

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ

Научно-учебная лаборатория  
финансовой инженерии и риск-менеджмента

**Методика построения кривой безрисковой  
доходности «спот» и кредитных спрэдов  
для группы облигаций с неоднородным  
кредитным качеством эмитентов:  
стандарт EFFAS-EBC для стран Еврозоны**

Препринт WP16/2007/03

Серия WP16

Финансовая инженерия, риск-менеджмент  
и актуарная наука

Москва  
ГУ ВШЭ  
2007

УДК 005.334  
ББК 65в6  
М54

Редакторы серии WP16  
«Финансовая инженерия, риск-менеджмент  
и актуарная наука»  
*С.Н. Смирнов, А.Г. Шоломицкий*

М54 Методика построения кривой безрисковой доходности «спот» и кредитных спрэдов для группы облигаций с неоднородным кредитным качеством эмитентов: стандарт EFFAS-ЕВС для стран Еврозоны / Смирнов С.Н., Захаров А.В., Рачков Р.В., Лапшин В.А., Здоровенин В.В., Евстратов С.А., Косьяненко А.В. : Препринт WP16/2007/03. — М.: ГУ ВШЭ, 2007. — 40 с.

УДК 005.334  
ББК 65в6

Препринты ГУ ВШЭ размещаются на сайте:  
<http://new.hse.ru/C3/C18/preprintsID/default.aspx>.

© С.Н. Смирнов, 2007  
© А.В. Захаров, 2007  
© Р.В. Рачков, 2007  
© В.А. Лапшин, 2007  
© В.В. Здоровенин, 2007  
© С.А. Евстратов, 2007  
© А.В. Косьяненко, 2007  
© Оформление. ГУ ВШЭ, 2007

## Оглавление

<b>1. Введение</b> .....	5
<b>2. Описание методики</b> .....	6
2.1. Кривая доходности к погашению и кривая бескупонной доходности .....	6
2.2. Функция дисконтирования и доходность «спот» .....	8
2.3. Стандартная процедура оценки кредитных спрэдов .....	8
2.4. Стандартный алгоритм фитинга кривой доходности .....	11
2.5. Стандартный алгоритм построения относительной кривой безрисковой доходности «спот» и кредитных спрэдов .....	11
2.6. Алгоритм построения кривой безрисковой доходности: последовательная оптимизация по форме кривой и по величинам кредитных спрэдов .....	13
2.6.1. Предварительный этап .....	14
2.6.2. Основной этап .....	14
<b>3. Подробности реализации алгоритма</b> .....	16
3.1. Выбор весов .....	16
3.2. Однофакторная и двухфакторная модели спреда .....	16
3.3. Алгоритмы фитинга .....	17
3.3.1. Метод Нельсона — Зигеля .....	17
3.3.2. Метод синусоидально-экспоненциальных сплайнов .....	17
3.4. Пример построения относительной кривой безрисковой доходности «спот» .....	19
<b>4. Построение абсолютной кривой доходности</b> .....	20
4.1. Возможность использования данных о свопах ставки Euribor .....	20
4.2. Подход, основанный на минимальном уровне процентных ставок .....	22

4.3. Кривая средней доходности.....	23
4.4. Связь между кривой безрисковой доходности «спот» и средней кривой доходности.....	24
<b>5. Универсальность Методики.....</b>	<b>26</b>
5.1. Тестирование Методики на швейцарском рынке .....	26
5.2. Тестирование Методики на российском рынке .....	27
<b>Приложение: Обзор рынков суверенного долга стран Еврозоны .....</b>	<b>28</b>
Величина и структура государственного долга .....	28
Долговые инструменты.....	30
Правила выпуска и обращения долговых инструментов.....	34
Сужение спредов по эталонным выпускам.....	38
<b>Литература .....</b>	<b>38</b>

## 1. Введение

Определение безрисковой кривой доходности «спот» для стран Еврозоны является актуальной проблемой финансовой инженерии и риск-менеджмента, не имеющей на текущий момент единого общепринятого решения (van Deventer; 2004). Аналогичная задача для безрисковой долларовой кривой определено проще в силу того, что все облигации федерального правительства США имеют одинаковый кредитный рейтинг (хотя и различаются ликвидностью). В нашем же случае основная сложность связана с тем, что мы имеем на входе набор облигаций разного кредитного качества.

