

Простая модель предсказания финансовых кризисов

Смирнов А.Д.

Финансовые кризисы исследуются в ракурсе нарушений процесса монетизации – взаимодействия денег и долгов. В рамках этой традиции предлагается простая модель прогнозирования кризисов, использующая информацию МВФ о глобальной финансовой стабильности. Модель состоит из трех компонент. В первой выводятся дифференциальные уравнения динамики мировых долговых обязательств, валового внутреннего продукта и их отношения, обычно называемого «финансовым рычагом». Затем исследуется группа распределений случайного числа финансовых кризисов, вероятности которых оказываются весьма близкими. Экспоненциальные функции глобального долга, ВВП и «финансового рычага» в сочетании с экспоненциальным законом распределения времени между кризисами формируют степенное (Парето) распределение финансовых индикаторов. Для его параметризации используется вероятность бета-биномиальной гипотезы появления кризисов за последние 105 лет. Наконец, решаются уравнения, корнями которых являются критические значения индикаторов, соответствующие равным шансам «выживания» и коллапса финансовой системы. Расчеты показывают, что критические уровни мирового долга, ВВП и «финансового рычага» будут достигнуты примерно к 2015 г. Иными словами, позитивные изменения в финансовой системе посткризисного периода происходят недостаточно быстро, и мировая экономика рискует быть накрытой «второй волной» кредитного кризиса.

Ключевые слова: финансовый пузырь; кредитный кризис; сложная система; критическая точка; монетизация долга.

Финансовые и экономические кризисы, к счастью, происходят не каждый день. Однако значимость таких, относительно «редких», событий исключительно велика. Массовые разорения участников рынка, причем иногда самых крупных, сильнейшая дезорганизация рынков, перерастающая в экономическую депрессию, потерянные рабочие места и годы, крушение надежд и ценностей – далеко не полный перечень трагедий, которые приносят кризисы миллионам людей. События такого масштаба, причины их возникновения в прошлом и будущем, вполне естественно, привлекают самое пристальное внимание научной, и не только научной, общественности.

Смирнов Александр Дмитриевич – заслуженный деятель науки РФ, д.э.н., профессор, действительный член Российской академии естественных наук, НИУ ВШЭ. E-mail: adsmir@hse.ru

Статья поступила в Редакцию в феврале 2013 г.

Мощным потрясением финансовых и реальных рынков явился кредитный кризис (*credit crunch*) 2007–2009 гг. Претерпев на рубеже веков под влиянием секьюритизации активов изменения качественного характера, мировая финансовая система рухнула, «испарив» в 2008 г. стоимость суммарных финансовых активов примерно на 15 трлн долл. [19]. Если пропорция финансовых активов к мировому ВВП в 2007 г. достигла 421%, то к 2011 г. она уменьшилась до 352%. Сжатие, до определенных пределов, раздутой финансовой системы – явление, в целом, положительное, но ее катастрофические сокращения крайне нежелательны из-за дезорганизации всего хозяйства, включая реальные рынки. Минимизация потерь, понятно, во многом зависит от точности предсказания наступления очередного финансового кризиса. Однако, как это часто бывает, постановка проблемы намного проще ответа на нее.

Кредитный кризис 2007–2009 гг. обнаружил зияющие пробелы в нашем знании структуры и поведения финансовой системы, ее взаимодействия с экономикой в целом. Между тем «неожиданность» грандиозной катастрофы, которая зрела годами, как это не печально признать, во многом объясняется отсутствием научной методологии и моделей, на основе которых можно изучать, воспроизводить и предсказывать явления такого порядка сложности¹. Сложилась парадоксальная ситуация. Кризисы испокон веков сопровождали экономическую жизнь, привлекали внимание выдающихся умов, им посвящена огромная литература и многолетние исследования. Несмотря на это, наши знания феномена, по масштабам разрушений намного превосходящего природные катастрофы, остаются неполными и весьма ограниченными. Сложное и многомерное явление – финансовый кризис – не операциональное понятие. Информация о нем носит преимущественно дескриптивный характер, недостаточно структурирована, противоречива, фрагментарна, а иногда и сознательно искажена². В силу «редкости» кризисов их статистика коротка и ненадежна. Указанные трудности обязательно возникают, даже когда используются квантифицируемые аппроксимации кризисных явлений, типа дисбаланса между совокупными сбережениями и инвестициями.

Сейчас под влиянием ведущих экономистов, включая Дж. Стиглица, П. Кругмана, Дж. Акерлофа, Р. Шиллера и многих других, активно разрабатывается «новая экономическая парадигма» – научная концепция, которая актуализирует идеи Дж. М. Кейнса, И. Фишера и Х. Мински о финансовых пузырях и кризисах [5; 26; 40]. Она призвана объяснить условия возникновения таких экстремальных явлений и сформировать научные основы для практических рекомендаций в части минимизации негативных последствий для экономики [18]. Методология решения подобных задач – это теория сложных систем, поскольку поведение финансовых рынков, где «все зависит от всего», в целом соответствует поведению объектов подобной степени сложности [12; 39]. Однако конкретизация прин-

¹ Конечно, кризис мог произойти и при наличии серьезных научных предупреждений. Такой сценарий анализировался, к примеру, в 79 Ежегодном докладе Банка международных расчетов [6]. Научно обоснованные предупреждения, однако, способствовали бы минимизации потерь, вызванных кризисом. Что же касается исследования социально-экономических причин возникновения кризисов, равно как и проблем делового цикла, то они – за пределами настоящей статьи.

² Череда скандалов 2012 г., вызванных манипуляцией рядом крупнейших банков, включая Barclays и UBS, ставкой LIBOR, на которой основано ценообразование финансовых производных и структурированных контрактов, является убедительным тому подтверждением.

ципов и положений теории применительно к финансовым рынкам – весьма непростой процесс накопления знаний об их функционировании.

Этот процесс во многом осложняется чрезвычайно высокими информационными требованиями к объекту исследования. Так называемые «высокочастотные» массивы финансовой информации уже сейчас измеряются числами, кратными 10^9 , и это – далеко не предел. Гигантские массивы информации отражают качественно новые свойства современных финансовых систем. Например, как показывают исследования «эконофизиков», в окрестности критического состояния (кризиса) вероятностные распределения финансовых переменных не имеют характеристической шкалы и являются не гауссовскими, а степенными, особенно в своих «хвостах» [12; 34]. В таких системах законы распределения числа кризисов (критических состояний системы) существенно отличаются от распределений дефолтов в портфеле типичного инвестора. Это, в частности, объясняет, почему столь трудно получить убедительные макрофинансовые обобщения хорошо разработанных копулятивных моделей, формализующих зависимости потерь инвесторов от корреляций дефолтов активов [42].

Анализ макрофинансовых состояний оказался в неполном соответствии с политикой крайне низких ставок рефинансирования, последовавшей за кредитным кризисом. С одной стороны, стандартные модели, например IS-LM, разработанные для «нормальных» рынков, не смогли предсказать и адекватно объяснить условия возникновения крупных потрясений. Следуя во многом их рекомендациям, центральные банки практически до предела понизили ставки рефинансирования, но, тем не менее, баланс спроса и предложения на основных рынках не был восстановлен. В результате не только рынок денег оказался в ловушке, но и, как показывает опыт ведущих экономик мира, совокупные сбережения продолжают существенно превышать объемы инвестиций [26]. Аналитически, данные процессы превратили кривую LM в тривиальное тождество, а кривая IS – равновесий на реальных рынках – «исчезла», причем всерьез и надолго. Как следствие, аналитические средства, которыми пользуются центральные банки, нуждаются в радикальной модернизации для того, чтобы способствовать успешному проведению «неортодоксальной» монетарной политики в посткризисный период.

Объективные трудности, возникающие в исследовании современных финансовых систем – одна из причин применения простых моделей³. Такие модели, акцентируя внимание на общесистемных свойствах рынков (и кризисов), не только эффективны, но и, во многих случаях, не имеют альтернатив. Применение простых моделей представляется оправданным при создании интегрированных систем макрофинансовых и макроэкономических моделей, особенно в исследованиях инерциальных и низкочастотных процессов. В отсутствие информации о свойствах истинных распределений состояний системы простые модели не усиливают ошибки, вызванные фрагментарностью знаний о поведении рынков в условиях неопределенности. В свете того, что разработка всеобъемлющей модели кризиса, как особого социально-экономического феномена, образует предмет самостоятельных и длительных исследований, представляется обоснованным ее дополнение простыми способами прогнозирования явлений данного класса сложности⁴.

³ Примером могут служить работы Т. Адриана и Х.С. Шина, Д. Фармера, а также ряда других исследователей, включая автора [1; 4; 14].

⁴ Известный писатель Л. Дейтон следующим образом указал на различия простой и сложной гипотез. Симптомы загадочной боли, поразившей пальцы человека на левой руке и правой ноге

Например, предлагаемая модель, упрощая сложные и малоизученные кризисные явления в финансах, требует лишь способности распознавания ситуаций кризиса, либо отсутствие такового. Последовательность соответствующих индикаторных случайных переменных позволяет, как будет показано ниже, рассчитывать вероятности наступления кризиса для простых гипотез их распределений. Кроме того, модель определяет не наступление кризиса, а так называемую «критическую ситуацию», в которой может оказаться мировая финансовая система. Под этим имеется в виду решение уравнений для равных вероятностей «выживания» и «коллапса» финансовой системы. Конечно, 50-процентная вероятность априори не тождественна наступлению кризиса, но такое пороговое значение, пожалуй, наиболее простым способом указывает на качественные изменения в развитии финансовой системы.

Краткое содержание работы

Последствия глобального дисбаланса агрегированных спроса и предложения, а также «денежной ловушки», которые уже несколько лет характерны для ведущих экономик мира, исследуются с помощью комбинации простых моделей динамики долга, финансового рычага и вероятностных моделей дефолтов (кризисов), причем при изменяющихся величинах параметров предсказания. Предлагаемая модель использует статистическую базу, сформированную за ряд лет по данным «Избранных индикаторов размеров рынков капитала», которые ежегодно рассчитываются МВФ в «Докладе о глобальной финансовой стабильности» (Global Financial Stability Report, GFSR) [19]. Масштаб мировой финансовой системы в этом источнике определен как совокупность, в пересчете на текущие доллары США, долговых рыночных обязательств, банковских активов, а также капитализации рынка акций. Конечно, такая методология оценки макрофинансовой системы упрощена и открыта для критики. В частности, данный глобальный агрегат соответствует примерно объему исходных финансовых инструментов (*financial underlyings*), не учитывая наличия гигантского рынка финансовых производных и структурированных инструментов. Размеры последнего, правда по достаточно условной величине *notional*, согласно оценкам экспертов лондонского «Экономиста», могут исчисляться сотнями триллионов долларов [28]. Тем не менее наличие многолетней сопоставимой статистики, раскрывающей эволюцию мировой финансовой системы, является преимуществом, которым нельзя не воспользоваться. На этой базе рассчитаны все характеристики предлагаемой модели, включая ставки доходности, темпы роста, «финансовый рычаг» и параметры степенных распределений.

Информация МВФ о глобальной финансовой стабильности используется, в соответствии с теорией сложных систем, для моделирования взаимодействий элементов финансовой системы. Они конкретизируются через взаимосвязи денег и долгов, через взаимодействия финансовой системы и производства (финансовый рычаг) и, наконец, через взаимодействия между состояниями социально-экономической системы. В первой части работы выводятся линейные дифференциальные уравнения динамики долговых обязательств, валового внутреннего продукта и их отношения, называемого «финансовым рычагом».

