

## ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

### Монетизация глобального долга: погашение или кризис

Смирнов А.Д.

Предлагается простая модель монетизации глобальной задолженности, беспрецедентный рост которой является одним из последствий накопления ликвидности.

В модели стохастическая динамика ликвидности и долгов имеет режимы, которые различаются характером взаимодействия компонент стандартного портфеля «деньги – долги». В режиме «завершенного» рынка, которому соответствует аналог уравнения Блека – Шоулза, задолженность полностью монетизируется и погашается. Когда финансовая система переходит в режим «избыточной ликвидности», а совокупный спрос инвесторов переключается в основном на приобретение активов, это уравнение редуцируется к линейному уравнению первого порядка. Погашение текущей задолженности новыми долговыми обязательствами, например «векселями, обеспеченными активами, АВСР», ускоряет рост стоимости глобального долга и усиливает положительные обратные связи во взаимодействии инвесторов. Перестройка микроорганизации рынка, по мере приближения объема ликвидности к своему критическому значению, формирует перколяционный кластер покупателей долга, имеющий фрактальную размерность. В критической точке рынок денег и долгов вырождается, поскольку конечный объем ликвидности не может монетизировать сколь угодно большие размеры задолженности. Этот режим моделируется нелинейным дифференциальным уравнением, решение которого имеет сингулярную точку.

По аналогии с процессами перколяции на обычных ячеистых 2D-сетях, вычисляется ряд параметров глобальных финансов. Модель показывает, что движущие силы кредитного кризиса 2007 г. – секьюритизация активов и финансовые нововведения – способны привести глобальные финансы к катастрофе, причем вероятность коллапса для текущего состояния системы оказывается равной 27%.

Предметом данной статьи является моделирование процесса формирования мировой задолженности, обусловленного ростом объемов ликвидности. Озабоченность финансового сообщества этими процессами убедительно подтверждена кредитным кризисом (credit crunch), разразившимся на глобальных финансовых рын-

---

**Смирнов А.Д.** – заслуженный деятель науки РФ, профессор, д.э.н., действительный член Российской академии естественных наук; ГУ ВШЭ.

Статья поступила в Редакцию в сентябре 2007 г.

ках в июле-августе 2007 г. на фоне достаточно устойчивого развития мировой экономики. Резкое и болезненное сокращение размеров мировых долговых обязательств, по оценке МВФ не менее чем на 200 млрд. долл. [42], привело, в основном, к «бумажным потерям» (paper losses) [29]. Вместе с тем повышение требований к качеству кредитов улучшило возможности финансовой системы монетизировать и погашать долги. Растянутая во времени коррекция дисбалансов на различных сегментах финансового рынка протекает, в целом, с минимальными последствиями для реальной экономики, которая продолжает вполне успешное развитие. Кризис показал, что, по крайней мере в современных условиях, система глобальных финансов достаточно прочна и способна противостоять дестабилизирующим воздействиям.

Между тем в контексте взаимодействия реального и финансового рынков кредитный кризис 2007 г. предстает как симптом явления более общей природы. Процесс увеличения глобальной задолженности, который объективно носит сингулярный характер, может завершаться либо частичной коррекцией с относительно небольшими потерями, либо, в неблагоприятных экономических условиях, полным коллапсом финансовой системы. Последнее, вполне понятно, будет иметь катастрофические последствия для реальной экономики, и не только развитых стран. Следовательно, изучение механизмов, порождающих формирование и погашение глобальной задолженности, необходимо для разработки эффективных способов уменьшения, а в идеале – и предотвращения, негативных последствий развития событий в данном направлении.

Парадоксально, но, несмотря на многие годы исследований, проблема взаимодействия финансов и реальной экономики в своем полном значении и объеме лишь формируется. «Анализ взаимосвязей между финансовыми системами и макроэкономическим поведением – это подлинный вызов», – признает, в частности, такой авторитетный исследовательский центр, как Международный валютный фонд [41, с. 113]. Это утверждение, полностью разделяемое автором, отражает как объективную сложность современных финансовых и экономических рынков, так и неадекватность аналитического инструментария быстро меняющимся реалиям их взаимодействия [36, 38, 39].

Предлагаемая модель основана на исследованиях автором взаимосвязей макроэкономических и финансовых рынков, которые порождают аналоги уравнения диффузии [4, 5, 6, 63]. Так, в работе [6] была предложена модель монетизации долга, которая объясняет причины коллапса российского рынка государственных заимствований в августе 1998 г. Эмпирическая апробация модели была продолжена М. Дерягиным на данных о динамике денег и долгов США за период 1959–2005 гг. [1], а также Д. Щербаковым в изучении динамики государственного долга России за период 2003–2006 гг. [7]. Результаты исследований показали возможности модели предсказывать динамику рынка долгов не только в условиях дефицита ликвидности, типичного для переходной экономики России 1990-х гг., но и для достаточных и даже, в определенном смысле, избыточных объемов ликвидности.

Избыточная денежная масса, неизбежно принимающая форму облегченного кредитования, – не просто аномалия глобального финансового рынка, но один из важнейших факторов увеличения непродуктивного спроса на активы и возрастания их стоимости. Эти процессы получили мощный импульс секьюритизацией активов, вовлекающей в орбиту финансовых отношений новые ресурсы, а также производными инструментами, многократно увеличивающими размеры номинального долга. Подобные комбинации, разрушая зависимости между ликвидностью и долгами, мо-

гут с высокой вероятностью привести к невозможности полной монетизации мировой задолженности, что равносильно коллапсу финансовой системы. Модель такого сценария, основанная на аналогии процессов перколяции и дестабилизации рынка из-за усиления положительной обратной связи в поведении его участников, предлагается в данной статье. Ее детальное рассмотрение целесообразно предварить кратким обзором состояния современной экономики и методологии исследований гетерогенного рынка.

### 1. Постановка проблемы и характеристика модели

В начале XXI в. мировая экономика все более формируется как единая система с интегрированным финансовым рынком, на котором действует огромное число различных по масштабам оборота инвесторов с унифицированными типами поведения. Усиливается координация деятельности правительств, центральных банков и других органов регулирования, особенно ведущих в экономическом отношении стран. В мировом хозяйстве происходит принципиально новый процесс экономики на глобальных издержках (*global outsourcing or offshoring*), который, перемещая производство в планетарных масштабах, порождает как устойчивые неравновесия между деньгами и товарной массой, так и усиливает вероятность возникновения крупных финансовых дисбалансов и пузырей. В этих условиях эмиссия гигантских объемов денежной массы, по мнению многих экспертов, привела к ее избыточности и нарушила некогда стабильные причинно-следственные связи между деньгами и инфляцией. Избыточная глобальная ликвидность (*global excess liquidity*) порождает не высокую инфляцию, а, в сочетании с процессами секьюритизации активов (*asset securitization*), расширением числа компаний непубличной собственности (*private equity entities*) и ускорением формирования рынков финансовых производных инструментов (*financial derivatives market*), беспрецедентно усиливает рост мировой задолженности. Объем глобального секьюритизированного долга (*global securitized debt*) превысил астрономическую величину в 84 трлн. долл., что на треть выше мирового ВВП, а безболезненное погашение столь гигантской задолженности становится все более проблематичным.

Одновременно с новыми явлениями в мировой экономике происходит интенсивный пересмотр основных понятий и гипотез в экономической науке. Методологически, равно как и эмпирически, формирование современной экономической парадигмы происходит во многом под воздействием гипотезы «фрактальных финансов», основы которой заложены работами Б. Мандельброта (B. Mandelbrot) [30, 48–50]. Ревизии представлений о структуре и эволюции современных экономических систем способствует идея «самоорганизованной критичности» (*self-organized criticality, SOC*) Бака – Танга – Вейля [11, 12, 33], которая, в частности, активно разрабатывается в рамках междисциплинарных исследований института Санта-Фе [9, 15]. Большое влияние на методологию экономических исследований оказывает междисциплинарное научное направление, известное под названием «эконофизика» [2, 31, 51]. Глубокие и интересные результаты, полученные в рамках этого направления, подчас экономистам не известны, а их научная значимость в полной мере еще не оценена. В качестве примеров подобного рода отметим обнаружение Р. Ахтеллом (R. Axtell), а также Ли-Амаралом – Каннингом – Мейером – Стенли (Y. Lee, L. Amaral, D. Canning, M. Meuer, H.E. Stanley) эмпирических закономерностей в распределениях размеров компаний и ВВП различных стран [10, 47]; изящную «за-

дачу о круассане» Сорнета – Штауфера – Такаюцу, оптимальное решение которой в условиях неопределенности не имеет точки равновесия [65]; утверждение Сорнета – Андерсена о предсказании с вероятностью 0,75 случайных процессов с независимыми приращениями [64].

Фундаментальные идеи и развивающие их междисциплинарные исследования способствуют осознанию необходимости установления аналогий между системами различной природы, которые в определенных условиях могут по общим правилам перестраивать структуру и менять поведение. Синтез научных результатов такого типа представляется важным условием более глубокого понимания «внутренней» организации экономики, включая взаимосвязи между микроструктурой рынков и макроэкономическим поведением.

### 1.1. Избыточная ликвидность, инфляция и задолженность

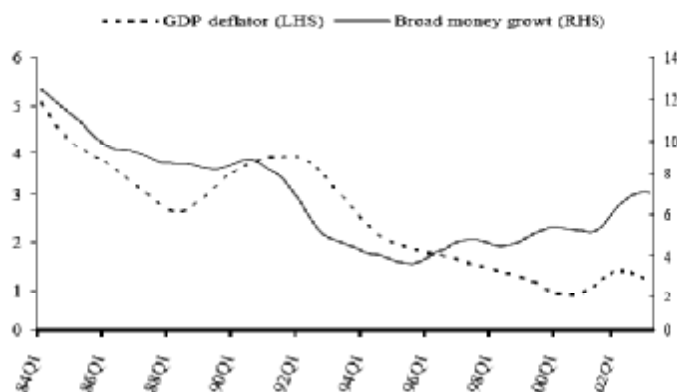
На протяжении последнего десятилетия в мировой экономике достаточно четко обозначились процессы и явления, которые в прошлом либо отсутствовали, либо носили локальный (во времени и пространстве) характер. Формирование, особенно в экономически развитых странах, так называемой избыточной ликвидности, пожалуй, одно из наиболее значимых. Тема избыточной ликвидности весьма популярна в дискуссиях ведущих участников мирового финансового рынка, исследовательских центров, включая Банк международных расчетов (Базель), авторитетных средств массовой информации, например лондонского «Экономиста». По данной проблеме существует огромная академическая и эмпирическая литература, например, [13, 27, 41, 42, 59, 69, 78].

Одной из основных причин этого феномена мировой экономики, по мнению многих экспертов, являлась политика «дешевых денег» (easy money policy), которая с определенными вариациями проводилась на протяжении последнего десятилетия центральными банками основных экономических стран, прежде всего Федеральной резервной системой США. В большинстве развитых стран короткие ставки процента сейчас, даже учитывая их практически повсеместное повышение, достаточно низкие, как по историческим меркам, так и для создания эффективных барьеров на пути кредитной экспансии. «Деньги повсюду», как выражается компетентный Wells Capital Management [78], причем достаточно дешевые, чтобы целая страна, такая как США, могла вести себя подобно гигантскому хедж-фонду.

Продолжительная политика «дешевых» денег стала возможной из-за активной интеграции в систему мирохозяйственных связей экономики ряда азиатских стран, прежде всего, Китая. Сравнительно низкие издержки производства в этих странах обусловили дешевизну экспорта в развитые экономики мира и, как следствие, умеренный рост, и даже снижение, цен на основную массу товаров. Глобальное перемещение производства в страны с низкими издержками стимулировало рост доходов в странах-экспортерах, а избыточное предложение их сбережений стало фактором устойчивого неравновесия предложения и спроса на деньги в экономически развитых странах.

В контексте нашего исследования представляет интерес соотношение глобальной ликвидности и инфляции. В отличие от прошлого, высокие темпы формирования денежной массы в странах с развитой экономикой не вызвали развертывания инфляционных процессов, которые, скорее всего, должны были бы находиться в зоне значений «высокой инфляции» [69]. Так, на рис. 1 видно, что рост ликвидности за

период 1984–1990 гг. вызвал повышение цен с темпами, превышавшими в 1991–1996 гг. темпы роста «широких денег». Однако это явление, вполне объяснимое в рамках стандартной монетарной теории, имело место до процесса «глобального ауторсинга». Между тем, начиная со второй половины 1990-х гг. и до настоящего времени, темпы накопления глобальной ликвидности устойчиво превышают темпы инфляции<sup>1)</sup>.



*Примечание.* Левая шкала характеризует динамику инфляции в странах «большой пятерки» (США, ЕС, Великобритания, Япония и Канада), измеряемую индексом дефлятора совокупного ВВП этих стран. Правая шкала показывает темпы прироста «широких денег» в этих странах.

**Рис. 1.** Динамика денег и дефлятора ВВП за 1984–2002 гг., в %

*Источник:* [69].

В странах с развитой экономикой, как видно на рис. 2, за последние семь лет инфляция была заметно ниже темпов денежной эмиссии, хотя инфляционное давление периодически возникает в разных экономиках. Это дает основания говорить о возможной модификации мировых макроэкономических циклов. В современных условиях известное высказывание М. Фридмана об инфляции, которая всегда и повсюду есть монетарное явление, сохраняет свою значимость, но лишь с необходимостью, тогда как ее достаточность становится все более спорной.

Огромная денежная масса, не связанная обеспечением транзакций с потоками товаров, ресурсов и реальных активов, неизбежно устремляется в сферы, не являющиеся приоритетными с общественной точки зрения. В форме облегченного кредитования избыточная ликвидность способствовала необычайно широкому развитию «долговых выкупов» (leveraged buyout), причем не только общественных корпораций (public corporations), но, особенно, в сегменте слияний и поглощений (mergers and acquisitions, M&A) с широким участием компаний непубличной собственности (private equity entities). Отсутствие объективной меры стоимости, например, золотого стандарта, существенно расширило доступность и снизило стоимость кредитов,

<sup>1)</sup> Существенное ослабление тесноты связи между инфляцией и эмиссией денег не означает, разумеется, что они стали независимыми процессами. Возможности формирования инфляционного давления в глобальном масштабе обсуждаются, например, в ежегодном отчете Банка международных расчетов [13]. Эта же проблема дискутируется в прогнозе МВФ [41].

что повлекло за собой беспрецедентный рост мировой задолженности. Общая величина только глобального секьюритизированного долга оценивается в 84,4 трлн. долл. при 1,1 трлн. долл. заимствований только за 2005 г.

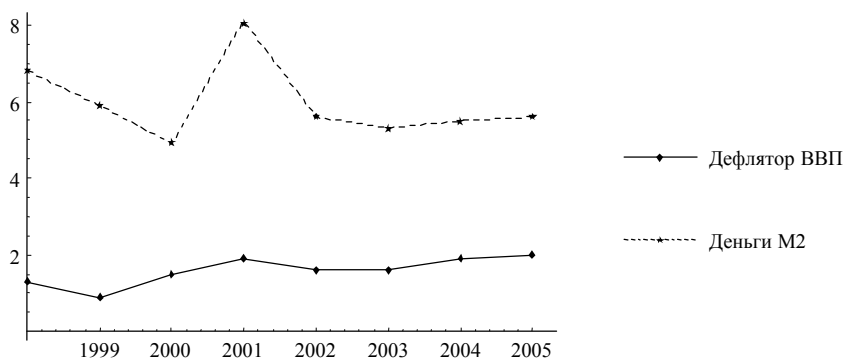


Рис. 2. Динамика «широких денег» и инфляции в странах с развитой экономикой

Источник: по данным [41].

Избыточная глобальная ликвидность, провоцируя низкие ставки доходности для кредиторов, снижает барьеры доступности кредитов и порождает дешевизну обслуживания долга для заемщиков. Облегченное кредитование стимулирует рост долгового рынка, особенно ипотечных займов, объемы операций на котором раздуваются в опасный пузырь. Эти явления особенно заметны в экономике США, хотя и в ряде других стран наблюдается нечто подобное. Общеизвестно, что именно растущая стоимость недвижимости является движущим моментом динамики совокупного потребления и валового внутреннего продукта США за последние годы. Ипотечный пузырь опасен тем, что растущая стоимость домов финансирует потребление их владельцев, не обеспеченное реальными ресурсами, а экономика испытывает так называемый «эффект Пигу» (Pigou's effect).

Повышению пределов задолженности активно способствуют процессы секьюритизации долга и развитие рынка финансовых производных инструментов, особенно характерные для экономики США. Современный рынок секьюритизированных активов (asset backed securities, ABS) включает самые разнообразные инструменты: от «займов, обеспеченных закладными» (mortgage backed securities, MBS), до различного вида «обеспеченных долговых обязательств» (collateralized debt obligations, CDO). Если первая продажа инструмента MBS была заключена Ginnie Mae<sup>2)</sup> в 1970 г., то в 2005 г. (по оценкам Bond Market Association) рынок структурированных финансовых продуктов (structured financial products) только в США превысил 8 трлн. долл.

Напомним, что секьюритизация активов, отвлекаясь от технических деталей, состоит в продаже по рыночной стоимости дисконтированных потоков ожидаемых доходов от будущей экономической деятельности. Процесс секьюритизации акти-

<sup>2)</sup> Под этим именем известно правительственное агентство (Government National Mortgage Association, GNMA), которое гарантирует платежи по займам, обеспеченным закладными.

вов достаточно сложен и предполагает наличие масштабного и развитого рынка финансовых инструментов, особенно разнообразных ипотечных займов, возможностей идентификации, ранжирования, агрегации (repackaging) и капитализации многих потоков будущих доходов [53, 70, 76]. Продажа структурированных финансовых инструментов диверсифицирует риски, распределяя их по многим участникам рынка, однако, вполне понятно, не может устранить неопределенность потоков будущих платежей. Вместе с тем расширение масштабов кредитования усиливает долговую нагрузку (debt leverage) на финансовую систему, поскольку банковский капитал обслуживает существенно больший объем транзакций.

Увеличению хрупкости системы глобальных финансов способствуют новые производные финансовые инструменты, одним из самых распространенных среди которых стали свопы кредитного дефолта (credit default swap, CDS). Рынок этих синтетических продуктов по объемам номинальных долговых обязательств (notional debt outstanding) во много раз превышает объем исходных долгов и достигает 34 трлн. долл. В экономическом обороте все более тесно интегрируются финансовые и страховые рынки, в частности, посредством широкой торговли рисками природных катаклизмов, синтезированными в «катастрофических» облигациях (cat bonds) [20]. Таким образом, процессы секьюритизации активов и финансовых нововведений (financial innovations) диверсифицируют риски во все большей мере за счет нарушения связи между реальными активами и обязательствами участников рынка. Неслучайно один из богатейших деловых людей и знаток этих инструментов, У. Баффет (W. Buffett), назвал их «финансовым оружием массового поражения» [21]. В контексте нашего исследования, как будет показано в дальнейшем, понимание природы указанных факторов необходимо и важно для объяснения сингулярного характера процессов формирования глобальной задолженности.