В настоящее время эмитентами долговых бумаг, номинированных в евро, являются двенадцать стран Еврозоны: Австрия, Бельгия, Германия, Греция, Италия, Ирландия, Испания, Люксембург, Нидерланды, Португалия, Финляндия и Франция. Количество выпусков в обращении составляет от одного (Люксембург) и трех (Ирландия) до порядка пятидесяти (Германия и Италия), при этом основными эмитентами являются Германия, Италия и Франция. Значительные различия также наблюдаются в кредитном качестве стран-заемщиков.

В настоящей работе приводится описание стандартной методологии (далее — Методика) Европейской федерации ассоциации финансовых аналитиков — Европейской комиссии по облигациям (EFFAS-EBC), используемой при построении кривой бескупонной доходности «спот» на основе рыночных данных (цен, котировок, спредов между ценой спроса и предложения, объемов сделок и т.п.), доступных по среднесрочным и долгосрочным долговым бумагам с различным кредитным качеством эмитентов.

Общим требованием к рассматриваемой Методике является единый подход ко всем эмитентам<sup>1</sup>. К прочим требованиям относятся:

- универсальность;
- прозрачность и простота;
- соответствие передовому опыту;
- устойчивость (т.е. малая чувствительность к выбору между параметрическим и сплайновым методом подгонки кривой);
- гибкость (т.е. способность приспосабливаться к изменениям рыночных условий).

<sup>1</sup> До 2004 г. на практике кривая безрисковой доходности строилась на основе данных по немецкому рынку. Очевидно, что подобная практика неприемлема в качестве стандарта, хотя бы в силу того, что кривая безрисковой доходности немецкого рынка облигаций в настоящее время не лежит ниже кривых всех остальных стран Еврозоны (см. Приложение).

Обзор рынка государственного долга стран Еврозоны вынесен в отдельное приложение.

Работа поддержана Научным фондом ГУ ВШЭ и осуществлена в рамках реализации мероприятия 5.2.5 «Проведение совместных исследований преподавателей, аспирантов и студентов» Инновационного образовательного проекта ГУ ВШЭ по теме № 06-05-0019 «Разработка методологии оценки стоимости портфеля на основе исследования микроструктуры рынков для целей управления рисками».

Авторы выражают признательность членам Европейской комиссии по облигациям, в особенности Т. Klepsch, С. Golden и J.-F. Borgy, за участие в обсуждении и комментарии, поспособствовавшие существенному улучшению методики.

## 2. Описание методики

### 2.1. Кривая доходности к погашению и кривая бескупонной доходности

Финансовая теория и практика предлагают два альтернативных подхода к отображению срочной структуры процентных ставок — это кривая доходности к погашению и кривая бескупонной доходности, или кривая доходности «спот».

Популярность первого подхода связана, в первую очередь, с простотой вычислений и относительной близостью кривой доходности к погашению и бескупонной кривой доходности. Как правило, в качестве одной из переменных, характеризующих облигацию, выступает срок погашения, а в качестве другой — доходность к погашению (*yield to maturity*, *YTM*). Таким образом, набор облигаций может быть представлен как набор точек на координатной плоскости с осями «срок погашения» — «доходность к погашению». Для получения кривой доходности, которая представляет собой гладкую кривую, проходящую через вышеупомянутый набор точек, используется параметрический или непараметрический метод подгонки формы кривой (фитинга). Данный подход был использован в предложении по стандарту построения базовой кривой доходности для стран Еврозоны, приведенном в работе (Klepsch, Golden; 2003). Отметим, что в более адекватном определении кривой доходности вместо срока погашения используется дюрация.

Полагаем, что второй подход к срочной структуре процентных ставок является более точным отражением экономического смысла кривой

доходности, поскольку доходность к погашению не имеет прямого отношения к определению цены облигации (Fabozzi; 2000) и, в общем случае, к расчету чистой приведенной стоимости. Существенно то, что кривая безрисковой доходности является общей точкой отсчета, используемой участниками рынка для точной оценки приведенной стоимости денег, в особенности для целей риск-менеджмента и финансовой инженерии. Поэтому методика построения безрисковой кривой бескупонной доходности является важным дополнением к методике построения базовой кривой доходности для Еврозоны.

В то же время практическая реализация данного подхода требует применения более изощренной методики оценки кривой доходности на основе данных рынка купонных облигаций. Для решения этой задачи могут быть использованы параметрические и непараметрические (сплайновые) методы.