одновременно, могут объясняться на основе весьма сложных соображений. Однако суть явления очень проста: забивая гвоздь, он ударил по пальцу молотком, который и уронил себе на ногу.

Далее исследуется группа распределений случайного числа финансовых кризисов. Вероятности предсказания кризисов, или их ожидаемые величины, используются для параметризации модели. Для этого формируется степенное распределение (распределение Парето) значений финансовых индикаторов, представляющее комбинацию экспоненциальных функций указанных переменных и экспоненциального закона распределения времени между кризисами. Распределение Парето позволяет составить уравнения, корни которых являются критическими значениями индикаторов, достигаемыми для равных шансов «выживания» и коллапса финансовой системы. Расчеты показывают, что критические уровни мирового долга, ВВП и «финансового рычага» будут достигнуты примерно к 2015 г. Иными словами, позитивные изменения в посткризисной финансовой системе происходят, но недостаточно быстро, и мировая экономика рискует быть накрытой «второй волной» кризиса.

Эмпирические данные о кредитном кризисе

Несмотря на различия в методологии, большинство исследований определяют финансовые кризисы как события, состоящие в резком сокращении ликвидности рынков, затруднениях с получением займов и размещением ценных бумаг, которые вызывают падение стоимости финансовых активов, отражающееся в изменениях различных индексов, и, как следствие, массовые разорения участников рынка [16; 24; 27; 31; 32; 43]. В более широком экономическом контексте финансовые кризисы, как правило, предшествуют дезорганизации важнейших реальных рынков, резкому усилению дисбалансов между спросом и предложением ресурсов, товаров и услуг, падению производства и доходов, а также росту безработицы. На этом фоне финансовый кризис обычно ограничен как в пространстве, так и во времени. Финансовые кризисы, как правило, скоротечны, однако два из них, имевшие глобальный характер – предшественник Великой Депрессии 1929–1933 гг. и кредитный кризис 2007–2009 гг., – были достаточно продолжительными. В данной работе речь пойдет только о финансовых кризисах, которые сопровождаются существенным превышением совокупных сбережений над инвестициями.

Таблица 1.

Динамика мирового ВВП и финансовых активов за 2003–2011 гг.

	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.
Общий объем активов, трлн долл.	128,3	144,7	151,8	190,4	229,7	214,4	232,2	250,1	255,9
Темп роста	1,0	1,17	1,05	1,25	1,21	0,93	1,08	1,08	1,02
Рынок акций, трлн долл.	31,2	37,2	37,2	50,8	65,1	33,5	47,2	55,1	47,1
Индекс доходности акций	1,0	1,19	1,00	1,37	1,28	0,51	1,41	1,17	0,85
Долговые обязательства, трлн долл.	52,0	57,9	58,9	68,7	79,8	83,5	92,1	94,8	98,4
Индекс доходности долга	1,0	1,11	1,02	1,17	1,15	1,05	1,10	1,03	1,04
Банковские активы, трлн долл.	40,6	49,6	55,7	70,9	84,8	97,4	93,0	100,1	110,4
Темп роста активов	1,0	1,22	1,12	1,27	1,20	1,14	0,95	1,07	1,10
Мировой валовой внутренний продукт, трлн долл.	36,2	40,9	44,5	48,2	54,5	60,9	57,8	62,9	69,9
Темп роста мирового ВВП	1,0	1,13	1,09	1,09	1,13	1,12	0,95	1,09	1,11
Отношение глобальных финансовых активов к ВВП	3,42	3,54	3,42	3,95	4,21	3,52	4,02	3,98	3,66
Индекс изменения отношения финансовые активы/ВВП	1,0	1,04	0,96	1,15	1,07	0,83	1,19	0,99	0,92

Рассмотрим характерные особенности развития мировой финансовой системы и ВВП за период 2003–2011 гг. Эта информация представлена в табл. 1, рассчитанной по данным МВФ за соответствующие годы [22]. Начало анализируемого периода датируется 2003 годом, когда мировая финансовая система, прежде всего ее фондовый рынок, восстановилась после кризиса «высокотехнологических компаний» 2001–2002 гг. Важнейшей компонентой глобальной финансовой системы являются мировые рынки долга, крах которых обусловил как глубину, так и специфику последнего «кредитного» кризиса, возникшего, прежде всего, в экономиках развитых стран. Вместе с тем в рамках глобальной финансовой системы происходят взаимодействия различных финансовых рынков. Поэтому важны как влияние «долгового» кризиса на другие регионы, так и глобальные последствия изменения, например, статуса Китая как крупнейшего держателя американского долга, либо «азиатского кризиса» 1997 г.

Финансовый кризис (*credit crunch*) идентифицируется 2008 годом, когда фондовый рынок рухнул на 49%, абсолютный объем всех активов сократился на 7%, а рост стоимости рыночных долговых обязательств резко замедлился. За финансовыми пертурбациями последовало, с годичным лагом, сокращение на 5% мирового ВВП, обозначившее фазу экономической рецессии. Эмпирическим критерием глобального кризиса, таким образом, служит факт сокращения стоимости активов (или ВВП) не менее чем на 5% за год⁵. Применительно к заимствованиям критерием кризиса выступает резкое замедление (на пять процентных пунктов) их роста. Это объясняется тем, что в период кризиса участники рынка, сбрасывая все рискованные, прежде всего токсичные, активы, продолжали приобретать безрисковые долговые обязательства немногих, наиболее надежных, государств-заемщиков. Таким образом, за указанный период накопление долга не прекращалось, хотя и сопровождалось существенным замедлением темпов.

За кризисный, 2008, год отношение стоимости финансовых активов к мировому ВВП упало на 16 процентных пунктов. С пикового значения в 421% за 2007 г. оно сократилось до 366% к 2011 г. Процесс относительного уменьшения масштабов финансовых операций в сравнении с ростом реальных рынков, известный как уменьшение «финансового рычага» (*deleveraging*), продолжается и после кризиса. Это – пожалуй, важнейшая позитивная особенность посткризисной перестройки финансовой системы.

Следует отметить неоднородность композиции финансовой системы. Самый волатильный ее сегмент – фондовый рынок – после провала на 49% в год кризиса затем увеличился на 41%. Между тем сокращение банковских активов, как вследствие уменьшения объемов заимствований, так и падения котировок акций банковских корпораций (*financials*), стало заметно лишь в 2009 г. Неоднородность глобальной финансовой системы влияет на чувствительность параметров модели. В целях уменьшения этого влияния объектом прогнозирования выбрана не стоимость активов в целом, а лишь их наиболее устойчивая компонента – объем рыночных долговых обязательств, соответственно, величина «финансового рычага». Разумеется, главным аргументом в пользу представленной модели является ее способность структурировать важнейшие взаимосвязи финансов – между объемами долгов (векселей, облигаций и нот) и возможностями их погашения.

⁵ Кризис на фондовом рынке, по мнению Д. Сорнета, измеряется падением индекса (*draw-down*) примерно на 30% [37].

Представленные данные свидетельствуют о позитивных тенденциях, происходящих в мировой финансовой системе посткризисного периода [8; 19; 41]. К ним, прежде всего, относятся уменьшение удельного веса финансовых операций на единицу производимого продукта, а также продолжающееся снижение долговой нагрузки на экономику. Вместе с тем значимость происходящих перемен может оказаться сильно преувеличенной. Так, нельзя не отметить, что замедление накопления мирового долга в значительной мере было вызвано сокращением спроса на кредитные ресурсы из-за экономической рецессии⁶. Предлагаемая модель, в определенной мере, учитывает неполный и половинчатый характер происходящих перемен. Так, одним из результатов расчетов на ее основе является обнаружение нетривиального факта: несмотря на сокращение «финансового рычага», угроза «второй волны» кризиса не только не отступает, а, напротив, может достичь своего порогового значения.

Как известно, последний финансовый кризис явился симбиозом пузыря, лопнувшего на рынке недвижимости, и провала сегмента векселей, секьюритизированных ипотечными долгами. Это повлекло «схлопывание» кредитных рынков, серьезные затруднения с получением займов, а также общий спад деловой активности [6; 10; 41]. Таким образом, провал фондового рынка, хотя он наиболее заметен, явился не причиной, а следствием дезорганизации сегмента рыночного долга: векселей, нот, облигаций и соответствующих секьюритизированных инструментов. Эта характерная особенность последнего кризиса объясняется грубыми нарушениями процесса монетизации долга – базового процесса, формирующего финансы от наиболее простых до сложных современных систем. Искажения во взаимодействии денег и долгов порождают как локальные аномалии, так и глобальные финансовые пузыри, которые рано или поздно лопаются.

Модель взаимодействия денег и долга

Деньги – историческая мера всех вещей, способ соизмерения гигантского разнообразия товарного мира, элементы которого несопоставимы по своим физическим свойствам. Деньги являются характеристикой, обобщающей свойства и неопределенность развития рыночной экономики. Хотя, как отмечал еще Дж. Стюарт Милль, «деньги – всего лишь вуаль», но современная рыночная экономика – это монетарная экономика, ибо бартер влечет за собой непозволительное расточительство природных ресурсов, капитала, интеллекта и труда. Деньги являются исходной и конечной точкой долгового контракта. Их получает заемщик на момент заключения контракта, и они возвращаются кредитору на момент исполнения контракта вместе с оплатой заемных средств. Исторически долги всегда исчислялись и погашались деньгами, а взаимодействие денег и долгов, лежащее в основе современного финансового рынка, происходит на протяжении тысячелетий. Деньги обязательно выполняли функции измерения долга и служили средствами его погашения. Поэтому деньги и долги не являются независимыми субстанциями, а долг имеет своей мерой определенное количество денег⁷.

⁶ Дискуссия относительно причин экономических затруднений – нехватки кредитов либо отсутствия спроса на них – идет в Соединенном королевстве уже несколько лет, причем без видимых результатов, как в отношении указания «виновных», так и преодоления финансового цугцванга.

⁷ В принципе, допустимо и обратное, поскольку справедливо утверждение о долгах как основе современной денежной системы. Так, независимый центральный банк, покупая на свободном

Очевидно, что баланс общего и финансового богатства может быть составлен, если существует мера всех, физически разнородных, вещей. Исторически этой мерой служили, и служат, деньги – особый товар, единственная полезность которого состоит в соизмерении всех других товаров и услуг, включая и финансовые инструменты. В частности, понятие ликвидности отражает свойство любых товаров трансформироваться в деньги, соответственно, ликвидность денег равна единице, поскольку деньги тождественны себе (имеется в виду одна национальная денежная единица). Вместе с тем, поскольку такая мера – сама элемент мира товаров и активов, то крайне трудно, если возможно вообще, предложить для нее априорный стандарт, и она уподобляется резиновой линейке⁸.

