

ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

М. В. Ткаченко

аспирант и преподаватель базовой кафедры инфраструктуры финансовых рынков Национального исследовательского университета — «Высшая школа экономики»; главный экономист департамента Wealth Management ПАО «Совкомбанк»

ПРИНЦИПЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ КОРЗИННЫХ НОТ НА КРЕДИТНЫЙ РИСК РОССИЙСКИХ ЭМИТЕНТОВ

1. Введение

Процентные ставки как на мировом, так и на российском рынке снижаются. В этих условиях классические финансовые инструменты с фиксированной доходностью — депозиты и облигации — теряют свою привлекательность. Перед инвестором встает необходимость выбора между невысокой, иногда не превосходящей уровень инфляции доходностью, но при этом низким риском, или потенциально высокой доходностью при неограниченном риске. Оптимальным в таком случае вариантом может стать структурный продукт — механизм, состоящий из двух и более простых активов, который позволяет получить доходность выше безрисковой ставки, ограничив при этом риск с учетом инвестиционного профиля конкретного инвестора.

В табл. 1 показаны основные критерии, по которым можно классифицировать структурные продукты (Матюхин, 2012). Список критериев может быть продолжен, а группы, выделенные в рамках классификации, имеют плавающие границы, поскольку структурный продукт — это своего рода «конструктор», детали которого можно соединять в различных сочетаниях, либо заменять на другие.

Таблица 1

Критерии классификации структурных продуктов

Критерий классификации	Примеры групп
По задаче инвестора	Защита капитала Участие в росте рынка или конкретного актива Получение фиксированного дохода Хеджирование рыночных рисков Диверсификация инвестиционного портфеля
По базисным активам, из которых состоит продукт	Облигации Акции Опционы Биржевые индексы Товары Процентные ставки
По сочетанию базисных активов в составе	Корзина однородных активов Депозит + опцион Стратегия из нескольких опционов
По сроку до погашения	Краткосрочные (1–2 года и менее) Среднесрочные (2–3 года) Долгосрочные (4–5 лет и более)

Окончание табл. 1

Критерий классификации	Примеры групп
По степени защиты капитала	С полной защитой С частичной защитой Без защиты
По толерантности инвестора к риску	Консервативные Рациональные Агрессивные
По юридической оболочке	EMTN (англ. <i>European Medium Term Notes</i>) Форвардный контракт
По месту обращения	Внебиржевые Биржевые

Рынок структурных продуктов зародился в США в конце 1960-х гг. и за прошедшие несколько десятков лет успел достигнуть значительного объема в масштабах всего мира. На данный момент не существует глобального информационного поля, в котором бы велся учет всех заключенных со структурными продуктами сделок, но, по данным Европейской ассоциации инвестиционных структурных продуктов (*European Structured Investment Products Association, EUSIPA*), совокупный торговый оборот по структурным продуктам, выпущенным только европейскими банками, за 2019 г. составил 109,5 млрд евро — это эквивалентно 13% торгового оборота на рынке акций Лондонской фондовой биржи за аналогичный период времени. Рисунок 1 отображает динамику торгового оборота по структурным продуктам на европейском рынке с 2012 г. по настоящий момент.

Потребность в более высокой, чем по депозиту или облигации, доходности порождает спрос на структурные продукты со стороны инвесторов с отношением к риску от консервативного до агрессивного. Брокеры развивают собственные фабрики структурных продуктов, благодаря которым можно создать инструмент, максимально соответствующий предпочтениям инвестора, или платформы-маркетплейсы, через которые доступны покупки продуктов как данному брокеру, так и сторонним контрагентам. Однако существует проблема, снижающая доверие потенциальных инвесторов к структурным продуктам, — это недостаток понимания принципов работы и ценообразования того или иного продукта.

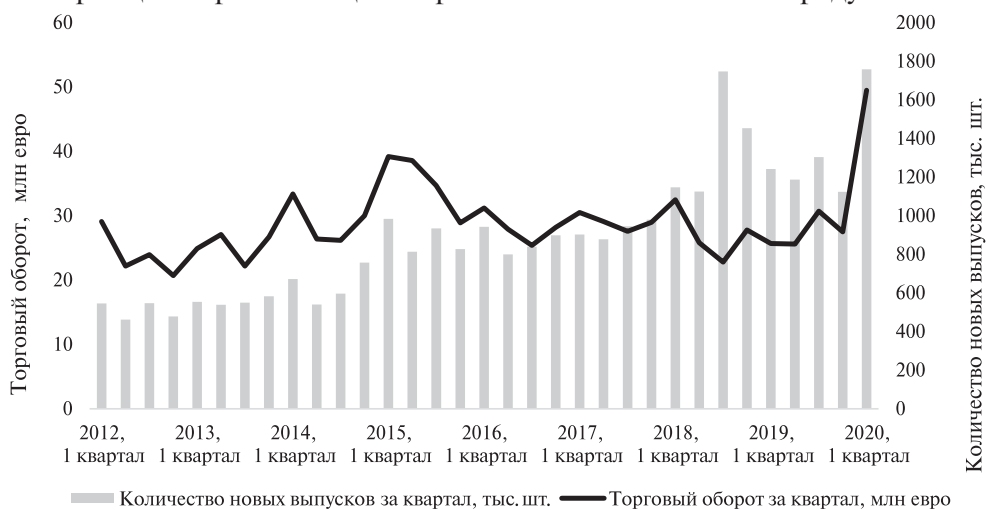


Рис. 1. Количество новых выпусков и квартальный торговый оборот по структурным продуктам на рынке Европы

Источник: European Structured Investment Products Association (URL: <https://eusipa.org>)

Структурные продукты открыли возможности, которые финансовый рынок не мог обеспечить до их появления. Они могут быть более тонко настроены под потребности инвестора, чем «ванильные» финансовые инструменты, позволяют заработать повышенную доходность, жестко ограничить риск, обеспечить диверсификацию портфеля и даже удовлетворить определенные психологические потребности, став «легальным казино» для инвесторов с высокой толерантностью к риску. С другой стороны, продажа структурных продуктов без оценки инвестиционного профиля инвестора и полного понимания им механизма действия продукта может привести к тому, что продукт будет продан инвестору, цели которого не совпадают с целями, которых помогает достичь продукт, а толерантность к риску более низкая, чем потенциальный уровень риска продукта. Важную роль играет и тот факт, что именно рынок MBS¹ стал одним из триггеров мирового финансового кризиса 2007–2010 гг.

Основная причина такого противоречия заключается в том, что устройство и принцип действия структурного продукта со сложностью выше начального уровня иногда трудно понять даже финансисту, не говоря о среднестатистическом неквалифицированном инвесторе. В настоящее время существует весьма малое количество академических исследований, посвященных беспристрастному анализу тех или иных структурных продуктов, нацеленных на определение их преимуществ перед «ванильными» финансовыми инструментами и соответствие заявленного риска реальному. При этом почти все эти исследования реализованы на рынке США, Европы или Азии. Исследования, имеющие отношение к российскому рынку структурных продуктов, исчисляются единицами (Матюхин, 2012), либо носят неакадемический характер (Матюхин, 2016; Ткаченко, 2018).

Цель данной статьи — оценка справедливой стоимости и соотношения «риск-доходность» корзинных нот «до первого дефолта» (*First-to-Default, далее — FTD, FTD-ноты*), сконструированных нами из торгуемых базисных активов. Объект исследования — *FTD*, сконструированные из базисных активов, обращающихся на российском рынке. Предмет исследования — модель ценообразования структурных продуктов, выпущенных в виде корзинных нот. В рамках статьи поставлены и решены следующие задачи:

- 1) сформулировать определение структурной *FTD*-ноты, описать ее ключевые характеристики, принципы конструирования и задачи инвестора, которые могут быть решены с ее помощью;
- 2) привести описание модели копулы, широко используемой в ценообразовании кредитных деривативов;
- 3) проанализировать российский рынок *CDS*, которые могут быть использованы в качестве базисных активов для структурных нот;
- 4) сконструировать *FTD* на риск четырех эмитентов, комбинируя выбранные базисные активы;
- 5) оценить справедливую стоимость сконструированных нот, используя модель однофакторной копулы, адаптированную Hull и White для оценки кредитных деривативов (Hull, White, 2004).

Для оценки справедливой стоимости нот использовалась модифицированная формула оценки стоимости облигации, в которой денежные потоки взвешены по вероятности отсутствия дефолта. Вероятность дефолта ноты была рассчитана с использованием двух однофакторных моделей копулы — признанного в мировой практике метода оценки риска структурных продуктов, зависящих от нескольких базисных активов. Для расчета соотношения «риск-доходность», на основании

¹ Mortgage Backed Securities.

которого инвестор делает выбор между несколькими нотами, мы ввели показатель квази-коэффициента Шарпа. От классического коэффициента Шарпа он отличается тем, что в качестве меры риска в формуле используется не волатильность ноты, а вероятность ее дефолта.

Научная новизна статьи состоит в том, что исследование реализуется на выборке из 715 структурных продуктов, сконструированных автором из базисных активов, которые торгуются на российском рынке. В подавляющем большинстве предыдущих исследований, объектом которых являются *FTD*, масштабная выборка формируется методом симуляций Монте-Карло без привязки к рынку. Если же в исследовании фигурируют реально торгуемые активы, то такое исследование носит характер *case study*, поскольку преимущественно внебиржевой характер структурных продуктов и отсутствие информации о них в широком доступе препятствуют формированию масштабной выборки однородных наблюдений.

Практическая значимость исследования заключается в том, что оно представляет собой взгляд на достаточно непрозрачный для потенциальных инвесторов рынок структурных продуктов изнутри. Статья предлагает объективное, а не маркетинговое описание структурной *FTD*-ноты и факторов, оказывающих влияние на ее цену, а также демонстрирует наиболее популярную методику ее ценообразования. Кроме того, в статье проводится анализ российского рынка *CDS*, — потенциальных базисных активов для *FTD*-нот, — на основании которого можно оценить перспективы конструирования структурных нот на риск российских эмитентов.

2. Описание и принцип конструирования структурной ноты типа «First-to-Default»

*CLN*¹, или ноты, привязанные к кредитному риску, пользуются активным спросом со стороны как физических лиц, так и корпоративных инвесторов. Принцип действия *CLN* заключается в том, что доход по ней привязан к факту наступления или ненаступления кредитного события по тому или иному базисному активу.

Частным случаем *CLN* является *FTD*-нота, или нота «до первого дефолта» (в литературе также можно встретить определение «*basket default swap*» или «*basket CDS*»). По принципу действия и механизму начисления дохода этот продукт имеет сходство с облигацией и *CDS* — основное отличие от них состоит в том, что в его основе лежит не один базисный актив, а корзина обязательств трех или более эмитентов. Инвестор, который приобрел *FTD*, с установленной периодичностью получает фиксированный купон, а в момент погашения ноты ему выплачивается ее номинальная стоимость, если до этого момента не произошел дефолт ноты.