По мнению экспертов, опасения вызывают как общие размеры долгов, так и их обеспечение, которое во все большей степени покоится на доверии кредиторов, а не на реальных ресурсах. Между тем источники доверия кредиторов отнюдь не безграничны, а их исчерпание продемонстрировал кредитный кризис 2007 г. Симптомы хрупкости системы мировой задолженности, пожалуй, наиболее явственно проявились на рынке ипотечных кредитов, где в начале 2007 г. из-за массовых дефолтов секьюритизированных закладных займов участники рынка провели всеобъемлющую переоценку рисков, приведшую к резкому ограничению объемов кредитования<sup>3)</sup>. В июле-августе 2007 г. кредитный кризис (credit crunch), начавшийся на сегменте ненадежных закладных займов (subprime loans meltdown), распространился на глобальные рынки слияний и поглощений (mergers and acquisitions, M&A), а затем на фондовый рынок (сегмент публично торгуемых акций) и рынок коротких займов (money market) через ненадежные векселя, обеспеченные активами (asset backed commercial papers, АВСР). Основные фондовые площадки мира зафиксировали самое значительное падение индексов с момента кризиса высокотехнологичных компаний в 2000–2001 гг. (dotcom crisis). Объемы операций на гло-

---

<sup>3)</sup> Здесь уместно сослаться на публикацию «Ponzification» лондонского журнала «Экономист», появившуюся в самом начале кредитного кризиса 2007 г. и вызвавшую большой резонанс в финансовых кругах [28]. Опираясь на исследование рынка, проведенное банком UBS, статья указала на резкое снижение доверия кредиторов к секьюритизированным активам, особенно на рынке закладных. Между тем именно доверие инвесторов в значительной мере обеспечивает стоимость, ликвидность и надежность этих финансовых инструментов.

бальном рынке слияний и поглощений, как пишет «Файненшл Таймс» от 27 сентября 2007 г., сократились в III квартале текущего года на 42%, или на 740 млрд. долл. Большинство аналитиков согласны в том, что особенность кредитного кризиса 2007 г. состоит в массовом дефолте ценных бумаг типа «закладных долговых обязательств» (collateralized debt obligations, CDO) или «векселей, обеспеченных активами, АВСР», которые являются продуктами процесса секьюритизации активов<sup>4</sup>.

Опасность развития указанных процессов усугубляется тем, что в условиях кризисных явлений возможности центральных банков регулировать ставки доходности существенно ограничиваются. Так, в условиях глобальной переоценки рисков в связи с трудностями на рынке недвижимости интервенция ЕЦБ 9 августа 2007 г., когда он резко увеличил (до 96 млрд. евро) продажу денег, сразу же стабилизировала короткие ставки процента, но спровоцировала обвал котировок на фондовом рынке. С другой стороны, относительная нейтральность Английского банка привела в сентябре 2007 г. к панике вкладчиков Northern Rock – пятого по величине ипотечного банка страны. Остановить массовое изъятие вкладов из этого частного банка смогло лишь беспрецедентное заявление британского правительства о полной гарантии их сохранности<sup>5</sup>). Последовательность действий ФРС, в порядке реакции на ипотечный кризис, также подобна шагам канатоходца. Сначала ФРС значительно увеличила размеры монетарных интервенций, затем открыла кредитное окно и понизила на 0,5 процентного пункта ставку рефинансирования (discount rate), оставив целевую ставку федеральных фондов без изменения, и лишь в середине сентября последняя была снижена, причем сразу на 0,5 процентного пункта.

Кредитный кризис 2007 г., устранив (или сократив) наиболее одиозные последствия избыточности ликвидности, ограничился практически лишь финансовым рынком, точнее его сегментами закладных и выкупа с помощью долгов (leveraged buyout). В глобальных масштабах он привел к сравнительно небольшим потерям, уменьшив, по разным оценкам, на одну-две десятых процентного пункта темпы прироста реальной экономики. Вместе с тем движущие силы спазматического сокращения кредита – секьюритизация активов и финансовые производные – убедительно продемонстрировали сингулярный характер процессов роста стоимости мировой задолженности. Именно эти процессы лежат в основе предлагаемой модели.

## 1.2. О методологии исследований рынка

Давно известно, что финансовые и экономические рынки демонстрируют свойства сложных систем. Они представляют открытые системы, элементы которых взаимодействуют в условиях нелинейности и сильных обратных связей, а поведение, как правило, существенно различается в зависимости от масштаба (scaling). Уравнения микроструктуры рынков получить довольно трудно, поэтому концепции

<sup>4</sup>) Наряду с использованием структурированных финансовых продуктов, одной из причин кредитного кризиса считается «carry trade» – заимствование (продажа) в больших масштабах «слабой» (недооцененной) валюты и покупка активов с высокой доходностью, деноминированных в «сильной» (переоцененной) валюте. Эксперты полагают, что заимствования в японской йене явились одним из источников глобальных избыточных кредитов. Этот, вне сомнения, важный аспект кредитного кризиса в данной работе не рассматривается.

<sup>5</sup>) Британская система гарантирует вклады до 4 тыс. фунтов стерлингов, тогда как в данном банке средняя величина вкладов составляла около 35 тыс. фунтов.



статистической физики, разработанные для анализа и моделирования фазовых переходов и нелинейной (стохастической или хаотической) динамики, представляются весьма полезными в изучении поведения экономических систем без их детального микроскопического описания [56, 61]. В этом отношении «эконофизика» предложила огромное число моделей, среди которых особый интерес представляет применение к финансовым и экономическим рынкам хорошо изученной модели Изинга [43, 67]. Одновременно, накопление грандиозных массивов высокочастотных данных способствовало широкому распространению методов эмпирического тестирования концепций «эконофизики», включая универсальность и самоподобие, степенные законы (power laws), корреляционную связность (connectedness), перколяцию (percolation) применительно к различным экономическим и финансовым системам [56].

Статистический анализ и моделирование информации, насчитывающей подчас десятки миллионов наблюдений, акцентируют важность исследований внутренней структуры рынков. Как признается все большим числом исследователей, именно эволюция эндогенных изменений, а не «внешние шоки», порождает особенности макроэкономического поведения, в том числе циклы и колебания [25, 36]. Такой подход противоречит универсальной методологии «репрезентативного рыночного агента» (representative agent model), используемой в анализе экономических и финансовых процессов, которая доминирует в макроэкономических исследованиях [40]. Проблема, как представляется, не в поиске аналогий между поведением системы и ее элементов, установление которых необходимо и оправданно. Однако отождествление системы с неким «репрезентативным рыночным агентом» вызывает серьезные сомнения<sup>6)</sup>. Данный методологический прием, скорее всего, малоэффективен в исследовании систем, которые состоят из многих взаимодействующих элементов, существенно различающихся своими размерами (scaling), а именно такие системы характерны для экономических и финансовых рынков. Соответственно, трудно говорить о содержательности объяснений экономических кризисов посредством апелляции к случайным «внешним шокам». Кроме того, как отмечает, например, Кс. Жебуа (Gabaix X.), в экономиках мира не обнаружены механизмы мультипликации (на несколько порядков) фискальных или монетарных шоков, причем до величин, сопоставимых с амплитудой макроэкономических колебаний [34, 35].

Альтернативный подход состоит в том, что подобие (self-similarity) элемента и системы имеет место лишь в особых условиях. Теория перколяции, в частности, подтверждает, что системы высокой размерности, теоретически – бесконечномерные, в критической точке формируют кластер фрактальной размерности, что является одним из признаков подобия системы и элемента [37, 44]. В других состояниях подобие системы общей природы своим элементам отсутствует, за исключением процессов фрактальной природы, например, броуновского движения цены финансового актива. Фрактальные свойства динамики финансовых рынков были обнару-

---

<sup>6)</sup> Практика финансовой и макроэкономической аналитики, как представляется, практически полностью игнорирует модели «репрезентативного рыночного агента» или родственные им модели рационального инвестора. Читая несколько десятков лет содержательные анализы рынков, регулярно публикуемые лондонским «Экономистом», автор не видел, за крайне редким исключением, ссылок на подобные модели. Здесь же уместно отметить негативное мнение о моделях рационального инвестора, высказанное известным финансистом Дж. Соросом [68, p. 41–42].

жены, пусть на интуитивном уровне, еще в 1950-е гг. прошлого столетия. Так, Д. Дюран (D. Durand) предложил модель стоимости акции быстрорастущей компании, имеющую структуру Петербургского парадокса – пожалуй, старейшего из известных логических фракталов [26, 51, 52, 72].

Известно, что приближение системы к критической точке кардинальным образом меняет ее свойства. Например, гетерогенный рынок покупателей и продавцов может перестроиться в однородный рынок продавцов, причем вероятностные распределения его многих характеристик становятся степенными<sup>7)</sup>. В окрестности критической точки поведение системы сингулярно, с чем экономика и финансы встречаются особенно часто: экономические и финансовые пузыри и кризисы, гиперинфляция, эпидемии банковской паники. Между тем стандартная макроэкономическая теория, как правило, сингулярности как бы не замечает. Так, классическая модель Ф. Кейгана гиперинфляции – явно вырожденного процесса, заканчивающегося коллапсом платежной системы, не имеет критических точек в указанном смысле [19, 66].

Акцент на изучении перестройки структуры рынков, как основной причине кризисов, восстановил интерес экономистов к теории «долговой дефляции» (debt deflation theory) [76]. Впервые идея дефляционного коллапса была высказана И. Фишером (I. Fisher) еще в 1933 г., но долгое время она игнорировалась экономической наукой [32]. В 70-80-х гг. прошлого века теория долговой дефляции была существенно развита американским экономистом Х. Минским (H. Minsky). Он, в частности, исследовал условия, возникающие в процессе совместного функционирования финансового и реального рынков и приводящие к дестабилизации процесса погашения долгов и дефляции [54, 55]. Б. Бернанке (B. Bernanke) конкретизировал методологию Фишера – Минского применительно к эволюции банковской системы [14].

Теория дефляционного коллапса выделяет три фазы (режима) поведения финансовых инвесторов. Так, после рецессии, когда фирмы теряют основную часть ликвидности, они предпочитают «защищенное» финансирование (hedged financing), которое позволяет им выплачивать долг, используя только поток купонных платежей. Преодоление рецессии и дальнейшее развитие экономики, вместе с ростом прибылей, расширяет возможности погашения долгов, а вместе с этим – спекулятивное финансирование (speculative financing) – основной инструмент принятия решений на данной фазе финансового цикла. Между тем растущая стоимость долга во все большей степени обеспечивается лишь уверенностью кредиторов и заемщиков в возврате вложенных средств. На этой фазе схема финансирования становится, по сути дела, игрой Понци (Ponzi game). Это ведет к нарастанию финансовых трудностей, избежать которых можно лишь вливаниями в экономику новых денег, достаточных для полного возврата долгов. Однако это маловероятно, поскольку все больше осознается факт, что именно рост ликвидности является первопричиной финансовых трудностей. Кризис неизбежен.

Исследования кредитных циклов имеют большое значение для изучения механизмов, порождающих дестабилизацию и сингулярность экономических рынков. Становится все более очевидным, что во многом модификация типа финансового

---

<sup>7)</sup> Существуют многие экономические процессы, например формирования богатства, доходов, или распределения размеров предприятий, которые следуют степенным законам, или распределениям Парето [56, 57]. Они, разумеется, исследуются вне связи с явлениями перколяции.

посредничества (desintermediation), установленная в работах Дж. Тобина, например [74], в современных условиях происходит на основе расширения секьюритизации активов, развития компаний непубличной собственности и рынков финансовых производных активов. Вместе с развитием глобальных финансовых структур в направлении доминирования «рыночно-ориентированных систем», которые все чаще именуются «more arm's length financial systems», этот процесс эмпирически подтверждает растущую хрупкость финансовых рынков [41]. Теоретическое исследование таких систем, причем совершенно независимо от идей «самоорганизованной критичности» и перколяции, формируют основы понимания механизмов, ведущих к вырожденности и краху финансовых систем [38].

Предлагаемая модель, в которой сингулярность финансовой системы возникает вследствие накопления ликвидности в глобальных масштабах, исходит из качественных соображений, лежащих в основе понимания современных процессов модификации «финансового посредничества». Модель объясняет, каким образом процессы, кратко охарактеризованные в разделе 1.1, при определенных условиях, способствуют перерождению системы «нормальной» монетизации долга и приводят финансовую систему к глобальному коллапсу.

### 1.3. Общая характеристика модели

Методологически настоящее исследование является продолжением работы [6]. Это объясняет лаконичность второго раздела работы, где сформулированы условия «нормального» режима, соответствующего понятию «завершенного» (complete) рынка денег и долгов. Денежная база, которая является одной из мер глобальной ликвидности, исследуется лишь в части эмиссии, обусловленной обслуживанием задолженности. Долги, накопленные в мировой системе, новые заимствования и глобальная ликвидность понимаются как аддитивные процессы, которые можно агрегировать без опасности искажения истинной картины происходящего. Феномен отсутствия явно выраженных инфляционных последствий накопления глобальной ликвидности лежит в основе модели, хотя, в принципе, она может быть переформулирована в терминах гиперинфляции.

Зависимость между ликвидностью и задолженностью наиболее естественно возникает в «нормальном» режиме процесса монетизации государственного долга. Эта зависимость ослабевает при формировании избыточной ликвидности, особенно, когда задолженность, как правило, погашается эмиссией новых долгов. В основе этих качественных изменений системы лежат секьюритизация активов (asset securitization) и финансовые нововведения (financial innovations), которые не только расширяют масштабы и ускоряют рост стоимости, но и модифицируют монетизацию глобальной задолженности. В модели качественные различия динамики стоимости портфеля активов «деньги – долги» для различных объемов ликвидности характеризуют несколько режимов функционирования глобального рынка денег и долгов.

В «нормальном» состоянии монетизация и погашение долга обеспечиваются механизмами координации поведения основных участников рынка: эмитентов долгов (правительств разных стран), покупателей долга (частных инвесторов) и эмитентов ликвидности (центральных банков). Предполагается, что глобальный частный инвестор действует рационально, причем на «нормальном» рынке представление частных инвесторов как агрегата адекватно, поскольку объемы глобальной

ликвидности далеки от критической точки. Режим «нормального» развития имеет гетерогенный финансовый рынок, где число покупателей примерно совпадает с числом продавцов, объемы спроса на активы примерно равны объемам предложения, а рынок «широкий» и «глубокий» в общепринятом смысле. Динамика стоимости глобального долга является стохастической, с логнормальным распределением стоимости активов, а долг считается рискованным активом со встроенными опционами. Торговля долгами в модели характеризуется известной эквивалентностью опционов, «встроенных» в стоимость долга. Частные инвесторы, приобретая новые правительственные долги, перестраивают свои портфели, исключая из них риски. Для безрискового портфеля инвесторов находится оптимальный размер эмиссии глобальной денежной базы, обеспечивающей полное погашение номинала долга. В этом режиме долгового дефолт возможен лишь из-за недостаточной эмиссии денег.

«Нормальность» рынка отнюдь не универсальная характеристика – она диктуется объемами ликвидности. Избыточная ликвидность провоцирует перестройку микроорганизации финансового рынка, на котором начинают формироваться растущие кластеры покупателей долга. Запускается механизм, который переключает совокупный спрос с денег на долги и обеспечивает ускоренный, в сравнении с объемами глобальной ликвидности, рост стоимости заимствований. Рынок все более превращается в гомогенный рынок, преимущественно покупателей долга. На таком рынке среди инвесторов доминируют стратегии «подражания» (herding), «животных инстинктов» (animal spirit) или «иррационального возбуждения» (irrational exuberance) [62].

Переход системы в режим «избыточной ликвидности» усиливает положительные обратные связи во взаимодействии инвесторов, особенно по мере приближения объема ликвидности к своему критическому значению. Перестройка микроорганизации финансового рынка приводит к доминированию кластера покупателей долга, который становится перколяционным, имеющим фрактальную размерность. Критический объем ликвидности, хотя и конечный, генерирует монетизацию сколь угодно больших объемов заимствований, что знаменует отсутствие связи между динамикой ликвидности и долгов. В критической точке возрастающая (теоретически до бесконечности) стоимость новых долгов может сравняться со стоимостью всех накопленных долгов. Это означает вырождение, или коллапс, рынка денег и долгов, поскольку конечные объемы эмиссии ликвидности не могут монетизировать сколь угодно большие размеры задолженности.

Модель монетизации долга акцентирует значимость внутренней организации финансового рынка как основного фактора, порождающего соответствующие макроэффекты, включая цикличность поведения системы. Перестройка микроструктуры глобального финансового рынка исследована по аналогии с процессом перколяции, которая на финансовых рынках принимает форму растущих и все более тесно взаимодействующих кластеров покупателей долга. Поведение инвесторов, моделируемое как «спекуляция» и «предприимчивость» по терминологии Дж. М. Кейнса [45], в условиях секьюритизации активов усиливает положительные обратные связи и способно привести систему заимствований к коллапсу. Использование методов перколяции для ячеистых сетей (2D site lattice) дает возможность простыми средствами исследовать механизмы этого процесса и вычислить ряд параметров современной финансовой системы.

После краткой характеристики модели перейдем к ее изложению по существу.

## 2. Модель: «нормальный» режим финансового рынка

Начнем с важного замечания об измерении глобальной ликвидности. В литературе термин «глобальная ликвидность» (global liquidity) является амбивалентным, а общепризнанного подхода к измерению глобальной ликвидности не существует. В данной работе мерой «глобальной ликвидности» является эмиссия мировой денежной базы, или «внешних» денег (global outside money). Объем «глобальной задолженности» в «нормальном» режиме соответствует в основном мировому «внутреннему» долгу, а в режимах избыточной ликвидности измеряется объемом секьюритизированного долга (global securitized debt). Это соглашение сохраняется в дальнейшем, включая параметризацию модели в шестой части работы.

Модель монетизации долга включает характеристику «нормального» режима финансового рынка. Последний понимается как развитый конкурентный рынок, на котором информация доступна всем участникам, число которых достаточно велико, а объем заказов (orders) покупателей примерно равен объему продаж различных инструментов долга. Такой финансовый рынок является гетерогенным и «завершенным» (complete market) в том смысле, что стоимость любого нового финансового продукта может быть реплицирована портфелем существующих инструментов. Стандартные соображения отсутствия арбитража лежат в основе методологии ценообразования и обеспечивают единственность цены любого нового финансового инструмента. «Нормальный» режим монетизации долга, характеризующий процесс обмена денег и долгов в условиях неопределенности, порождаемой эмиссией денег, обеспечивает полное погашение номинала долга.