Макроэкономическая природа денег достаточно хорошо изучена, тогда как органическая связь долга и денег не всегда ясна. Между тем современные финансы основаны на взаимосвязи (обмене) денег и долгов, и наоборот. В этом процессе деньги, помимо своих основных функций, являются средством страхования участников рынка от неопределенностей. «Посредством обладания деньгами люди страхуют себя от неустрашимой неопределенности экономической жизни, которая не сводится к совокупности хеджируемых рисков» [22]. Такие утверждения, восходящие к высказываниям Дж. М. Кейнса [23], позволяют представить динамику нормального финансового рынка посредством простой модели, формализующей сторону активов баланса богатства. Совокупная стоимость активов на каждый момент времени t , или финансовое богатство, $A(t)$, состоит из денег, $M(t)$, и рыночной стоимости долга (*debt outstanding*), $B(t)$:

$$(1) \quad A(t) = M(t) + B(t).$$

Уравнение (1) предполагает непрерывный обмен денег на долги, причем относительный рост денежной массы означает относительное сокращение стоимости долга, и наоборот. Взаимодействие денег и долга в процессе изменения стоимости финансового богатства особенно заметно, если $A(t) = \text{const}$. В этом случае положительное приращение долга возможно лишь при сокращении денежной массы, либо наоборот, т.е. $dM = -dB$. Соответственно, изменение стоимости финансового богатства за предельно короткий промежуток времени, $\dot{A}$, формируется посредством эмиссии денег, $\dot{M}$, и новых долгов, $\dot{B}$:

$$(2) \quad \dot{A} = \dot{M} + \dot{B}.$$

На «нормальном» финансовом рынке доходность долга есть положительная величина, тогда как деньгам вменяется нулевая доходность⁹. *Pecunia pecuniam parere non potest*.

рынке долги правительства, увеличивает свои активы, что позволяет ему эмитировать собственные обязательства, т.е. деньги.

⁸ Экономисты безуспешно пытаются избавиться от этого недостатка, в частности, посредством апелляции к полезности как некоторой априорной единице потребительских свойств различных товаров и услуг. Эта проблема в данном исследовании остается в стороне. Заметим лишь, что ее решение послужило бы основанием для функционирования принципиально неденежной системы, например, централизованного распределения ресурсов. С другой стороны, введение денег под знак функции полезности – модное в 60-е годы прошлого столетия упражнение экономистов, аperiodически возникающее вновь, – несет печать избыточности, являясь утверждением типа «мокрой воды».

⁹ Альтернативная стоимость денег, или издержки заимствования, в данной модели не нуль, а определяются рыночной ставкой доходности долга, или ставкой процента. Двойственность

Еще древним было известно, что деньги, как таковые, дохода не приносят, они должны превратиться в капитал – иначе, финансовый актив, приносящий доход. В модели (1) единственным активом, приносящим доход, являются долги. В общем случае отличного от нуля приращения финансового богатства имеет место равенство:

$$(3) \quad \dot{A} = rB(t); \quad r > 0,$$

поскольку только долги являются активом, приносящим доход, а условие постоянства ставки доходности является непринципиальным упрощением модели. Без потери общности можно полагать, что эмиссия денег происходит разом, или одномоментно:

$$(4) \quad \dot{M} = m(t),$$

а погашение долга осуществляется посредством периодической выплаты денег. На макроуровне последнее означает эмиссию денег центральным банком, хотя не все новые деньги «покупают», иначе – погашают существующие долги. Рост стоимости финансового богатства (3), вместе с условием (4), преобразуют (2) в уравнение динамики стоимости агрегированного долга. Записанное в стандартной форме, оно является обыкновенным линейным неоднородным дифференциальным уравнением относительно функции стоимости долга $B(t)$:

$$(5) \quad \dot{B} = rB(t) - m(t); \quad B(0) = B_0,$$

где $m(t)$ – заданная экзогенно функция эмиссии денег; B_0 – фактический объем заимствований; r – ставка рыночной доходности долга. Согласно (5) изменение стоимости долга происходит в меру его рыночной доходности, причем будущая стоимость долга сокращается на величину купонных выплат, осуществляемых в форме денежной эмиссии. Уравнение (5) моделирует процесс монетизации совокупного долга, который соответствует сложной структуре взаимодействий между бизнесом и населением, центральным банком и правительством, стилизованное объяснение которых дается, например, в работе [2]. Динамика «нормального» долгового рынка, на котором действуют положительные ставки доходности, является неустойчивым процессом, поскольку $\frac{\partial \dot{B}}{\partial B} = r > 0$.

Возрастание будущей стоимости долга на «нормальном» финансовом рынке, $r > 0$, происходит как его непрерывная монетизация, которая корректирует стоимость долга на величину совокупных купонных выплат за конечный период времени t :

$$(6) \quad B(t) = B(0)\exp[rt] - \int_0^t m(z)\exp[-r(z-t)]dz.$$

денег как средства платежа, так и финансового актива породила длительную дискуссию относительно того, что является ценой денег. В этом контексте достаточно вспомнить известное, полушутливое, утверждение М. Фридмана, согласно которому кейнсианец полагает ценой денег рыночную ставку процента, тогда как монетарист – покупательную способность данной денежной единицы.

Одним из наиболее интересных аспектов анализа модели (5) является исследование проблемы погашения долга за конечный промежуток времени. Купонные выплаты определяют обратные связи в системе деньги-долги, а качественные изменения динамики долга зависят от размеров купонных выплат. В частности, полагая размеры купонных платежей постоянными, $m(t) = m = \text{const}$, что типично для финансовых сделок, из уравнения (5) для $\dot{B} = 0$ можно вычислить стоимость стационарного, или никогда не погашаемого, долга: $B^* = \frac{m}{r}$. Тогда решение уравнения (5) принимает более простой вид

$$(7) \quad B(t) = \left[B_0 - \frac{m}{r} \right] \exp[rt] + \frac{m}{r}.$$

Условия погашения долга

Когда фактические заимствования превышают величину стационарного долга, то они не могут быть амортизированы и (теоретически) неограниченно возрастают. Соответственно, при совпадении объемов фактических и стационарных заимствований рыночная стоимость долга остается неизменной, а если последние превышают величину фактической задолженности, то эмитент может погасить долги полностью. На «нормальном» рынке долговые обязательства должны обязательно выкупаться добросовестным эмитентом за конечный период времени, $t = T$, что эквивалентно условию $B(T) = 0$, которое модифицирует (6) в уравнение погашаемого (амортизируемого) долга:

$$(8) \quad B(0) = \int_0^T m(z) \exp[-rz] dz.$$

Начальный размер погашаемого долга $B(0)$ связывается с источником его погашения, представленным в правой части (8) через непрерывный поток купонных платежей, дисконтированных по рыночной ставке доходности. Если это условие выполняется, то долг становится рыночным инструментом – аннуитетом (*annuity*). Стоимость аннуитета для конечного периода времени и фиксированных размеров купонных выплат выражается через хорошо известную формулу:

$$(9) \quad B(0) = \frac{m}{r} (1 - \exp[-rT]),$$

где $t = T$ – корень уравнения (9). Стоимость аннуитета, дополненная приведенной стоимостью номинала, $F \exp[-rT]$, дает формулу обыкновенной купонной облигации (*straight coupon bond*):

$$B(0) = \frac{m}{r} (1 - \exp[-rT]) + F \exp[-rT],$$

которая связывает рыночную стоимость облигации, $B(0)$, купонные платежи, m , ставку доходности, r , и время погашения, T .

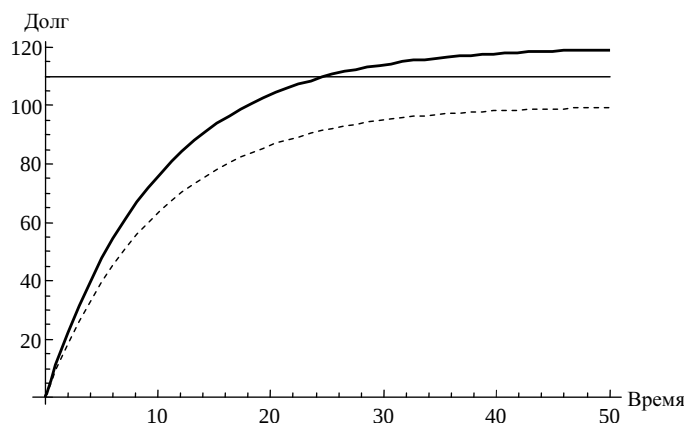


Рис. 1. Динамика погашаемого и невозвратного долга

С экономической точки зрения левая и правая части формулы (9) не обязательно связаны знаком равенства, поскольку накопление долга может происходить независимо от формирования источников его погашения. Такой подход, хотя и не вполне корректный формально, удобен для оценки вариантов погашения долгового инструмента, которые представлены на рис. 1. В частности, элементарными преобразованиями (9) получаем уравнение:

$$-rT = \log \left[1 - \frac{rB(0)}{m} \right] \cong -\frac{rB(0)}{m},$$

откуда, для достаточно малых значений рыночной ставки доходности долга, $r \ll 1$, время погашения долга T определяется как отношение общей суммы задолженности к текущим платежам по ее обслуживанию:

$$(10) \quad T = \frac{B(0)}{m}.$$

Например, по данным агентства Блумберг [8], текущие выплаты по обслуживанию долга США составили за 2011 г. около 0,4 трлн долл. при объеме задолженности в 14 трлн долл. Это означает, что когда ставки доходности 10-летних облигаций не превышают 2% годовых, долг может быть погашен, согласно (10), примерно за 35 лет. По нашему мнению, участники рынка были полностью уверены в том, что задолженность самой крупной экономики мира может быть погашена за конечный период времени. Именно это объясняет на первый взгляд парадоксальный факт демонстративного игнорирования ими решения агентства Стандарт-энд-Пурс от 5 августа 2011 г. о понижении рейтинга суверенного долга США.

Интересна модификация решения (6), которая может быть получена для специального выбора произвольной константы интегрирования. Обычно такая константа выбирается совпадающей с уровнем накопленной задолженности, $B(0)$. Однако, если процесс монетизации происходит неопределенно долго при условии

$$(11) \quad \lim_{t \rightarrow \infty} m(t) \exp[-rt] = 0,$$

где $m(t)$ экспоненциально растущая функция¹⁰, то константа может быть выбрана в виде

$$K = \int_0^{\infty} m(t) \exp[-r(z-t)] dz. \text{ Такой интеграл будет сходиться для темпа роста купонных}$$

платежей, не превышающего рыночную ставку дисконтирования, а общее решение уравнения (5) может быть представлено в виде

$$(12) \quad B(t) = \int_t^{\infty} m(z) \exp[-r(z-t)] dz.$$

Согласно (12) текущая стоимость долга на любой момент времени t является дисконтированным по рыночной ставке процента непрерывным потоком будущих доходов, приведенная стоимость которого увеличивается по мере перемещения вдоль оси календарного времени¹¹.

Модель «финансового рычага»

Модель долга (5) естественно обобщается как модель «финансового рычага», которая характеризует взаимосвязи между накоплением долга и формированием источников его погашения¹². По сути, более благозвучный в русском языке термин «удельный долг» хотя и обозначает то же самое явление, но не акцентирует взаимодействие финансовой и производственной систем, поэтому в работе предпочтение отдается термину «финансовый рычаг» (*leverage or gearing*).

На макрофинансовом уровне источники погашения долга обычно идентифицируются с величиной совокупных доходов, представленных объемом номинального ВВП, по-

¹⁰ Интеграл $\int_0^{\infty} m(t) \exp[-rt] dt$ не сходится, например, для $m(t) = t^{-1} \exp[rt]$.

¹¹ Идея зависимости стоимости долга от стоимости денег весьма глубоко исследована в работах экономистов так называемой «австрийской» школы [17; 43]. Гипотеза функциональной зависимости стоимости долга от эмиссии денег использовалась в модели стохастической динамики долга [38].

¹² «Финансовый рычаг» может рассчитываться как отношение стоимости активов на единицу собственного капитала. Для такой интерпретации автором была предложена логистическая модель динамики «финансового рычага» [1].