Дефолт *FTD* происходит, если в отношении любого эмитента, облигации которого входят в корзину, произошло кредитное событие. Под кредитным событием подразумевается любое событие, квалифицируемое *ISDA*² как *event of default*. В частности, к таковым относятся санация, реструктуризация, банкротство, поглощение другой компанией с отказом исполнять имеющиеся в наличии обязательства и т. д. Полный список потенциально возможных кредитных событий изложен в проспекте ноты и предоставляется инвестору для ознакомления перед принятием решения о приобретении продукта. Для обслуживания выпусков *FTD* эмитент заключает договор с расчетным агентом, в обязанности которого входит как осуществление расчетов с клиентами при выплате купонов и погашении нот,

¹ Credit Linked Notes.

² International Swaps and Derivatives Association.

так и установление факта кредитного события в случае, если произошедшее событие претендует на роль такового, но, в соответствии с регламентом *ISDA*, не может быть трактовано однозначно. После фиксации кредитного события расчетным агентом происходит объявление дефолта по ноте с последующим прекращением ее существования.

Главная особенность *FTD* заключается в том, что она позволяет получить повышенную доходность, как при покупке облигаций с использованием кредитного плеча, но при этом не налагает на инвестора дополнительный риск: он рискует только внесенной суммой, вероятность *margin call* — требования брокера внести дополнительное обеспечение в случае падения стоимости бумаги — для него отсутствует. К прочим преимуществам *FTD* относятся следующие:

1. *FTD* достаточно проста для понимания: в отличие от нот барьерного типа, привязанных к динамике корзины акций, для которых существует «дерево» возможных состояний мира, она имеет только два возможных варианта погашения. В случае наступления кредитного события относительно любого эмитента, бумаги которого входят в корзину, нота прекращает свое существование, а эмитент осуществляет расчет с инвестором денежными средствами по ее ликвидационной стоимости. В случае, если кредитное событие не наступило, клиент, державший ноту до даты экспирации, погашает ее с заранее известной доходностью, превышающей доходность любого из включенных в ноту базисных активов;
2. Эмитентом *FTD* является специально образованное юридическое лицо — *SPV*¹, создаваемое в рамках программы выпуска нот. Данный механизм аналогичен механизму выпуска еврооблигаций, является общепризнанной мировой практикой и применяется для отделения рисков конкретного выпуска бумаг от прочих рисков эмитента;
3. *FTD*-нота относится к классу инструментов с фиксированной доходностью. Купон является безусловным: для его выплаты необходимо и достаточно, чтобы ни один из эмитентов на протяжении обращения *COVID* ноты не объявил дефолт. Динамика облигаций в течение этого срока не имеет значения: даже если облигации значительно потеряют в стоимости (например, как это произошло во время вызванного пандемией *COVID-19* обвала рынка в марте 2020 г.), это не повлияет на выплату купона по ноте, в которую они включены;
4. Минимальный порог входа на рынок еврооблигаций достаточно высок: он может достигать 200 тыс. долл. и более. Минимальный лот *FTD* значительно ниже. Таким образом, нота может стать альтернативой еврооблигациям, если инвестор не имеет суммы, достаточной для их покупки.

В мировой практике распространено несколько методов конструирования *FTD*-нот. В рамках данного исследования мы остановимся на методе, при котором в качестве базисных активов используются *CDS*². Суть данного метода состоит в том, что структуризатор продает *CDS* на риск всех эмитентов, входящих в ноту. Премии по числу эмитентов, полученные им от покупателей, обеспечивают повышенную (по сравнению с сопоставимыми по сроку облигациями аналогичных эмитентов) доходность по *FTD*. Эмитент не несет никаких сопряженных с выпуском рисков, кроме рыночного: в случае, если рынок будет волатильным, ему придется периодически выплачивать вариационную маржу покупателям одного или нескольких *CDS*.

¹ Special Purpose Vehicle.

² Credit Default Swap.

Кроме издержек конструирования, эмитент несет фиксированные расходы, которые связаны с оплатой услуг сотрудников, привлеченных к процессу выпуска на различных стадиях, — структураторов, трейдеров, сейлз-менеджеров, — а также юридические расходы, связанные с подготовкой проспекта эмиссии. В случае, если в отношении одного из эмитентов, включенных в ноту, произошел дефолт, эмитент ноты перечисляет покупателю *CDS* на риск данного эмитента сумму в размере разницы между номинальной и ликвидационной (*Recovery Rate*) стоимостью облигаций потерпевшего дефолт эмитента, а затем рассчитывает ликвидационную стоимость *FTD* как разницу между ее номинальной стоимостью и суммой расчета с покупателем *CDS*.

3. Методология

3.1. Оценка справедливой стоимости *FTD*-ноты

Корзинная структурная нота типа «*first-to-default*» во многом похожа на облигацию: она предоставляет инвестору право на получение безусловного фиксированного купона через установленные промежутки времени, а также предусматривает выплату номинальной стоимости ноты при погашении. Основное различие между ними заключается в том, что успешное погашение облигации происходит в случае отсутствия дефолта эмитента до ее погашения, тогда как для того, чтобы произошло успешное погашение ноты, необходимо, чтобы в течение срока ее обращения не объявил дефолт ни один из эмитентов, включенных в нее.

Сходство ноты с облигацией с точки зрения одинаковой методологии начисления дохода позволяет использовать для оценки справедливой стоимости ноты стандартную формулу приведенной стоимости будущих потоков, применяемую для оценки стоимости облигаций. Однако, мы модифицируем эту формулу так, чтобы она учитывала ожидаемые будущие потоки с учетом вероятности того, что ни один эмитент не объявит дефолт к моменту выплаты очередного денежного потока.

Обозначим:

N — номинальная стоимость ноты;

t — дата выплаты очередного денежного потока;

T — дата погашения ноты;

C — ставка купона в процентах от номинала;

CF_t^{exp} — ожидаемый денежный поток по ноте на дату $t \leq T$;

YTM — доходность ноты к погашению;

RR — ожидаемая ликвидационная стоимость ноты в процентах от номинала после дефолта в случае, если он произошел;

$P_t^{default}$ — вероятность того, что на дату t произошел дефолт хотя бы одного из включенных в ноту эмитентов, а значит, и дефолт ноты;

Соответственно, $(1 - P_t^{default})$ — вероятность того, что на дату t ни один из эмитентов, включенных в ноту, не объявил дефолт, а значит, дефолт по ноте также не был объявлен.

На момент выплаты каждого купона возможны два сценария. Если ни один из эмитентов не объявил дефолт, то инвестору выплачивается купон в сумме $C \cdot N$. Если дефолт произошел, то инвестор получает ликвидационную стоимость ноты в размере $RR \cdot N$. Таким образом, справедливая стоимость ноты с учетом вероятности ее дефолта по состоянию на каждую дату выплаты может быть рассчитана как:

$$\begin{aligned}
FTD_{price} &= \sum_{t=1}^T \frac{CF_t^{exp}}{(1+YTM)^t} = \\
&= \sum_{t=1}^{T-1} \frac{P_t^{default} \cdot N \cdot RR + (1 - P_t^{default}) \cdot N \cdot C}{(1+YTM)^t} + \\
&+ \frac{P_T^{default} \cdot N \cdot RR + (1 - P_T^{default}) \cdot N \cdot (1+C)}{(1+YTM)^T} = \\
&= N \cdot \left(\sum_{t=1}^{T-1} \frac{P_t^{default} \cdot RR + (1 - P_t^{default}) \cdot C}{(1+YTM)^t} + \right. \\
&\left. + \frac{P_T^{default} \cdot RR + (1 - P_T^{default}) \cdot (1+C)}{(1+YTM)^T} \right)
\end{aligned} \tag{1}$$

Наибольшую сложность при нахождении справедливой стоимости любого продукта, состоящего из нескольких базисных активов, в частности, ноты типа «*first-to-default*», представляет расчет вероятности одновременного отсутствия дефолтов всех эмитентов к заданному моменту времени. Дефолт является редко наблюдаемым событием, вследствие чего функция распределения его вероятности не подчиняется нормальному распределению и имеет более тяжелые хвосты. В данном случае нельзя использовать линейную корреляцию Пирсона, поскольку не всегда возможно установить характер зависимости между переменными. Решение кроется в применении распределения, похожего на нормальное характеристиками асимметрии и эксцесса, но имеющего более тяжелые хвосты (Fathi et al., 2007). Таким распределением обладает копула.

3.2. Модель копулы и ее роль в ценообразовании кредитных деривативов

Модель копулы изначально использовалась в актуарных расчетах, а в 2009 г. расчеты с ее применением были признаны базельским комитетом одним из наиболее грамотных методов управления рисками (Пеникас, 2010). В научной литературе анализ возможности применения данного подхода к ценообразованию сложных финансовых инструментов получил распространение в конце 1990-х гг. Первым автором, поставившим и решившим задачу применения копулы к моделированию и ценообразованию кредитных деривативов, считается Li (Li, 2000). Отправной точкой его исследования стала идея о том, что показатель дискретной корреляции дефолтов в одном периоде не может достоверно отражать структуру зависимости вероятностей дефолтов двух и более эмитентов в течение более длительного периода, а для расчета вероятности дефолта необходимо учитывать не только историческую, но и текущую рыночную информацию. Автор вводит понятие «*time-until-default*» — «периода выживания», и предлагает измерять корреляцию дефолтов нескольких эмитентов как корреляцию их «периодов выживания».

Копула — это способ построить совместное распределение двух и более переменных, сохранив при этом их предельные распределения (Hull, 2006). Копула $C = C(u_1, u_2, \dots, u_d)$ представляет собой многомерную функцию распределения нескольких переменных, распределение каждой из которых ограничено на единичном отрезке $[0, 1]$ (Fathi et al., 2007; Umeorah et al., 2019). Данная функция $[0, 1] \rightarrow [0, 1]$ удовлетворяет следующим ограничениям:

- $C(u_1, u_2, \dots, u_d) = 0$, если $u_j = 0$, для всех $j \leq d$,
- $C(1, 1, \dots, 1, u_j, 1, \dots, 1, 1) = u_j$ для всех $j \leq d$, $u_j \in [0, 1]$,
- $C(u_1, u_2, \dots, u_d)$ является возрастающей по всем переменным.

Существует несколько семейств копул, в каждом из которых можно выделить несколько их видов. Выбор вида копулы обусловлен видом распределения, лежащего в основе многомерной функции распределения (Umeorah et al, 2019). Наиболее известны копула Гаусса и копула Стьюдента, относящиеся к семейству эллиптических копул. Копула является эллиптической, если она может быть описана функцией

$$C(u_1, u_2, \dots, u_d; \Sigma) = \Phi_{\Sigma}^d \left(\Phi^{-1}(u_1), \Phi^{-1}(u_2), \dots, \Phi^{-1}(u_d) \right), \quad (2)$$

где Φ_{Σ}^d — d — мерное многомерное распределение с корреляционной матрицей Σ , соответствующее либо стандартному нормальному распределению, либо распределению Стьюдента, а Φ^{-1} — обратное распределение.