### 2.1. Ставки доходности и бета-нулевая доходность

Исследование «нормального» режима предполагает трактовку долгосрочного долга, в том числе государственного, как рискованного финансового инструмента. Риски, связанные с владением правительственных долгов на нормальном рынке экономически развитых стран, обычно связаны не с опасениями дефолта, а объясняются факторами ликвидности, длительности заимствований и изменениями рыночной ставки процента. Многовековая практика заимствований в Великобритании или США говорит о полной надежности правительств (этих и некоторых других стран) как должников. Поэтому общепризнанным эталоном безрисковой доходности считается доходность трехмесячных векселей федерального правительства США и их аналогов<sup>8)</sup>. В переходной экономике, как было показано в работе [6], безрисковая ставка не существует, что требует использования соответствующих суррогатов. Так, Д. Щербаков аналогом безрисковой ставки процента для России предложил считать доходность облигаций ЦБР [7], что представляется вполне резонным, если не принимать во внимание иррациональность феномена долга центрального банка в национальной валюте.

С другой стороны, и для хорошо развитой экономики государственный долг можно полагать рискованным по отношению к финансовым активам с нулевой бета, которые до недавнего прошлого могли быть представлены лишь через синтез порт-

<sup>8)</sup> Есть и другая трактовка данной проблемы. Если правительства покупают свои долги по номиналу, но полностью обесцененными деньгами, как в Германии начала 20-х гг. прошлого века, то государственный долг правомерно считать рискованным инструментом.

фелей существующих активов. Однако начиная с середины 1990-х гг. появились и получили широкое распространение так называемые «катастрофические облигации» (catastrophe or cat bonds)<sup>9)</sup>. Эти облигации, по определению, являются активами с нулевой бета, поскольку природные катаклизмы практически некоррелированы с доходностью финансовых инструментов. Рискованность правительственных долгов, особенно долгосрочных, можно, следовательно, измерять через доходность «катастрофических» инструментов для заданной премии, которая за последние годы на 150–200 базисных пунктов превышала доходность трехмесячных правительственных векселей. Таким образом, если  $r_c$  есть доходность катастрофических облигаций, а  $r$  – доходность правительственных векселей, то имеет место равенство

$$(1) \quad r_c = r + \omega,$$

где  $\omega$  – премия за владение катастрофической облигацией [22]. С учетом сказанного совокупная задолженность может трактоваться как рискованная, даже если дефолт по государственным облигациям в странах с развитыми экономиками не подразумевается. Как следствие, ставка безрисковой доходности может быть использована для вычисления величины стоимости глобального долга в общепринятом смысле.

Известно, что ставка доходности с учетом рисков  $\mu$  является «ненаблюдаемой» величиной, поскольку включает неизвестную на текущий момент времени премию за риски. Для подходящей меры рисков  $\sigma$ , которая предполагается конечной, хорошо развитый финансовый рынок всегда находит адекватную и единственную рыночную цену риска  $\lambda$ . Поэтому рыночная ставка доходности может быть представлена как

$$(2) \quad \mu = r + \lambda \sigma,$$

где  $r$  – ставка безрисковой доходности. С другой стороны, ставка доходности рискованного актива (долга в нашей модели) представляет собой сумму текущей (купонной) доходности  $\delta$ , отражающей удобство денег, а также доходность  $a$  от изменения капитальной стоимости актива, т.е. имеет место представление

$$(3) \quad \mu = a + \delta.$$

Глобальный финансовый рынок, безусловно, относится к типу хорошо развитых финансовых рынков, на которых стоимости финансовых инструментов и стратегии поведения инвесторов формируются в «искусственной среде» отсутствия рисков. При этом для «нормального» режима параметр «удобства» денег положителен и меньше безрисковой ставки процента:  $0 < \delta < r$ , поскольку, в противном случае, инвестиции в активы не имели бы смысла<sup>10)</sup>. Ставка безрисковой доходности используется при решении стохастических уравнений динамики долга, которые в де-

---

<sup>9)</sup> «Cat bonds», или «катастрофические облигации», упомянутые в тексте, являются инструментами другого класса по сравнению с облигациями CAT (Certificate of Accrual on Treasury securities).

<sup>10)</sup> В общем случае ставка доходности от изменения капитальной стоимости актива не равна ожидаемому темпу денежной эмиссии, но для нашей модели легко показать, что эти параметры совпадают.

талях приводятся в [6]. Здесь, поэтому, воспроизведем лишь основные этапы анализа «нормального» режима развития финансового рынка.

## 2.2. Стохастическая динамика стоимости глобального долга

Подсчет величины чистого частного богатства основан, как известно, на исключении активов и пассивов государства из процесса агрегирования национального достояния [73]. Поэтому модель государственного долга наиболее проста и может быть использована как приближение для исследования процессов формирования «внутреннего» долга. Различия между государственным и «внутренним» (т.е. государственным и частным) долгами весьма существенны для «нормального» состояния финансового рынка, но становятся малозначимыми, когда размеры мирового формального долга (global notional debt) во много раз превышают объем истинного (исходного) долга (global debt outstanding).

По определению, суммарные обязательства государств, эмитированные, возможно, сверх материального богатства, находящегося в общественной собственности, являются активами частных лиц и институтов. Следовательно, на каждый момент времени  $t$  стоимость государственных обязательств перед частным сектором  $V_t$  представляет сумму накопленных объемов ликвидности (денег повышенной мощности)  $H_t$  и правительственных долгов  $B_t$ :

$$(4) \quad V_t = H_t + B_t.$$

Это уравнение представляет общее условие монетизации глобального долга как случайного процесса.

Монетизация, представляя постоянное замещение правительственных долгов на глобальную денежную базу, позволяет рассматривать стоимость мирового обслуживаемого долга как некоторую неслучайную функцию денег  $B(s_t)$ .

За достаточно короткий период времени для стохастических дифференциалов процесса (4) справедливы следующие соотношения. Ожидаемый объем денежной эмиссии можно определить через соотношение  $E_t[dH] = s_t dt$ , где  $s_t$  – плотность эмиссии денежной базы, а  $E_t$  – оператор ожиданий. Поскольку доход приносят лишь активы, а не деньги, то ожидаемая стоимость обслуживания совокупных государственных обязательств может быть задана равенством  $E_t[dV] = \mu B(s_t) dt$ , где  $\mu$  – ставка рыночной доходности государственного долга с учетом рисков. Случайный процесс денежной эмиссии полагаем логнормальным<sup>11)</sup>, следующим стохастическому дифференциальному уравнению:

$$(5) \quad ds = as_t dt + \sigma s_t dw,$$

где  $a$  – параметр смещения,  $\sigma$  – параметр волатильности, а  $w_t$  – стандартный винеровский процесс.

<sup>11)</sup> В целях упрощения изложения не рассматривается проблема адекватности логнормальной гипотезы экономическим реалиям, следовательно, и гипотеза «фрактальных финансов» Б. Мандельброта и его последователей.

Приведенные выше рассуждения определяют дифференциальное уравнение динамики *стоимости глобального долга*:

$$(6) \quad E_t[dB] = \mu B(s_t)dt - s_t dt.$$

Эквивалентно, стоимость глобального долга на каждый момент, понимаемого как простая сумма накопленной задолженности всех правительств, представляет сумму эмиссии денег за текущий период и дисконтированной по ставке доходности  $\mu > 0$  ожидаемой стоимости долга за предвидимую перспективу:

$$(7) \quad B(s_t) = s_t dt + \exp[-\mu dt]E_t[B(s_t + ds)].$$

Отметим, что уравнения (6) или (7) моделируют динамику глобального долга, который рассматривается как рискованный актив, а следовательно, поток будущих доходов дисконтируется по рыночной ставке процента  $\mu$  с учетом рисков.

Уравнениям (4) и (6) соответствует представление о динамике случайных изменений стоимости долга, которая следует стохастическому уравнению:

$$(8) \quad dB = [\mu B(s_t) - s_t]dt + \sigma B(s_t)dw.$$

Применяя лемму Ито к процессу случайных изменений  $dB$  в уравнении (8), приравнявая коэффициенты случайной и неслучайной компонент в разложении Ито, а затем разлагая ставку доходности с учетом (1) и (2), приводим уравнение (8) к неоднородному дифференциальному уравнению второго порядка:

$$(9) \quad 0,5\sigma^2 s_t^2 B''(s_t) + (r - \delta)s_t B'(s_t) - rB(s_t) + s_t = 0$$

для стоимости долга как функции эмиссии глобальной денежной базы  $B(s_t)$ . Уравнение (9) имеет своим общим решением функцию

$$(10) \quad B(s_t) = B_1 s^{\beta_1} + B_2 s^{\beta_2} + \delta^{-1} s_t,$$

где  $\beta_1 < 0$  и  $\beta_2 > 1$  действительные корни характеристического уравнения

$$(11) \quad 0,5\sigma^2 \beta(\beta - 1) + (r - \delta)\beta - r = 0.$$

В общем решении (10), из соображений абсорбции<sup>12)</sup> и отсутствия пузырей на «нормальном» рынке долгов, константы интегрирования  $B_1, B_2$  приравниваются нулю, а стоимость долга определяется как функция денежной эмиссии:

$$(12) \quad B(s_t) = \delta^{-1} s_t.$$

Выражение (12) представляет фундаментальную стоимость государственного долга, что вполне соответствует его эквивалентному представлению:

<sup>12)</sup> «Абсорбция» для модели монетизации долга означает, что в отсутствие денег стоимость долга равна нулю,  $B(0) = 0$ .



$$B(s_t) = \int_0^{\infty} s_t \exp[-\delta\tau] d\tau,$$

где (постоянный) поток будущих купонных платежей дисконтируется по ставке купонной доходности. Использование фундаментальной стоимости долга, который является аналогом стоимости консоли (consol), качественно устраняет различия между рынками акций и облигаций, что будет использовано в дальнейшем<sup>13)</sup>. Отметим, что процедура нахождения решения (10) или (12) основана на дисконтировании стоимости долга по безрисковой ставке доходности, поскольку используется равенство

$$(13) \quad a - \lambda \sigma = r - \delta.$$

### 2.3. Торговля долгами на глобальном рынке

На финансовом рынке долг торгуется в каждый момент времени, причем продавцом является правительство, а покупателем – агрегат гетерогенных частных инвесторов. Стоимость долга, как его общая величина (debt outstanding), так и стоимость новых заимствований, определяются размерами ликвидности, измеряемой эмиссией денег центральными банками. Глобальный правительственный долг – рискованный актив, поскольку вероятность дефолта в мировом масштабе естественно принять отличной от нуля. В соответствии с моделью Блека – Мертона [17], рыночная стоимость долга  $D(s_t)$  может быть представлена как разность дисконтированного по безрисковой ставке процента номинала долга  $e^{-rt}F$ , подлежащего погашению, и встроенного опциона продажи (put-to-default option)  $P(s_t)$ :

$$(14) \quad D(s_t) = e^{-rt}F - P(s_t).$$

С другой стороны, частные инвесторы, оперирующие на глобальном рынке, имеют право, но не обязанность, покупать новые долги, размещаемые правительствами стран-должников. Данное решение инвесторов в модели обусловлено размерами глобальной ликвидности, а фундаментальная стоимость долга содержит встроенный опцион покупки (call option). Это уподобляет долг широко торгуемым активам со встроенными опционами (asset-backed securities, ABS):

$$(15) \quad D(s_t) = B(s_t) - f(s_t).$$

Уравнение (15) означает, что если инвестор покупает новый долг  $f(s_t)$ , то фундаментальная стоимость общей задолженности  $B(s_t)$  увеличивается, поскольку покупка подтверждает надежность всех, ранее эмитированных, долгов, обращающихся на рынке. В противном случае стоимость долга не возрастает, а определяется текущим соотношением спроса и предложения.

<sup>13)</sup> Напомним, что Л. Бешалье (L. Bachelier) разработал модель стоимости опциона, исследуя рынок «rentes d'etat» – бессрочных долгов французского правительства.

Уравнения (14) и (15) характеризуют изменения цен покупки (bid price) и продажи (ask price) соответственно, которые в модели равны цене рыночного равновесия  $D(s_t)$ . Как известно, на практике может наблюдаться примерно такое равенство, когда финансовый рынок «широкий» (broad) и «глубокий» (deep), функции спроса и предложения актива эластичны, а маржа или спред цен покупки и продажи относительно невелики. Такой режим, по экономическому смыслу, характеризует «нормальный», или хорошо развитый, финансовый рынок, на котором брокеры и дилеры (market makers) зарабатывают, главным образом на больших объемах трансакций с активами.

Условие торговли долгом находится посредством исключения величины рыночной стоимости долга  $D(s_t)$  из соотношений (14) и (15), что приводит к равенству:

$$(16) \quad B(s_t) - f(s_t) = e^{-rt} F - P(s_t),$$

где дисконтированная рыночная стоимость номинала является ценой сделки (strike price). Отметим, что фундаментальная стоимость долга  $B(s_t)$  есть аналог консоли<sup>14)</sup>, но на рынке всегда известны объемы погашения долга по номиналу его рыночной стоимости, и в общем случае эти величины не совпадают.

Уравнение (16) представляет хорошо известную эквивалентную опционов продажи (put) и покупки (call) [23]. В модели эти опционы встроены в стоимость долга и отражают стохастичность процесса эмиссии денег. Очевидно, что если правительства стран-должников владеют активами, эквивалентными по стоимости фундаментальной стоимости глобального долга, то балансовое равенство (16) выполняется и номинал долга может быть погашен. По своей экономической сути, это условие погашения «фундированных займов» (funded loans), отчетливо сформулированное еще Д. Рикардо [3].

На финансовом рынке в «нормальном» режиме размеры денежной эмиссии влияют на величины стоимости опционов, встроенных в стоимость долга. Для стандартных функций текущей стоимости опционов, что будет показано в разделе 2.3, при некоторых размерах эмиссии ликвидности  $s_t = \hat{s}$ , стоимости опционов новых заимствований  $f(s_t)$  и опциона дефолта  $P(s_t)$  могут быть равны. Соответственно при меньших размерах эмиссии,  $s_t < \hat{s}$ , стоимость опциона новых заимствований ниже, чем стоимость опциона дефолта,  $f(\hat{s}) < P(\hat{s})$ , и правительствам стран-должников выгодно объявить дефолт по своим обязательствам. Отказ от погашения долга приносит правительствам больше денег от частных инвесторов по сравнению с новыми заимствованиями на свободном рынке<sup>15)</sup>. Малые объемы эмиссии денег, удорожающие обслуживание долга, обычно провоцируют высокую вероятность долгового дефолта правительства, что, в частности, имело место в России в августе 1998 г. [6]. С другой стороны, большие объемы эмиссии денег,  $s_t > \hat{s}$ , имеют

<sup>14)</sup> Консоль (consol) – один из видов купонных облигаций, не имеющих сроков погашения и теоретически обращающихся бесконечно долго.

<sup>15)</sup> Данное утверждение предполагает координацию действий правительств стран-должников, что имело место, например, в 1980-е гг. массового дефолта по долгам стран «третьего мира».

невысокую вероятность дефолта, поскольку для  $f(s_t) > P(s_t)$  правительства предпочитают зарабатывать на размещении новых заимствований.

Интересна роль центрального банка в размещении и обслуживании правительственных долгов. Известно, что центральные банки влияют на этот процесс, участвуя в эмиссионном финансировании государственного долга, что обеспечивает снижение стоимости его обслуживания. Между тем интервенции центральных банков стран-должников значимы и на вторичном рынке. Если банки активно покупают правительственные долги, даже не участвуя непосредственно в размещении новых заимствований, то стоимость долга возрастает, а его доходность снижается. Как следствие, правительствам стран-должников дешевле обслужить долг, чем рисковать своей репутацией, объявляя дефолт.

За процессом формирования стоимости глобального долга можно следить по величине своеобразного опциона «выбора» (the chooser option), который в модели представляет разность между фундаментальной и нарицательной стоимостью долга:

$$B(s_t) - e^{-rt} F.$$

Эта величина, в зависимости от размеров глобальной ликвидности, определяет величину дисконта или премии от продажи долгов на мировых рынках.

Эквиваленция опционов новых заимствований и дефолта (16) позволяет в стандартных терминах объяснить условия гарантированного погашения правительства-заемщиками номинала долга. На момент  $T$  реализации опционов правительства-должники отдают рискованные активы  $-B(s_T)$  и права на дефолт  $-P(s_T)$ , получая взамен стоимость новых заимствований в размере  $+f(s_T)$ . В соответствии с (16) это гарантирует полное погашение номинала долга  $-F$ .

Таблица 1.

Гарантированное погашение долга

Время	$t$	$T$
Правительства имеют текущую задолженность	$+Exp[-r(T-t)]F$	$-F$
Инвесторы приобретают новые правительственные долги	$-f(s_t)$	$+f(s_T)$
Правительства имеют активы в размере фундаментальной стоимости долга	$+B(s_t)$	$-B(s_T)$
Правительства имеют право на дефолт	$+P(s_t)$	$-P(s_T)$
Гарантированное погашение правительственных долгов на момент $T$	$Exp[-r(T-t)]F = -f(s_t) + B(s_t) + P(s_t)$	$-F = f(s_T) - B(s_T) - P(s_T)$

Как следует из табл. 1, правительства гарантированно погашают номинал, если на текущий момент они имеют активы, равные фундаментальной стоимости долга, и право на дефолт, а также размещают на первичном рынке новые заимствования.

Из условия (16) ясно, что если номинал возвращается полностью, то опцион дефолта равен нулю  $P(s^*) = 0$ , следовательно, можно найти точку  $s^*$ , в которой выполняется это условие, иначе, объем глобальной ликвидности, обеспечивающий полное погашение номинала долга. Для этого следует предварительно определить функцию стоимости опциона новых заимствований  $f(s_t)$ , поскольку функция стоимости всего долга уже известна из (12).

#### 2.4. Поведение глобального инвестора

Как было сказано выше, в модели предполагается эффективное взаимодействие глобальных рынков, на которых размещаются и обращаются правительственные долги. Подобных фактов более чем достаточно: к примеру, Китай владеет почти 2 трлн. (из 8,5 трлн.) долларов долгов американского правительства, и, как иронично пишет журнал «Экономист», ставка доходности по десятилетним T-bonds определяется скорее в Пекине, чем в Вашингтоне.

Агрегат рациональных инвесторов в модели покупает и продает правительственные долги на глобальном вторичном рынке и участвует в размещении правительствами новых заимствований на свободном рынке. Однако обращение долгов на вторичном рынке, влияя, безусловно, на рыночную и фундаментальную стоимость общего долга, не характеризует процесс непосредственного размещения правительствами новых заимствований. Это происходит на глобальном первичном рынке долга. Поэтому в модели функция стоимости опциона новых заимствований  $f(s_t)$  находится из уравнения, моделирующего поведение типичного инвестора на этом рынке.