Разница между кривой бескупонной доходности и кривой доходности к погашению известна как купонный эффект. Ряд эмпирических исследований, проведенных по выборкам из рынка государственных облигаций, позволяет сделать вывод, что купонный эффект не является значимым и может быть проигнорирован при оценке срочной структуры процентных ставок (Malkiel; 1966), (Nelson; 1972). Другие исследователи утверждают, что кривая доходности к погашению не может быть использована для оценки срочной структуры процентных ставок в силу того, что между кривой бескупонной доходности и кривой доходности к погашению могут наблюдаться значительные расхождения (Echols, Elliott; 1976), (Conard, Frankena; 1969).

В работе (Livingston, Jain; 1987) приводится хорошо аргументированное обоснование значимости купонного эффекта: при определенных условиях наличие купонного эффекта приводит к изменению формы кривой форвардных процентных ставок, что в свою очередь приводит к смещенной оценке срочной структуры процентных ставок, основанной на кривой доходности. В общем случае — чем больше объем денежных потоков, приходящихся на начало срока обращения облигации, например, в случае поэтапной амортизации номинала облигации, тем шире расстояние между кривой доходности к погашению и кривой бескупонной доходности (в случае, если на рынке нет облигаций с одинаковой доходностью к погашению). Если бы существовал развитый рынок дисконтных облигаций, кривая доходности могла бы быть построена исключительно на основе данных этого рынка, без использования данных рынка купонных облигаций. Однако это бы потребовало существования дисконтных облигаций со сроком погашения, превышающим один год,

что практически не наблюдается на практике, за исключением тех случаев, когда существует ликвидный рынок облигаций типа «стрип».

Модифицированная кривая доходности к погашению, т.е. кривая, построенная в осях «дюрация» — «доходность к погашению», может быть использована как первое приближение кривой бескупонной доходности.

## 2.2. Функция дисконтирования и доходность «спот»

Разработчики стандарта настоятельно рекомендуют использовать метод непрерывного начисления для установления соотношения между функцией дисконтирования и доходностью «спот»:

$$d(t) = \exp(-t \cdot r(t)), \text{ где } d(t) \text{ — дисконт-фактор,} \\ r(t) \text{ — доходность «спот» актива со сроком} \\ \text{жизни } t.$$

Данная конвенция является стандартом для моделей ценообразования производных активов с непрерывным временем. Используется метод непрерывного начисления при установлении соотношения между дисконт-фактором и доходностью «спот», поскольку в этом случае дюрация облигации, с точностью до знака, представляет собой чувствительность цены облигации к параллельным сдвигам кривой доходности, и такая формула чувствительности **инвариантна к форме кривой доходности «спот»**.

## 2.3. Стандартная процедура оценки кредитных спрэдов

В работе (van Deventer; 2004) предлагается следующая стандартная процедура расчета кредитных спрэдов, универсальная для любой модели кредитного риска. Предположим, что по облигации компании АБВ будет осуществлено  $M$  выплат, и что на основе всей доступной информации по безотзывным казначейским облигациям США была получена гладкая, непрерывная кривая доходности. Далее мы можем использовать следующий алгоритм для расчета непрерывного кредитного спрэда по облигации компании АБВ:

1. Для каждой из  $M$  дат, на которые осуществляются платежи по облигациям компании АБВ, методом непрерывного начисления процента рассчитаем цену бескупонной облигации и ставку бескупонной доходности на основе сглаженной кривой доходности казначейских облигаций США. Доходности должны быть рассчитаны на фактическую дату выплаты средств, а не на запланированную дату, поскольку конвенция

о количестве дней, согласно которой выпущена та или иная облигация, может сдвигать дату фактической выплаты вперед или назад (в зависимости от конкретной конвенции) в том случае, если она приходится на выходной день.

2. Зададим кредитный спрэд  $x$ , рассчитанный методом непрерывного начисления и постоянный для каждой даты, на которую приходится выплата.

3. Рассчитаем приведенную стоимость облигации компании АБВ, используя  $M$  доходностей бескупонных облигаций, полученных методом непрерывного начисления:  $y(t) + x$ , где  $y(t)$  — доходность бескупонной облигации со сроком погашения  $t$ , лежащая на безрисковой кривой доходности. Отметим, что величина  $y(t)$  будет отлична для каждой даты, в то время как величина  $x$  полагается постоянной.

4. Сравним приведенную стоимость, полученную на предыдущем этапе, с фактической стоимостью облигации компании АБВ (цена плюс накопленный процент), наблюдаемой на рынке.