этому в данном контексте термин «финансовый рычаг» понимается как отношение стоимости долга, $B(t)$, к объему номинального ВВП, $Y(t)$:

$$(13) \quad b(t) = B(t)/Y(t).$$

В данном исследовании используется простая модель роста ВВП, которая представлена так называемым «мальтузианским» уравнением:

$$(14) \quad \dot{Y} = \lambda(t)Y(t),$$

где $\lambda(t)$ – темп прироста номинального ВВП. Следует отметить, что показатель номинального объема ВВП привлекает все большее внимание финансистов как один из инструментов целеполагания монетарной политики (*nominal GDP targeting*). В частности, его использование в связке с другими макрофинансовыми показателями в настоящее время активно дебатруется в сообществе центральных банков ведущих экономик мира [9].

Погашение долга обычно происходит при равномерном его обслуживании, иначе при практически постоянной доле купонных выплат в составе совокупного долга,

$$(15) \quad \kappa = \frac{m(t)}{B(t)} = \text{const},$$

что превращает (5) в однородное дифференциальное уравнение. Разделив обе его части на величину ВВП и продифференцировав отношение (13) с учетом (14), для постоянного темпа прироста номинального ВВП получаем модель динамики «финансового рычага»:

$$(16) \quad \dot{b} = [r - \lambda - \kappa]b(t),$$

где r – рыночная ставка доходности долговых активов. Это уравнение имеет лишь одно (нулевое) стационарное состояние, которое либо устойчиво для $[r - \lambda - \kappa] < 0$, либо неустойчиво в противоположном случае. Следует иметь в виду, что сравнительно небольшой рост «финансового рычага» не влечет за собой катастрофических последствий, прежде всего, в силу того, что на макрофинансовом уровне номинал совокупного долга полностью не погашается. Долговые проблемы, следовательно, обостряются либо при резком росте рыночных ставок доходности, либо при падении темпа роста ВВП, либо одновременном их изменении. Конечно, особый случай – это погашение внешнего долга, которое производится в иностранной валюте, однако, в данной работе этот аспект анализа не рассматривается¹³. Мальтузианская форма уравнения долговой динамики будет использована в дальнейшем, при построении степенной модели вероятности кризиса.

Вполне очевидно, что модель динамики долга или «финансового рычага», отражая важные процессы, происходящие на «нормальных» финансовых рынках, не содержит указаний на возможности возникновения кризиса, либо долгового, либо производства (паде-

¹³ Дискретная модель для России 1998–1999 гг. демонстрировала дрейф удельного внешнего долга к хаосу под влиянием резкого роста ставок доходности, падения производства и обесценения рубля к доллару [2].

ния ВВП). Действительно, согласно приведенным в табл. 1 данным GFSR, за четыре года (2003–2007), предшествовавших кредитному кризису, среднегодовая ставка доходности мирового долга, $r = 0,107$, практически совпала со среднегодовым темпом прироста мирового ВВП, $\lambda = 0,102$, соответственно, «финансовый рычаг» практически стабилизировался. Таким образом, если рассматривать модель (16) изолированно, то налицо экономически положительное явление, которое никоим образом не сигнализировало о назревании негативных процессов. Тем не менее кредитный кризис состоялся в 2008 г.

Сказанное, конечно, не является критикой данной модели. Просто следует иметь в виду, что к решению задачи о предсказании кризисов она непосредственно не применима, поскольку экспоненциальные функции – решения дифференциального уравнения (16) – заданы на всей оси действительных чисел. Конечно, допустимы соображения, так сказать, имплицитного порядка. Например, если анализ ситуации превышения фактического долга его стационарного уровня дополнить рассуждениями типа «рост долга не может продолжаться неопределенно долго», то наступление кризиса будет подразумеваться из-за неспособности экономики погасить накопленный долг. Такой прием давно используется в теоретической макроэкономике, достаточно вспомнить хорошо известную модель гиперинфляции Ф. Кейгана.

В данной работе будет показано, что комбинация модели монетизации долга и вероятностных гипотез наступления кризиса позволяет исследовать критические явления эксплицитно. При этом конкретные характеристики краха финансовых пузырей – время наступления кризиса и критические уровни финансовых переменных – могут быть получены даже тогда, когда тенденции развития в целом будут иметь положительный характер, например, в условиях снижения значений «финансового рычага». С учетом сказанного перейдем к решению задачи формирования вероятностных гипотез появления (или не появления) кризисов.

Эмпирическая идентификация финансовых кризисов

Напомним, что понятие «кризис» даже в специальной литературе понимается, как правило, на интуитивном уровне. Этому есть свое объяснение. С одной стороны, крайне затруднительно дать полное и непротиворечивое описание событий, в совокупности приводящих к развалу всей экономической системы. С другой, даже если удовлетворительное описание событий *post factum* составлено, то придание ему метрического характера – задача, не решенная до настоящего времени.

Кризис, как явление общесистемное, сопоставимо с масштабами функционирования финансовой системы. Между тем, если последняя понимается как совокупность рыночных механизмов распределения дефицитных ресурсов во времени и пространстве [11; 28; 30; 31], то в такой формулировке это понятие не операциональное. Например, глубокое падение фондовых индексов используется в ряде работ как критерий, фиксирующий наличие финансового кризиса [24; 29]. Не подвергая сомнению важность данного индикатора, нельзя не видеть, вместе с тем, и его не универсальный характер. Он отражает активность лишь фондового рынка – относительно небольшого в сравнении с другими рынками исходных и, особенно, производных финансовых инструментов. Кроме того, как выяснилось в ходе последнего (кредитного) кризиса 2007–2009 гг., этот показа-

тель оказался малочувствительным к событиям, происходящим на рынках различных долгов.

Пожалуй, одной из наиболее сложных проблем исследования является понимание степени и глубины взаимозависимости различных кризисных явлений [11; 27; 41]. Выявление характера и интенсивности этих связей во времени и пространстве – дело весьма непростое. Например, можно найти утверждение о том, что глубина и быстрота провала активности фондового рынка в октябре 1987 г. в значительной мере явились следствием ухода с рынка по возрасту трейдеров, помнивших на своем опыте крах октября 1929 г. [29]. Тезис, на наш взгляд, вполне убедительный. Однако, как выстроить цепь причинно-следственных связей подобного рода? Скорее всего, это возможно на основе использования в той или иной мере понятий, восходящих к «генетической памяти поколений». Совершенно не исключая построения подобных конструкций, особенно в свете бурного развития «поведенческих финансов», автор все же полагает, что это – объект будущих исследований. Не менее сложной задачей представляется и формализация факторов и способов влияния, например, кризиса «высокотехнологических компаний» 2002 г. на возникновение кредитного и ипотечного пузырей, а затем кризиса 2007–2009 гг.

Таблица 2.

Финансовые кризисы за 1907–2011 гг.

	Описание события	Годы
1	Банковская паника, США	1907
2	Послевоенный финансовый кризис, США и страны Европы	1921
3–4	Великая депрессия, страны мира	1929–1930
5	Послевоенный спад, США	1950
6	Конец бума «троники», США	1962
7	Крах «высокоэффективных» компаний, США	1971
8	«Классический» финансовый кризис, некоторые страны мира	1987
9	Кризис ипотечных финансов (S&L), США	1989
10	Ипотечный и банковский кризис, Япония, Скандинавские страны	1991
11	Финансовый и валютный кризис, страны Юго-Восточной Азии	1997
12	Долговой дефолт, крах LTCM, Россия, США	1998
13	Dotcom кризис, США	2002
14	Ипотечный и кредитный кризис, США, некоторые страны мира	2008

Предположим, однако, что некоторые события, попадающие по ряду признаков в разряд кризисов, можно идентифицировать на основе эмпирической информации. Таблица 2, составленная по данным ряда исследований [7; 24; 27; 32; 35; 36], содержит при-

мерный список финансовых кризисов, состоявшихся за период 1907–2011 гг. Согласно этой таблице, за последние сто с лишним лет в различных экономиках мира произошло около 14 значительных финансовых потрясений, охвативших либо отдельные, либо ряд стран. Решающую роль в распределении кризисов играют события, происходившие в экономике США, которая, по сути, является «финансовым барометром» мира. Например, продолжителен «безкризисный» период, охватывающий предвоенные годы, Вторую мировую войну и послевоенное восстановление и развитие хозяйства. Достаточно длителен период сравнительно быстрого развития финансовых рынков до потрясения, вызванного резким скачком мировых цен на нефть 1973 г. Финансовые кризисы разнесены во времени достаточно далеко друг от друга, хотя на рубеже 1980–1990-х годов и в начале этого века частота кризисов заметно увеличилась, скорее всего, вследствие процессов глобализации. Так, по мнению многих экспертов, на последний кредитный кризис оказал сильное влияние кризис ликвидности 1998 г., состоявшийся после российского дефолта и краха хедж-фонда LTCM¹⁴. В целом, повторим, приведенный перечень событий весьма стилизован. Вместе с тем, как будет показано в дальнейшем, информационная значимость табл. 2 усиливается тем, что предсказание кризисов оказывается относительно инвариантным к изменению их числа.

В первом приближении можно полагать, что период развития финансовой системы 1907–2011 гг. предстает чередой событий, идентифицируемых либо как появление, либо отсутствие финансового кризиса. Это утверждение не противоречит тому, что по мере накопления фактов и углубления понимания финансово-экономических процессов будет происходить замещение случайности на причинно-следственные зависимости. Вполне уместной в этом отношении представляется аналогия с исследованием хаотических процессов. Хорошо известно, например, что точки орбиты дискретной логистической системы, следуя распределению «обратного синуса», совершенно случайно заполняют отрезок единичной длины, хотя в основе такого процесса лежит отображение вполне детерминированного характера.

Простой вероятностный анализ кризисов

Простейшим способом формализации исторической информации о финансовых кризисах является ее представление как последовательности независимых индикаторных случайных переменных

$$(17) \quad X_i = \begin{cases} 1, & p \\ 0, & 1-p \end{cases} \quad i = 1, \dots, n.$$

¹⁴ Long Term Capital Management, LTCM – крупный хедж-фонд, в котором участвовали два нобелевских лауреата по финансам. Фонд имел крупный пакет производных по российскому долгу инструментов, которые обесценились после августовского дефолта 1998 г., что поставило LTCM на грань разорения. При активном участии ФРС, которая стремилась избежать масштабной катастрофы, фонд был продан консорциуму частных финансовых организаций [29]. Предотвращение последствий краха LTCM – первый случай вмешательства государства в попытке спасения финансового игрока, «слишком большого для того, чтобы разориться» (too big to fail). В период кредитного кризиса 2007–2010 гг. подобные действия стали политикой центрального банка и правительства США.

¹⁵ А. Эйнштейн как-то заметил, что «Господь не играет в кости». Думается, он прав, поскольку случайность есть следствие нашего незнания истинной структуры и свойств наблюдаемого процесса, по крайней мере, на исходном этапе исследования.

По данным табл. 2 имеем: $m = 14$, $t = 105$, $h = 0,133 \cong 0,13$. Если, кроме того, плотность распределения событий на временной оси, по крайней мере, за последние сто пять лет, одинакова, то вероятность осуществления кризиса за предстоящий год составляет

$$(21) \quad p = h \Delta t = 0,13,$$

где $n \Delta t = t$, длина стандартного интервала времени Δt равна году, а число лет равно $n = 105$. Отметим, что параметры p и h , в общем случае различные, но в нашей простой модели они совпадают в силу ограниченности информации о событиях. В дальнейшем для дискретных распределений будет использоваться параметр p , а для непрерывного – экспоненциального распределения – параметр h .