Полагаем, что стоимость портфеля активов  $\Phi(s_t)$  рационального глобального инвестора имеет следующую структуру:

$$(17) \quad \Phi(s_t) = \theta_1 s_t + \theta_2 f(s_t),$$

где  $\theta_1, \theta_2$  – удельные веса эмиссии денег и нового долга соответственно. На «нормальном» финансовом рынке рациональные, избегающие рисков, инвесторы покупают новые долги, стремясь минимизировать либо исключить полностью риски. Решение инвесторов аналитически состоит из двух этапов.

На первом этапе инвесторы исключают из портфеля деньги, поскольку в модели риски порождаются случайным процессом эмиссии денег. Это соответствует процедуре непрерывного дельта-хеджирования инвесторами портфеля активов, которая аналитически может быть представлена подстановкой в уравнение изменения стоимости портфеля за период  $dt$

$$(18) \quad d\Phi = \theta_1 ds + \theta_2 df,$$

значений параметров

$$(19) \quad \theta_1 = -f'(s_t); \theta_2 = 1,$$

где  $f'(s_t)$  – производная функции новых долгов по денежной эмиссии, которая принимает конечное значение для заданной эмиссии денег. Это исключает из портфеля стоимость эмиссии денег и связанные с ней риски. Применение к процессу приращений стоимости долга  $df$  леммы Ито и использование равенства  $(ds)^2 = \sigma^2 s_t^2 dt$  позволяет вычислить изменение стоимости безрискового портфеля  $d\tilde{\Phi}$ , которым обладает агрегированный частный инвестор:

$$(20) \quad d\tilde{\Phi} = 0,5 \sigma^2 s_t^2 f''(s_t) dt.$$

Эта величина, однако, не полностью характеризует безрисковый доход агрегата инвесторов, которые, исключив риски, теряют вместе с деньгами удобства от обладания ликвидностью. Поэтому денежные суммы, компенсирующие потери от «удобства» обладания ликвидностью,  $\theta_1 \delta s_t dt$ , должны быть возвращены в портфель активов частных инвесторов. В итоге уравнение безрискового дохода глобального инвестора приобретает следующий вид:

$$(21) \quad r\Phi(s_t)dt = d\Phi(s_t) + \delta\theta_1 s_t dt,$$

где  $r > 0$  – эффективная ставка безрисковой доходности портфеля активов. Простыми преобразованиями, с учетом соотношений (17) и (19), уравнение (21) сводится к обыкновенному дифференциальному уравнению второго порядка для функции стоимости новых долгов  $f(s_t)$ :

$$(22) \quad 0,5 \sigma^2 s_t^2 f''(s_t) + (r - \delta) s_t f'(s_t) = r f(s_t).$$

По экономическому смыслу, в силу взаимодействия мировых первичных и вторичных рынков долгов, это уравнение имеет такие же параметры доходности и рисков, что и уравнение для общей величины долга (9). Уравнение (22), раскрывая структуру безрисковой доходности новых заимствований, вполне аналогично уравнению Блека – Шоулза для опционов с бесконечным сроком функционирования.

Функция стоимости новых долгов правительства  $f(s_t)$  находится как общее решение уравнения (22):

$$(23) \quad f(s_t) = A_1 s_t^{\beta_1} + A_2 s_t^{\beta_2},$$

где  $\beta_1 < 0$ ,  $\beta_2 > 1$  – корни характеристического уравнения (11), которое одно и то же для уравнений общего долга (9) и новых долгов (22).

Из соображений абсорбции, аналогичных высказанным в отношении общего глобального долга, константа, соответствующая отрицательному характеристическому корню, полагается равной нулю,  $A_1 = 0$ . Следовательно, функция стоимости новых заимствований, которые осуществляют правительства стран-должников, принимает вид:

$$(24) \quad f(s_t) = A s_t^{\beta},$$

где  $A \equiv A_2$ , и  $\beta \equiv \beta_2 > 1$  – положительный характеристический корень. Функция стоимости новых заимствований (24) является неслучайной функцией стохастиче-

ческой эмиссии глобальной денежной базы. Она имеет две положительные производные и удовлетворяет требованиям выпуклости, откуда следует стандартность функций опционов покупки и продажи. Это поддерживает утверждения, высказанные в разделе 2.2. Стоимость опциона (24) определяет стратегию рациональных, избегающих рисков, инвесторов, оперирующих на глобальном рынке в условиях отсутствия арбитражных возможностей.

### 2.5. Погашение (полная монетизация) глобальной задолженности

Естественные границы допустимых размеров *новых заимствований*  $f(s_t)$  на глобальном рынке задаются значениями функции фундаментальной стоимости правительственных долгов  $B(s_t)$ :

$$(25) \quad B(s_t) \geq f(s_t) \geq B(s_t) - e^{-rt} F,$$

где  $e^{-rt} F$  – номинал рыночной стоимости долга, подлежащий выплате (*face value of the matured debt*), а  $[B(s_t) - e^{-rt} F]$  – величина дисконта или премии при продаже долга на рынке.

Область значений опциона стоимости новых заимствований определяется неравенствами (25), а область существования – минимальным и максимальным значениями монетизации долга. Последние представлены точкой абсорбции,  $B(0) = f(0) = 0$ , а также точкой максимального значения монетизации  $s_t = s^*$ , в которой номинал долга возвращается полностью и  $P(s^*) = 0$ . Ясно, что когда долг погашается (полностью монетизируется), то условие эквиваленции опционов (16) принимает следующий вид:

$$(26) \quad B(s^*) = f(s^*) - e^{-rt} F.$$

Из равенства (26) следует, что финансовый рынок функционирует нормально, обеспечивая полное погашение номинала глобального долга, если центральные банки совместно эмитируют ликвидность в объеме  $s = s^*$ . Однако как определить такие объемы эмиссии глобальной ликвидности?

В модели состояние (26) достигается в результате поведения рациональных инвесторов, действующих в глобальном масштабе. Предполагается, что глобальный инвестор заинтересован иметь максимальную фундаментальную стоимость долга  $B(s_t)$ , что при заданной величине номинала  $e^{-rt} F$  обеспечивается максимизацией стоимости опциона новых заимствований  $f(s^*)$ . С формальной точки зрения этот процесс моделируется как задача «оптимальной остановки» динамического программирования [24] с двумя граничными условиями.

Первое граничное условие формулируется исходя из гарантий полного погашения номинала,  $P(s^*) = 0$ , для уровня монетизации долга  $s_t = s^*$ . Для таких объемов ликвидности фундаментальная стоимость глобального долга состоит из суммы номинала и стоимости новых долгов:

$$(27) \quad B(s^*) = f(s^*) + e^{-rt} F.$$

Для других уровней эмиссии глобальной ликвидности, как было сказано в разделе 2.2, поведение рационального инвестора сложнее: он сравнивает стоимости опционов, стоимости дефолта и «нового долга» и покупает новые долги только, когда имеет место неравенство  $f(s_t) > P(s_t)$ .

Второе граничное условие предполагает равенство первых производных функций долга и новых заимствований в точке  $s_t = s^*$ , где эмиссия ликвидности обеспечивает полное погашение номинала рыночной стоимости глобального долга:

$$(28) \quad B'(s_t) = f'(s_t).$$

Подставляя функции фундаментальной стоимости глобального долга (12) и новых заимствований (20) в уравнения задачи «оптимальной остановки» (27)–(28), получаем простую систему нелинейных уравнений:

$$As_t^\beta = \delta^{-1}S - F; \beta As_t^{(\beta-1)} = \delta^{-1},$$

решая которую, находим неизвестную константу  $A$  и значение глобальной ликвидности, обеспечивающей полную монетизацию долга  $s^*$ :

$$(29) \quad A = (\beta - 1)^{-1} F (q \delta F)^{-\beta} > 0; \quad s^* = \beta (\beta - 1)^{-1} \delta F,$$

где  $q = \beta(\beta - 1)^{-1}$ . По экономическому смыслу, параметр  $q > 1$  является *мультипликатором полной монетизации долга* и характеризует меру неопределенности динамики долга [6].

Естественно считать точку  $s^*$  верхней границей эмиссии глобальной ликвидности, где обеспечивается функционирование глобального рынка в «нормальном» режиме. В этой точке эмиссия глобальной ликвидности обеспечивает погашение правительствами стран-должников номинала глобального долга (*par value*)  $e^{-rt} F$ , следовательно, полную монетизацию долговых обязательств государств. В нормальном режиме ответственные правительства получают наибольшие суммы денег от размещения долгов и имеют активы не ниже фундаментальной стоимости долга  $B(s^*)$ . Неполная монетизация долга при других объемах глобальной ликвидности,  $s_t < s^*$ , вынуждает инвесторов финансировать гарантии погашения займов и провоцирует дефолт.

Динамика долга и ликвидности, которая исследована во втором разделе работы, представлена на рис. 3. Видно, что наибольшие значения фундаментальной стоимости долга  $B(s_t)$  и опциона «выбора»  $\frac{1}{\delta} s_t - F$  достигаются при максимизации опциона стоимости «нового» долга  $f(s_t)$ . На отрезке значений ликвидности  $[0, s^*]$ , где  $s^*$  – точка касания соответствующих функций, функции  $P(s_t)$  и  $f(s_t)$  имеют обычное истолкование опционов дефолта и покупки «нового» долга. В этой же точке

функция рыночной стоимости долга достигает максимума  $D(s^*) = F$ , следовательно, долг погашается полностью.

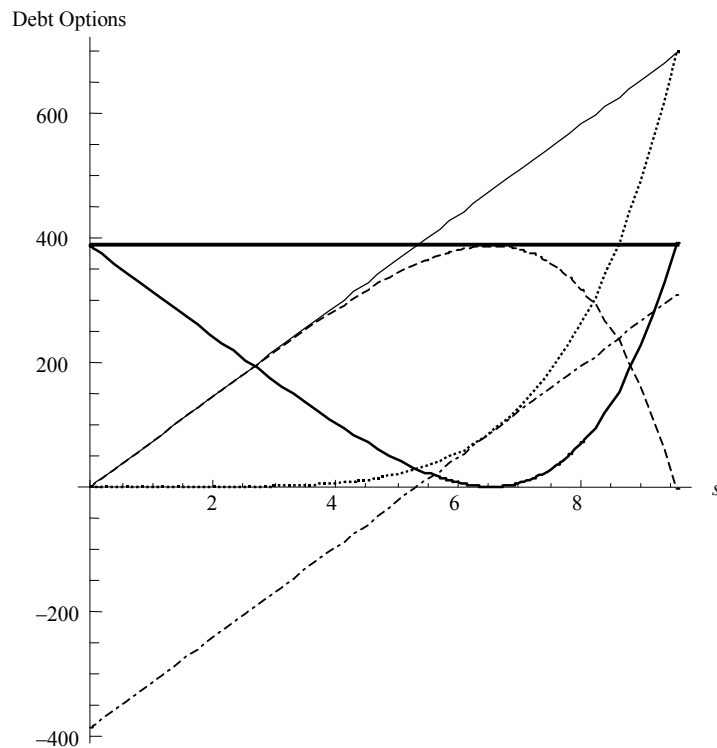


Рис. 3. Динамика долга и ликвидности в «нормальном» режиме

### 3. Модель: перестройка глобального рынка

Объем ликвидности, обеспечивающий полное погашение долга, является в определенном отношении наилучшим для системы, поскольку его превышение влечет качественные изменения процессов, происходящих на финансовых рынках. Если центральные банки накачивают в экономику «деньги повышенной мощности», которые мультиплицируются в избыточные объемы глобальной ликвидности, то смысл самого понятия ликвидности существенно меняется. Интуитивно, денежная масса, соответствующая «нормальным» объемам ликвидности беспрепятственно, быстро и без издержек конвертируется в любые полезности: товары, ресурсы или активы. Если же ликвидность избыточна («деньги повсюду», используя высказывание «Well's Capital Management»), то их конвертация в товары или активы осуществляется медленнее, с ограничениями и дополнительными издержками. Избыточность ликвидности говорит о том, что от денег трудно избавиться. «Вязкая», если так можно выразиться, ликвидность — это уже ликвидность не вполне, поскольку механизм обмена начинает давать сбои, подобно двигателю, в котором загустевает



смазка<sup>16)</sup>. «Вязкость» рынка в таком понимании идентична снижению покупательной способности денег – явлению, достаточно хорошо изученному в аспекте «высокой» инфляции и гиперинфляции. Отличие современной экономики состоит, однако, в том, что избыточная глобальная ликвидность по причинам, рассмотренным в разделе 1.3, не трансформируется в рост цен.

### 3.1. Режим избыточной ликвидности

Вернемся к уравнению (22), которое моделирует поведение инвесторов в «нормальном» режиме монетизации долга. В разделе 2.3 общее решение этого уравнения было редуцировано к функции (24) в силу соображений абсорбции, выполнение которых требовало нулевой константы, соответствующей отрицательному характеристическому корню,  $\beta_1 < 0$ . В противном случае нулевая эмиссия денег приводила бы к бесконечно высокой стоимости новых заимствований, что экономически не может иметь место. Рост стоимости новых заимствований, который представлен функцией (24), происходит быстрее, чем увеличение эмиссии ликвидности, поскольку положительный характеристический корень  $\beta_2$  больше единицы.

Наличие в решении (23) нулевой константы подсказывает идею аппроксимации уравнения второго порядка (22) уравнением первого порядка, например,

$$(30) \quad rf(s_t) = (r - \delta)s_t f'(s_t),$$

где параметр  $\varepsilon \equiv r(r - \delta)^{-1}$  есть эластичность стоимости заимствований по ликвидности.

Весьма соблазнительно полагать, что уравнение (30) характеризует накопление избыточной ликвидности, которое кладет начало общей перестройке организации финансового рынка. Однако столь прямолинейный подход вряд ли оправдан – невозможно просто отбросить производную второго порядка в уравнении (22), а вместе с ней и гипотезу стохастичности финансовых процессов. С другой стороны, предположение об изменении режима развития финансовой системы под влиянием избыточной ликвидности экономически представляется достаточно обоснованным, однако редукция уравнения (22) требует более тщательного обоснования.

### 3.2. Редукция уравнения «нормального» режима

Известно, что в теории систем повышение «вязкости» среды моделируется уравнениями первого порядка, соответствующими режиму «подавленных колебаний». Поскольку «нормальному» режиму монетизации соответствует обыкновенное дифференциальное уравнение второго порядка, то режим «вязкой» ликвидности должен характеризоваться уравнением первого порядка, являющимся его аппроксимацией [71]. Таким образом, редукция уравнения (22) к дифференциальному уравнению первого порядка при определенных условиях вполне правомерна.

<sup>16)</sup> Для характеристики финансового рынка часто используются понятия, заимствованные из естественных наук, например, «емкость» (volume), «ширина» (breadth) и «глубина» (depth), в ряду которых понятие «вязкость» (viscosity) представляется вполне уместным.

С экономической точки зрения указанная редукция возможна, если учесть изменение влияния избыточной ликвидности на формирование стоимости новых заимствований. Как было сказано выше, для «нормального» режима параметр «удобства» денег положителен и меньше безрисковой ставки процента:  $0 < \delta < r$ . Увеличение эмиссии ликвидности усиливает ее избыточность и, тем самым, «вязкость» платежной системы. Это отражается на величине параметра  $\delta$  – удобства, которые приносят деньги в силу их ликвидности для своего владельца. В нормальных условиях величина этого параметра положительна и, как показано в разделе 2.1, примерно соответствует размерам купонных выплат по государственным долгам. Однако рост «вязкости» уменьшает покупательную способность денег и, тем самым, их привлекательность для инвесторов. Параметр  $\delta$  уменьшается, причем его величина становится отрицательной, когда от денег крайне трудно, или невозможно, избавиться. Если деньги «неудобны», то приносят отрицательный доход владельцу портфеля, следовательно, параметр  $(r - \delta)$  может принимать очень большие значения.

Важно отметить два обстоятельства. Во-первых, отрицательный купонный доход не противоречит положительности параметра общей доходности, т.е. не препятствует мотивации приобретения долгов и росту числа покупателей долга. Это существенно, поскольку снимает ограничения для перерождения процесса нарастания «вязкости» денег в сингулярный процесс роста задолженности. Во-вторых, отрицательность ставки купонного дохода объясняет переход к массовому погашению текущих заимствований новыми долговыми обязательствами, что является важнейшим фактором сингулярности процесса накопления долга. В разделе 5.3 этот аспект будет исследован в деталях.

Сказанное выше определяет условия осуществления корректной редукции уравнения (22). Если производные первого и второго порядков имеют один порядок размерности  $O(1)$ , то в предельном режиме «подавленных колебаний» коэффициент при производной первого порядка сохраняет размерность единицы, тогда как коэффициент при производной второго порядка становится очень малым (намного меньше единицы). В таком режиме уравнение первого порядка достаточно хорошо аппроксимирует поведение системы «деньги – долги». Такое уравнение можно составить посредством введения «безразмерной ликвидности»,  $\zeta_i = \hat{S}^{-1} s_i$ , и соответствующих производных<sup>17)</sup>:

$$(31) \quad \frac{df}{d\zeta} = \frac{1}{\hat{S}} \frac{df}{ds} \quad \text{и} \quad \frac{d^2 f}{d\zeta^2} = \frac{1}{\hat{S}^2} \frac{d^2 f}{ds^2},$$

которые, при правильном выборе константы характеристического размера  $\hat{S}$ , имеют размерность одного порядка,  $O(1)$ .

Подставим производные (31) в уравнение (22) и разделим все его члены на величину безрисковой ставки процента:

<sup>17)</sup> Напомним, что в силу неинвариантности второй производной к преобразованиям независимой переменной, для нашей модели имеет место равенство  $\frac{d^2 f}{ds^2} = \frac{d^2 f}{d\zeta^2} \left( \frac{d\zeta}{ds} \right)^2$ .

$$(32) \quad \frac{0,5\sigma^2}{r} \left( \frac{s_t}{\hat{S}} \right)^2 f''(\zeta_t) = -\frac{r-\delta}{r} \frac{s_t}{\hat{S}} f'(\zeta_t) + f(\zeta_t).$$

Поскольку уравнение (22) характеризует нейтральный к рискам доход портфеля (это аналог уравнения Блека – Шоулза), то преобразованное уравнение становится безразмерным с производными одного порядка. Группа параметров при производной  $f'(\zeta_t)$  удовлетворяет условию

$$(33) \quad \frac{(r-\delta)s_t}{r\hat{S}} = 1,$$

откуда константа характеристического размера ликвидности  $\hat{S}$  равна

$$\hat{S} = \frac{(r-\delta)s_t}{r}.$$

Предельный режим избыточной ликвидности определяется совместным выполнением условия (33) и неравенства для безразмерной группы параметров при производной  $f''(\zeta_t)$ :

$$(34) \quad \frac{0,5\sigma^2 r}{(r-\delta)^2} \ll 1,$$

где знак « $\ll$ » читается как «существенно меньше». Эквивалентно, выполнение (33) и неравенства

$$(35) \quad \sigma \ll \sqrt{\frac{2}{r}(r-\delta)}$$

определяет режим избыточной ликвидности, который является экономическим аналогом режима подавленных колебаний. Важно отметить, что данное неравенство удовлетворяется для достаточно правдоподобных значений глобальной волатильности, безрисковой доходности и параметра удобства денег. Например, оно выполняется для значений  $\sigma = 0,2$ ,  $r = 0,05$ ,  $\delta = -0,15$ :

$$0,2 \ll 6,33 \times 0,2 \text{ или } 0,2 \ll 1,3.$$

С учетом сказанного выше, в режиме избыточной ликвидности система первого порядка

$$(36) \quad \frac{df}{d\zeta} = f(\zeta_t),$$

которая моделирует нарастание «вязкости денег» из-за накопления избыточной ликвидности, является достаточно хорошей аппроксимацией динамической системы второго порядка (22).