В данном исследовании мы будем использовать модель Hull и White (Hull, White, 2004), в основе которой лежит копула Гаусса. Данный тип копулы часто используется при разработке моделей ценообразования продуктов, зависящих от динамики нескольких базисных активов (Hull, White, 2004; Madan et al., 2004; Hull, White, 2005; Laurent, Gregory, 2005; Fathi et al., 2007). Также копула Гаусса рассматривается в исследовании Galiani (Galiani, 2003) — одной из работ, наиболее часто упоминаемых в связи с применением копулы к оценке структурных нот типа «*n-th-to-default*». Второй по частоте применения можно назвать копулу Стьюдента. Остальные виды копул (копула Клейтона, копула Франка и другие) применяются к оценке кредитных деривативов реже.

В работах, посвященных ценообразованию сложных финансовых инструментов с использованием копулы, рассматриваются преимущественно два типа структурных продуктов: *CDO*¹ (Jobst, 2002; Galiani, 2003; Hull, White, 2004; Laurent, Gregory, 2005; Abid et al., 2010; Tapiero, Totouom, 2010; Haugh, 2016) и структурные ноты типа «*n-th-to-default*» — «до n -го дефолта» (Li, 2000; Galliani, 2003; Hull, White, 2004; Madan et al., 2004; Laurent, Gregory, 2005; Sheng, 2013; Martin, 2018; Umeorah et al., 2019). При этом большинство исследований было проведено в период 2000–2010 гг., когда происходили рост, расцвет и крах рынка *MBS* и *CDO*, основным инструментом ценообразования которых была копула.

Работы, опубликованные до мирового финансового кризиса 2007–2010 гг., посвящены преимущественно вопросам применимости копулы к ценообразованию структурных продуктов, ее сравнительной эффективности относительно других методов, а также выбору оптимального вида копулы. Напротив, в работах, опубликованных в период или после кризиса, появляется критика копулы и обоснование причин, по которым использование данного метода стало одним из триггеров обвала американского рынка *MBS* и *CDO* (Mac Kenzie, Spears, 2012; Salmon, 2012; MacKenzie, Spears, 2014; Haugh, 2016). Так, Salmon (Salmon, 2012) считает, что видимая логичность и универсальность копулы спровоцировали чрезмерное доверие инвесторов к ней и, как следствие, к высокорискованным инструментам. Инвесторы, желающие определенности, выбирают либо безрисковые активы, либо активы, риск которых можно однозначно измерить. Объяснение рисков структурного продукта с помощью копулы создавало иллюзию определенности: у инвестора складывалось впечатление, что функция учитывает все возможные факторы риска, и не остается никакой случайной ошибки, которая могла бы стать причиной дефолта. Haugh (Haugh, 2016) также анализирует значительное количество недостатков копулы Гаусса, которые обусловили ее несостоятельность в период кризиса. Во-первых, модель статична и не учитывает динамику базисных активов, включенных в продукт. Во-вторых, модель непрозрачна: не всегда можно однозначно

¹ Collateralized Debt Obligations.

понять, как именно следует оценивать корреляцию активов, из которых состоит продукт. В-третьих, копула никак не учитывает риск ликвидности — возможности быстро и с минимальными потерями в стоимости реализовать структурный продукт на рынке. Кроме того, на практике такая модель требует частой калибровки.

Несмотря на критику, преимущества копулы позволяют ей оставаться наиболее популярным инструментом ценообразования структурных продуктов, в основе которых лежит корзина базисных активов. Habiboellah (Habiboellah, 2007) выделяет четыре ключевых преимущества копулы перед линейной корреляцией. Во-первых, кредитному риску присуще распределение вероятности, отличное от нормального, вследствие чего линейная корреляция, в отличие от копулы, не может использоваться при моделировании корзинных деривативов. Во-вторых, копула по определению инвариантна к преобразованию: если переменной X соответствует копула C , то строго возрастающей функции $T(X)$ также будет соответствовать копула C . Применительно к корреляции такое преобразование не работает: функции $T(X)$ и $T(Y)$ в большинстве случаев не будут иметь такую же корреляцию, как X и Y . В-третьих, копула соединяет предельные распределения для получения совместного и непосредственно зависит от их формы, тогда как корреляция является только скалярной мерой силы и направления связи, но не говорит ничего о ее структуре. Кроме того, корреляция требует, чтобы дисперсия рисков была конечной, а эта предпосылка неприменима к распределениям вероятностей дефолтов, имеющим тяжелые хвосты. Еще одно преимущество копулы состоит в том, что она позволяет исследовать структуру зависимости независимо от масштаба выборки (Abid et al., 2010).

3.3. Модель вероятности отсутствия дефолта FTD

Для расчета вероятности отсутствия одновременного дефолта эмитентов, включенных в каждую из рассматриваемых нот, мы будем использовать однофакторную модель, разработанную Hull и White (Hull, White, 2004) для определения справедливой стоимости ноты типа «*n-th-to-default*», подобрав в качестве параметров переменные, наиболее полно отражающие ситуацию, существующую на российском рынке. Ключевая идея *данной* модели состоит в том, что существует факторная переменная, которая коррелирует с показателями каждого эмитента, включенного в выборку.

Мы протестируем две однофакторные модели: в первой из них в роли факторной переменной используется цена нефти сорта *Brent*, во второй — курс доллар—рубль. Выбор факторных переменных обусловлен тем, что большинство компаний, *CDS* которых мы используем для моделирования *FTD*, относятся либо к нефтегазовой, либо к банковской отрасли, либо являются экспортерами или импортерами, что делает величину их выручки или обязательств зависимой от валютного курса. Мы отказались от построения двухфакторной модели с аналогичными переменными в качестве факторов, поскольку курс доллар—рубль высоко коррелирован с ценами на нефть.

В модели используются следующие переменные:

x_i — момент объявления дефолта эмитентом i (до перехода к копуле);

t_i — момент объявления дефолта эмитентом i (после перехода к копуле);

$Q_i(t)$ — риск-нейтральная вероятность того, что эмитент i объявит дефолт до момента t (или вероятность, что $t_i \leq t$);

$S_i(t) = 1 - Q_i(t)$ — риск-нейтральная вероятность того, что эмитент i не объявит дефолт до момента t (или вероятность, что $t_i > t$);

M — факторная переменная, с которой коррелируют спреды *CDS* всех эмитентов;

a_i — коэффициент линейной корреляции между однодневным изменением спреда *CDS* эмитента i и однодневным изменением факторной переменной M за аналогичный период;

$\pi_T(k)$ — вероятность, что к моменту T произойдет дефолт k компаний, включенных в корзину FTD ;

Однодневное изменение спреда CDS эмитента i на дату τ рассчитывается как:

$$\Delta_{CDS\ spread}^i = \ln \frac{CDS\ spread_{\tau}^i}{CDS\ spread_{\tau-1}^i}, \quad (3)$$

где $CDS\ spread_{\tau}^i$ и $CDS\ spread_{\tau-1}^i$ — значения спреда CDS эмитента i на дату τ и $\tau - 1$ соответственно;

Однодневное изменение факторной переменной M на дату τ рассчитывается как:

$$\Delta_M = \ln \frac{M_{\tau}}{M_{\tau-1}}, \quad (4)$$

где M_{τ} и $M_{\tau-1}$ — значения факторной переменной на дату τ и $\tau - 1$, соответственно.

Модель структуры корреляционной зависимости до перехода к копуле может быть представлена следующим образом:

$$\begin{cases} x_i = a_i M + \sqrt{1 - a_i^2} Z_i \\ M \sim N(0, 1) \\ Z_i \sim N(0, 1) \\ -1 \leq a_i < 1. \end{cases} \quad (5)$$

Далее мы переходим от нормального распределения к копуле, используя метод, кратко изложенный Hull и White (Hull, White, 2004), а впоследствии более подробно и наглядно описанный Hull (Hull, 2006). Предположим, что нам известен точный вид функции распределения плотности вероятности переменной. Тогда, изобразив данную функцию графически, мы можем определить процент распределения, приходящийся на каждое значение вероятности, как площадь соответствующей фигуры под графиком, или как значение интеграла функции плотности, определенное на интервале $[0; \text{заданное значение вероятности}]$. После того, как процент распределения для каждого значения вероятности будет определен, останется соотнести каждое полученное значение процента распределения с соответствующим уровнем p -value нормального распределения.

Итак, предположим, что F_i — функция распределения переменной x_i . Используя метод, описанный выше, мы можем «перевести» каждую переменную $x_i = x$ в переменную $t_i = t$, совершив «percentile-to-percentile transformation» (Hull, White, 2004), в результате чего получим переменную $t = Q_i^{-1}[F_i(x)]$.

Предположив, что — функция распределения переменной Z_i , преобразуем формулу (5) как:

$$p(x_i < x | M) = H \left[\frac{x - a_i M}{\sqrt{1 - a_i^2}} \right]. \quad (6)$$

Зная, что, а $p(t_i < t) = p(x_i < x)$, получим:

$$p(t_i < t | M) = H \left[\frac{F_i^{-1}[Q_i(t)] - a_i M}{\sqrt{1 - a_i^2}} \right], \quad (7)$$

где $p(t_i < t | M)$ — условная вероятность того, что эмитент i объявит дефолт до момента t . Соответственно, условную вероятность того, что эмитент i не объявит дефолт до момента T , можно определить как:

$$S_i(T | M) = 1 - H \left[\frac{F_i^{-1}[Q_i(T)] - a_i M}{\sqrt{1 - a_i^2}} \right]. \quad (8)$$

Переменные момента объявления дефолта, обозначаемые как $(t_i | M)$, независимы. Значит, условная вероятность того, что до момента T ни один эмитент не объявит дефолт, может быть выражена как:

$$\pi_T(0 | M) = \sum_{i=1}^N S_i(T | M). \quad (9)$$

Использование данного подхода предполагает, что эмитенты включены в корзину *FTD* с равным весом, а их ожидаемые ликвидационные стоимости после дефолта постоянны и не меняются с течением времени. Введение этих предпосылок не приведет к отрыву модели от реальности: на практике базисные активы чаще всего включаются в ноту в равных долях, а ожидаемая ликвидационная стоимость облигаций эмитента после дефолта — постоянная переменная, спрогнозированная исходя из статистики дефолтов прошлых лет.

После расчета вероятности отсутствия дефолта по ноте с применением формулы 9 справедливая стоимость каждой ноты, включенной в выборку, может быть рассчитана с применением формулы 1. Для того, чтобы определить сравнительную эффективность нот с точки зрения соотношения «риск — доходность», мы рассчитаем квази-коэффициент Шарпа:

$$QuaziSharp_i = \frac{YTM_i - r_f}{PD_i}, \quad (10)$$

где YTM_i — доходность к погашению ноты i , r_f — безрисковая ставка, а PD_i — вероятность дефолта ноты i на протяжении всего периода ее обращения.

4. Обзор рынка *CDS* на риск российских эмитентов

CDS, или кредитно-дефолтный своп на риск эмитента, представляет собой торгуемую страховку от дефолта данного эмитента. В соответствии с контрактом, покупатель *CDS* платит продавцу установленную премию в обмен на обязательство продавца в случае дефолта базисного эмитента возместить покупателю установленную сумму. Таким образом, *CDS* позволяет покупателю хеджировать риск дефолта эмитента, бумаги которого покупатель по какой-либо причине не может продать — например, если речь идет о крупном банке или брокере, продажа которым большого пакета бумаг может спровоцировать падение рынка. *CDS* может использоваться как непосредственно для хеджирования рисков, так и для спекуляции, когда покупатель не владеет базисным активом, страховку от дефолта которого он покупает.