Весьма важной характеристикой анализа является так называемое «время возврата», или средний интервал времени возникновения кризиса. Эта оценка – модификация выражения (20):

$$(22) \quad h = \frac{1}{t/m}, \text{ или } TR \cdot h = 1,$$

где TR – «время возврата» интересующего нас события. Например, согласно данным табл. 2 и времени наблюдения в 105 лет, «время возврата» финансовых кризисов составляет 7,7 года. Иначе, в среднем по данной выборке финансовый кризис возникает один раз примерно за восемь лет. Конечно, «время возврата» служит весьма грубой оценкой предсказания, хотя и имеет эмпирическую основу. Забегая вперед, укажем, что полученный результат практически повторяется для экспоненциального распределения времени между появлениями кризисов, тогда как для более точной модели степенного распределения «время возврата» резко сокращается – примерно до 4 лет.

Можно высказать некоторые суждения о числе лет, в течение которых можно ожидать наступления кризиса. Если для всего периода наблюдений ежегодная вероятность кризиса p постоянна, то вероятность его возникновения в течение предстоящих двух лет вычисляется как

$$P_2 = p^2 + 2p(1-p) = 2p - p = 1 - (1 - 2p + p^2) = 1 - q^2,$$

где $q = 1 - p$ есть вероятность отсутствия кризиса в предстоящем году. В нашем примере $P_2 = 0,24$, а вероятность возникновения кризиса за предстоящие k лет есть величина

$$(23) \quad P_k = 1 - q^k.$$

Такие соображения апеллируют к геометрическому распределению числа лет до наступления кризиса, которое предопределяет и точность расчетов. Его непрерывный аналог – экспоненциальное распределение времени наступления кризиса, будет получено в дальнейшем на основе более конкретных соображений относительно реально происходящих финансовых процессов.

Гипотеза биномиального распределения кризисов

Предсказание финансовых кризисов, на наш взгляд, фокусируется на изучении поведения случайной переменной X , показывающей изменение общего числа их появления. Такая переменная является суммой независимых индикаторных случайных величин X_i :

$$(24) \quad X = \sum_{i=1}^n X_i.$$

Если принять, что ежегодная вероятность дефолта p – постоянная величина, то ожидание и дисперсия случайной переменной (17) будут равны соответственно p и qp . Тогда ожидание и дисперсия суммы индикаторных переменных (24) вычисляются весьма просто:

$$\begin{aligned} E[X] &= \sum_{i=1}^n E[X_i] = np, \\ \text{Var}[X] &= \sum_{i=1}^n \text{Var}[X_i] = npq. \end{aligned}$$

Сказанное означает, что, по определению, случайная переменная общего числа кризисов X распределена согласно биномиальному закону, а для всего периода наблюдений n вероятность наступления k -го кризиса составляет

$$(25) \quad p(X = k | p, n) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}.$$

По данным выборки (18), в предположении биномиального распределения общего числа кризисов, вероятность четырнадцати кризисов, $k = 14$, за сто пять лет, $n = 105$, для ежегодной (постоянной) вероятности дефолта $p = 0,13$ составляет 0,113. Ожидаемая величина и дисперсия общего числа кризисов за указанный период – соответственно 14 и 12 – оказываются весьма близкими друг к другу¹⁶. Если кризисы происходят независимо, то вероятность наступления 15-го кризиса в 106-м году составит, согласно (25),

$$p(X = 15 | 0,13, 106) = \binom{106}{15} 0,13^{15} 0,87^{91} \cong 0,104.$$

Однако предположение о взаимной независимости кризисов обосновать, что называется «в лоб», вряд ли возможно, поэтому весьма заманчиво его несколько смягчить. Напомним, что в последовательности испытаний Бернулли наступление кризисных со-

¹⁶ Все расчеты и рисунки в данной работе выполнены с помощью программы Mathematica 7.

бытий уподоблено подбрасыванию монеты, но происходит во времени. Между тем подбрасывание одной монеты 105 раз не равносильно одновременному подбрасыванию 105 монет, что убедительно показано еще В. Феллером [15]. Процесс Бернулли во времени происходит как случайное блуждание

$$X_t = X_0 + \sum_{i=1}^t X_i,$$

которое может иметь, пусть и мнимые, циклы и тенденции. Наличие некоторых, неизвестной природы, зависимостей между кризисами неявно допускается посредством вычисления вместо безусловной вероятности (25) – условной вероятности, скажем, наступления 15-го кризиса в очередном году с учетом того, что за предшествующие 105 лет произошло 14 кризисов. Такая условная вероятность представляет отношение

$$(26) \quad PDF(x)/CDF(x),$$

где плотность распределения вероятностей, $PDF(x)$, вычисляется по формуле (25), а функция распределения биномиального процесса

$$CDF(x) = Beta(x, a, b) / Beta(a, b)$$

есть неполная нормализованная бета-функция¹⁷. Для нашей модели $CDF(14) = 0,61$, а $PDF(15) = 0,104$, что делает условную вероятность кризиса равной 0,17. Таким образом, даже неявное допущение о возможности существования зависимостей между кризисами заметно увеличивает вероятность их наступления в сравнении с гипотезой независимости событий.

Гипотеза бета-биномиального распределения

Гипотеза биномиального распределения общего числа финансовых кризисов за наблюдаемый период хотя и строится на достаточно естественных основаниях, но может быть подвергнута критике еще в одном отношении. В принципе, трудно согласиться с тем, что ежегодная вероятность кризиса $p = 0,13$ оставалась неизменной в течение 105 лет, если принять во внимание огромные различия в масштабах финансовых операций, усложнении инструментов и правил функционирования финансовых рынков. Скорее эта вероятность – латентная характеристика процесса, изменение которой определяется всей совокупностью условий развития финансовой системы. Поэтому естественным обобщением биномиальной модели кризисов является ее модификация, которая может быть получена на основе содержательных предположений относительно

¹⁷ Бета функция, или Эйлеров интеграл первого рода, $B(a, b) = \int_0^1 x^{a-1} (1-x)^{b-1} dx$, играет большую роль в исследовании и моделировании различных процессов. Для экономистов особое значение имеет семейство бета-распределений случайной величины [44].

статистического характера изменений ежегодной вероятности дефолта. Для биномиального распределения общего числа кризисов

$$(27) \quad L(X = k | n, p) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$$

гипотеза бета-распределения изменений параметра ежегодной вероятности дефолта

$$(28) \quad f(p | a, b) = \frac{1}{B(a, b)} p^{a-1} (1-p)^{b-1}$$

представляется вполне естественным выбором. Комбинация этих предположений позволяет представить агрегированное распределение общего числа кризисов посредством взвешивания вероятностей кризиса на основе бета-распределения (28) в последовательности независимых испытаний (27). Такая логика приводит к бета-биномиальной модели кризисов:

$$(29) \quad \begin{aligned} P(X = k | n, a, b) &= \int_0^1 L(X = k | n, p) f(p | a, b) dp = \\ &= \binom{n}{k} \frac{1}{B(a, b)} \text{Beta}(a+k, b+n-k), \end{aligned}$$

в которой агрегированное распределение числа кризисов отражает существование определенных зависимостей между их появлением в разные годы.

Бета-биномиальные модели широко используются в исследовании различных микроэкономических процессов, особенно там, где существуют возможности комбинирования процедур независимого выбора и взвешивания соответствующих вероятностей [20]. В частности, такая модель является простой иллюстрацией Байесова анализа изменений латентного параметра некоторого случайного процесса¹⁸. В нашей модели апостериорное распределение вероятности дефолта $g(p | n, a, b)$ вычисляется как суперпозиция модели явления (27) и априорного распределения (28) на основе известной теоремы Байеса:

$$g(p | n, a, b) = \frac{L(X | n, p) \cdot f(p | a, b)}{P(X | n, a, b)}.$$

Известно, что если параметры бета-распределения a, b являются целыми положительными числами, то бета-биномиальная модель эквивалентна дискретному процессу Полиа [21; 33]. Такой процесс аналогичен случайному выбору шара определенного цвета

¹⁸ Бета-биномиальная модель предсказания кризисов может быть записана при помощи гамма-функций, если использовать известное соотношение $B(a, b) = \frac{\Gamma(a) \cdot \Gamma(b)}{\Gamma(a+b)}$.

из урны с возвращением дополнительного числа шаров выбранного цвета и является естественным обобщением биномиального процесса (простого возврата выбранного шара). Бета-биномиальная случайная последовательность кризисов характеризует определенную зависимость, коррелированность или «персистентность», между их появлениями в разные годы.

Вероятность появления возможных кризисов, согласно бета-биномиальной модели (29), вычисляется по следующей формуле:

$$(30) \quad P(X^* = k^* | X = k, n, n^*, a, b) = \frac{\binom{n^*}{k^*}}{\binom{n}{k}} \frac{1}{\text{Beta}(a+k, b+n-k)} \text{Beta}(a+k+k^*, b+n-k+n^*-k^*),$$

где n^* – число новых наблюдений, а k^* – ожидаемое число кризисов. Интересно, что для $n^* = k^*$ оценка вероятности предсказания (30) совпадает с ожидаемым значением числа кризисов.

Ожидание общего числа кризисов для бета-биномиальной модели можно рассчитать посредством оценки условного ожидания: $E[X] = E_p[E[X|p]]$, где $E_p[X]$ означает осреднение с учетом случайной переменной p . Относительно ежегодной вероятности p величина X распределена по биномиальному закону, со средней np , причем

$$E[X|p] = E[np] = nE[p].$$

Поскольку средняя бета-распределенной случайной величины p есть $\frac{a}{a+b}$, то ее ожидаемое значение равно

$$(31) \quad E[X] = \frac{an}{a+b}.$$

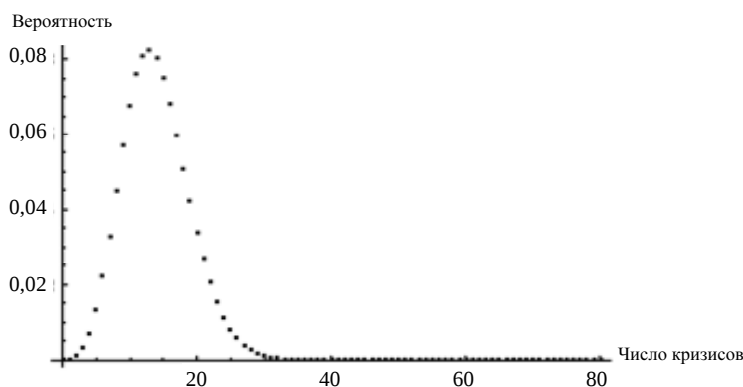


Рис. 2. Плотность распределения вероятностей (PDF) бета-биномиального распределения кризисов

Иллюстрируем сказанное, полагая, что параметры бета-функции заданы эмпирически по выборке (18), следовательно, $a = 14$, $b = 91$. Для бета-биномиального распределения с параметрами $n = 105$, $k = 14$, $a = 14$, $b = 91$, $n^* = k^* = 1$ плотность вероятностей возникновения 15-го кризиса по выборке из 106 лет составляет $PDF(x) = 0,13$. Это распределение представлено на рис. 2. Для бета-биномиальной модели условная вероятность предсказания, рассчитанная по формуле (30), совпадает с указанной выше безусловной вероятностью возникновения кризиса.

Интересно отметить, что бета-биномиальная модель, даже при значительной вариации общего числа кризисов, например, на 10 единиц, дает вероятности их появления, отличающиеся всего лишь на ± 1 процентный пункт, как показано в табл. 3.

Таблица 3.