### 3.3. Финансовый пузырь

Уравнение предельного режима системы (36), записанное в прежних обозначениях как

$$(37) \quad \frac{df}{ds} = f(s_t),$$

есть стандартное представление *финансового пузыря* (financial bubble), который в данной модели представляет перманентный рост стоимости долга. Раздувание финансового пузыря предполагает рост стоимости новых заимствований под воздействием растущего на них спроса, который поддерживается увеличением объемов ликвидности. В реальных условиях, как известно, этот процесс усиливается благодаря широкому применению секьюритизированных активов и финансовых производных. Например, форвардная покупка долга приносит выгоду покупателю при условии роста стоимости долга, поскольку покупатель платит заранее согласованную цену, получая на момент исполнения контракта актив более высокой стоимости.

Однородное уравнение (37), связывая скорость роста и уровень стоимости новых заимствований, характеризует основную особенность качественной перестройки финансового рынка, а именно, массовый переход к погашению долгов посредством новых заимствований. Подобное возможно и в «нормальном» режиме функционирования финансового рынка, но это – аномалия, которая отмечалась еще классиками. Так, напомним цитирование Д. Рикардо выступления в британском парламенте некоего Гескиссона, утверждавшего, что «в основе предположения, что старый долг оплачен, лежит то обстоятельство, что мы заключили новый заем, на гораздо большую сумму...» [3, с. 235]. Когда отмеченная аномалия, при некоторых условиях, превращается в норму поведения инвесторов, то процесс монетизации долга неизбежно принимает сингулярный характер.

Решение уравнения (37) есть экспоненциальная функция:

$$(38) \quad f(s_t) = f(0) \exp[s_t],$$

которая отражает зависимость стоимости новых долгов от объемов ликвидности. Эта функция, в экономическом смысле, аналогична решению (24), поскольку рост стоимости задолженности подпитывается возрастающими объемами ликвидности, хотя форма зависимости меняется со степенной на экспоненциальную. Таким образом, на начальном этапе формирования избыточной ликвидности когерентность динамики ликвидности и стоимости новых заимствований сохраняется, что объединяет данный режим с «нормальным» режимом функционирования финансового рынка.

Как следует из (38), перманентный рост финансового пузыря поддерживается неограниченным увеличением объемов ликвидности. Это, однако, не соответствует действительности: финансовый пузырь не может раздуваться неопределенно долго. Никто, например, не будет продавать форварды, фьючерсы, либо опционы продаж (put options) на активы, стоимость которых, согласно ожиданиям рынка, должна возрасти. Вся история финансовых пузырей свидетельствует о том, что периоды завышения рынком стоимости активов всегда заканчивалось финансовым крахом [46], или на формальном языке, финансовая система в некоторой критической точке вырождалась. Между тем уравнение (37) сингулярности не имеет, сле-

довательно, моделью финансового кризиса быть не может<sup>18)</sup>. Режим, который моделируется уравнением (37), по сути своей, является переходным от «нормального» к кризисному развитию финансового рынка. Объяснение процесса увеличения стоимости задолженности, заканчивающегося крахом системы, требует характеристики взаимодействия инвесторов преимущественно на вторичном рынке.

#### 4. Перколяция на финансовом рынке

На рынке долгов правительства осуществляют размещение новых займов, выплачивают проценты и погашают облигации, вышедшие в тираж. В модели правительства эмитируют бессрочные облигации – нечто вроде консолей (*consols* or *rentes d'état*), что снимает различия между сегментами долгов и акций. Правительственные облигации на вторичном рынке покупаются и продаются частными инвесторами, которые обычно разделяются на две группы: спекулятивных инвесторов (*information motivated investors*) и участников рынка, стремящихся улучшить свои платежные позиции (*liquidity motivated investors*) [18, 62]. Рыночные агенты из первой группы покупают недооцененные активы и продают переоцененные, используя всю имеющуюся у них информацию и зарабатывая прибыль на несовершенствах рынка. Участники рынка из второй группы продают активы по ценам предложения (*bid price*) и покупают по ценам спроса (*ask price*), поскольку перестраивают свои портфели активов, исходя из необходимости осуществления текущих платежей. Следовательно, рыночные брокеры и дилеры, как правило, получают прибыль на сделках с этой группой инвесторов. Если начинают преобладать инвесторы первой группы, то рынок становится «мелким» (*shallow*), «узким» (*narrow*) и объем операций на нем сокращается. Спрос и предложение активов становятся менее эластичными, размеры спредов цен продаж и покупок расширяются, а общие объемы доходов трейдеров уменьшаются. Такой сценарий реализуется, когда нарастающие объемы ликвидности приводят к перестройке микроструктуры взаимодействий инвесторов на финансовом рынке. Эта сложная проблема в полном объеме, однако, не ставится, а качественные изменения микроорганизации рынка исследуются лишь в контексте объяснения сингулярности системы.

##### 4.1. Модель микроструктуры рынка долгов

Случайная динамика вторичного рынка может быть представлена как *двумерная модель перколяции* (*2D percolation model*). Перколяция, в современной теоретической интерпретации этого термина, использует аналогии между процессами фазовых переходов и формирования кластеров ячеек сети для изучения качественных изменений в поведении системы, происходящих из-за появления корреляционных связей большой длины (*connectedness*) между ячейками вблизи критической точки [37, 61]. Модели перколяции широко применяются в естественных науках и занимают видное место в аналитическом инструментарии «эконофизики». Так, Сорнет и др. предложили исследовать «силу взаимодействия» (*the tendency*

<sup>18)</sup> Простые модели «высокой» инфляции и гиперинфляции, не имеющие сингулярной точки, обычно предполагают бесконечно высокий уровень цен, который обеспечивается неограниченной эмиссией денег.

towards imitation) инвесторов на финансовом рынке на основе модели Изинга – наиболее изученной сетевой модели статистической механики [43, 67].

В данном разделе методология перколяции используется для объяснения формирования кластеров покупателей долга под влиянием накопления ликвидности, которая принимается за меру когерентности поведения инвесторов. Перколяция на финансовом рынке происходит как результат увеличения кластеров до размеров, сопоставимых с размерами системы. Это влечет возрастание стоимости новых заимствований и сингулярность финансового рынка.

Взаимодействие частных инвесторов на стохастическом рынке долга представим как формирование кластеров ячеек на сети линейного размера  $L$ ,  $L \times L = N$ . Для каждого уровня априорной вероятности  $p$ , характеризующей состояние рынка и зависящей от соотношения некоторых параметров системы, последовательно рассматриваются ячейки  $f_i, i \in N$ , которые случайным образом принимают одно из двух состояний:

$$f_i = \begin{cases} +1, & p_i < p, \\ 0, & p_i \geq p. \end{cases}$$

Принимается, что если ячейка находится в состоянии (+1), то инвестор  $f_i$  занимает преимущественно длинную позицию, т.е. входит в некоторый кластер покупателей долга. Длинная позиция инвестора может объясняться его предпочтениями: избыточной ликвидностью либо наличием недооцененного актива. Формально кластеры определяются как совокупность ячеек, находящихся в состоянии (+1) и имеющих общее ребро, а их численные характеристики подсчитываются по алгоритму Хошена – Копелмана (Hoshen – Kopelman) [37]. Если ячейка принимает состояние (0), то ассоциированный с ней инвестор покупает и продает долги, не демонстрируя явно выраженных предпочтений, следовательно, в кластер не входит. Число и размеры кластеров (конфигурация сети) зависят от значения априорной вероятности, а динамика их формирования представляется последовательностью конфигураций сети, получаемых для разных уровней ликвидности (априорной вероятности) системы.

Группировка инвесторов в кластеры была отмечена еще Дж. М. Кейнсом, который провел аналогию между «конкурсом красоты» и поведением инвесторов на финансовом рынке<sup>19)</sup>. Известно, что обычно на таких конкурсах побеждает не самая красивая участница, а та, которую считают самой красивой большинство членов жюри. В этой связи Кейнс заметил, что, в принципе, аналогично ориентируясь на мнение своего окружения, инвесторы выбирают стратегии поведения, влияющие на изменение стоимости активов [45]. Такое поведение группы (кластеров) инвесторов, действующих согласованно, на основе неформальных правил поведения (herding), по Кейнсу, есть реализация «инстинктов толпы» (the animal spirit) и лежит в основе механизма раздувания «финансовых пузырей». В общем случае поведение любого инвестора, покупающего или продающего долги, моделируется следующей системой уравнений:

<sup>19)</sup> Данная идея Кейнса весьма популярна в современных финансах. Например, другой подход к моделированию этой аналогии предлагается в работе [8].

$$(39) \quad f_i = \text{sign}\left(s \sum_{j=1}^{N(i)} f_j + v\varepsilon_i\right); \quad i = \bar{1}, \bar{N}.$$

Параметрами системы (39) являются объем глобальной ликвидности  $s$  и величина идеосинкратического фактора  $v$ , отражающего весомость индивидуальных предпочтений  $\varepsilon_i$   $i$ -го участника рынка<sup>20</sup>. Случайная величина  $\varepsilon$  полагается нормально распределенной с нулевым средним и единичной дисперсией. Таким образом, как следует из (39), каждый участник рынка покупает или продает, ориентируясь на поведение своих «соседей» и на собственные предпочтения.

Уровень априорной вероятности системы  $p$  определяется, вообще говоря, соотношением параметров  $s$  и  $v$  системы (39), но исследование этой зависимости в данной работе не проводится. В упрощенном виде влияние ликвидности на поведение инвесторов характеризуется посредством простой нормализации отрезка ее значений  $[s^*, \hat{s}]$ :

$$(40) \quad p = \frac{s - s^*}{\hat{s} - s^*}; \quad 0 \leq p \leq 1,$$

где  $s^*$  – объем ликвидности, обеспечивающий полное погашение долга. Константа характеристического масштаба  $\hat{s}$ , введенная в разделе 3.2, определяет объем ликвидности в условиях абсолютного доминирования кластера покупателей долга. Поскольку параметр  $p$  положителен и равен нулю и единице на концах отрезка  $[s^*, \hat{s}]$  соответственно, то его величина допускает толкование как априорной вероятности состояния финансового рынка. Исследование влияния изменений объемов ликвидности на поведение инвесторов сводится, таким образом, к случайному выбору значений ячеек сети и формированию кластеров для каждого уровня априорной вероятности.

#### 4.2. Расчет среднего размера кластера покупателей

Кластеры ячеек сети имеют несколько численных характеристик, среди которых средняя величина  $\langle f \rangle$  размеров конечных кластеров для некоторой априорной вероятности  $p$  представляет особый интерес. Динамика этой величины в модели используется для исследования процессов возрастания стоимости заимствований и сингулярности финансового рынка. Поэтому, для пояснения смысла этой переменной приведем пример ее расчета.

Размер кластера обычно определяется числом  $f$  входящих в него ячеек, которые находятся в состоянии (+1). Таким образом, средняя величина кластеров размеров  $f$  есть выражение:  $\langle f \rangle = \sum_f f w_f$ , где  $w_f$  – вероятность того, что вы-

<sup>20</sup> В экспериментах объемы ликвидности однозначно соответствуют априорным вероятностям состояния системы, а влияние параметра идеосинкратического поведения считалось постоянным.

бранная случайно ячейка является частью кластера некоторого размера  $f$  [37]. Средняя величина кластеров вычисляется для многих конфигураций, которые формируются при различных значениях ликвидности (априорной вероятности).

В нашем примере средний размер конечных кластеров на сети линейного размера  $L = 16$  вычислен по единственной конфигурации для априорной вероятности  $p = 0,2$ . Такая конфигурация представлена на рис. 4 (а).

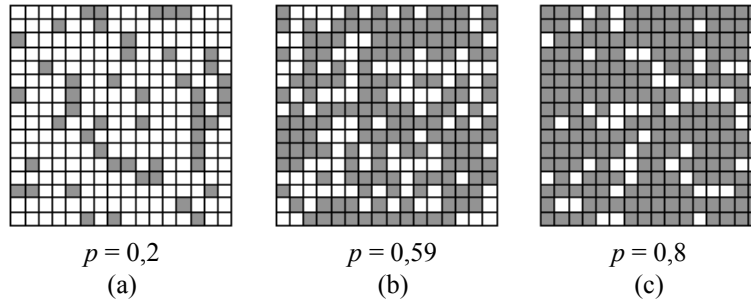


Рис. 4. Конфигурации сети размера  $L = 16$  для различных априорных вероятностей

Расчет среднего размера кластеров приведен в табл. 2. Как следует из приведенных расчетов, для априорной вероятности  $p = 0,2$  средняя величина конечных кластеров покупателей, рассчитанная по единственной конфигурации, равна

$$\langle f \rangle = \sum_f f w_f = 2,6.$$

Таблица 2.

Расчет среднего размера кластеров

Размер кластера, $f$	Число кластеров данного размера, $n_f$	$f n_f$	$w_f = \frac{f n_f}{\sum_f f n_f}$	$f w_f$
1	20	$1 \cdot 20 = 20$	$20/50=0,4$	$1 \cdot 0,4 = 0,4$
2	4	$2 \cdot 4 = 8$	$8/50=0,16$	$2 \cdot 0,16 = 0,32$
3	5	$3 \cdot 5 = 15$	$15/50=0,3$	$3 \cdot 0,3 = 0,9$
7	1	$7 \cdot 1 = 7$	$7/50=0,14$	$7 \cdot 0,14 = 0,98$
		$\sum_f f n_f = 50$		$\sum_f f w_f = 2,6$

Экономически это означает следующее. Для относительно небольших объемов избыточной ликвидности, соответствующих априорной вероятности  $p = 0,2$ , интен-



сивные взаимосвязи осуществляются в среднем между тремя участниками рынка, которые образуют устойчивый кластер покупателей долга. Эти «тройки» покупателей активно обмениваются взаимной информацией и ориентируются друг на друга при выборе сходной стратегии поведения. В разделе 5.1 будет показано, каким образом формирование кластеров покупателей влияет на рост стоимости новых заимствований, т.е. на макрохарактеристики финансового рынка.

### 4.3. Состояния финансового рынка

С помощью ресурса Интернета *Percolation Applet* автором был проведен ряд экспериментов на сети линейного размера  $L = 100$ , некоторые результаты которых приведены ниже. Для разных объемов ликвидности (значений априорной вероятности) на рис. 5 представлены три типичные конфигурации.

Для объемов ликвидности  $s < s_c$ , т.е. небольших, в сравнении с критическим объемом, рынок функционирует «нормально». Это означает, что число продавцов и покупателей активов, а также объемы их трансакций, примерно одинаковы, а поведение инвесторов имеет относительно низкую когерентность. Как правило, «нормальный» рынок – «глубокий» и «широкий», на котором размеры кластеров покупателей долга сравнительно малы. На рис. 5 (а) видно, что в этом состоянии число светлых ячеек (продавцов долга) примерно равно числу темных ячеек (покупателей долга), а средний размер кластеров покупателей долга  $\langle f \rangle$  конечен и сравнительно невелик. Это говорит о гетерогенности финансового рынка в том смысле, что предпочтения инвесторов разделены и симметричны, а число покупателей примерно равно числу продавцов. Для таких объемов ликвидности размеры кластеров покупателей долга не зависят от размеров рынка в целом.

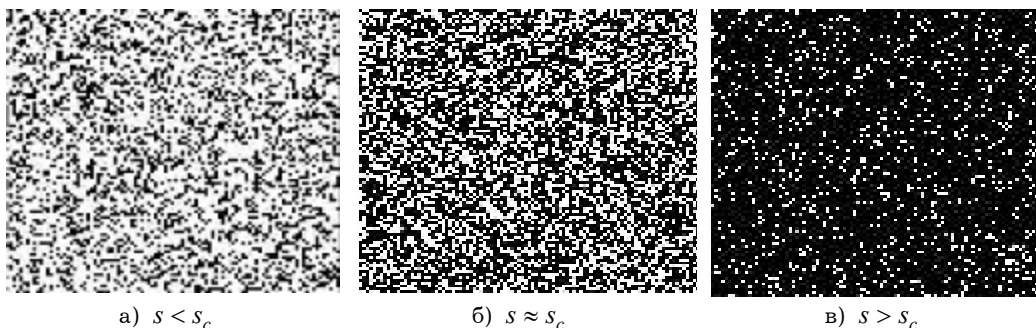


Рис. 5. Конфигурации сети участников рынка размера  $L = 100$  для разных объемов ликвидности

Увеличение ликвидности усиливает когерентность поведения участников рынка, поскольку, когда денег становится больше, то растет число покупателей долга, соответственно, продавцов денег. Таким образом, рост объемов ликвидности влечет за собой увеличение числа и среднего размера  $\langle f \rangle$  кластеров покупателей долга. На рис. 5 (б) представлена конфигурация системы для объемов ликвидности, близких к критическому уровню  $s \approx s_c$ .

В данном состоянии общее число продавцов долга по-прежнему примерно равно числу покупателей, но последние сорганизованы в единый кластер (ячейки темного цвета), который имеет максимальную размерность, сопоставимую с размерами всего рынка. Это характеризует явление *перколяции системы*, которое знаменует начало необратимых изменений финансовой системы, ведущих к неизбежному кризису. Перколяция связывается с появлением доминирующего на рынке кластера покупателей долга, геометрически расположенного, например, от верхней до нижней границы сети ячеек<sup>21</sup>. Перколяция финансового рынка происходит в критической точке  $s \approx s_c$  и означает радикальное изменение его свойств, поскольку на рынке начинают доминировать когерентные действия покупателей долга (инстинкт толпы). Размер максимального кластера определяется «корреляционной связностью» системы, т.е. степенью взаимного влияния покупателей долга, не нарушенного собственными предпочтениями участников данного кластера. Вместе с тем организация максимального (spanning) или перколяционного кластера довольно рыхлая. Перколяционный кластер, как видно на рис. 5 (б), имеет нерегулярную форму с «дырами», а, кроме того, на сети различимы многие независимые кластеры покупателей долга меньшей размерности.