5. Если расчетная и наблюдаемая цены облигации находятся в пределах допустимой погрешности, окончим цикл и объявим величину  $x$  кредитным спрэдом. Если разница между двумя ценами превышает заданный уровень толерантности, улучшим оценку  $x$  с помощью стандартных методов и вернемся к этапу 3.

При реализации алгоритма следует иметь в виду следующие соображения:

- Рассчитанные таким образом спрэды применимы только к безотзывным облигациям; применять их к отзывным облигациям следует с большой осмотрительностью.

- Рассмотренный подход также игнорирует величину премии за ликвидность, которая может быть весьма значительной на низколиквидных рынках. Строго говоря, полученные спрэды включают в себя как премию за кредитный риск, так и премию за ликвидность. В работах (Duffie, Singleton; 1999) и (Jarrow; 2001) рассматриваются подходы, позволяющие получить вероятности дефолта и величину премии за ликвидность (разницу между величиной кредитного спрэда и уровнем ожидаемых потерь) на основе цен облигаций и контрактов дефолтного свопа.

- Существенной упрощающей предпосылкой данного подхода является предположение о плоской временной структуре процентных ставок. В то же время методика может быть модифицирована для устранения данной предпосылки, что и будет сделано далее.

Очевидно, что данная процедура основана на известной кривой безрисковой доходности «спот». Для долговых бумаг, номинированных

в долларах, очевидным эталонным портфелем является рынок казначейских облигаций США. Таким образом, у участников этого рынка не возникает трудностей с построением соответствующей кривой доходности.

До недавнего времени дела в зоне евро обстояли иначе, поскольку там отсутствовал единый стандарт для определения безрисковой кривой доходности. Основной идеей стандарта EFFAS-EBC является использование изложенной выше стандартной процедуры оценки кредитных спрэдов для построения кривой безрисковой доходности «спот» для Еврозоны путем решения обратной задачи. В рамках стандарта предлагается определять кривые безрисковой доходности «спот» таким образом, чтобы величины спрэдов, рассчитанные на основе этой кривой, наиболее точно соответствовали наблюдаемым рыночным значениям. Очевидно, что такая задача имеет множество решений, и что кривая может быть определена с точностью до добавления константы. Соответствующее семейство параллельных сдвигов может быть названо относительной кривой доходности «спот».



Рис. 1. Стандартный алгоритм фитинга кривой доходности

## 2.4. Стандартный алгоритм фитинга кривой доходности

Стандарт EFFAS-EBC предполагает, что для целей фитинга может быть использован параметрический метод, например (Nelson, Siegel; 1987) или (Svensson; 1994). Также могут быть использованы и более продвинутое методы, основанные на использовании сглаживающих сплайнов (см., например, Smirnov, Zakharov; 2003), при этом в силу требования устойчивости методики выбор метода фитинга не должен оказывать существенного влияния.

Стандартная схема алгоритма фитинга кривой доходности в случае однородного по кредитному качеству набора облигаций приведена на рис. 1.

## 2.5. Стандартный алгоритм построения относительной кривой безрисковой доходности «спот» и кредитных спрэдов

Стандарт EFFAS-EBC рекомендует следующий алгоритм построения относительной кривой безрисковой доходности «спот» и кредитных спрэдов. Поскольку набор облигаций состоит из групп разного кредитного качества (в нашем случае под группой понимаются облигации отдельной страны), простейший вариант алгоритма предполагает, что специфическая для каждой группы облигаций кривая получается параллельными сдвигом фиксированной базовой кривой из семейства относительных кривых безрисковой доходности «спот». Фитинг проводится совместно по этой кривой и по параметрам сдвига. При этом сдвиги отвечают различному кредитному качеству групп<sup>2</sup>. Обоснованием такого подхода служат сильные эмпирические свидетельства того, что средний спрэд доходности каждого эмитента в целом определяется неким общим фактором. В случае, если эмитентом долга выступает государство, значение фактора уникально для каждого эмитента (Geyer, Kossmeier, Pichler; 2001).

Еще раз подчеркнем, что в такой постановке задача минимизации имеет множество решений. Если имеется некоторый оптимальный набор кривых, то одновременный параллельный сдвиг также даст оптимальный набор. Тем самым относительные спрэды (например, относительно выбранной страны) определены однозначно.

<sup>2</sup> Как отмечалось выше, премии за ликвидность считаются незначительными: методика предполагает, что рынки государственных облигаций стран Еврозоны достаточно ликвидны. В противном случае следует отбирать для использования в данном методе только эталонные выпуски (benchmark issues), отличающиеся высокой ликвидностью.