Число и вероятности появления кризисов

Число кризисов	20	14	10
Вероятность появления кризиса	0,07	0,08	0,09

С чисто практической точки зрения факт значительной вариации (от 10 до 20) числа кризисов при весьма близких значениях вероятностей (7–9% в расчете на год) говорит о грубости бета-биномиальной модели. Однако эта грубость в каком-то смысле конструктивна, поскольку позволяет использовать достаточно нежесткие критерии для идентификации реальных событий как кризисных явлений. В изучении плохо структурированных процессов данное обстоятельство представляется существенным преимуществом простых моделей.

Распределение Пуассона и экспоненциальное распределение времени кризисов

Биномиальное распределение предполагает независимость экономических событий и одинаковую плотность распределения вероятностей на всем временном интервале 1907–2011 гг. Эти условия можно дополнить требованием практической несовместности событий, которое означает пренебрежимо малость вероятности двух и более кризисов в сравнении с вероятностью одного кризиса в течение года. В совокупности, сказанное позволяет интерпретировать случайное появление финансовых кризисов как пуассоновский процесс. Это – дискретный и однопараметрический процесс, зависящий лишь от среднего (ожидаемого) числа кризисов ht . Поскольку ожидание и дисперсия биномиального процесса кризисов весьма близки, то гипотеза пуассоновского распределения возникает весьма естественно [44]. Судя по выборке (18), кризисы возникают аperiodически, в среднем один раз за восемь лет, поэтому пуассоновский процесс, и в нашем случае, есть «закон редких событий», как его часто называют.

Для пуассоновского процесса вероятность отсутствия кризисов за весь наблюдаемый период очень мала: $\exp[-14] = 1,18 \times 10^{-6}$. Соответственно, вероятность осуществления 14 кризисов за последние сто пять лет составляет

$$\Pr[X = 14] = \frac{14^{14} \exp[-14]}{14!} = 0,11,$$

что весьма близко к эмпирически найденной плотности вероятностей $h = 0,13$. Отличие от биномиальной вероятности вызвано тем, что закон Пуассона является предельным для биномиального распределения, в том смысле, что он реализуется для бесконечно большого числа наблюдений.

Большой практический интерес представляет расчет вероятности события, состоящего в отсутствии кризиса в течение одного (предстоящего) года, $t = 1$. Такое событие часто называют «выживанием» (*survival*) финансовой системы:

$$(32) \quad S \equiv \Pr[k = 0 | ht] = \frac{(ht)^0 \exp[-ht]}{0!} = \exp[-ht].$$

Для нашего иллюстративного расчета вероятность отсутствия кризиса в предстоящем году достаточно велика: $\exp[-0,14 \times 1] = 0,878$. Соответственно, вероятность того, что в течение одного года произойдет хотя бы один кризис, равна $1 - S = 1 - \exp[-ht] = 0,122$, что весьма близко к расчетной плотности вероятностей кризиса $h = 0,13$. Функция пуассоновского распределения кризисов представлена на рис. 3.

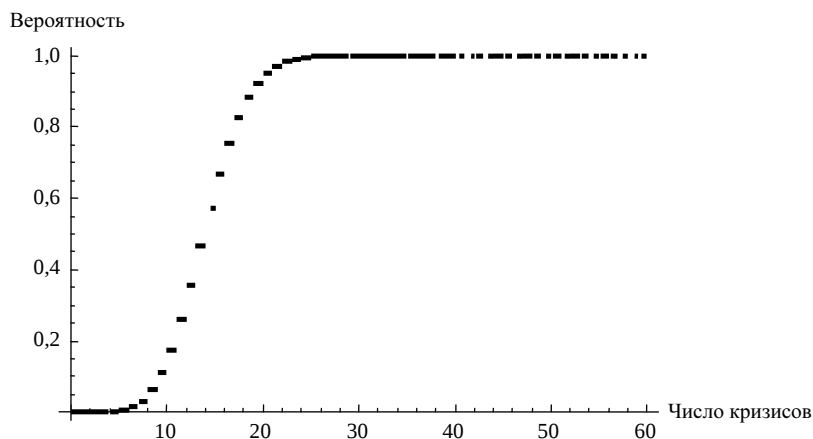


Рис. 3. Пуассоновское распределение кризисов

С учетом заданных эмпирически параметров выборки и $n^* = k^* = 1$, характеристики биномиальной, бета-биномиальной и пуассоновской моделей распределения кризисов представлены в табл. 4.

Как видно, характеристики данных распределений весьма близки друг к другу. Это позволяет использовать вероятность предсказания кризиса, $h = 0,13$, найденную согласно бета-биномиальной гипотезе распределения, для параметризации вероятностной модели динамики долга и «финансового рычага». Однако финансовые индикаторы в рас-

смотренных моделях изменяются непрерывно, поэтому следует оперировать распределением непрерывной случайной величины. Для этого воспользуемся известным свойством пуассоновских процессов, согласно которому время между соседними кризисами следует экспоненциальному распределению. Об этом говорят и соображения эмпирического характера, поскольку, как правило, вероятность кризиса на длинном временном интервале выше, чем на коротком, а ранний кризис более вероятен, чем коллапс, отдаленный во времени.

Таблица 4.

Характеристики различных гипотез распределения числа кризисов

	Биномиальная модель	Модель Пуассона	Бета-биномиальная модель
Число наблюдений (n)	105	105	105
Ожидаемое число кризисов (k)	14	14	14
Дисперсия	12	12	24
Параметр (a)			14
Параметр (b)			91
Вероятность (p)	0,11	0,11	0,08
Вероятность появления кризиса	0,10	0,10	0,13
Условная вероятность кризиса	0,17	0,17	0,13

Сказанное позволяет трактовать время между очередными кризисами как непрерывную случайную величину T , имеющую функцию распределения

$$(33) \quad P(t) \equiv \Pr[T \leq t] = \int_0^t p(z) dz = 1 - \exp[-ht].$$

Отметим, что модель экспоненциального распределения (33) времени кризисов практически воспроизводит ожидаемое время глобального кризиса, $\langle T \rangle = 1/h \cong 8$ лет, которая может быть уточнена для гипотезы степенного распределения макрофинансовых индикаторов. Функция плотности для экспоненциального распределения определяется выражением

$$(34) \quad p(t) = \begin{cases} h \exp[-ht], & t \geq 0 \\ 0, & t < 0, \end{cases}$$

где параметр h имеет интерпретацию условной вероятности (*hazard rate*) наступления кризиса:

$$(35) \quad h = \frac{1}{1 - P(t)} \frac{dP}{dt}.$$

Соответствующее пуассоновским событиям время осуществления события (кризиса) распределено экспоненциально и обладает свойством отсутствия памяти. Это, однако, не вполне согласуется с результатами эмпирических исследований, которые, как правило, подтверждают наличие памяти в таких типах поведения инвесторов, как следование трендам или дрейфам (*momentum or bandwagon effects*) [29; 31]. Компьютерные эксперименты перколяционных процессов, которые, строго говоря, псевдослучайны, также содержат следы памяти. Это превращает гипотезу экспоненциального распределения в элемент более общей системы.

Степенное распределение и уравнения «равных шансов»

Степенные распределения (распределения Парето) играют особую роль в теории сложных систем. Исследования показывают, что этому распределению следуют многие естественные и общественные процессы, которые могут иметь различные механизмы, порождающие его. Одним из таких механизмов является комбинация экспоненциальных функций и экспоненциального закона распределения некоторых событий случайного характера [3; 34]. Выше было показано, что три важнейшие переменные нашей модели – объем мировых долговых обязательств, B , мировой ВВП, Y , и «финансовый рычаг», b , во времени изменяются как экспоненциальные функции, тогда как время, T , между соседними кризисами следует экспоненциальному распределению. Следовательно, можно показать, что распределения значений макрофинансовых индикаторов следуют степенному, или распределению Парето.

Для степенной модели представим дифференциальные уравнения макрофинансовых переменных как обыкновенные однородные («мальтузианские») уравнения:

$$(36) \quad \frac{dz}{dt} = a_i z(t), i = 1, 2, 3,$$

где $z = \{B, Y, b\}$ – одна из интересующих нас финансовых функций, которые по экономическому смыслу принимают положительные значения, и a_i – соответствующие параметры их изменения. Если случайная переменная T является временем между соседними кризисами, следующим экспоненциальному распределению (33), то распределение значений финансового индикатора $P(z) = \Pr[Z \leq z]$ имеет плотность распределения

$$(37) \quad p(z) = p(t) \left| \frac{dt}{dz} \right|.$$

Поскольку из решения уравнений (36) переменную t можно представить как $t = \frac{1}{a} \log \left[\frac{z}{z_0} \right]$, производная которой есть $\frac{dt}{dz} = \frac{1}{az}$, то плотности распределения кризис-

ных значений глобального долга, ВВП и «финансового рычага» вычисляются достаточно просто, как степенные функции:

$$p(z) = h \exp[-ht] \frac{1}{az} = \frac{h/a}{z} \exp\left[\left(-\frac{h}{a}\right) \log\left[\frac{z}{z(0)}\right]\right] = \frac{h/a}{z(0)} \left(\frac{z}{z(0)}\right)^{-\frac{h}{a}-1}$$

или

$$(38) \quad p(z) = \frac{\alpha_i - 1}{z(0)} \left(\frac{z}{z(0)}\right)^{-\alpha_i},$$

где $\alpha_i = \frac{h}{a_i} + 1$. Соответственно, функции распределений кризисных значений финансовых индикаторов также степенные:

$$(39) \quad P(z) = \Pr[Z \leq z] = 1 - \int_z^{\infty} p(z') dz' = 1 - \left(\frac{z}{z(0)}\right)^{-\beta_i}.$$

Степенные распределения зависят от параметра $\beta_i = h/a_i$ и минимального (начального) значения $z(0)$. В нашей модели параметр Парето $\beta = \alpha - 1$ вычисляется для известной условной вероятности наступления кризиса h , которая аппроксимируется значением вероятности кризиса, полученным по бета-биномиальной гипотезе. Эта вероятность одинакова для всех макрофинансовых переменных, но их параметры Парето различны, поскольку неодинаковы как темпы изменений a_i , $i = 1, 2, 3$, так и начальные значения $z(0)$.

Предложенный подход к параметризации степенного распределения кризисов, разумеется, – не единственно возможный. Например, в этих целях автор использовал одну из инвариантных констант перколяции, $\gamma = \frac{43}{18} \cong 2,39$, существующих в малой окрестности

критического состояния финансовой системы [3]. Такой прием, по сути, заимствования экспериментальных данных, полученных в других системах из-за невозможности экспериментов в финансах, представляется допустимым при выполнении определенных требований. Прежде всего, должно быть обеспечено условие, состоящее в том, что кризисные явления принадлежат тому же классу инвариантности, что и критические явления перколяции в системах иной природы [12; 34]. Вместе с тем, когда с момента кризиса прошло несколько лет, то использование, без специального обоснования, констант перколяции, локализованных для критических точек других систем, теряет экономическую актуальность. Таким образом, метод, предложенный в данной работе, хотя и далеко не идеальный, представляется более предпочтительным.

Выше обсуждалось, что экономика и финансы находятся под воздействием огромного числа факторов самой разнообразной природы, причем составить детальную модель таких взаимодействий, если и можно, то чрезвычайно затруднительно. Однако вполне допустимо разделить воздействие этих факторов на две группы – способствующих либо

стабилизации, либо разрушению финансовой системы. Соответственно, если факторы первой группы превалируют для значений $z < z^*$, а факторы второй группы доминируют на другом интервале значений финансового индикатора, то их равновесное воздействие формирует критическое состояние системы. В таком контексте термин «критическое значение» может использоваться для обозначения состояний финансовой системы, имеющих

равные вероятности ее «выживания», $S(z) = \left(\frac{z}{z(0)} \right)^{-\beta_i}$, и коллапса, $P(z) = 1 - S(z)$. Конечно, понятия критического состояния и кризиса не идентичны, поскольку и при 50-процентной априорной вероятности кризис может не произойти. Однако баланс воздействий факторов в критической точке меняется обязательно. Это и придает содержательный характер анализу критических состояний финансовой системы.