Важнейшим результатом теории перколяции является определение ряда констант фазовых переходов для различных систем, так называемых «критических экспонент» (critical exponent). В нашей модели для малой окрестности критического значения эмиссии ликвидности,  $s = s_c$ , распределение средних размеров кластеров следует степенному закону:

$$(41) \quad \langle f \rangle \propto |s - s_c|^{-\gamma},$$

где  $\gamma = 43/18$  – одна из критических экспонент перколяции для ячеистой плоской сети [37].

В соответствии с формулой (41) в малой окрестности критической точки средний размер кластера покупателей долга  $\langle f \rangle$  пропорционален абсолютной величине разности между фактическим и критическим объемами ликвидности, возведенной в степень  $(-\gamma)$ . В частности, средний размер кластера покупателей долга увеличивается по мере приближения объемов ликвидности к своему критическому значению. Как следует из (41), в окрестности критической точки конечный объем ликвидности способствует формированию кластера покупателей долга сколь угодно большой размерности, что, в свою очередь, увеличивает (теоретически – до бесконечных размеров) спрос на активы, стоимость которых взлетает до небес. Иными словами, конечные объемы ликвидности должны монетизировать сколь угодно большие объемы задолженности<sup>22</sup>, что будет детально рассмотрено в разделах 5.2 и 5.3.

<sup>21</sup>) Определение перколяционного кластера для систем конечной размерности является предметом специального соглашения.

<sup>22</sup>) В. Рид (W. Reed) и Б. Хьюз (B. Hughes) показали, что для геометрического броуновского процесса изменений цены актива и случайного, экспоненциально распределенного, времени его окончания их совместное распределение является степенным [58]. Поскольку на микроуровне каждый инвестор выбирает стратегии поведения в соответствии с собственны-

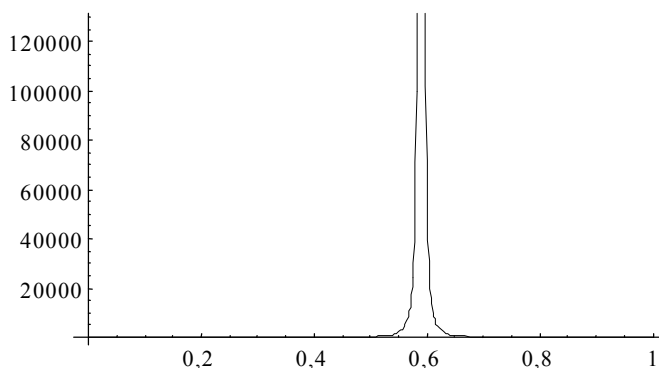


Рис. 6. Перколяция глобальной системы «деньги – долг»

Динамика среднего размера кластеров и перколяция глобального финансового рынка в точке  $p = 0,59$  представлены на рис. 6.

Инвариантность масштаба, свойственная степенному распределению, характеризует перколяционный кластер как фрактал, размерность которого для ячеистой плоской сети, как известно, равна  $d = 0,189 \pm 0,03$ . Фрактальный характер перколяционного кластера говорит о качественных изменениях, происходящих на финансовом рынке, где начинает доминировать кластер покупателей долга. Самоподобие системы и ее элемента – важнейшее свойство фрактала, появляется в результате резкого увеличения корреляционной связности во взаимодействии инвесторов. Оно отражает «эффекты толпы» на финансовом рынке, происходящие под воздействием увеличения объема ликвидности. В окрестности критической точки функция связности  $\xi(p)$  ведет себя сообразно степенному закону

$$(42) \quad \xi(p) \propto |s - s_c|^{-\nu},$$

где  $\nu = 4/3$  – одна из критических экспонент.

Корреляционная связность перколяционного кластера и его средний размер для степенного распределения кластеров в критической точке становятся теоретически бесконечными, хотя в реальных конечных системах они ограничены размерами всего накопленного долга. В критической точке элемент системы (перколяционный кластер) становится вполне сопоставимым с системой в целом.

В окрестности критической точки вероятность того, что произвольно выбранный инвестор окажется в перколяционном кластере покупателей долга,  $P_\infty(p)$ , определяется как

$$(43) \quad P_\infty(p) \propto (p - p_c)^\beta,$$

где  $\beta = 5/36$  – одна из критических экспонент.

---

ми предпочтениями, то случайный характер распределения времени окончания роста цены актива вполне обоснован, и данное утверждение может рассматриваться в ракурсе единства экономических процессов для разных режимов функционирования финансового рынка.

Приведенные выше характеристики перколяции на ячеистой сети, строго говоря, справедливы для бесконечно больших систем ( $L \rightarrow \infty$ ). Для реальных, конечных систем эти зависимости несколько иные. Так, для системы линейного размера  $L$ , когда связность становится сопоставимой с размерами системы,

$$(44) \quad \xi(p) \propto L,$$

используя соотношения (42) и (43), можно легко вычислить вероятность участия произвольно выбранного инвестора в доминирующем кластере покупателей долга. Эта вероятность есть

$$(45) \quad P_{\infty}(p) \propto L^{-\frac{\beta}{\nu}}.$$

Наконец, на рис. 5 (в) воспроизводится конфигурация вторичного рынка долгов для объемов ликвидности, превышающих критический уровень,  $s > s_c$ . В этом состоянии когерентность поведения участников рынка настолько велика, что практически все становятся покупателями долга, что объясняется избыточной ликвидностью, резким ростом «вязкости» рынка и снижением покупательной способности денег. Как видно на рис. 5 (в), в этом состоянии рынка только очень малое число участников рынка продает долги и образует отдельные кластеры (светлого цвета). Однако все постоянно и неопределенно долго покупать не могут – кто-то должен продавать, а если продавцов долга нет, то рынок обязательно коллапсирует. Такое состояние рынка, на котором только покупают, можно уподобить финансовому кризису, наступающему на стадии лопания «финансового пузыря», что обычно происходит на рынке акций.

## 5. Обратные связи и сингулярность финансового рынка

Экономическая интерпретация изменений микроструктуры финансового рынка вполне соответствует характеристике Дж. М. Кейнса процессов «спекуляции» и «предприимчивости» инвесторов [45]. Под термином «спекуляция» (speculation) он понимал аспект поведения инвесторов, который заключается в предвидении действий других участников рынка. Именно в этом смысле им была проведена аналогия с «конкурсом красоты», упомянутая в разделе 4.1. С другой стороны, «спекуляция» на финансовом рынке является одной из форм постоянного поиска инвесторами активов, имеющих наивысшую стоимость для владельца или максимальную доходность для покупателей. Этот аспект поведения инвесторов Кейнс характеризовал термином «предприимчивость» (enterprise)<sup>23</sup>.

Спекуляция и предприимчивость на финансовом рынке – сопряженные понятия, которые, поскольку изменение цен активов когерентно формированию кластеров покупателей долга, характеризуют разные аспекты единого процесса. Цепь причинно-следственных зависимостей в данном контексте выстраивается следующим образом: накопление избыточной ликвидности является основным импульсом формирования растущих кластеров покупателей долга, что увеличивает спрос на долги и вызывает рост стоимости новых заимствований.

<sup>23</sup>) Не смешивать с термином «предпринимательство» (entrepreneurship), который обычно используется в широком социально-экономическом контексте.

### 5.1. Уравнения финансовой «спекуляции» и «предприимчивости»

Предположение о перестройке микроорганизации рынка в соответствии с процессом перколяции позволяет составить уравнение динамики среднего размера кластеров  $\langle f \rangle$  покупателей долга. По экономическому смыслу, по мере приближения эмиссии ликвидности к критическому уровню размеры конечных кластеров увеличиваются. С учетом этого, дифференцируя равенство (41) по переменной ликвидности, получаем:

$$\frac{d\langle f \rangle}{ds} = (-\gamma)|s - s_c|^{-\gamma-1} \frac{d}{ds}|s - s_c| = \gamma \langle f \rangle^{\frac{1}{\gamma}} \langle f \rangle \propto \langle f \rangle^{\frac{\gamma+1}{\gamma}} \quad \text{для } s < s_c.$$

Это приводит к нелинейному дифференциальному уравнению относительно среднего размера кластеров:

$$(46) \quad \frac{d\langle f \rangle}{ds} = \langle f \rangle^{\frac{\gamma+1}{\gamma}},$$

где  $\gamma$  – критическая экспонента перколяции, приведенная в разделе 4.3.

Уравнение (46), моделируя динамику формирования среднего размера кластеров покупателей на глобальном рынке долга, соответствует процессу «спекуляции» по терминологии Дж. М. Кейнса. Вполне аналогично формированию кластеров покупателей долга изменяется стоимость новых заимствований: чем больше покупателей и чем более согласованно они действуют, тем выше спрос на активы, следовательно, выше их стоимость. Поведение инвесторов на микроуровне, организованных во взаимодействующие кластеры покупателей, порождает соответствующие макроэффекты на уровне рынка долга в целом, которые меняют величину стоимости новых заимствований.

Следуя этой логике, «предприимчивость» инвесторов, увеличивая стоимость новых заимствований, должна соответствовать формированию все более крупных кластеров покупателей, что увеличивает совокупный спрос на активы (долги). Динамика стоимости новых заимствований, как было показано в разделе 3.3, представлена дифференциальным уравнением (37) для начальной фазы избыточной эмиссии. Однако этот процесс, как было выяснено в разделе 4.3, не является линейным, поскольку накопление избыточной ликвидности влечет качественные изменения микроструктуры рынка. Пожалуй, самой простой моделью подобной нелинейности является дифференциальное уравнение первого порядка:

$$(47) \quad \frac{df}{ds} = f^a(s); \quad a > 1,$$

где параметр  $a > 1$  характеризует меру влияния стоимости новых долгов на скорость их роста<sup>24)</sup>. В контексте нашего исследования уравнение (47) может рассматриваться как модель «предприимчивости» инвесторов, по терминологии Кейнса.

<sup>24)</sup> В естественных науках это уравнение широко используется как модель вырожденных процессов самой различной природы: землетрясений, формирования снежных лавин, распространения лесных пожаров, эпидемий и т.д.

Согласно (47) изменение стоимости долга зависит не столько от объемов ликвидности, сколько от размеров новых заимствований. Во-вторых, темп прироста стоимости долга увеличивается по мере роста стоимости нового долга.

Нелинейное уравнение (47), как известно, редуцируется к линейному уравнению, что позволяет вычислить *критический объем эмиссии ликвидности*:

$$(48) \quad s_c = \frac{1}{n-1} f(0)^{-(a-1)},$$

и стоимость нового долга:

$$(49) \quad f(s) = f(0) \left[ 1 - \frac{s}{s_c} \right]^{-\frac{1}{a-1}}.$$

Из (49) следует, что конечная масса ликвидности монетизирует сколь угодно большие объемы стоимости новых заимствований. В критической точке  $s_c$  стоимость новых заимствований «равна бесконечности», иначе, объем новых заимствований становится сопоставимым с размерами всего долга, что может иметь место лишь для бесконечно высоких объемов заимствований. Но, когда масштабы новых заимствований равны размерам существующей долговой системы, то реального обеспечения материальными ресурсами либо надежными активами такая система иметь не может. Когда пределы заимствований не имеют ограничений, то кредиты и накопление долгов становятся сколь угодно большими; в таких условиях деньги теряют свою ценность, обмен активами тяготеет к бартерному, а финансовый рынок вырождается. Таким образом, в окрестности критической точки  $s_c$  одним из признаков качественных изменений, происходящих на рынке, где кластер покупателей долга превращается в перколяционный, становится вырожденность системы. Иными словами, монетизация конечными объемами ликвидности бесконечно высоких объемов задолженности эквивалентна коллапсу финансовой системы. Этот факт лишь маскируется тем, что в реальных системах стоимость новых заимствований ограничивается размерами существующей финансовой системы «деньги – долги», которая, разумеется, конечна.

Аналогия между процессами формирования кластеров покупателей долга и возрастания стоимости новых заимствований предполагает равенство соответствующих параметров в правых частях уравнений (46) и (47), которые измеряют скорости изменения состояний, т.е.

$$(50) \quad \frac{1+\gamma}{\gamma} = a.$$

Поскольку для моделей перколяции на простых сетях  $\gamma$  – известная величина, то из равенства (50) находится значение параметра  $a$ , влияющего на скорость формирования стоимости новых заимствований. Так, для  $\gamma = 43/18$  это означает, что расширение среднего размера кластера покупателей (в результате взаимодействия каждого участника кластера примерно с двумя другими) влияет через параметр  $a = 1,42$  на рост стоимости новых заимствований.

Динамика глобальной системы «деньги – долги» для данного значения параметра доходности представлена на рис. 7.

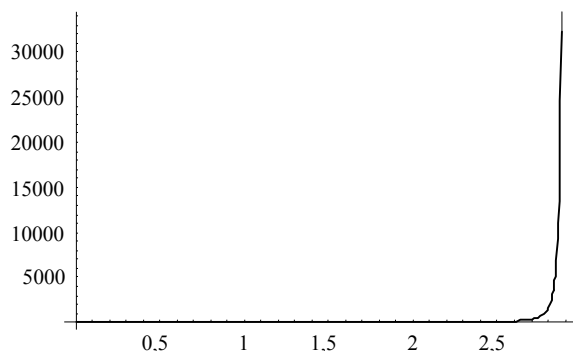


Рис. 7. Динамика глобальной системы «деньги – долги»

### 5.2. Эффект усиления положительных обратных связей

Нелинейный характер уравнения (47) отражает резкое усиление действия положительных обратных связей на финансовом рынке, вызванное когерентным поведением инвесторов на вторичном рынке долгов. Накопление глобальной ликвидности увеличивает кластеры покупателей долга, спрос и стоимость новых заимствований, причем одновременно с увеличением темпа прироста стоимости (ставки доходности) последних, что видно из простой модификации уравнения (47):

$$(51) \quad \frac{1}{f(s)} \frac{df}{ds} = f^{(a-1)}(s).$$

Новое качество системы «деньги – долги», состоящее в том, что конечный объем ликвидности монетизирует теоретически бесконечную стоимость новых долгов, может быть иллюстрирован простым примером удвоения стоимости новых заимствований.

Предположим, что для первоначального уровня эмиссии ликвидности в 70 единиц, стоимость новых заимствований в некотором масштабе равна единице и увеличивается с темпом прироста  $\lambda_f = 0,01$  до первого удвоения. Затем приращение эмиссии снижается до 35, и для эмиссии в 105 единиц уровень заимствований и ставка доходности вновь удваиваются. В табл. 3 представлен процесс последовательных удвоений уровней и темпов (ставок доходности) заимствований, в котором объемы монетизации в промежутках между удвоениями заимствований изменяются как

$$s = \frac{\ln 2}{\lambda_f} \cong \frac{0,7}{\lambda_f},$$

откуда, в частности, ясно, почему начальный объем заимствований выбран равным 70 единицам. Каждое удвоение уровня новых заимствований  $f(s)$  делает владельцев нового долга вдвое богаче, соответственно, заставляет эмитентов долга погашать

вдвое большие суммы. Такой «каскад удвоений» размеров стоимости новых заимствований, оказывается, может происходить при весьма быстро сокращающихся приростах накопления глобальной ликвидности.

Несложный расчет показывает, что в нашем примере увеличение эмиссии глобальной ликвидности происходит в соответствии с формулой

$$s = 70 \left( \sum_{j=0}^{\infty} 2^{-j} \right) = 70 \left( 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \dots \right) = 70 \cdot 2 = 140.$$

Таблица 3.

Динамика удвоения стоимости новых долгов

$f_k(s) = k$	1	2	4	8	16	32	64	128
$\lambda_f$	0,01	0,02	0,04	0,08	0,16	0,32	0,64	1,28
$\Delta s = 0,7 \cdot \lambda_f^{-1}$		35	17,5	8,75	4,4	2,2	1,1	0,55
$s$	70	105	122,5	131,25	135,65	137,85	138,95	139,5
$\frac{1}{k} \sum_{j=1}^k s_j$	70	52,5	30,6	16,4	8,5	4,3	2,2	1,1

Иными словами, вся сумма приростов эмиссии конечна и равна критическому объему эмиссии ликвидности (140 единиц в нашем примере). Для этого значения эмиссии стоимость новых заимствований становится сопоставимой со стоимостью всего накопленного долга, поскольку

$$f(s) = \sum_{j=0}^{\infty} 2^j \rightarrow \infty.$$

Понятно, что когда новые и накопленные долги бесконечно велики, то номинал накопленного долга исчезает. Это равносильно утверждению о коллапсе реальной системы «деньги – долги».

Экономически интересен факт модификации портфеля Кейнса «деньги – долги», поскольку в данной схеме приращение заимствований происходит без их монетизации. В «нормальном» режиме финансового рынка, или на начальных этапах накопления избыточной ликвидности, это невозможно, поскольку уравнения (22) и (36) имеют положительный действительный корень, следовательно, рост стоимости новых заимствований может происходить лишь при расширяющихся объемах ликвидности. Такая ситуация вполне аналогична простым процессам раздувания финансового пузыря, либо гиперинфляции. Напомним, что в простой модели инфляции цены товаров, услуг и ресурсов растут, поскольку увеличивается денежная масса, которая постепенно транслируется в рост цен.

Между тем, механизм, сформулированный в разделе 5.1, отличается от стандартного пузыря принципиально, поскольку неограниченный рост стоимости новых



заимствований происходит при конечном количестве денег. Это может иметь место, например, когда должник получает право погашать займы выпуском новых долговых обязательств. Например, в начале двухтысячных годов в США получили широкое распространение займы, которые должник погашал новыми долговыми обязательствами (payment-in-kind notes). История воистину повторяется, если вспомнить цитируемое в разделе 3.3 высказывание Гескиссона, с той лишь разницей, что единственный случай становится массовым явлением, нормой совершения долговой сделки.

В данной схеме расчетов по долгам, в отличие от простого портфеля Кейнса, конечная сумма денег не покупает весь объем долгов. Иначе, увеличение эмиссии ликвидности вызывает рост стоимости новых заимствований, но каждая денежная единица покупает  $1/f(s)$  часть стоимости новых долгов. Поэтому, когда стоимость новых заимствований неограниченно возрастает,  $f(s) \rightarrow \infty$ , покупательная способность денежной массы снижается:

$$\frac{s}{f(s)} \rightarrow 0,$$

что показано в последней строке табл. 3.

Первоначальный импульс в данной схеме – избыточная ликвидность, т.е. деньги, не связанные транзакциями на реальном рынке. Избыточные деньги направляются на рынок активов, где запускается механизм формирования растущих кластеров покупателей активов и роста стоимости активов. Стоимость долгов увеличивается при сокращающихся темпах роста ликвидности, подобно тому, что формирование снежной лавины (avalanche) не предполагает снегопада. Однако в режиме перколяции все более медленное нарастание эмиссии денег лишь косвенно влияет на усиление активности инвесторов, которая стимулирует расширение объемов кредитования и рост стоимости новых заимствований. Лавинообразный рост их стоимости все более отрывается от эмиссии денежной базы благодаря секьюритизации активов и появлению новых производных финансовых инструментов.