Полученную с точностью до сдвига базовую кривую предлагается считать относительной кривой безрисковой доходности «спот» для Еврозоны.

Методика может быть усовершенствована с тем, чтобы учесть временную структуру кредитных спрэдов. Этот эффект второго порядка может быть отражен путем добавления еще одного параметра, например, коэффициента (постоянного) наклона, индивидуального для каждой страны. В этом случае относительная кривая безрисковой доходности «спот» для стран Еврозоны будет определена с точностью до двух параметров: уровня и наклона кривой. Такой подход соответствует эмпирическим наблюдениям, изложенным в работе (Sorge, Gedanecz, 2004): временная структура процентных ставок может быть достаточно корректно аппроксимирована линейной возрастающей функцией от срока погашения долга. Представляется, что в среднем временная структура кредитных спрэдов для облигаций инвестиционного качества имеет положительный наклон: это соответствует интуитивному представлению, что кредиторы должны получать более высокую компенсацию за более продолжительную подверженность риску. Изложенные выше соображения соответствуют результатам анализа, предпринятого в работах (Jones, Mason, Rosenfeld; 1984), (Sarig, Warga; 1989), (He, Hu, Lang; 2000).

В то же время мы полагаем, что в удвоении числа оцениваемых параметров временной структуры процентных ставок нет насущной необходимости. Например, коэффициент наклона в добавление к коэффициенту уровня может быть использован в тех странах, где четко прослеживается наклонная структура кредитных спрэдов.

В принципе, в модель могут быть внесены и иные параметры, например, коэффициент кривизны. Схема этого процесса представлена на рис. 2.

Для того чтобы получить оценку абсолютной, а не относительной кривой безрисковой доходности «спот» для стран Еврозоны, авторы стандарта предлагают использовать дополнительные процедуры и данные для оценки уровня (и, в соответствующей спецификации, наклона) кривых безрисковой доходности. Далее в нашей работе рассматривается применимость данных по сделкам «своп» на ставку Euribor<sup>3</sup> для решения этой задачи.

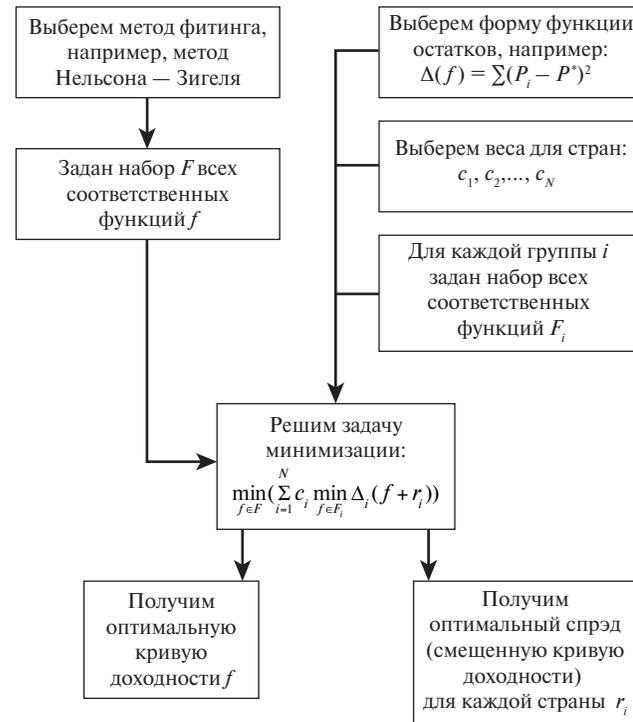


Рис. 2. Модифицированный алгоритм фитинга кривой бескупонной доходности «спот»

В общем случае практическая реализация рассмотренной методики построения кривой безрисковой доходности зависит от используемой методики фитинга. Соответственно, стандартные методики фитинга (для одной кривой) не могут быть встроены в алгоритм напрямую. Ниже предлагается эвристический алгоритм, использующий стандартные алгоритмы фитинга в качестве готовых блоков.

## 2.6. Алгоритм построения кривой безрисковой доходности: последовательная оптимизация по форме кривой и по величинам кредитных спрэдов

Предлагаемый алгоритм оптимизации основан на последовательной оптимизации по форме кривой и по величинам кредитных спрэдов.

<sup>3</sup> Ставка предложения номинированных в евро кредитов на межбанковском рынке.