Мерой стоимости *CDS* является *CDS*-спрэд — премия, которую покупатель выплачивает продавцу, измеряемая в базисных пунктах¹. *CDS*-спрэд рассчитывается как превышение доходности облигаций эмитента, срок которых соответствует сроку *CDS*, над безрисковой ставкой, а его величина находится в прямой зависимости с кредитным риском эмитента: когда кредитный риск возрастает, спрэд *CDS* расширяется, поскольку потенциальные продавцы страховки от дефолта теперь готовы предоставить ее за более высокую плату. Так, рис. 3 иллюстрирует значительное — в среднем в 2,2 раза — расширение спрэдов *CDS* за январь-апрель

¹ 1 базисный пункт (bps) = 1/100 процента.

2020 г. в связи с пандемией COVID-19. Аналогично, если эмитент оценивается как надежный, спрэд сужается, поскольку потенциальные продавцы готовы предоставить страховку за более низкую плату ввиду уменьшившегося риска. Публично торгуемые спрэды *CDS* являются признанной мерой риска эмитента (Tariero, Totouom, 2012) и могут использоваться при построении моделей оценки кредитных деривативов.

На рис. 2 показаны результаты анализа российского рынка облигаций с целью выявления эмитентов, *CDS* на риск которых могли бы использоваться при конструировании *FTD*. По состоянию на 1 мая 2020 г., 398 российских эмитентов имели облигации либо еврооблигации с публично доступными котировками, из них 157 имели облигации со сроком до погашения от 3 до 5 лет — в соответствии с рыночной практикой, это наиболее распространенный срок обращения *FTD*. Только 112 эмитентов являются корпоративными, при этом, на рынке обращаются *CDS* на риск только 13 из них (рис. 3).

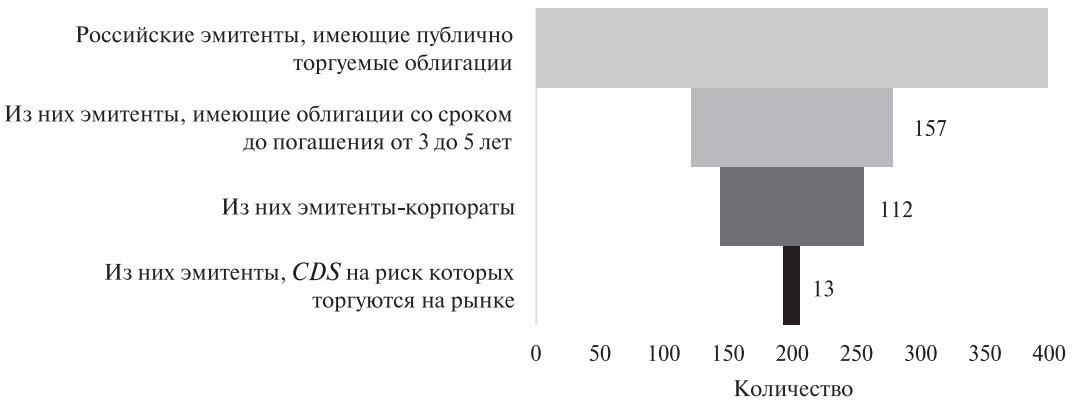


Рис. 2. Соотношение количества эмитентов, на риск которых торгуются *CDS*, и количества всех эмитентов облигаций на российском рынке

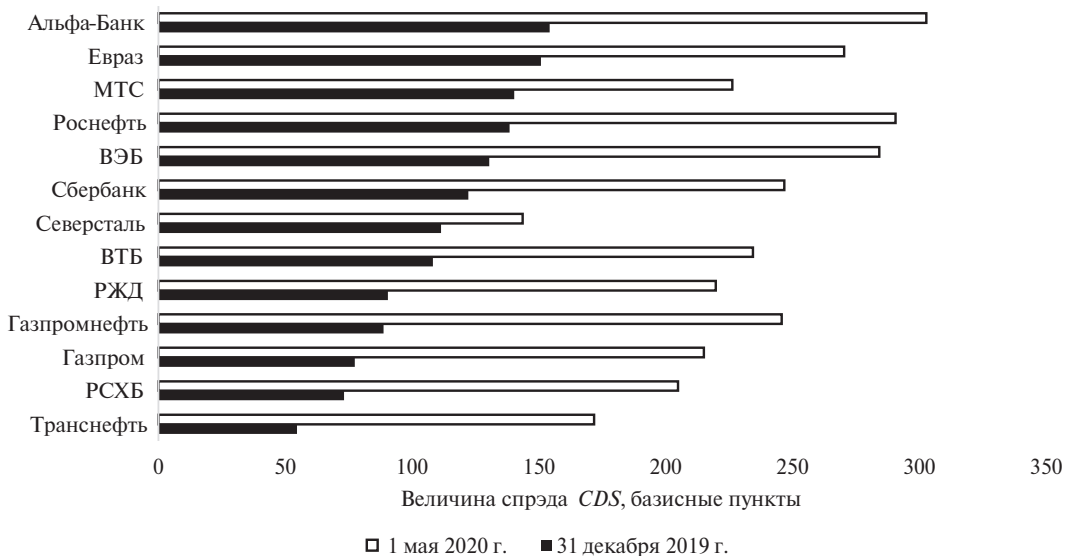


Рис. 3. Эмитенты, *CDS* на риск которых торгуются на российском рынке, и величина их спрэдов

Очевидно, что рынок *CDS* на риск российских эмитентов имеет небольшую глубину: на нем торгуется риск только «голубых фишек», из чего следует, что российский рынок на данный момент предлагает ограниченное количество базисных активов, которые было бы возможно использовать для конструирования *FTD*-ноты. Небольшое количество эмитентов и принадлежность большинства из них только к двум отраслям, — банковской и нефтегазовой, — позволяют предположить, что корреляция их *CDS*-спрэдов также будет высокой. Рисунок 4 подтверждает это предположение. Коэффициент корреляции спрэда каждого эмитента со спрэдами остальных рассчитан как множественный *R*-квадрат соответствующего уравнения регрессии.

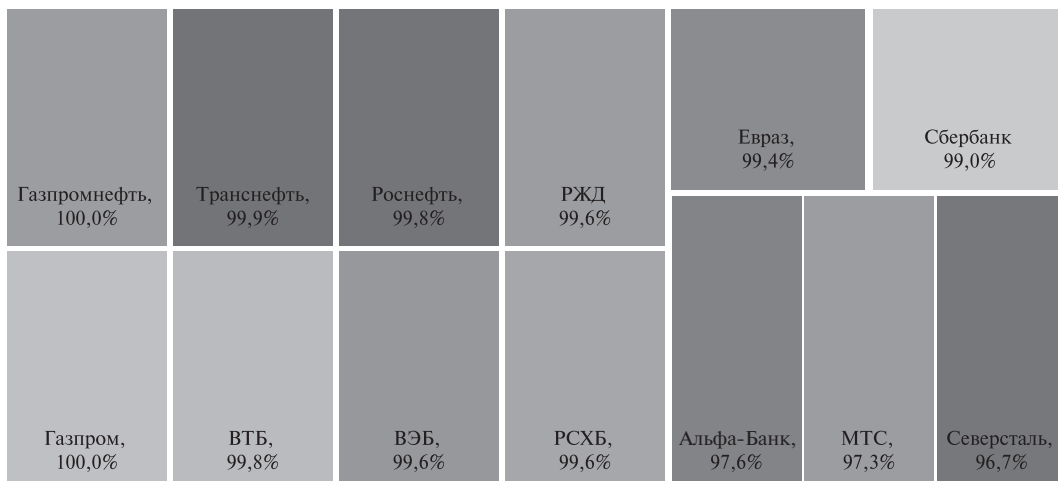


Рис. 4. Корреляции спрэдов *CDS* с торгуемыми на российском рынке спрэдами *CDS* других эмитентов

5. Принципы формирования и описание выборки

В большинстве работ, проанализированных нами в процессе данного исследования, в качестве тестовой выборки используются случайные переменные, сгенерированные с помощью симуляций Монте-Карло. Только Martin (Martin, 2018) предпринимает попытку сконструировать ноту типа «*n-th-to-default*», используя в качестве базисных активов суверенные облигации стран с развивающимися рынками. Малое количество работ, в которых модели тестируются на реальных рыночных данных, объясняется недостатком подобных данных: большинство структурных нот торгуются на внебиржевом рынке, а их эмиссионные документы не размещаются в открытом доступе. Как следствие, создание масштабной выборки реально существующих структурных продуктов представляет значительные сложности.

Мы не будем создавать выборку методом генерации случайных переменных, поскольку одна из задач нашего исследования — протестировать модель на рыночных данных. Однако мы также не будем включать в выборку реально существующие ноты — как было сказано выше, в открытом доступе находится слишком малое количество однородных структурных продуктов с полной информацией о них, чтобы составить полноценную выборку, а малая выборка придаст исследованию характер *case study*.

Для формирования выборки мы будем комбинировать 13 *CDS* на риск российских эмитентов, принципы выбора которых были описаны в предыдущем разделе, так, чтобы получить максимально возможное количество нот, состоящих из риска

четырёх эмитентов. Количество таких нот и, соответственно, объем выборки мы определяем, используя формулу сочетания без повторов:

$$C_n^k = \frac{n!}{(n-k)! k!} \quad (11)$$

$$C_{13}^4 = \frac{13!}{(13-4)! 4!} = \frac{10 \cdot 11 \cdot 12 \cdot 13}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} = 715.$$

Период наблюдения ограничен одним годом: с 1 мая 2019 г. по 1 мая 2020 г. Идея выбора такого интервала состоит в том, чтобы охватить динамику спрэдов *CDS* как до начала пандемии COVID-19, так и после нее.

Таблица 2 включает характеристики *CDS*, использованных для формирования выборки нот:

1. Вероятность дефолта эмитента на горизонте 1, 2, 3, 4 или 5 лет определялась на основании исторических данных агентства S&P о дефолтах эмитентов, имеющих соответствующий рейтинг (S&P Ratings, 2019);
2. Коэффициент корреляции с ценой нефти *Brent* или курсом доллар—рубль определялся как коэффициент линейной корреляции Пирсона между однодневным изменением спрэда *CDS* эмитента и однодневным изменением цены соответствующего актива на протяжении периода наблюдения;
3. Ожидаемые остаточные стоимости эмитентов после дефолта взяты из информационной системы *Bloomberg*, в которой они рассчитываются на основании исторических данных по дефолтам корпоративных эмитентов;
4. Доходность пятилетних долларовых облигаций эмитентов определялась по формуле:

$$YTM_i^{5Y} = \frac{CDS_i}{100} + r_{free}, \quad (12)$$

где YTM_i^{5Y} — доходность пятилетних долларовых облигаций эмитента i , CDS_i — выраженная в базисных пунктах величина спрэда *CDS* эмитента i , r_{free} — безрисковая ставка, представленная ставкой доходности по пятилетним казначейским облигациям США, которая была равна 0,4867% по состоянию на 1 июня 2020.