### 5.3. Вырождение рынка «деньги – долги»

Насколько механизм опережающего, по сравнению с увеличением ликвидности, возрастания стоимости долга согласуется с действительностью? По нашему мнению, в основе этого процесса лежит усиливающаяся секьюритизация активов, на потенциальную опасность которой указывает модель сингулярности. Как известно, в отличие от традиционного заимствования, этот способ финансирования хозяйственной деятельности состоит в продаже будущих потоков доходов, которые капитализируются и превращаются в высоколиквидные и, теоретически, достаточно надежные финансовые инструменты. Именно этот процесс стилизован в табл. 3.

Превращение физических ресурсов в ликвидные финансовые инструменты существенно расширяет масштабы финансового рынка, но вместе с тем опасно увеличивает пределы допустимых заимствований [29]. Так, на американском рынке залладных доля ненадежных займов (subprime loans) возросла за двадцать лет с 5 до 20% [60]. Облегченные условия кредитования<sup>25)</sup> привели к кризисным явлениям

<sup>25)</sup> Совершенно анекдотическими являются, например, «ниндзя-займы», т.е. займы людям, не имеющим доходов, работы или активов (No Income, No Job or Assets, NINJA Loans),

на американском рынке ипотечных кредитов в 2006–2007 гг. (subprime loans market meltdown), вызвавшим уже к июлю 2007 г. потери, как минимум, в 100 млрд. долл. [73]. При колоссальных объемах задолженности домашних хозяйств, которая в США превысила объемы годового ВВП, а также тесном взаимодействии рынков различных долгов, как в национальном, так и мировом масштабах, нарастание напряженности на рынке закладных – крупнейшем сегменте долгового рынка – с высокой вероятностью способно трансформироваться в глобальную финансовую катастрофу.

В модели гиперактивность финансового рынка, прежде всего его вторичного сегмента, где происходит перераспределение денег, порождает лавинообразный рост стоимости активов. При этом модифицируется портфель Кейнса «деньги – долги», что меняет характер взаимодействия финансового и реального рынков. Конечная величина эмиссии денег соответствует все большей стоимости долгов, что, как видно

из табл. 3, влечет падение или покупательной способности  $\frac{1}{k} \sum_{j=1}^k s_j$ , или денег.

Стоимость новых заимствований «бесконечно велика», но в терминах ликвидности богатство инвесторов практически равно нулю. Такой рынок существовать не может, что и является характеристикой коллапса финансовой системы.

Принципиально, стоимость задолженности увеличивается до тех пор, пока каждый участник глобального рынка удовлетворен той формой финансового богатства, которую имеет, не требуя его немедленной ликвидации, т.е. превращения в наличность. Сингулярность такого процесса представляется очевидной, хотя генезис можно проследить уже в «нормальном» режиме финансового рынка. Последнее обстоятельство можно иллюстрировать следующим образом.

Допустим, что богатство некоего индивида составляет 60 млрд. долл. В экономике частной собственности подавляющая часть богатства – это финансовые активы, обращение которых для высокой степени посредничества стабильно лишь при удовлетворенности инвесторов теми инструментами, которые они имеют. Между тем поддерживающая их ликвидность много меньше номинальной стоимости богатства. Иными словами, «ликвидировать» без потерь или, попросту говоря, выручить за это богатство 60 млрд. долл. в просторечии «налом», нельзя. Даже в «нормальных» условиях массивная продажа активов немедленно приведет к падению их рыночной стоимости, следовательно, драматическому сокращению богатства в форме ликвидности. Подобным образом действует и коррекция рынка, которая восстанавливает «нормальные» размеры кредитования посредством их сокращения, которое может иметь конечные и относительно небольшие размеры, подобно credit crunch 2007, либо завершиться коллапсом глобальной системы «деньги – долги».

## 6. Модель: вероятность коллапса глобальных финансов

Рассмотрим «пессимистический» сценарий возможного развития мировой системы «деньги – долги». Согласно этому сценарию избыточная глобальная ликвидность перетекает на различные сегменты рынка долгов и влечет ускоренный рост

---

которые, однако, охотно предоставлялись кредиторами, желающими получить доходы в условиях избыточной ликвидности.

стоимости мировых заимствований. Коррекция финансового рынка, однако, не ограничивается его отдельными сегментами, как во время кредитного кризиса 2007 г., а перерастает в глобальную финансовую катастрофу. Это – вполне возможное развитие событий, особенно если реальная экономика переживает трудности. Какова же вероятность развития событий в данном направлении?

### 6.1. Исходная информация о глобальной ликвидности

Как отмечалось выше, измерение глобальной ликвидности, тем более избыточной, – не простое дело, в значительной мере из-за размытости определения ликвидности. Существуют *pro et contra* в отношении каждого конкретного подхода в расчетах глобальной ликвидности. Например, многие исследователи измеряют ликвидность как сумму депозитов населения и чистых потоков капитала у фирм, тогда как другие склоняются к более традиционному расчету динамики денежных агрегатов. Используются разные классификаторы стран и инструментов, различные наборы показателей ликвидности, разные меры характера и тесноты зависимости между соответствующими индексами. Пожалуй, наиболее общее представление о структуре глобальной ликвидности, которое используется для параметризации модели, приводится в выступлении главы центрального банка Новой Зеландии А. Болларда (A. Bollard) [16].

В современных финансовых системах «широкие деньги» разных уровней, включающие основную массу коротких кредитов населению, бизнесу и государству, непосредственно участвуют в формировании агрегированного спроса. Поэтому сравнение «внутренних» монетарных агрегатов с размерами номинальных макроэкономических расходов достаточно точно характеризует истинные объемы глобальной ликвидности. «Внешние» деньги, или деньги повышенной мощности, которые создают центральные банки, образуют весьма небольшую часть, около 1%, как видно из рис. 8, объема глобальной ликвидности. Между тем именно они формируют динамику ликвидности и являются наиболее однородной ее компонентой. В расчетах, как отмечено в разделе 1.3, термин «глобальная ликвидность» применяется к объемам глобальной денежной базы (деньгам «повышенной мощности»), тогда как мировая задолженность измеряется объемами глобального секьюритизированного долга.

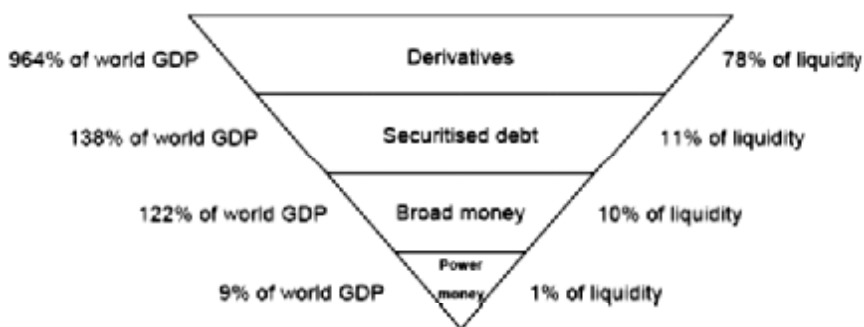


Рис. 8. Структура глобальной ликвидности

Источник: [16].

Для параметризации предлагаемой модели проведем некоторые, весьма упрощенные, расчеты, используя данные МВФ [41] и *Independent Strategy*, приведенные в выступлении [16]. Объем мирового ВВП за 2005 г. принят равным 61,1 трлн. долл. в пересчете на паритет покупательной способности валют, причем доля ВВП стран с развитой экономикой была равна 52,3% от этой величины. Поскольку денежная база, которая является одной из мер ликвидности, составляет 9% ВВП, то ее мировой объем оценивается величиной порядка 5,5 трлн. долл.

Далее, по статистике МВФ [41], с учетом удельных весов развитых и прочих стран в мировом ВВП, средний за 2001–2005 гг. темп прироста денег по странам мира составлял примерно 11%. Пренебрегая различиями в скоростях роста денежных агрегатов, получаем оценку объема эмиссии глобальной денежной базы для 2005 г. в 0,61 трлн. долл. ( $5,5 \cdot 0,11$ ). Полученная величина, равная 1% от объема мирового ВВП, представляется несколько завышенной, однако вполне правдоподобной и приемлемой для данного примерного расчета.

Объем секьюритизированной задолженности (securitized debt) – другой меры глобальной ликвидности – в 2005 г. равнялся 138% мирового ВВП, или 84,3 трлн. долл. По данным МВФ, за 2005 г. размер дефицита бюджета стран с развитой экономикой находился в пределах 2,7%, а остальных стран – 0,9%, соответственно, от их совокупного ВВП. С учетом вклада этих двух типов экономик в мировое производство это дает среднюю долю бюджетного дефицита в 1,8% от глобального ВВП. Полагая, что дефицит бюджетов всех стран целиком финансировался посредством заимствований на свободном рынке, определяем стоимость их суммарного «нового долга»  $f(s)$  примерно в 1,1 трлн. долл. Интересно отметить, что, по состоянию на 2005 г., величина совокупного «нового долга» на порядок меньше объема секьюритизированного долга, который принят за масштаб мирового долга в целом. Это обстоятельство может считаться одним из свидетельств гетерогенности финансового рынка и, следовательно, отдаленности кризиса.

Итак, ориентировочные расчеты, проведенные выше, дают две эмпирические величины, необходимые для параметризации модели: объем эмиссии глобальной денежной базы  $s = 0,61$  трлн. долл., а также стоимость глобального «нового долга»  $f(s) = 1,1$  трлн. долл.

## 6.2. Расчет вероятности долгового коллапса

Оценки объемов эмиссии глобальной денежной базы, а также стоимости глобальных заимствований, приведенные выше, используются для расчета критического объема эмиссии ликвидности  $s_c$ , а также начальных условий  $f(0)$ . Указанные параметры находятся из совместного решения системы уравнений (48) и (49):

$$f(s) = f(0) \left[ 1 - \frac{s}{s_c} \right]^{-\frac{1}{a-1}} \text{ и } s_c = \frac{1}{a-1} f(0)^{-(a-1)} \text{ для } a = 1,42.$$

Значение параметра  $f(0)$  оценивается в 0,62 трлн. долл. Измеряя ликвидность посредством денежной базы, получаем *критический объем* эмиссии глобальной ликвидности  $s_c$ , который составляет 2,91 трлн. долл.:

$$s_C = \frac{1}{0,42} 0,62^{-0,42} = 2,91.$$

Из проведенных выше расчетов следует, что при фактической величине эмиссии мировой денежной базы в 0,61 трлн. долл. стоимость «нового долга» равняется 1,1 трлн. долл.:

$$f(s) = 0,62 \left(1 - \frac{0,61}{2,91}\right)^{\frac{-1}{0,42}} = 1,0855,$$

что соответствует фактической величине новых заимствований в мире. Полученные численные характеристики позволяют рассчитать последовательность состояний системы глобальных финансов, которые представлены в табл. 4.

Как следует из этой таблицы, дрейф глобальной финансовой системы к критической точке происходит достаточно медленно. Так, удвоение объема глобальной ликвидности приводит к двукратному росту стоимости нового долга, которая продолжает быть на порядок меньше существующего накопленного долга в глобальной системе «деньги – долги». Это свидетельствует о прочности системы, а также о наличии эффективных внутренних сдержек и противовесов. Система глобальных финансов достаточно стабильна (robust), а ее состояние на текущий момент, как представляется, позволяет с высокой вероятностью говорить о возможности развития событий по благоприятному сценарию. В защиту этой гипотезы можно привести три обстоятельства: система мировых финансов находится достаточно далеко от критического значения глобальной ликвидности, размер новых долгов много меньше объема накопленного долга, и, наконец, скорость дрейфа системы к коллапсу весьма невелика. Такие выводы вполне согласуются с фактом достаточно ограниченных потерь в результате кредитного кризиса 2007 г.

Таблица 4.

Состояние глобальных финансов (для  $a = 1,42$ )

Мировой объем секьюритизированного долга $B(s)$ , трлн. долл.	Параметр «нового долга» $f(0)$ , трлн. долл.	Критический объем эмиссии денег «повышенной мощности» $s_C$ , трлн. долл.	Объем эмиссии денег «повышенной мощности» $s$ , трлн. долл.	Объемы стоимости «нового долга» $f(s)$ , трлн. долл.	Относительная стоимость денег $\frac{s}{f(s)}$	Пределы заимствований $q = \frac{f(s)}{F}$
84,3	0,62	2,91	0,61	1,1	0,55	0,01
			1,22	2,24	0,55	0,03
			2,44	47,6	0,05	0,56
			2,54	84,1	0,03	1,02
			2,6	128,2	0,02	1,52

Насколько серьезны в таком случае опасения коллапса глобальной финансовой системы? Озабоченность такого рода объясняется, прежде всего, неопределен-

ностью темпов накопления избыточной ликвидности. Ускорение темпов, как следует из модели, резко усилит «гомогенизацию» мирового финансового рынка, а появление доминирующего (перколяционного) кластера глобальных покупателей долгов приведет к быстрому и резкому возрастанию размеров стоимости новых заимствований. В табл. 4 это заметно на уровнях глобальной ликвидности, превышающих 2 трлн. долл.

Грубые оценки вероятности глобального коллапса могут быть получены, исходя из аналогии финансового рынка ячеистой сети размерности 2D (2D site lattice). Из предположения о мировых финансах, как об очень большой системе, следует, что перколяция, или начало необратимых изменений на рынке, наступает для объема глобальной ликвидности в 2,91 трлн. долл., которому соответствует априорная вероятность  $p_c = 0,592$ . Это позволяет, по данным за 2005 г., определить текущее положение глобальной системы «деньги – долги» на шкале априорных вероятностей величиной примерно в 12%:

$$p = \frac{0,61 \cdot 0,59}{2,91} = 0,1237.$$

Фактический объем эмиссии глобальной ликвидности за 2005 г., измеряемой деньгами повышенной мощности, составил около 21% от ее критического уровня, что определяет величину безусловной вероятности перколяции системы глобальных финансов,

$$1 - R = \frac{s}{s_c},$$

где  $(1 - R)$  – оценка значения функции «отказа системы». Соответственно, безусловная вероятность противоположного события – отсутствия необратимых изменений системы – (значение функции «надежности мировых финансов»)

$$R = 1 - \frac{s}{s_c}$$

оценивается в 79%. Это определяет условную вероятность перколяции финансовой системы примерно в 27%<sup>26)</sup>:

$$\frac{1 - R}{R} = 0,266.$$

Итак, при условии, что крах глобальных финансов не произошел в прошлом, он может иметь место с вероятностью в 27%. Эта вероятность не является пугающе высокой, но и не есть пренебрежимо малая величина. Поскольку все приведенные экономические параметры модели имеют размерность года, то этому значению вероятности соответствует период, равный примерно четырем годам. Иначе, если

<sup>26)</sup> Приведенные расчеты, предполагающие замену предельных величин на средние, носят, разумеется, сугубо ориентировочный характер, а оценки функций финансовой надежности и риска требуют более детальной информации о развитии данных процессов во времени.

тенденции в развитии мирохозяйственных связей сохранятся, то через четыре года следует ожидать серьезных потрясений на мировом финансовом и, возможно, на реальном рынке. Даже с учетом того, что кредитный кризис 2007 г., оздоровив глобальные финансы, увеличил период ожидания коллапса, такой вывод подтверждает весомость опасений в отношении перспектив эволюции мировой кредитно-денежной системы. Достаточно высокие риски наступления кризиса говорят о необходимости активизации исследований данной проблемы и осуществления серьезных реформ глобальных финансов [42].

### 6.3. Некоторые параметры режимов «нормальной» и избыточной ликвидности

Теоретические уравнения перколяции, приведенные в разделе 4.3, могут быть использованы для исследования структуры глобальной финансовой системы. Иллюстрируем это следующим примером. Так, в работе [75] содержится указание на то, что на рынке государственных облигаций США занято примерно 2000 брокеров и дилеров. Вполне правдоподобная оценка линейного размера глобальной системы покупателей и продавцов правительственных долгов в таком случае может быть принята на уровне  $L = 10^2$ . Используя уравнение (45), можно утверждать, что вероятность участия произвольно выбранного брокера в перколяционном кластере покупателей долга будет пропорциональна примерно пяти десяти тысячным:

$$P_{\infty}(s = 2,91) \propto 10^{-2 \cdot 1,67} = 4,57 \cdot 10^{-4}.$$

Интересно отметить, что столь небольшая вероятность для случайно выбранного инвестора оказаться в числе самой крупной группы покупателей долгов говорит о «рыхлости» и «разреженности» максимального кластера покупателей долга в окрестности критической точки, иначе, о его фрактальных свойствах.

Параметризация состояния глобальной финансовой системы в критической точке помогает также рассчитать некоторые характеристики мировых финансов в режиме «избыточной ликвидности» и сингулярности рынка, которые представлены на рис. 9. В частности, на этом рисунке явно видна смена режимов, которая имеет место в точке, где объемы ликвидности равны текущим объемам,  $s = 0,61$  трлн. долл. Предположим, что переход к режиму подавленных колебаний происходит уже в текущем состоянии мировых финансов. Тогда совместное решение системы уравнений относительно объемов глобальной ликвидности  $s^*$  и  $\hat{S}$ , составленных для условия нормализации (40):

$$0,12 = \frac{0,61 - s^*}{\hat{S} - s^*} \quad \text{и} \quad 0,59 = \frac{2,91 - s^*}{\hat{S} - s^*},$$

определяет константу характеристического масштаба  $\hat{S}$  в 4,92 трлн. долл.<sup>27)</sup>. По экономическому смыслу, эта величина соответствует объему ликвидности, при

<sup>27)</sup> Нижняя граница интервала значений эмиссии глобальной ликвидности равна  $s^* = 0,023$  трлн. долл.

котором на рынке долгов действуют преимущественно покупатели. Напомним, что такая ситуация складывается на рынке, состояние которого представлено на рис. 5 (в).

По данным МВФ, средняя за 2004–2005 гг. величина короткой ставки доходности равна 2,1% годовых [41]. В предположении (достаточно произвольном) неизменности ставки глобальной безрисковой доходности ориентировочно на уровне 0,02% годовых, по формуле (33) можно вычислить значение параметра «удобства денег» для избыточной ликвидности:

$$4,92 = \frac{0,02 - \delta}{0,02} \cdot 0,61, \text{ или } \delta = -0,14.$$

Это значит, что в условиях доминирования на рынке кластера покупателей долга владелец актива, получая купонные платежи деньгами, несет убытки в размере 14% годовых. Отрицательная купонная доходность не встречается в нормальных условиях, поскольку владелец долга получает положительный периодический доход. Однако вблизи критической точки купонные платежи соответствуют отрицательному доходу, который компенсируется очень высоким значением дохода от роста капитальной стоимости актива. Для компонент общей доходности актива такое соотношение не только компенсирует негативный эффект избыточной ликвидности, но и стимулирует инвесторов к дальнейшему приобретению долгов.

