынков можно выделить 3 направления развития эконофизики: моделирование поведение людей, расширение математического аппарата, сопоставление экономических и физических моделей, позволяющих выявить новые законы и факторы.*

### **3.2. Проблемы развития эконофизики как науки.**

Несмотря на растущий интерес к экономической физике, все же существует принципиальные вопросы, препятствующие интеграции двух наук. Так как автор связывает развитие эконофизики, прежде всего с «физическим» направлением, то среди основных проблем развитие этого направления, по мнению автора, можно выделить следующие:

1. отсутствие комплексного подхода к анализу экономических процессов;
2. в моделях не учитываются экономические особенности отношений;
3. кризис в самой физике.

Отсутствие комплексного подхода к анализу приводит к отсутствию системы в моделях, которые сегодня уже существуют. Скорее всего, это вызвано тем, что эконофизика еще не сформировалась как наука. То, что существует сегодня, это разрозненные модели, которые представляют собой объединение некоторых моделей физики и некоторых моделей экономики.

Специалисты, словно, «тыкают пальцем в небо» пытаются найти похожие взаимосвязи. Во второй главе, автор попытался соединить фундаментальные понятия двух наук, которые могут стать базисом для дальнейшего комплексного анализа.

Вторая проблема – в недостаточном отражении в моделях именно экономических особенностей. Для того чтобы построить модели эконофизики необходимо владеть знаниям двух наук: экономики и физики. Часто построением моделей занимаются специалисты, которые знают лишь одну из двух наук. А так как развитие эконофизики связано, прежде всего, с финансовыми рынками, где все больше распространяются специалисты с базовыми физическим образованием, то это приводит к тому, что в моделях не учитываются экономические особенности процессов, например, законы денежной эмиссии, не описываются взаимосвязи между финансовыми рынками. Так денежная масса (см. схему 2), представленная в форме наличных и безналичных денег, обслуживает не только финансовые рынки, но и рынки товаров и услуг, что необходимо учитывать. Кроме того, объем денежной массы прямо и косвенно находится под влиянием государства. Формы этого влияния различны от денежно-кредитной и фискальной политики государства, до политики доходов и расходов бюджета (выпуск и покупка ценных бумаг государством). Нет схем, которые бы подробно описывали взаимосвязи между финансовыми рынками: между валютным рынком, долговым рынком, рынком производных финансовых инструментов и т.д. Таким образом, это тоже огромная сфера для дальнейшего развития физической экономики.

И, наконец, третья проблема. Она уже была затронута во второй главе. Это проблема, связана с кризисом в самой физике. Сегодня в физике существует огромное количество моделей, который противоречат друг другу и имеют очень ограниченное применение. Таким образом, возникает вопрос, а какие модели использовать при переложении их на экономику. По мнению

автора, решением может быть использование новых теорий в развитии физики, например, полевой физики.

*Взаимодействие физики и экономики возможно, именно благодаря свойствам финансового рынка, но дальнейшее развитие этого взаимодействия зависит от того, насколько удастся преодолеть существующие барьеры. При создании новой науки все-таки необходимо более комплексно подходить к вопросам объединения этих наук, необходимо учитывать в моделях как законы физики, так и законы экономики. Но и фактор, с которым справиться гораздо сложнее, - это проблемы самой физики. При сопоставлении процессов, специалистам необходимо учитывать и ограничения, которые существуют в самой физике. Тот подход, который существует сегодня, препятствует ее развитию. Ненужно загонять теорию в ловушки старых догматов. По мнению автора, единственным решением данной проблемы является поиск новых направлений в построении теоретической базы физики.*

## **Заключение.**

Новая научная дисциплина, в рамках которой получило свое развитие инновационное сотрудничество физики и экономики называется «эконофизика». На сегодняшний день, экономическая физика как наука еще не создана, но существует целая группа специалистов, которая работает в этом направлении. Можно выделить два направления развития физической экономики: «физическое» и «математическое».

Математическое направление более развито. Оно представлено работами Линдона Ларуша, П.Г. Кузнецова, В.П. Маслова и многих других, в том числе нобелевскими лауреатами Яном Тинбергеном (премия 1969 г.), Даниэлем Л. МакФадденом (премия 2000 г.), Робертом Энглем III (Robert F. Engle III) (премия 2003 г.).

Отличительная черта этого направления заключается в том, что фундаментальные физические и экономические понятия не сопоставляются, а в экономике используются методы математического моделирования, которые описывают физические процессы. Фактически, используются достижения математического моделирования, возникшего в результате потребности физики в описании явлений и законов.

Что касается второго направления, то оно менее развито. Работы представителей этого направления либо пытаются выделить единые законы существования Природы в широком смысле этого слова, либо создаются модели, проецируя физические модели на экономику. Среди представителей этого направления, можно выделить работы А.В. Мосейчук и В.А. Мосейчук, Е. В. Шипицын, В. В. Попков, Д. Б. Берг, проф. М.Б. Семенов, проф. Г.А.Бордовский и другие.