Таблица 3 представляет собой матрицу линейных корреляций спрэдов *CDS* с ценой нефти *Brent* и курсом доллар — рубль, а также их попарных корреляций со спрэдами *CDS* других эмитентов. У большинства эмитентов корреляция между спрэдами их *CDS* и курсом доллар—рубль сильнее, чем между спрэдами *CDS* и ценой нефти *Brent* — этот факт можно объяснить тем, что страной риска всех 13 компаний является Россия, следовательно, изменение курса национальной валюты превосходит по силе воздействия все прочие факторы, оказывающие влияние на стоимость *CDS*.

Используя формулу (11), мы сформировали из 13 *CDS* 715 нот, каждая из которых несет риск четырех эмитентов. Мы придерживались следующих общих принципов:

1. Срок до погашения ноты составляет 5 лет;
2. Номинал — 1 тыс. долларов США;
3. Доходность к погашению определяется как максимальная из рассчитанных по формуле 12 доходностей облигаций включенных в нее эмитентов, увеличенная на 1 процент;
4. Купон устанавливается на таком же уровне, как доходность к погашению — на практике эмитент чаще всего поступает так, чтобы реализовывать ноты по номиналу и не усложнять расчеты.

Краткие характеристики нот, вошедших в выборку, показаны в табл. 4.

Характеристики CDS, использованных для формирования выборки нот

Эмитент	Moody's	S&P	Вероятность дефолта на соответствующем временном горизонте, %					Коэф-фициент корреляции с ценой нефти сорта Brent	Коэф-фициент корреляции с курсом доллар-рубль	Ожидаемая остаточная стоимость в случае дефолта, доля от номинала	Доходность к погашению пятилетних долларовых облигаций, %	Спрэды пятилетних базисных пунктов
			1 год	2 года	3 года	4 года	5 лет					
ВТБ	Ваа3	BBB-	0,24	0,73	1,35	2,04	2,77	-0,44	0,63	0,25	2,28	179,67
ВЭБ	Ваа3	BBB-	0,24	0,73	1,35	2,04	2,77	-0,45	0,72	0,25	2,34	184,97
Транснефть	Ваа2	BBB-	0,24	0,73	1,35	2,04	2,77	-0,55	0,75	0,25	1,62	113,01
Северсталь	Ваа2	BBB-	0,24	0,73	1,35	2,04	2,77	-0,38	0,59	0,25	1,78	129,36
Сбербанк	Ваа3	BBB-*	0,24	0,73	1,35	2,04	2,77	-0,37	0,3	0,25	2,53	204,46
РЖД	Ваа2	BBB-	0,24	0,73	1,35	2,04	2,77	-0,41	0,43	0,25	2,05	156,82
РСХБ	Ва1	BBB-*	0,24	0,73	1,35	2,04	2,77	-0,6	0,59	0,25	1,96	147,1
Роснефть	Ваа3	BBB-	0,24	0,73	1,35	2,04	2,77	-0,38	0,5	0,25	2,82	233,73
МТС	Ва1	BB+	0,32	1,04	1,91	2,79	3,69	0,33	-0,1	0,40	2,51	202,07
Газпромнефть	Ваа2	BBB-	0,24	0,73	1,35	2,04	2,77	-0,49	0,71	0,25	2,35	186,2
Газпром	Ваа2	BBB-	0,24	0,73	1,35	2,04	2,77	-0,49	0,71	0,25	2,12	163,61
Евраз	Ва1	BB+	0,32	1,04	1,91	2,79	3,69	-0,43	0,67	0,25	2,78	229,19
Альфа-Банк	Ва1	BB+	0,32	1,04	1,91	2,79	3,69	-0,49	0,59	0,25	2,87	238,72

* Компании, отмеченные *, не имеют рейтинга агентства S&P — для них он определен как эквивалентный рейтингу, присвоенному агентством Moody's

Таблица 3

Матрица корреляций спредов *CDS* эмитентов с ценой нефти *Brent* и курсом доллар-рубли, а также их попарных корреляций со спредами *CDS* других эмитентов

	ВТБ	ВЭБ	Транснефть	Северсталь	Сбербанк	РЖД	РСХБ	Роснефть	МТС	Газпромнефть	Газпром	Евраз	Альфа-Банк	Brent	USDRUB
ВТБ	1,00														
ВЭБ	0,62	1,00													
Транснефть	0,88	0,88	1,00												
Северсталь	0,58	0,51	0,58	1,00											
Сбербанк	0,66	0,27	0,58	0,44	1,00										
РЖД	0,88	0,38	0,75	0,44	0,81	1,00									
РСХБ	0,86	0,54	0,83	0,47	0,80	0,89	1,00								
Роснефть	0,95	0,53	0,84	0,50	0,79	0,95	0,90	1,00							
МТС	0,07	-0,06	-0,06	0,34	0,13	0,08	-0,19	0,11	1,00						
Газпромнефть	0,96	0,71	0,92	0,66	0,64	0,85	0,83	0,90	0,11	1,00					
Газпром	0,96	0,71	0,92	0,66	0,63	0,85	0,83	0,90	0,11	1,00	1,00				
Евраз	0,90	0,58	0,79	0,56	0,41	0,77	0,69	0,79	0,06	0,90	0,91	1,00			
Альфа-Банк	0,89	0,51	0,81	0,51	0,71	0,89	0,89	0,90	-0,04	0,87	0,87	0,78	1,00		
Brent	-0,44	-0,45	-0,55	-0,38	-0,37	-0,41	-0,60	-0,38	0,33	-0,49	-0,49	-0,43	-0,49	1,00	
USDRUB	0,63	0,72	0,75	0,59	0,30	0,43	0,59	0,50	-0,10	0,71	0,71	0,67	0,59	-0,59	1,00

Таблица 4

Характеристики *CDS*, использованных для формирования выборки нот

Количество нот	715
Количество эмитентов, включенных в каждую ноту	4
Срок до погашения, лет	5
Номинал FTD, долларов США	1000
Доходность к погашению/купон, медиана по выборке, %	3,82
Доходность к погашению/купон, минимальное значение по выборке, %	3,05
Доходность к погашению/купон, максимальное значение по выборке, %	3,87

6. Результаты

6.1. Вероятность дефолта в течение срока обращения ноты

Вероятность дефолта каждой из нот, включенных в выборку, на горизонте 1, 2, 3, 4 и 5 лет, была рассчитана с применением формулы 9 и данных, приведенных в табл. 2. Для расчета были использованы две однофакторные модели: в первой из них в роли факторной переменной выступала цена нефти сорта *Brent*, во второй — курс доллар — рубль.

На рис. 5 показаны гистограммы распределения нот по вероятности дефолта на горизонте 1 года и 5 лет, полученные после тестирования модели с ценой нефти *Brent* в качестве факторной переменной, а на рис. 6 — медианные значения

вероятности дефолта по выборке для соответствующего срока после начала обращения. Медианное значение вероятности дефолта по выборке непрерывно возрастает с 1,22% в первый год обращения ноты до 16,1% в пятый год ее обращения.

Таблица 5 содержит описательные статистики распределения. Среднее и медианное значения вероятности дефолта на каждом сроке очень близки друг к другу, что дает основание сделать вывод о том, что распределение стремится к нормальному. Рассчитать моду, чтобы сравнить ее со средним и медианным значением для подтверждения нормальности или ненормальности распределения, невозможно, поскольку среди рассчитанных вероятностей нет идентичных значений.

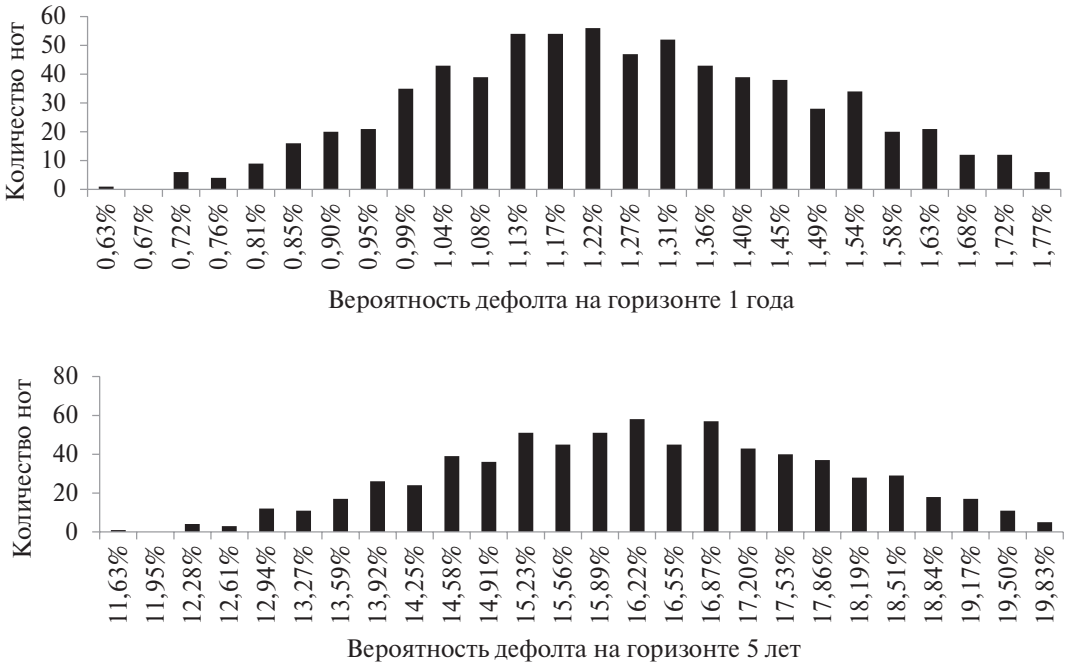


Рис. 5. Гистограммы распределения нот в выборке по вероятности дефолта на горизонте 1 года и 5 лет. Модель с ценой нефти *Brent* в качестве факторной переменной

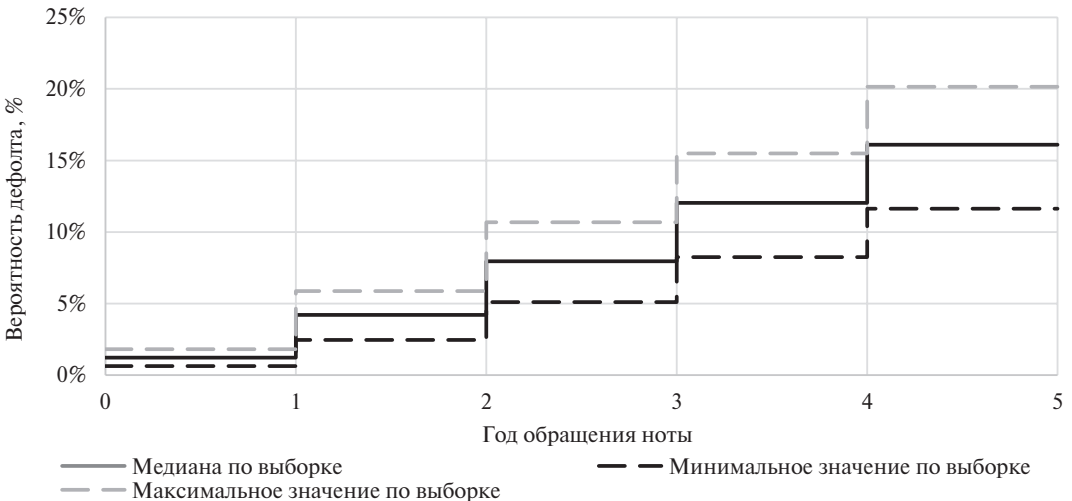


Рис. 6. Вероятность дефолта в 1, 2, 3, 4 и 5 год обращения ноты. Модель с ценой нефти *Brent* в качестве факторной переменной

Рисунок 7 показывает гистограммы распределения нот по вероятности дефолта на горизонте 1 года и 5 лет, полученные после тестирования модели с курсом доллар–рубли в качестве факторной переменной, а рис. 8 — медианные значения вероятности дефолта по выборке для соответствующего срока после начала обращения. Медианное значение вероятности дефолта по выборке так же, как и по результатам тестирования предыдущей модели, непрерывно возрастает. Однако, по результатам данной модели оно ниже: медианная вероятность дефолта возрастает лишь с 0,65% в первый год обращения ноты до 10,58% в пятый год ее обращения.