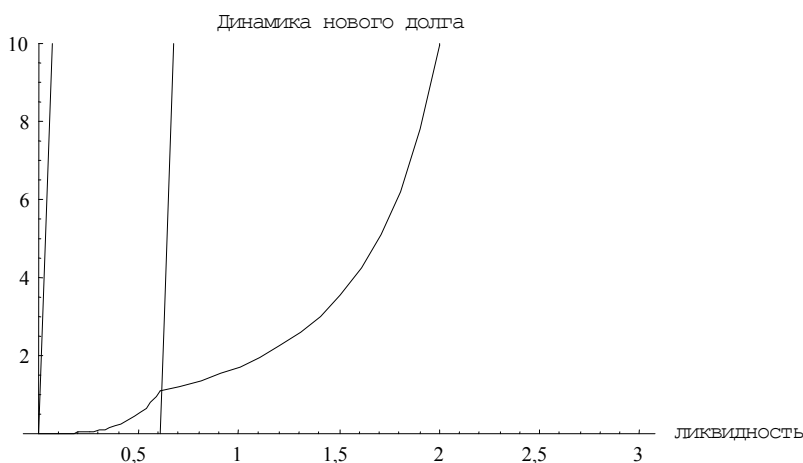


Рис. 9. Эволюция глобальной финансовой системы

Необходимо отметить, что ситуация вблизи критической точки резко контрастирует с текущим положением на финансовом рынке. В табл. 5 приводятся значения доходностей, исчисленных по эмиссии и уровням глобальной денежной базы, где ставка изменения капитальной стоимости актива на мировом рынке долга составляет

$$a = \frac{f(s)}{F} = \frac{1,1}{84,3} = 0,0131.$$



Низкий уровень общей доходности активов, который приведен в первой колонке таблицы, объясняется тем, что купонная доходность рассчитана по эмиссии денежной базы. В расчете на уровень денежной базы, глобальная доходность с учетом рисков существенно выше, что показано во втором столбце табл. 5.

Таблица 5.

## Некоторые параметры глобальных финансов

	Эмиссия денежной базы	Уровень денежной базы
Доходность с учетом рисков $\mu$	0,0203	0,0781
Изменение капитальной стоимости $a$	0,0131	
Купонная доходность $\delta$	0,0072	0,065
Общий уровень задолженности $F$ , трлн. долл.	84,3	
Фундаментальная стоимость долга $B(s) = F + f(s)$ , трлн. долл.	85,4	

Поллагая, что фактическая эмиссия глобальной ликвидности примерно соответствует ее оптимальному уровню, по формуле (29) можно вычислить значение положительного характеристического корня. Оно равно  $\beta \equiv \beta_2 = 200,7$ , что дает единичное значение параметра  $q$  Тобина:

$$q = \frac{200,7}{200} = 1,005 \cong 1,0.$$

Столь низкое значение параметра  $q$  означает практически полное отсутствие влияния неопределенности на объемы эмиссии ликвидности. В условиях избыточности денег инвесторы должны не ждать, а немедленно покупать активы [6, 24], причем уже для текущего состояния мирового финансового рынка. Столь категорическое высказывание вряд ли соответствует реалиям сегодняшнего дня, хотя, с другой стороны, оно вполне согласуется с необычно низкими, до начала кредитного кризиса 2007 г., значениями индекса «вмененной волатильности» – *VIX*.

## 7. Заключение

Предложенная модель, как отмечалось в разделе 1.3, концептуально вполне аналогична более общей теории «дефляционного долга» Фишера – Минского – Бернанке. Вместе с тем акценты в характеристике поведения инвесторов разные. Указанная теория, по нашему мнению, апеллируя к спонтанной ликвидации активов отдельными участниками рынка, объясняет механизм развития кризиса, но не порождающие его причины. Действительно, любой инвестор, продавая активы в целях увеличения ликвидности, в определенных условиях способен породить эффект домино, приводящий рынок к коллапсу. Однако если общая стоимость активов растет, то неясно, каким образом финансовые трудности отдельно взятого участника рынка перерастают в глобальный кризис. С другой стороны, в условиях финансового кризиса нехватка денег должна быть интегральной характеристикой

всей системы. Но как это совмещается с избытком глобальной ликвидности? Как отмечалось в разделе 1.2, накопление глобальной ликвидности не имеет инфляционных последствий, но и не порождает дефляцию. В этом отношении затяжная дефляция в Японии, спровоцированная крахом рынка недвижимости и неэффективностью банковской системы, разумеется, весьма серьезный симптом. Однако даже кредитный кризис 2007 г. не дает свидетельств о развитии мировой экономики по такому сценарию. Иными словами, силы, раздувающие финансовый пузырь, остаются нераскрытыми.

В нашей модели избыточная денежная масса, накопленная в глобальном масштабе, побуждает инвесторов покупать активы, а превышение спроса на активы над их предложением ведет к росту стоимости новых заимствований. В основе этого процесса, как отмечалось в разделе 3.6, лежит усиливающаяся активизация инвесторов, их растущая информационная взаимозависимость, увеличение объемов транзакций и синхронности приобретения долгов. Между тем центральные банки наращивают денежную базу все медленнее, поскольку негативные последствия процесса увеличения избыточной ликвидности становятся все более очевидными. Кроме того, как показывает развитие кредитного кризиса 2007 г., возможности центральных банков регулировать доходность в период рыночной коррекции достаточно ограничены.

Растущий финансовый пузырь ускоряет рост стоимости новых заимствований, который, однако, поддерживается сокращающимся притоком ликвидности. Это приводит к усилению ограничений на реализацию богатства, которые, вообще говоря, существуют и в «нормальных» условиях. Многократно возрастающее «финансовое посредничество» в процессе секьюритизации активов делает инвесторов богаче, но одновременно сокращает их возможности реализовать свое богатство в ликвидной форме, когда рынок возвращается к «предпочтению ликвидности», означая резкое падение спроса на активы и, соответственно, увеличение спроса на ликвидность. Это явление предопределено формированием в малой окрестности критической точки перколяционного кластера покупателей активов, имеющих фрактальную размерность. Когда новые долги в основном покупаются, а деньги «продаются», то наступление общего кризиса системы неизбежно, а следовательно, и его преодоление посредством грубой и болезненной коррекции рынка. Таким образом, массивная продажа активов должниками (*debt deflation*), которая ведет к снижению цен активов, является следствием, а не причиной «сверхгрубой» коррекции рынка, имеющей масштабы коллапса.

Причина краха системы кроется в резком усилении положительных обратных связей, вызванных растущей когерентностью поведения инвесторов, организованных в кластеры покупателей долга. Иначе, не стагнация, а гиперактивность финансового рынка, поддерживаемая секьюритизацией активов и производными типа свопов кредитного дефолта (*credit default swaps, CDS*), приводит к его краху. Вместе с тем существенным фактором финансового кризиса, который, по смыслу, есть синоним нехватки денег, является невозможность (и нежелание) центральных банков увеличивать ликвидность для поддержания гиперактивности рынка. Когда центральные банки не в состоянии выполнять свою функцию «кредиторов последней инстанции» (*lenders of the last resort*), то это, со времен Великой депрессии, способствует развертыванию кризиса финансовой системы. На наш взгляд, такая логика развития событий может вполне соответствовать глобальной экономической действительности.

\* \*  
\*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дернятин М.А.* Оценка параметров модели монетизации долга: на примере динамики государственного долга США за 1959–2004 гг. Магистерская диссертация / ГУ ВШЭ. М., 2005.
2. Интерпретация экономических процессов с позиции физики (тематическая подборка статей) // Вопросы экономики. 2005. № 8.
3. *Рикардо Д.* Сочинения. Т. 2. М.: Госполитиздат, 1941.
4. *Смирнов А.Д.* Оптимальная стабилизация государственного долга // Экономический журнал ВШЭ. 1998. Т. 2. № 1.
5. *Смирнов А.Д.* Лекции по макроэкономическому моделированию. М.: ИД ГУ ВШЭ, 2000.
6. *Смирнов А.Д.* Монетизация государственного долга // Экономический журнал ВШЭ. 2005. Т. 9. № 2.
7. *Щербаков Д.Ю.* Моделирование процесса монетизации государственного внутреннего долга России (на месячных данных за период 2003–2006 гг.): Бакалаврская работа. М.: ГУ ВШЭ, 2007.
8. *Allen F., Morris S., Shin H.S.* Beauty Contests, Bubbles and Iterated Expectations in Asset Markets: Working Paper 03-06. The Wharton Financial Institutions Center, 2003.
9. *Anderson P.K.J., Arrow K., Pines D.* (eds.) The Economy as an Evolving Complex System. Reading, Mass: Addison-Wesley, 1988.
10. *Axtell R.* Zipf Distribution of US Firm Sizes // Science. 2001. Vol. 293. № 7. ([www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org))
11. *Bak P., Tang C., Wiesenfeld K.* Self-Organized Criticality // Physical Review A. 1988. № 38. P. 364.
12. *Bak P., Chen K., Scheinkman J., Woodford M.* Aggregate Fluctuations from Independent Sectoral Shocks: Self-Organized Criticality in a Model of Production and Inventory Dynamics // Ricerche Economiche. 1993. Vol. 47. № 3.
13. Bank for International Settlement: 76<sup>th</sup> Annual Report. Basel. 26 June 2006.
14. *Bernanke B.* Nonmonetary Effects of the Financial Crisis in Propagation of the Great Depression // American Economic Review. 1983. Vol. 73(3). P. 257–276.
15. *Blume L.E., Durlauf S.N.* (eds.) The Economy as an Evolving Complex System III. Oxford University Press, 2005.
16. *Bollard A.* Easy Money – Global Liquidity and its Impact on New Zealand: Speech by the Governor of the Reserve Bank of New Zealand. Wellington, 15 March 2007.
17. *Briys E., Bellalah M., Min May H., De Varenne F.* Options, Futures and Exotic Derivatives. John Wiley & Sons, 1998.
18. *Buckle M., Thompson J.* The U.K. Financial System. Theory and Practice. 3<sup>rd</sup> ed. Manchester: Manchester University Press, 1998.
19. *Cagan P.* The Monetary Dynamics of Hyperinflation // M. Friedman (ed.) Studies in the Quantity Theory of Money. Chicago: University of Chicago Press, 1956.
20. *Cox S., Fairchild J., Pedersen H.* Actuarial and Economic Aspects of Securitization of Risk. Atlanta: Georgia State University, 1999.
21. Credit Default Swap // Wikipedia, the free Encyclopedia. WebSite.
22. *Cummins D., Phillips R.* Applications of Financial Pricing Models in Property-Liability Insurance // The Handbook of Insurance Economics. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1999.
23. *Cuthbertson K., Nitzsche D.* Financial Engineering. Derivatives and Risk Management. Chichester, Sussex: John Wiley & Sons, 2002.

24. *Dixit A., Pindyck R.* Investment under Uncertainty. Princeton University Press, 1994.
25. *Delli Gatti D., Di Guilmi C., Gaffeo E., Giulioni G., Gallegati M., Palestrini A.* A New Approach to Business Fluctuations: Heterogeneous Interacting Agents, Scaling Laws and Financial Fragility. 2003. Website.
26. *Durand D.* Growth Stocks and the Petersburg Paradox // The Journal of Finance. 1957. № 12. P. 348–363.
27. The Economist. All that Glisters. 2004. November 30<sup>th</sup>. (www.economist.com)
28. The Economist. Ponzification. 2007. March 15<sup>th</sup>.
29. The Economist. Paper Losses. 2007. August 25<sup>th</sup>.
30. *Fama E.* Mandelbrot and the Stable Paretian Hypothesis // The Journal of Business. 1968. Vol. 36. Is. 4. Oct. 1963. P. 420–429.
31. *Farmer J.D., Shubik M., Smith E.* Economics: The Next Physical Science? (arXiv:physics/0506086 v1 9June 2005)
32. *Fisher I.* The Debt-Deflation Theory of Great Depressions // Econometrica. 1933. № 1. P. 337–357.
33. *Frigg R.* Self-organized Criticality – What it is and what it isn't / LSE technical report 19.02.2002 r.
34. *Gabaix X., Gopikrishnan P., Plerou V., Stanley E.* A Unified Econophysics Explanation for the Power Law Exponents of Stock Market Activity // Physica A. 2007. № 382. P. 81–88.
35. *Gabaix X.* The Granular Origins of Aggregate Fluctuations / MIT and NBER Report. 01.12.2005 r.
36. *Gallegati M., Giulioni G., Kichiji N.* Complex Dynamics and Financial Fragility in an Agent Based Model // Computational Science. 2003. (Website.)
37. *Gould H., Tobochni J., Christia W.* An Introduction to Computer Simulation Methods: Application to Physical Systems. 3<sup>rd</sup> ed. Reading, Mass: Addison-Wesley, 2006.
38. *Greenwald B., Stiglitz J.* Financial Markets Imperfections and Business Cycles // Quarterly Journal of Economics. 1993. Vol. 108. P. 77–113.
39. *Hayford M., Malliaris A.* Monetary Policy and the US Stock Market // Economic Inquiry. 2004. Vol. 42. № 3.
40. *Heijdra J., van der Ploeg F.* The Foundations of Modern Macroeconomics. Oxford University Press, 2002.
41. International Monetary Fund. World Economic Outlook. Financial Systems and Economic Cycles. Washington, 2006.
42. International Monetary Fund. Global Financial Stability Report. Washington, 2007.
43. *Johansen A., Ledoit O., Sornette D.* Crashes as Critical Points, arXiv: cond-mat/9810072 v2 19 Oct 1998.
44. *Kesten H.* What is Percolation // Notices to AMS. 2006. Vol. 53. № 5.
45. *Keynes J.M.* The General Theory of Employment, Interest and Money. N.Y.: Harcourt-Brace, 1936.
46. *Kindleberger C.P.* Manias, Panics and Crashes: A History of Financial Crises. N.Y.: J. Wiley, 2000.
47. *Lee Y., Amaral L., Canning D., Meuer M., Stanley H.E.* Universal Features in the Growth Dynamics of Complex Organizations // Physical Review Letters. 1998. Vol. 81. № 5, 12.
48. *Mandelbrot B.* The Pareto – Levy Law and the Distribution of Income // International Economic Review. 1960. Vol. 1. № 79.
49. *Mandelbrot B.* The Variation of Certain Speculative Prices // Journal of Business. 1963. № 36. P. 394.
50. *Mandelbrot B., Hudson R.* The MisBehavior of Markets. L.: Profile Books, 2005.
51. *Mantegna R., Stanley H.E.* An Introduction to Econophysics. Cambridge University Press, 2000.

52. *Mauboussin M., Bartholdson K.* Integrating the outliers. Two lessons from the St. Petersburg paradox // *The Consilient Observer*. Credit Suisse/First Boston. 2003. January 28. Vol. 2. Iss. 3.
53. Moody's Investor's Service. Demystifying Securitization: Special Comment, January 2003.
54. *Minsky H.* Debt-Deflation Processes in Today's Institutional Environment // *Banca Nazionale del Lavoro Quarterly Review*. 1982. December.
55. *Minsky H.* The Financial Instability Hypothesis: Working Paper 74. The Jerome Levy Economics Institute of Bard College, 1992.
56. *Newman M.J.E.* Power laws, Pareto distributions and Zipf's law. arXiv: cond-math/0412004 v3 29 May 2006.
57. *Nolan J.P.* Stable Distributions. Models for Heavy Tailed Data. American University, Washington, D.C., Nolan's Stable Distributions, Personal website. 2005.
58. *Reed W., Hughes B.* From Gene Family and Genera to Incomes and Internet File Sizes: Why Power Laws Are So Common in Nature // *Physical Review*. 2002. *E 66*, 067103-1.
59. *Ruffer R., Stracca L.* What is Global Liquidity and Does it Matter?: Working Paper Series № 696. November 2006. European Central Bank, Frankfurt am Main.
60. *Sabry F., Schlopfloher T.* The Subprime Meltdown: A Primer / NERA Economic Consulting. 21 June 2007. (www.nera.com)
61. *Sethna J.* Entropy, Order Parameters, and Complexity. Oxford: Clarendon Press, 2006.
62. *Shiller R.* Irrational Exuberance. Princeton: Princeton University Press, 2000.
63. *Smirnov A.D.* Government Debt and Borrowing in a Transition Economy: Discussion Paper. Ankara: Bilkent University, 2001.
64. *Sornette D., Andersen J.V.* Increments of Uncorrelated Time Series Can Be Predicted With a Universal 75% Probability of Success. arXiv:cond-mat/0001324 v1 21 Jan 2000.
65. *Sornette D., Stauffer D., Takayasu H.* Market Fluctuations II: Multiplicative and Percolation Models, Size Effects and Predictions. arXiv:cond-math/9909439 v1 30 Sep 1999.
66. *Sornette D., Takayasu H., Zhou W.-X.* Finite-Time Singularity Signature of Hyperinflation // *Physica A*. 2003. № 325. P. 492–506.
67. *Sornette D.* Critical Market Crashes, arXiv: cond-math/0301543 v1 28 Jan 2003.
68. *Soros G.* The Crisis of Global Capitalism. Open Society Endangered. L.: Little, Brown and Company, 1998. P. 41–42.
69. *Sousa J.M., Zaghini A.* Global Monetary Policy Shocks in the G5: A SVAR Approach: CFS Working Paper. 2006. № 30. Centre for Financial Studies, Frankfurt University, Frankfurt am Main.
70. *Stone C.A., Zissu A.* The Securitization Markets Handbook: Structure and Dynamics of Mortgage- and Asset-Backed Securities. N.Y.: Bloomberg Press, 2005.
71. *Strogatz S.* Nonlinear Dynamics and Chaos. N.Y.: Addison Wesley, 1994.
72. *Szekely G., Richards D.* The St.Petersburg Paradox and the Crash of High-Tech Stocks in 2000 // *The American Statistician*. 2004. Vol. 58. № 3.
73. *The Times*. 2007. July 20.
74. *Tobin J.* Financial Intermediaries. The New Palgrave's Dictionary on Money and Finance. L.: The MacMillan Press, 1992.
75. The Treasury Securities Market: Overview and Recent Developments: Federal Reserve Bulletin. December 1999.
76. *Van Order R.* Securitization and Community Lending: a Framework and Some Lessons from the Experience in the US Mortgage Market // *Community Development Investment Review*. Federal Reserve Bank of San Francisco, 2005.
77. *Von Peter G.* Debt-Deflation: Concepts and a Stylised Model: BIS Working Papers. 2005.
78. Wells Capital Management. A Supra Liquidity Cycle // *Economic and Market Perspective*. 2007. № 1.