Гипотеза степенного распределения позволяет вычислить критические значения объема мировых долговых обязательств, мирового ВВП и «финансового рычага» как корни простых уравнений:

$$(40) \quad 1 - \left(\frac{z}{z(0)} \right)^{-\beta_i} = \left(\frac{z}{z(0)} \right)^{-\beta_i}, \quad i = 1, 2, 3, \text{ либо } \left(\frac{z}{z(0)} \right)^{-\beta_i} = 0,5.$$

Наконец, подставляя критическое значение переменной z^* в соответствующее уравнение (36) и решая его относительно переменной $t = t^*$,

$$(41) \quad t^* = \log \left[\frac{z^*}{z(0)} \right],$$

можно вычислить оценку времени наступления критического события.

Прогноз критического состояния мировых финансов

Проверим по данным GFSR, представленным в табл. 5, насколько точно предлагаемая модель «предсказывает» условия и время наступления кредитного кризиса 2008 г.

Из табл. 5 следует, что за период 2003–2007 гг. среднегодовой темп прироста долговых обязательств составил 10,7%, а параметр Парето был равен величине $\beta = 1,18$. Таким образом, критический объем мирового долга, который находится из уравнения

$$\left(\frac{B}{52,0} \right)^{-1,18} = 0,5, \text{ составляет } 93,6 \text{ трлн долл. Данный объем мировых обязательств, будучи}$$

сопоставленным с эмпирическими данными табл. 5, соответствует примерно 2009 году. Иными словами, применение модели дает ошибку «обратного прогноза» примерно в один год, что представляется вполне приемлемым для явлений глобального масштаба.

Таблица 5.

**Динамика мирового долга, ВВП и финансового рычага
за 2003–2011 гг.**

	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.
Долговые обязательства, трлн долл	52,0	57,9	58,9	68,7	79,8	83,5	92,1	94,8	98,4
ВВП, трлн долл.	36,2	40,9	44,4	48,2	54,5	60,9	57,8	62,9	69,9
Финансовый рычаг	1,44	1,41	1,32	1,42	1,46	1,37	1,59	1,51	1,41

Теперь используем данные табл. 5 для вычисления критических значений мирового долга, ВВП и «финансового рычага» на предстоящие, после 2011, годы. Напомним, что по материалам GFSR (табл. 1), кредитный кризис был идентифицирован 2008 годом, а экономическая рецессия – 2009 годом. Поэтому для расчета исходного значения «финансового рычага» информация по мировому долгу и ВВП сформирована как средняя арифметическая их значений за 2008–2009 гг. Осредненные данные использовались для расчета темпов изменения индикаторов за послекризисный период, а также соответствующих параметров Парето. Эти характеристики представлены в табл. 6.

Таблица 6.

Параметры прогноза

Индикаторы	Темпы прироста	Параметры Парето
Мировой долг	$a_1 \equiv \mu = 0,057$	$\beta_1 = 2,28$
Мировой ВВП	$a_2 \equiv \lambda = 0,08$	$\beta_2 = 1,16$
Финансовый рычаг	$a_3 \equiv \theta = -0,028$	$\beta_3 = -4,64$

Варианты прогноза трех макрофинансовых индикаторов приведены в табл. 7. Линейно-независимые варианты (а) и (b) составлены как комбинации критических значений долга и ВВП, соответственно, совместно с критическим значением «финансового рычага». Вариант прогноза (с) служит «проверкой» согласованности оценки критического значения «финансового рычага», которая вычислялась по указанным характеристикам долга и ВВП.

Критические значения макрофинансовых индикаторов находились как решения следующих уравнений:

$$a) \left(\frac{B}{87,8} \right)^{-2,28} = 0,5; \quad b) \left(\frac{Y}{59,4} \right)^{-1,16} = 0,5; \quad c) \left(\frac{b}{1,49} \right)^{4,64} = 0,5.$$

Таблица 7.

**Прогноз критических значений мирового долга,
ВВП и финансового рычага**

	2008/ 2009 гг.	2010 г.	2011 г.	2015 г. (а)	2015 г. (b)	2015 г. (с)
Долговые обязательства, трлн долл	87,8	94,8	98,4	119,0	117,2	119,0
ВВП, трлн долл.	59,4	62,9	69,9	93,0	91,6	91,6
Финансовый рычаг	1,49	1,51	1,41	1,28	1,28	1,299

Модель определяет критические значения мирового долга в интервале 117–119 трлн долл., а мирового ВВП – в интервале 91–93 трлн долл. Финансовый рычаг попадает в «вилку» значений 1,28–1,299. Из расчетов по формуле (41) следует, что прогнозные характеристики финансовой системы будут достигнуты примерно к 2015 г., учитывая возможную ошибку предсказания. Динамика вероятностей «выживания» и коллапса прогноза мирового долга представлена на рис. 4, причем динамика вероятностей других индикаторов аналогична.

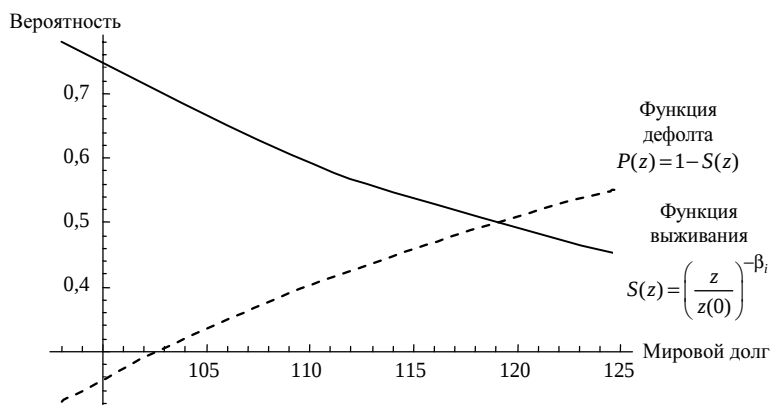


Рис. 4. Вероятности кризиса и «выживания» для глобального долга

По экономическому смыслу, когда объемы мировых обязательств, ВВП и «финансового рычага» будут находиться в указанных интервалах значений, то совокупность факторов, благоприятствующих оздоровлению глобальной финансовой системы, скорее всего сменится доминированием неблагоприятных факторов. Разумеется, данная модель не раскрывает эти факторы, но содержательный анализ указывает на их постоянное присутствие,

выражающееся в противоречивых тенденциях послекризисного развития мировой финансовой системы. Например, как указывалось выше, «замкнутый круг» недостаточного банковского кредитования реального бизнеса не может быть разорван в течение почти пяти лет, прошедших после спазматического сокращения сегмента денег (*money market*) в конце 2008 г. С той поры либо недостаточные объемы кредитования порождали непосильные для малого и среднего бизнеса условия и ставки обслуживания заимствований, либо последние угнетали спрос на кредиты. Конечно, относительное противоборство этих факторов оказывало сдерживающее влияние на оздоровление экономики в течение всего посткризисного периода. Однако после 2015 г., согласно прогнозу, отмеченная коллизия заемщиков и кредиторов станет значительным фактором дестабилизации глобальной финансовой системы.

Методологически интересным результатом данного прогноза является его, в значительной мере, контринтуитивный характер. Согласно расчетам, даже сохранение положительных тенденций, которые наблюдаются в мировых финансах за период 2010–2011 гг., не служит гарантией от повторения кризисных явлений. Используя популярное выражение, мировая финансовая система вполне может быть накрыта «второй волной» кредитного кризиса. Причем, если это произойдет, то произойдет достаточно быстро.

С экономической точки зрения объяснение такого результата достаточно очевидно – позитивные изменения в финансах, безусловно, происходят, но медленно и половинчато, а их эффект явно недостаточен. Свидетельств тому много, приведем лишь одно из них. Так, 7 января 2013 г. Базельский комитет по банковскому надзору существенно смягчил требования к коммерческим банкам в части соблюдения ими нормы ликвидности (*liquidity coverage ratio, LCR*), а дата реализации первоначальных контрольных ориентиров отодвинута на несколько лет [13]. В данной работе обоснованность решений центральных банков ведущих экономик мира не подвергается сомнению. Вместе с тем предложенная модель акцентирует весьма неприятное следствие подобных решений: когда «финансовый рычаг» снижается недостаточно быстро, то пренебрегать вероятностью «возврата кризиса» скорее всего не следует.

Заключение

Полученный прогноз, разумеется, носит обусловленный характер, поскольку модель покоится на ряде предположений (гипотез), справедливость которых определяет меру ее адекватности. Эти априорные гипотезы, в свою очередь, являются фрагментами надсистемы, которая в целом не структурирована, а задана как «размытое множество» (*fuzzy set*), неявно включая, по выражению Ф. Найта, «неизвестные неизвестные» [25]. Такая конструкция предсказания критических явлений в финансах своим достоинством имеет простоту и небольшой объем используемой информации. Тем не менее очевидны и ее недостатки, одним из которых является чувствительность результатов к параметрам системы, особенно к оценке плотности вероятностей наступления кризисов. Однако, по крайней мере, на предварительных этапах прогнозирования познавательная ограниченность модели вполне компенсируется возможностью получения, причем с небольшими издержками, конкретных результатов о сложном и плохо изученном процессе.

Тезис об ограниченности, фрагментарности и противоречивости наших знаний о кризисных явлениях в финансах лежит в основе построения предлагаемой модели. Этот

тезис объясняет использование простых приемов в исследовании сложных явлений, поскольку громоздкости, зачастую, дают гораздо худшие результаты. Вместе с тем применение простых моделей не означает, что следует отбросить гигантскую совокупность накопленной информации, методологию и технику моделирования различных аспектов сложного феномена финансовых кризисов и дефолтов. Этот арсенал, безусловно, должен активизироваться на каждом этапе исследования, причем в той мере, в какой происходит накопление знаний о финансовых процессах. Конструкция модели представляет, пусть и в самой элементарной форме, один из этапов замещения незнания на знание. Следует еще раз подчеркнуть, что успехи на этом пути будут определяться скорее не техническими средствами, а новой информацией, добытой по мере углубления и расширения знаний о природе финансовых пузырей и кризисов.