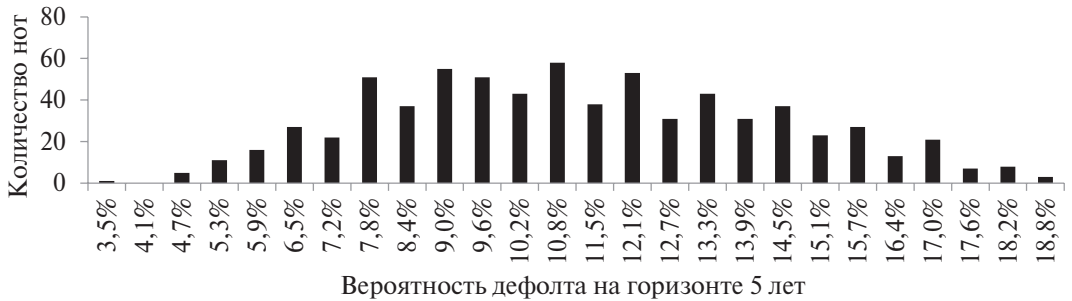


Рис. 7. Гистограммы распределения нот в выборке по вероятности дефолта на горизонте 1 года и 5 лет. Модель с курсом доллар–рубли в качестве факторной переменной

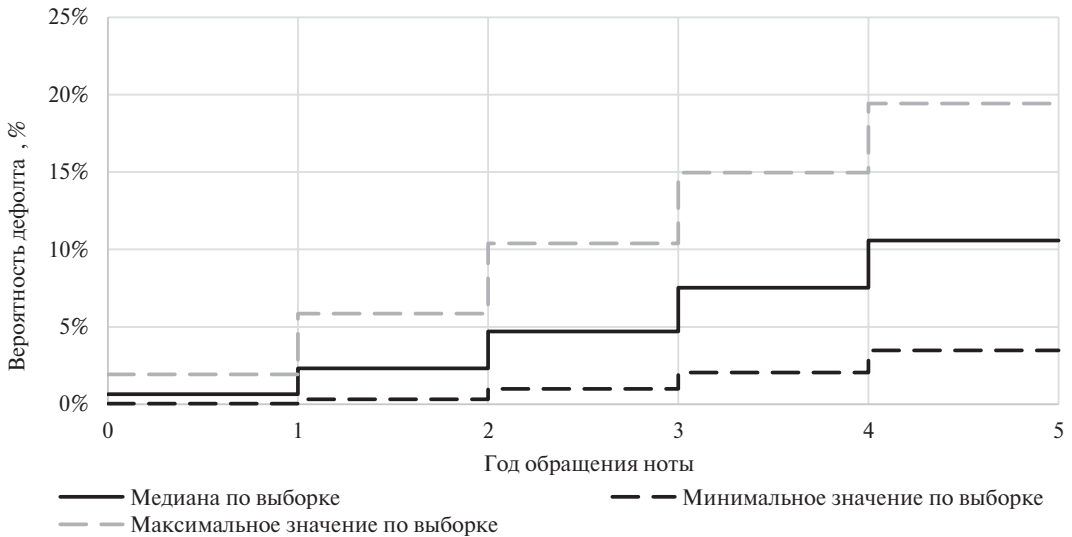


Рис. 8. Вероятность дефолта в 1, 2, 3, 4 и 5 год обращения ноты. Модель с курсом доллар–рубли в качестве факторной переменной

Таблица 5 позволяет сравнить описательные статистики распределений, полученных по результатам двух моделей. Среднее и медианное значения вероятности дефолта, полученные по результатам модели с фактором-курсом доллар–рубли, не настолько близки друг к другу, как по результатам модели с фактором-ценой нефти *Brent*, но к пятому году обращения разрыв между ними сокращается. Графический анализ подтверждает статистический: в первый год очевиден скол распределения, однако к пятому году оно становится более похожим на нормальное.

Коэффициент асимметрии положителен применительно ко всем распределениям, что свидетельствует о правосторонней асимметрии: большее количество

нот в выборке имеет вероятность дефолта ниже средней. Это можно объяснить тем, что вероятность дефолта каждого отдельно взятого эмитента определялась на основании его кредитного рейтинга, и только 3 эмитента из 13 имели рейтинг ниже ВВВ—. Таким образом, большее количество нот было сконструировано с включением эмитентов с наивысшим рейтингом, который способствует более низкой вероятности дефолта ноты.

Таблица 5

Сравнительные описательные статистики распределения вероятности дефолта ноты на различном временном горизонте, полученного с применением модели однофакторной копулы с ценой нефти *Brent* либо курсом доллар—рубль в качестве факторной переменной

Временной горизонт	Модель с ценой нефти <i>Brent</i> в качестве факторной переменной					Модель с курсом доллар—рубль в качестве факторной переменной				
	1 год	2 года	3 года	4 года	5 лет	1 год	2 года	3 года	4 года	5 лет
Среднее значение вероятности дефолта по выборке	0,0123	0,0421	0,0800	0,1203	0,1612	0,0074	0,0257	0,0505	0,0787	0,1089
Медианное значение вероятности дефолта по выборке	0,0122	0,0420	0,0796	0,1203	0,1610	0,0065	0,0232	0,0470	0,0752	0,1058
Минимальное значение вероятности дефолта по выборке	0,0063	0,0245	0,0511	0,0824	0,1163	0,0004	0,0033	0,0099	0,0205	0,0348
Максимальное значение вероятности дефолта по выборке	0,0181	0,0587	0,1069	0,1549	0,2015	0,0193	0,0585	0,1039	0,1496	0,1943
Размах	0,0119	0,0342	0,0559	0,0725	0,0853	0,0189	0,0552	0,0940	0,1290	0,1595
Стандартное отклонение	0,0023	0,0068	0,0111	0,0143	0,0168	0,0044	0,0122	0,0200	0,0265	0,0320
Экссесс	-0,4916	-0,5019	-0,4922	-0,4810	-0,4731	-0,7743	-0,7378	-0,6927	-0,6480	-0,6152
Асимметричность	0,1033	0,1030	0,0769	0,0394	0,0107	0,5053	0,4404	0,3688	0,2998	0,2427
Количество наблюдений	715	715	715	715	715	715	715	715	715	715

6.2. Справедливая стоимость FTD-ноты

Справедливая стоимость нот, включенных в выборку, была рассчитана с применением формулы 1.

Рисунки 9 и 10 иллюстрируют распределение нот в зависимости от их рассчитанной справедливой стоимости, а табл. 6 отражает их описательные статистики по результатам двух моделей. Медианное значение справедливой стоимости по выборке по результатам модели с фактором-ценой нефти *Brent* составляет 94,24%, а по результатам модели с фактором-курсом доллар—рубль — 95,97%. Кроме того, значение справедливой стоимости по результатам модели с фактором-курсом доллар—рубль имеет более широкий диапазон: оно варьирует в пределах от 93,51% до 98,35%, тогда как справедливая стоимость по результатам модели с фактором-ценой нефти *Brent* ограничена более узкими пределами: от 93,17% до 95,47%. Также из табл. 6 можно увидеть, что ноты, имеющие минимальную и максимальную цену, по результатам двух моделей практически совпадают, различаясь только одним эмитентом.

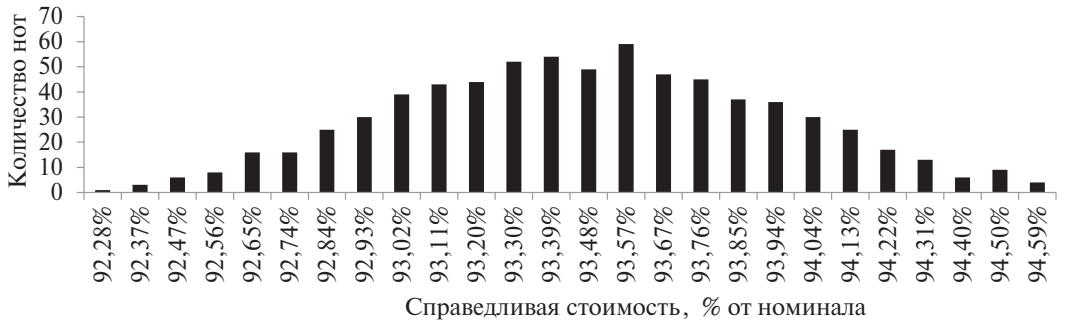


Рис. 9. Гистограмма распределения нот в выборке по их справедливой стоимости. Модель с ценой нефти Brent в качестве факторной переменной

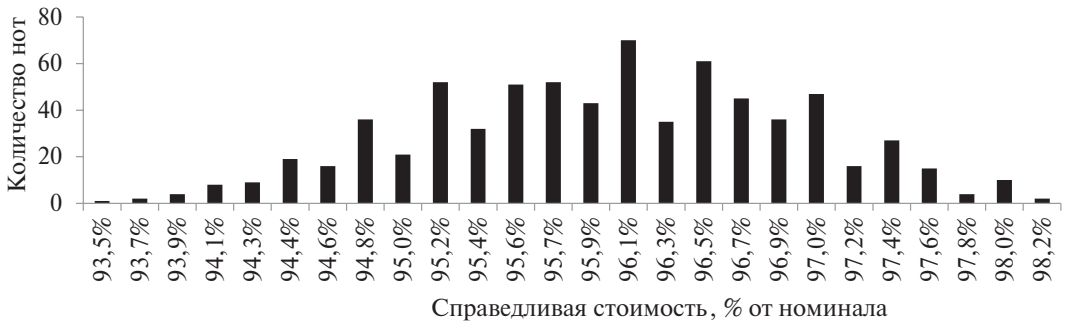


Рис. 10. Гистограмма распределения нот в выборке по их справедливой стоимости. Модель с курсом доллар–рубль в качестве факторной переменной

Таблица 6

Сравнительные описательные статистики распределения нот по их справедливой стоимости, полученной с применением модели однофакторной копулы с ценой нефти Brent либо курсом доллар–рубль в качестве факторной переменной

	Модель с ценой нефти Brent в качестве факторной переменной	Модель с курсом доллар–рубль в качестве факторной переменной
Среднее	0,9425	0,9593
Медиана	0,9424	0,9597
Минимум	0,9317	0,9351
Максимум	0,9547	0,9835
Размах	0,0230	0,0484
Стандартное отклонение	0,0045	0,0091
Экссесс	-0,4560	-0,5117
Асимметричность	0,0584	-0,0778
Количество наблюдений	715	715
Нота, имеющая минимальную стоимость	Сбербанк, МТС, Евраз, Альфа-Банк	Сбербанк, РЖД, МТС, Альфа-Банк
Нота, имеющая максимальную стоимость	Транснефть, РСХБ, Газпромнефть, Газпром	ВЭБ, Транснефть, Газпромнефть, Газпром

Полученные результаты показывают, что справедливая стоимость сконструированных нот находится на более низком уровне, чем их реальная стоимость, если предположить, что данные ноты в соответствии со сложившейся практикой размещались бы по номиналу. Это может объясняться тем, что рассчитанная вероятность дефолта ноты на горизонте пяти лет, в зависимости от модели варьирующаяся от 10,89 до 16,12%, требует более высокой премии за риск, чем ставка доходности, превышающая ставку наиболее доходного из включенных эмитентов на 1%.