Наличие определенных свойств у финансовых рынков позволяет применять те методы, которые уже апробированы в такой науке, как физика. При этом, по мнению автора, исследования в данной сфере должны быть более фундаментальными. Хотя «математическое» направление дает более

быстрые результаты, которые легко применить на практике, «физическое» направление позволяет достичь большей интеграции двух наук, что позволяет выявить новые законы функционирования рынков и факторы, влияющие на них.

База, которая делает возможной интеграцию этих наук, является сходство предмета изучения и задач, которые решают физика и экономика на финансовых рынках

В анализе финансовых рынков можно выделить 3 направления развития эконофизики: моделирование поведение людей, расширение математического аппарата, сопоставление экономических и физических моделей, позволяющих выявить новые законы и факторы.

Взаимодействие физики и экономики возможно, именно благодаря свойствам финансового рынка, но дальнейшее развитие этого взаимодействия зависит от того, насколько удастся преодолеть существующие барьеры. При создании новой науки все-таки необходимо более комплексно подходить к вопросам объединения этих наук, необходимо учитывать в моделях как законы физики, так и законы экономики. Но и фактор, с которым справится гораздо сложнее, - это проблемы самой физики. При сопоставлении процессов, специалистам необходимо учитывать и ограничения, которые существуют в самой физике. Тот подход, который существует сегодня, препятствует ее развитию. Ненужно загонять теорию в ловушки старых догматов. По мнению автора, единственным решением данной проблемы является поиск новых направлений в построении теоретической базы физики.

## Список литературы.

### *Книги и монографии:*

1. Маслов В.П. Квантовая экономика. М., Наука, 2005г.
2. Миркин Я. Рынок ценных бумаг России: воздействие фундаментальных факторов, прогноз и политика развития. – М.: Альпина Паблишер, 2002
3. Мосийчук А.В., Мосийчук В.А. Введение в реальную квантовую экономику. М., Научно-техническое общество имени академика С.И. Вавилова, 2006.
4. Репченко О.Н. Полевая физика или как устроен Мир? / Репченко Олег Николаевич. – М.: Галерея, 2005
5. Савельев И.В. Курс общей физики: в 5-и кн.: кн. 1: механика: учебное пособие для вузов / И.В. Савельев. – М.: АСТ: Астрель, 2006.
6. Савельев И.В. Курс общей физики: в 5-и кн.: кн. 2: электричество и магнетизм: учебное пособие для вузов / И.В. Савельев. – М.: АСТ: Астрель, 2005.
7. Савельев И.В. Курс общей физики: в 5-и кн.: кн. 3: Молекулярная физика и термодинамика: учебное пособие для вузов / И.В. Савельев. – М.: АСТ: Астрель, 2005.
8. Савельев И.В. Курс общей физики: в 5-и кн.: кн. 4: Волны. Оптика.: учебное пособие для вузов / И.В. Савельев. – М.: АСТ: Астрель, 2006.
9. Савельев И.В. Курс общей физики: в 5-и кн.: кн. 5: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц: учебное пособие для вузов / И.В. Савельев. – М.: АСТ: Астрель, 2006.
10. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Т.И. Трофимова. – 14-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2007.

### *Интернет.*

11. <http://www.ephes.ru/vved/issl.php>
12. <http://viktor-maslov.narod.ru/economica.pdf>
13. <http://www.netda.ru/fian/fian2b.htm#08>
14. [http://www.larouchepub.com/russian/phys\\_econ/physec\\_toc.html](http://www.larouchepub.com/russian/phys_econ/physec_toc.html)
15. <http://www.fintools.ru/>
16. <http://www.fieldphysics.ru/>
17. <http://rc.nsu.ru/text/news/Physics/114.html>
18. [http://www.u-study.ru/?l=ru&key=lib\\_arts\\_other01](http://www.u-study.ru/?l=ru&key=lib_arts_other01)
19. <http://mirkin.eufn.ru/>
20. <http://www.micex.ru/>
21. <http://www.cbr.ru/>
22. <http://www.vopreco.ru/>

23. <http://ru.arxiv.org/abs/cond-mat?0009448>
24. П.Г. Кузнецов «Линдон Х. Ларуш, основатель «Физической экономики» - научной альтернативы монетарной системе.
25. Д.С. Чернавский, Н.И. Старков, А.В. Щербаков «О проблемах физической экономики», сентябрь 2002г.
26. В. Бурлачков — Экономическая наука и эконофизика: главные темы диалога Вопросы экономики № 12 2007г.

## Приложение.

Приложение № 1.

**Табл. 1 . Таблица соответствия физических и экономических понятий.**

Обозначение	Физический смысл	Экономическая интерпретация
$N_e^\downarrow$	Электроны со спином “вниз”	деньги
$N_e^\uparrow$	Электроны со спином “вверх”	Товар (акции или валюта)
$N_\downarrow$	атомы со спином “вниз”	покупатели
$N_\uparrow$	атомы со спином “вверх”	продавцы
J	обмен	ликвидность
W	Беспорядок	волатильность
D	концентрация дырок	раздробленность рынка
N	концентрация электронов	концентрация ресурсов рынка
A	антиферромагнетик	стабильный (уравновешенный) реальный рынок
F	ферромагнетик	нестабильный (неуравновешенный) реальный рынок
SF	Насыщенный ферромагнетик	отсутствие реального рынка