* *
*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов А.Д. Финансовый рычаг и нестабильность // Вопросы экономики. 2012. № 9.
2. Смирнов А.Д. Макрофинансы: модель пузыря и кризиса: препринт WP2/2010/03. М.: ГУ ВШЭ, 2010.
3. Смирнов А.Д. Кредитный кризис и перколяция финансового рынка // Вопросы экономики. 2008. № 10.
4. Adrian T., Shin H. Liquidity and Financial Contagion, Banque de France // Financial Stability Review. 2008. № 11.
5. Akerlof G., Shiller R. Animal Spirits, etc. Princeton: Princeton University Press, 2009.
6. Bank for International Settlements, BIS Annual Report 2008/2009. Basel, 2009.
7. Basel Committee on Banking Supervision, Bank Failures in Mature Economies: BCBS Working Paper. № 13. Basel, April 2004.
8. Bloomberg. Geithner Bond Returns Trail Paulson. 2012. February 21.
9. Bloomberg. McCafferty Says BOE Must Keep Open Mind on New Policy Tools. 2013. January 18.
10. Cassidy J. How Markets Fail. The Logic of Economic Calamities. L.: Allen Lane, 2009.
11. Eichengreen B., Mitchener C. The Great Depression as a Credit Boom Gone Wrong: BIS Working Papers. 137. Basel, 2003.
12. Encyclopedia of Complexity and Systems Science. Berlin/Heidelberg: Springer, 2009.
13. The Economist. Global Regulators Soften their Stance on Liquidity. 2013. January 12.
14. Farmer D. Market Force, Ecology and Evolution. Santa Fe: Santa Fe Institute, 2000.
15. Feller W. An Introduction to Probability Theory and its Applications. N.Y.: John Wiley, 1966.
16. Fisher I. The Debt-Deflation Theory of Great Depressions // Econometric. 1933. 1. P. 337–357.
17. French D. Early Speculative Bubbles and Increase in Money Supply. 2nd ed. Auburn: Ludwig von Mises Institute, 2009.
18. Ghosh A., Ostry J., Tamirisa N. Anticipating the Next Crisis // Finance and Development. September 2009. Washington.
19. Global Financial Stability Report. Iss. 2004–2012. IMF, Washington.
20. Hardie B., Fader P. Applied Probability Models in Marketing Research. L.: London Business School, 2000.
21. Jacobs R. Bayesian Statistics: Beta-Binomial Model. Rochester: University of Rochester, 2008.

22. *Janeway W.H.* Risk versus Uncertainty: Frank Knight's «Brute» Facts of Economic Life. 2006. (<http://privatizationofrisk.ssrc.org/Janeway/printable.html>)
23. *Keynes J.M.* The General Theory of Employment, Interest and Money. N.Y.: Harcourt-Brace, 1936.
24. *Kindleberger C.P., Aliber R.* Manias, Panics and Crashes: A History of Financial Crises. 5th ed. N.Y.: J. Wiley, 2005.
25. *Knight F.* Risk, Uncertainty and Profit. Washington: Beard Books, 2002.
26. *Krugman P.* End This Depression Now! L.: W.W. Norton, 2012.
27. *Lauven L., Valencia F.* Systemic Banking Crises: A New Database: IMF Working Papers, WP/08/224. 2008.
28. *Levinson M.* Guide to Financial Markets. L.: The Economist, 2010.
29. *Malkiel B.* A Random Walk Down Wall Street, Completely Revised and Updated Edition. N.Y.: W.W. Norton, 2012.
30. *Mandelbrot B., Hudson R.* The (mis)Behaviour of Markets. A Fractal View of Risk, Ruin and Reward. L.: Profile Books, 2005.
31. *Minsky H.* Stabilizing an Unstable Economy. N.Y.: McGraw Hill, 2008.
32. *Moessner R., Allen W.* Banking Crises and the International Monetary System in the Great Depression and Now: BIS Working Paper. № 333. December. Basel, 2010.
33. *Navarro D., Ami P.* An Introduction to the Beta-Binomial Model. Adelaide: University of Adelaide, 2005.
34. *Newman M.J.E.* Power Laws, Pareto Distributions and Zipf's Law. 2006. (arXiv: cond-math/0412004 v3 29 May 2006)
35. *Reinhart C., Rogoff K.* This Time is Different: Eight Centuries of Financial Folly. Princeton: Princeton University Press, 2010.
36. *Schularick M., Taylor A.* Credit Booms Gone Bust: Monetary Policy, Leverage Cycles and Financial Crises, 1870–2008: NBER Working Paper 15512. Cambridge, 2009.
37. *Sornette D.* Critical Market Crashes. (arXiv-cond-mat/0301543 v 1)
38. *Smirnov A.D.* To Buy or Not to Buy, That's Not the Question: A Simple Model of Credit Expansion: Working Paper WP7/2012/05. M.: NRU HSE, 2012.
39. *Stanley H.E., Gopikrishnan P., Plerou V., Salinger M.A.* Patterns and Correlations in Economic Phenomena Uncovered Using Concepts of Statistical Physics // Lecture Notes in Physics (Series). Vol. 621. Berlin/Heidelberg: Springer, 2003.
40. *Stiglitz J.* Needed: A New Economic Paradigm // Financial Times. 2010. August 20.
41. *Turner A. et al.* The Future of Finance: The LSE Report. L., 2010.
42. *Vasicek O.* Probability of Loss on a Loan Portfolio: Working Paper, KMV Corporation. San Francisco, 1987.
43. *Von Mises L.* Human Action. A Treatise on Economics, 4th revised ed. San Fransisco: Fox & Wilks, 1996.
44. *Walck C.* Hand-Book on Statistical Distributions for Experimentalists. Stockholm: University of Stockholm, 2007.

A Simple Model of Crises Prediction

Smirnov Alexander

National Research University Higher School of Economics,
20, Myasnitskaya ul., Moscow, 101990, Russian Federation.
E-mail: adsmir@hse.ru

Financial crises were studied as disturbances of a debt monetization process. A simple model was proposed for the critical values prediction of several financial indicators. The forecast of these values was made on the basis of the IMF global financial stability statistics. The model was used to investigate the three types of financial interrelations. The first embraced processes of a debt monetization, economic growth and leverage, all these processes being modeled as the «Malthusian» equations. Then the group of distributions of a random number of crisis occurrences in the last 105 years was studied. The expected value of a sample number of crises was used to parameterize Pareto distributions of financial indicators. Their critical values being defined for the equal probabilities of system's collapse and survival, would have been reached approximately by the year 2015. Hence, contrary to the positive trends being quite noticeable in the post-crisis period, the global financial system seems to have a great chance to be drowned under the «second wave» of a crisis.

Key words: financial bubble; credit meltdown; complex system; financial crisis; critical point; debt monetization.

* *
*

References

- Smirnov A.D. (2012) Finansovyy rychag i nestabil'nost' [Leverage and Financial Instability]. *Voprosy ekonomiki*, no 9.
- Smirnov A.D. (2010) *Makrofinansy: modeli puzyrej i krizisov* [MacroFinance: A Model of Bubbles and Crises]. Working Paper WP2/2010/03, Moscow: HSE.
- Smirnov A.D. (2008) Kreditnyj krizis i perkolacija finansovogo rynka [Credit Bubble and Percolation of Financial Markets]. *Voprosy ekonomiki*, no 10.
- Adrian T., Shin H. (2008) Liquidity and Financial Contagion, Banque de France. *Financial Stability Review*, no 11.
- Akerlof G., Shiller R. (2009) *Animal Spirits, etc.*, Princeton: Princeton University Press.
- Bank for International Settlements (2009) *BIS Annual Report 2008/2009*. Basel.
- Basel Committee on Banking Supervision (2004) *Bank Failures in Mature Economies*. BCBS Working Paper no 13. Basel, April.

- Bloomberg (2012) *Geithner Bond Returns Trail Paulson*, February 21.
- Bloomberg (2013) *McCafferty Says BOE Must Keep Open Mind on New Policy Tools*, January 18.
- Cassidy J. (2009) *How Markets Fail. The Logic of Economic Calamities*, London: Allen Lane.
- Eichengreen B., Mitchener C. (2003) *The Great Depression as a Credit Boom Gone Wrong*. BIS Working Papers, 137, Basel.
- Encyclopedia of Complexity and Systems Science* (2009) Berlin/Heidelberg: Springer.
- The Economist*, Global Regulators Soften their Stance on Liquidity, January 12, 2013.
- Farmer D. (2000) *Market Force, Ecology and Evolution*, Santa Fe: Santa Fe Institute.
- Feller W. (1966) *An Introduction to Probability Theory and its Applications*, New York: John Wiley.
- Fisher I. (1933) The Debt-Deflation Theory of Great Depressions. *Econometric*, 1, pp. 337–357.
- French D. (2009) *Early Speculative Bubbles and Increase in Money Supply*. 2nd ed., Auburn: Ludwig von Mises Institute.
- Ghosh A., Ostry J., Tamirisa N. (2009) Anticipating the Next Crisis. *Finance and Development*, September, Washington.
- IMF (2004–2012) *Global Financial Stability Report*, Iss. 2004–2012, Washington.
- Hardie B., Fader P. (2000) *Applied Probability Models in Marketing Research*, London: London Business School.
- Jacobs R. (2008) *Bayesian Statistics: Beta-Binomial Model*, Rochester: University of Rochester.
- Janeway W.H. (2006) *Risk versus Uncertainty: Frank Knight's «Brute» Facts of Economic Life*. Available at: <http://privatizationofrisk.ssrc.org/janeway/printable.html>
- Keynes J.M. (1936) *The General Theory of Employment, Interest and Money*, New York: Harcourt-Brace.
- Kindleberger C.P., Aliber R. (2005) *Manias, Panics and Crashes: A History of Financial Crises*. 5th ed., New York: J. Wiley.
- Knight F. (2002) *Risk, Uncertainty and Profit*, Washington: Beard Books.
- Krugman P. (2012) *End This Depression Now!*, London: W.W. Norton.
- Lauven L., Valencia F. (2008) *Systemic Banking Crises: A New Database*. IMF Working Papers, WP/08/224.
- Levinson M. (2010) *Guide to Financial Markets*, London: The Economist.
- Malkiel B. (2012) *A Random Walk Down Wall Street, Completely Revised and Updated Edition*, New York: W.W. Norton.
- Mandelbrot B., Hudson R. (2005) *The (mis)Behaviour of Markets. A Fractal View of Risk, Ruin and Reward*, London: Profile Books.
- Minsky H. (2008) *Stabilizing an Unstable Economy*, New York: McGraw Hill.
- Moessner R., Allen W. (2010) *Banking Crises and the International Monetary System in the Great Depression and Now*. BIS Working Paper, no 333, December, Basel.
- Navarro D., Ami P. (2005) *An Introduction to the Beta-Binomial Model*, Adelaide: University of Adelaide.
- Newman M.J.E. (2006) *Power Laws, Pareto Distributions and Zipf's Law*. Available at: arXiv: cond-math/ 0412004 v3 29 May 2006
- Reinhart C., Rogoff K. (2010) *This Time is Different: Eight Centuries of Financial Folly*, Princeton: Princeton University Press.
- Schularick M., Taylor A. (2009) *Credit Booms Gone Bust: Monetary Policy, Leverage Cycles and Financial Crises, 1870–2008*. NBER Working Paper 15512, Cambridge.
- Sornette D. *Critical Market Crashes*. Available at: arXiv-cond-mat/0301543 v 1
- Smirnov A.D. (2012) *To Buy or Not to Buy, That's Not the Question: A Simple Model of Credit Expansion*. Working Paper WP7/2012/05, Moscow: NRU HSE.
- Stanley H.E., Gopikrishnan P., Plerou V., Salinger M.A. (2003) Patterns and Correlations in Economic Phenomena Uncovered Using Concepts of Statistical Physics. *Lecture Notes in Physics (Series)*, vol. 621, Berlin/Heidelberg: Springer.

-
- Stiglitz J. (2010) Needed: A New Economic Paradigm. *Financial Times*, August 20.
- Turner A. et al. (2010) *The Future of Finance*. The LSE Report, London.
- Vasicek O. (1987) *Probability of Loss on a Loan Portfolio*. Working Paper, KMV Corporation, San Francisco.
- Von Mises L. (1996) *Human Action. A Treatise on Economics*, 4th revised ed., San Fransisco: Fox & Wilks.
- Walck C. (2007) *Hand-Book on Statistical Distributions for Experimentalists*, Stockholm: University of Stockholm.