Рисунки 11 и 12 отображают связь между справедливой стоимостью нот и вероятностью их дефолта на горизонте срока до погашения. Отрицательная связь объяснима как такой же логикой, как связь между рейтингом облигации и ее ценой, так и тем, что при расчете справедливой стоимости ожидаемые потоки взвешиваются по вероятности. Ухудшение кредитного рейтинга эмитента означает повышение вероятности его дефолта, вследствие чего уменьшаются ожидаемые будущие денежные потоки и, как следствие, справедливая стоимость ноты.

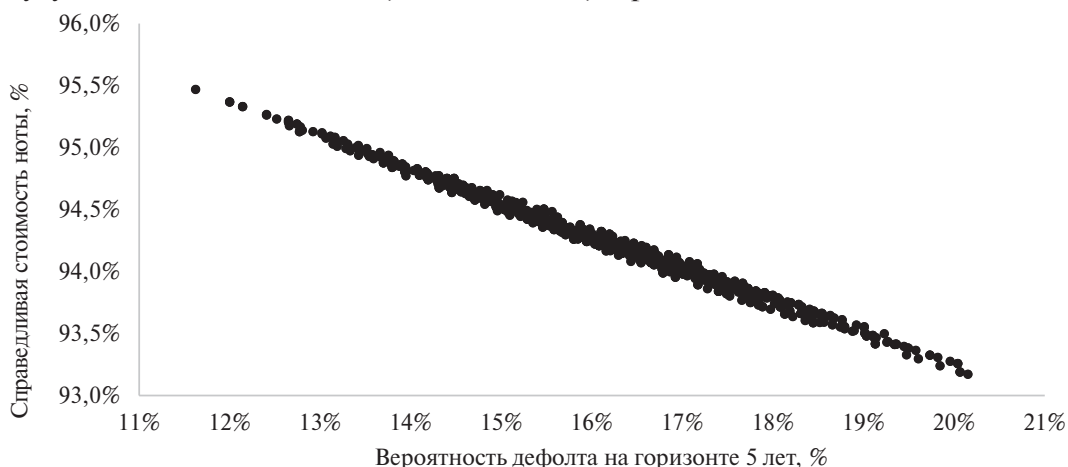


Рис. 11. Взаимосвязь между справедливой стоимостью нот и вероятностью их дефолта. Модель с ценой нефти *Brent* в качестве факторной переменной

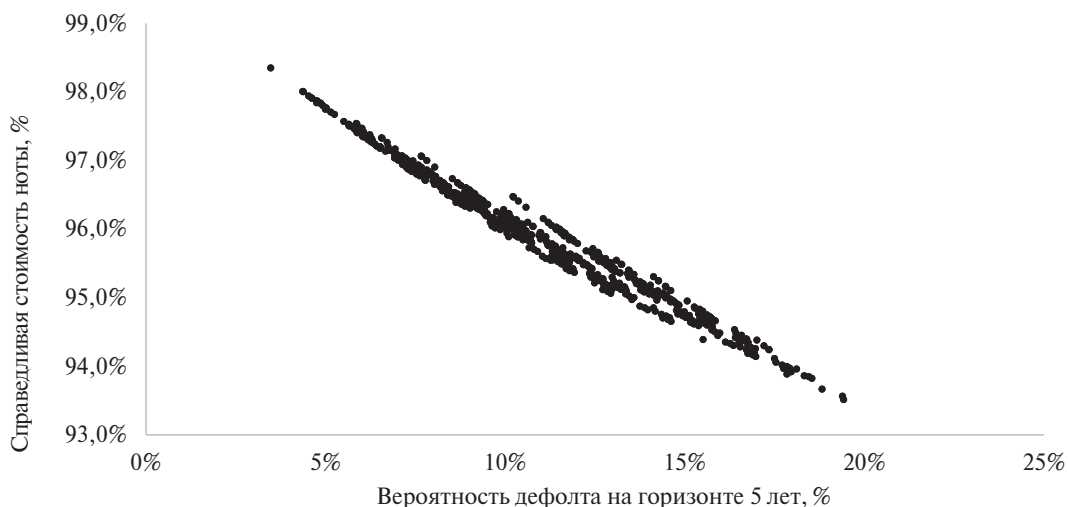


Рис. 12. Взаимосвязь между справедливой стоимостью нот и вероятностью их дефолта. Модель с курсом доллар–рубли в качестве факторной переменной

6.3. Сравнение нот по соотношению «риск—доходность»

Общепризнанной мерой соотношения риска актива с его доходностью является коэффициент Шарпа. Однако, в рамках данного исследования использовать его невозможно по причине отсутствия данных о волатильности цен сконструированных нот. Мы модифицировали формулу классического коэффициента Шарпа в соответствии с формулой 10: доходность, используемая при расчете квази-коэффициента Шарпа, рассчитывается как превышение доходности ноты над безрисковой ставкой, но в качестве меры риска мы используем не волатильность ноты, а вероятность ее дефолта на горизонте 5 лет — планируемого срока до погашения.

Рисунки 13 и 14 иллюстрируют распределение нот в выборке по величине квази-коэффициента Шарпа для двух моделей, а табл. 7 — их сравнительные описательные статистики. Если распределение, построенное для модели с фактором-ценой нефти Brent, стремится к нормальному, о чем свидетельствует близость среднего и медианного значения, то распределение, построенное для модели с фактором-курсом доллар-рубли, имеет выраженную правостороннюю асимметрию. Данный факт объясним тем, что распределение нот по вероятности дефолта, построенное по результатам аналогичной модели, также имеет правостороннюю асимметрию. Следовательно, более низкая по выборке вероятность дефолта ведет к более высокому значению квази-коэффициента Шарпа. По аналогичной причине медианное значение квази-коэффициента по результатам второй модели существенно превышает его значение по результатам первой модели.

Логика квази-коэффициента Шарпа аналогична логике стандартного коэффициента Шарпа: при сравнении двух активов актив с высоким значением коэффициента предпочитается активу с низким его значением, поскольку предоставляет инвестору более высокую доходность на единицу риска. Таким образом, квази-коэффициент Шарпа может использоваться при принятии инвестиционных решений о выборе между двумя или более нотами.

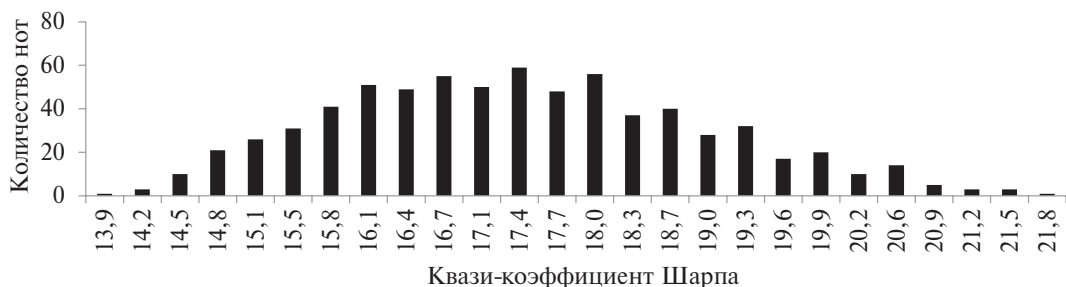


Рис. 13. Гистограмма распределения нот в выборке по величине квази-коэффициента Шарпа. Модель с ценой нефти *Brent* в качестве факторной переменной.

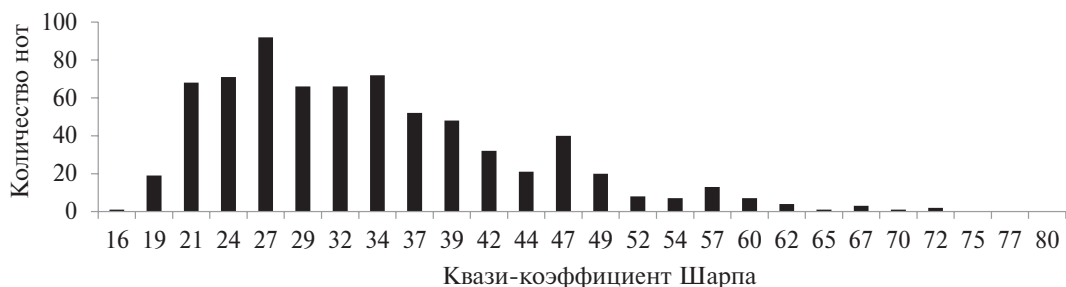


Рис. 14. Гистограмма распределения нот в выборке по величине квази-коэффициента Шарпа. Модель с курсом доллар—рубли в качестве факторной переменной

Таблица 7

Сравнительные описательные статистики распределения количества нот по величине квазикэффициента Шарпа, полученного с применением модели однофакторной копулы с ценой нефти *Brent* либо курсом доллар—рубль в качестве факторной переменной

	Модель с ценой нефти <i>Brent</i> в качестве факторной переменной	Модель с курсом доллар—рубль в качестве факторной переменной
Среднее	20,2423	32,5124
Медиана	20,1540	30,4254
Минимум	16,0104	16,4181
Максимум	26,4907	82,3722
Размах	10,4802	65,9541
Стандартное отклонение	2,0157	10,3648
Эксцесс	−0,2163	1,1830
Асимметричность	0,3658	1,0328
Количество наблюдений	715	715
Нота с минимальным квази-коэффициентом Шарпа	Северсталь, Сбербанк, РЖД, МТС	Северсталь, Сбербанк, РЖД, МТС
Нота с максимальным квази-коэффициентом Шарпа	Транснефть, РСХБ, Газпромнефть, Альфа-Банк	ВЭБ, Транснефть, Газпромнефть, Газпром

7. Заключение

На данный момент не существует ни одного академического исследования, которое освещало бы перспективы конструирования структурных нот «до первого дефолта» на российском рынке. Наша статья заполняет этот пробел. В ней предлагается описание принципа действия *FTD*, механизма их конструирования, а также задач инвестора, которые они решают.

В исследовании раскрывается алгоритм оценки облигационных нот с использованием модели однофакторной копулы, в которой в роли факторов поочередно выступают цена нефти сорта *Brent* и валютный курс доллар—рубль. Протестировав две модели, мы установили, что медианная справедливая стоимость ноты по результатам моделей составляет 94,24 и 95,97% соответственно. Более низкую, чем номинал, справедливую стоимость мы можем объяснить тем фактом, что медианные значения вероятности дефолта в течение срока обращения ноты по результатам двух моделей составляют 16,12 и 10,89% — очевидно, что при таком уровне риска доходность ноты должна быть более высокой, чем установленная нами в рамках исследования.

В статье был проведен анализ рынка *CDS* на риск российских эмитентов, в процессе которого мы выяснили, что только 13 *CDS* по всем параметрам соответствуют необходимым для включения их в состав базисных активов *FTD*-ноты критериям. Мы сконструировали 715 нот, используя 13 *CDS* в различных сочетаниях, однако только немногие из этих нот являются уникальными, а не повторениями одной и той же ноты с заменой одного эмитента. Это не является препятствием для формирования выборки и проверки на ней моделей, однако, на практике компания-структуратор не будет производить эмиссию большого количества практически одинаковых нот, поскольку выпуск ноты ассоциирован со значительными временными и денежными затратами, а клиентская база конечна.

Таким образом, базисных активов, торгуемых сейчас на российском рынке, достаточно для того, чтобы сконструировать выборку нот и проверить на ней те или иные методики ценообразования, но недостаточно для того, чтобы предоставить инвестору предложение уникальных и разнообразных *FTD*. Изменение сложившейся ситуации — вопрос времени: для расширения рынка *CDS* на риск российских эмитентов необходим выпуск облигаций большим количеством эмитентов, чем выпускают их сейчас, присвоение данным эмитентам кредитного рейтинга инвестиционного уровня и популяризация их на международном рынке.

Источники

Матюхин А. А. Структурные продукты как альтернатива депозитам // Банковский бизнес. 2012. № 3. С. 29–34.

Матюхин А. А. *FTD*-ноты являются наиболее актуальным инвестиционным предложением среди структурных продуктов. [Электронный ресурс] // *Cbonds Review*. 2016. № 2. URL: <http://review.cbonds.info/article/magazines/4381/>.

Пеникас Г. И. Модели «копула» в приложении к задачам финансов // Журнал Новой экономической ассоциации. 2010. Т. 7. С. 24–44.

Ткаченко М. В. Структурные облигации: российский и европейский опыт [Электронный ресурс] // *Cbonds Review*. 2018. N 4/107. URL: <http://review.cbonds.info/article/magazines/4909/>.

Abid F. et al. Copula Based Simulation Procedures for Pricing Collateralised Debt Obligations // *International Journal of Applied Management Science*. 2010. Vol. 2. Iss. 3. P. 239–261.

Dalla Valle L. et al. Default Probability Estimation Via Pair Copula Constructions // *European Journal of Operational Research*. 2016. Vol. 249. Iss. 1. P. 298–311.

Default, Transition, and Recovery: 2018 Annual Global Corporate Default And Rating Transition Study / S&P Ratings. 2019. URL: <https://www.spratings.com/documents/20184/774196/2018AnnualGlobalCorporateDefaultAndRatingTransitionStudy.pdf>.

Fathi A. et al. Copula Based Simulation Procedures for Pricing Basket Credit Derivatives // University Library of Munich, Germany. 2007. Iss. 6014.

Galiani S. Copula Functions and Their Application in Pricing and Risk Managing Multiname Credit Derivative Products // University of London Master of Science Project. 2003.

Habiboallah F. Copulas, Modeling Dependencies in Financial Risk Management / Purmerend. Dec. 2007.

Hamilton D., Ou S., Kim F., Cantor R. Corporate Default and Recovery Rates, 1920–2006. Feb. 2007. URL: <https://www.moodys.com/sites/products/DefaultResearch/2006400000429618.pdf>.

Haugh M. An Introduction to Copulas / IEOR E4602: Quantitative Risk Management. Lecture notes / Columbia University, 2016.

Hull J. C., White A. D. Valuation of a CDO and an n-th to Default CDS without Monte Carlo Simulation // *The Journal of Derivatives*. 2004. Vol. 12. Iss. 2. P. 8–23.

Hull J. Defining Copulas // *Risk*. 2006. Vol. 19. Iss. 10. P. 62–64.

Hull J., White A. The Perfect Copula: The Zaluation of Correlation-Dependent Derivatives Using the Hazard Rate Path Approach / University of Toronto, 2005.

Jobst A. A. The Pricing Puzzle: the Default Term Structure of Collateralised Loan Obligations. 2002.

Laurent J. P., Gregory J. Basket Default Swaps, CDOs and Factor Copulas // *Journal of risk*. 2005. Vol. 7. Iss. 4. P. 103–122.

Li D. X. On Default Correlation: A Copula Function Approach // *The Journal of Fixed Income*. 2000. Vol. 9. Iss. 4. P. 43–54.

MacKenzie D., Spears T. The Formula That Killed Wall Street: The Gaussian Copula and Modeling Practices in Investment Banking // *Social Studies of Science*. 2014. Vol. 44. Iss. 3. P. 393–417.

MacKenzie D., Spears T. The Formula That Killed Wall Street? The Gaussian Copula and the Material Cultures of Modelling / School of Social and Political Science. University of Edinburgh, 2012.

Madan D. B., Konikov M., Marinescu M. Credit and Basket Default Swaps // *Journal of Credit Risk*. 2004. Vol. 2. Iss. 1. P. 67–87.

Martin R., Ma Y. Emerging Market Corporate Bonds as First-to-Default Baskets. 2018. URL: https://www.researchgate.net/publication/324744678_Emerging_Market_Corporate_Bonds_as_First-to-Default_Baskets.

- Salmon F. The Formula That Killed Wall Street // *Significance*. 2012. Vol. 9. Iss. 1. P. 16–20.
- Sheng Y. Valuing FtD Contract under Copula Approach via Monte-Carlo Stimulation [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1310/1310.6819.pdf>.
- Tapiero C. S., Totouom D. CDO and Structured Financial Products: A Modeling Perspective / NYU Poly Research Paper Forthcoming, 2010.
- Umeorah N., Mashele P., Ehrhardt M. Preprint Elliptical and Archimedean Copula Models: an Application to the Price Estimation of Portfolio Credit Derivatives. 2019.

References

- Abid F. et al. Copula based simulation procedures for pricing collateralised debt obligations. *International Journal of Applied Management Science*, 2010, vol. 2, iss. 3, pp. 239–261.
- Dalla Valle L. et al. Default probability estimation via pair copula constructions. *European Journal of Operational Research*, 2016, vol. 249, iss. 1, pp. 298–311.
- Fathi A. et al. *Copula based simulation procedures for pricing basket Credit Derivatives*, University Library of Munich, Germany, 2007, iss. 6014.
- Galiani S. *Copula functions and their application in pricing and risk managing multiline credit derivative products*. University of London Master of Science Project, 2003.
- Habiboellah F. *Copulas, Modeling dependencies in Financial Risk Management*. Purmerend, Dec, 2007.
- Hamilton D., Ou S., Kim F., Cantor R. *Corporate Default and Recovery Rates, 1920–2006*. Feb. 2007. Available at: <https://www.moodys.com/sites/products/DefaultResearch/2006400000429618.pdf>.
- Haugh M. *An introduction to copulas*. IEOR E4602: quantitative risk management. Lecture notes. Columbia University, 2016.
- Hull J. C., White A. D. Valuation of a CDO and an n-th to default CDS without Monte Carlo simulation. *The Journal of Derivatives*, 2004, vol. 12, iss. 2, pp. 8–23.
- Hull J. Defining copulas. *Risk*, 2006, vol. 19, iss. 10, pp. 62–64.
- Hull J., White A. *The perfect copula: The valuation of correlation-dependent derivatives using the hazard rate path approach*. Working paper. University of Toronto, 2005.
- Jobst A. A. *The pricing puzzle: the default term structure of collateralised loan obligations*, 2002.
- Laurent J. P., Gregory J. Basket default swaps, CDOs and factor copulas. *Journal of risk*, 2005, vol. 7, iss. 4, pp. 103–122.
- Li D. X. On default correlation: A copula function approach. *The Journal of Fixed Income*, 2000, vol. 9, iss. 4, pp. 43–54.
- MacKenzie D., Spears T. ‘The formula that killed Wall Street’: The Gaussian copula and modelling practices in investment banking. *Social Studies of Science*, 2014, vol. 44, iss. 3, pp. 393–417.
- MacKenzie D., Spears T. The Formula That Killed Wall Street’ The Gaussian Copula and the Material Cultures of Modelling. *School of Social and Political Science*, University of Edinburgh, 2012.
- Madan D. B., Konikov M., Marinescu M. Credit and basket default swaps. *Journal of Credit Risk*, 2004, vol. 2, iss. 1, pp. 67–87.
- Martin R., Ma Y. Emerging Market Corporate Bonds as First-to-Default Baskets, 2018. Available at: https://www.researchgate.net/publication/324744678_Emerging_Market_Corporate_Bonds_as_First-to-Default_Baskets.
- Matyuhin A. A. Ftd-noty yavlyayutsya naibolee aktual’nym investicionnym predlozheniem sredi strukturnykh produktov [FTD-notes are the most interesting proposal among structured products]. *Cbonds Review*, 2016, N 2. Available at: <http://review.cbonds.info/article/magazines/4381/> (In Russian)
- Matyuhin A. A. Strukturnye produkty kak al’ternativa depozitam [Structured products as an alternative to deposits]. *Bankovskij Biznes [Banking Business]*, 2012, N 3, pp. 29–34. (In Russian)
- Penikas G. I. Modeli «kopula» v prilozhenii k zadacham finansov [Financial applications of copula models]. *Zhurnal Novoj Ekonomicheskoy Associacii [Journal of the New Economic Association]*, 2010, N 7, pp. 24–44. (In Russian)
- S&P Ratings. Default, Transition, and Recovery: 2018 Annual Global Corporate Default And Rating Transition Study, 2019. Available at: <https://www.spratings.com/documents/20184/774196/2018AnnualGlobalCorporateDefaultandRatingTransitionStudy.pdf>.
- Salmon F. The formula that killed Wall Street. *Significance*, 2012, vol. 9, iss. 1, pp. 16–20.
- Sheng Y. *Valuing FtD Contract under Copula Approach via Monte-Carlo Stimulation*. arXiv preprint arXiv:1310.6819, 2013.
- Tapiero C. S., Totouom D. *CDO and structured financial products: A modeling perspective*. NYU Poly Research Paper Forthcoming, 2010.
- Tkachenko M. V. Strukturnye obligacii: rossijskij i evropejskij opyt [Structured Bonds: Russian and European Experience]. *Cbonds Review*, 2018, N 4/107. Available at: <http://review.cbonds.info/article/magazines/4909/> (In Russian)
- Umeorah N., Mashele P., Ehrhardt M. *Preprint Elliptical and Archimedean copula models: an application to the price estimation of portfolio credit derivatives*, 2019.