### 2.6.1. Предварительный этап

Предположим, что спрэды для всех эмитентов равны нулю.

### 2.6.2. Основной этап

1. Фитинг кривой доходности осуществляется для всего анализируемого набора облигаций, для которых доступна информация о величине кредитных спрэдов, т.е. решается задача построения кривой доходности «spot», минимизирующей отклонение между оценочными и фактическими ценами облигаций с учетом параллельного сдвига на величину кредитного спреда относительно базовой кривой, характеризующую каждое государство-эмитент.

Формально задача может быть сформулирована в виде:

$$\min_{f, r_i} \sum_{i=1}^N c_i \left( \sum_{j=1}^{K_i} (P_{i,j}(f+r_i) - P_{i,j}^*)^2 \right),$$

где  $N$  — количество стран-эмитентов;

$C_i$  — удельный вес облигаций  $i$ -й страны;

$K_i$  — количество облигаций  $i$ -й страны, участвующих в расчете;

$P_{i,j}^*$  — рыночная цена  $j$ -й облигации  $i$ -й страны;

$P_{i,j}(f+r_i)$  — теоретическая цена  $j$ -й облигации  $i$ -й страны, рассчитанная как дисконтированная стоимость будущих потоков платежей по облигации по кривой доходности  $f$ , сдвинутой на специфический для страны  $i$  спред  $r_i$ . Математически:

$$P_{i,j}(f+r_i) = \sum_k C_k^{i,j} \exp(-(f+r_i)t_k),$$

где  $C_k^{i,j}$  — размер  $k$ -й выплаты по  $j$ -й облигации  $i$ -й страны;

$t_k$  — время до  $k$ -й выплаты.

Выбор того или иного метода фитинга в данном случае не играет роли, это может быть как параметрический, так и сплайновый метод. При этом изменения, которые необходимо внести в сам алгоритм фитинга, минимальны и связаны с тем, что в модифицированном алгоритме каждая облигация может обладать некоторым специфическим заданным спредом.

Это изменение может быть реализовано корректировкой будущих выплат:  $k$ -я будущая выплата  $S_k^i$  по  $i$ -й облигации заменяется приведенной стоимостью выплаты  $S_k^i \exp(-r_i t_k)$ , где  $r_i$  означает спред, специфический для  $i$ -й облигации, а  $t_k$  — время до выплаты.

После такой корректировки выплат может быть использован произвольный стандартный алгоритм фитинга без каких-либо дальнейших модификаций.

2. Для каждой страны производится поиск оптимального спреда, т.е. ищется такая величина сдвига базовой кривой, построенной на предыдущем этапе, которая минимизирует отклонение теоретических и рыночных цен облигаций этой страны.

Математически для каждой страны решается одномерная задача минимизации:

$$\min_r \sum_{i=1}^K (P_i(f+r) - P_i^*)^2,$$

где  $K$  — количество облигаций страны, участвующих в расчете;

$f$  — базовая кривая, построенная на предыдущем шаге;

$P_i^*$  — рыночная цена  $i$ -й облигации;

$P_i(f+r)$  — теоретическая цена  $i$ -й облигации, рассчитанная как приведенная стоимость будущих потоков платежей по облигации по кривой доходности  $f$ , сдвинутой на специфический для страны спред  $r$ .

3. Переходим к шагу 1.

На практике количество итераций шагов 1–3 для достижения сходимости не превышает пяти, соответственно, производительность предложенного алгоритма будет отличаться от производительности обычного алгоритма фитинга приблизительно в столько же раз. В то же время следует отметить, что реализация приведенного выше алгоритма не гарантирует достижения оптимума. Этот алгоритм может быть рассмотрен как применение итерационного процесса Зейделя к градиенту минимизируемого выражения:

$$\min_{f, r_i} \sum_{i=1}^N c_i \left( \sum_{j=1}^{K_i} (P_{i,j}(f+r_i) - P_{i,j}^*)^2 \right)$$

Достаточные условия сходимости итерационного процесса Зейделя известны, их выполнение может быть проверено для каждого конкретного метода фитинга. Более того, даже при достижении сходимости мы не можем быть уверены в том, что нами получен глобальный минимум, поскольку у минимизируемой функции может быть несколько локальных минимумов и сходимость может достигаться в одном из них. В то же время расчеты авторов стандарта указывают на то, что результаты процедуры последовательной оптимизации по форме кривой и по величинам кредитных спрэдов достаточно близки к результатам процедуры глобальной минимизации.

### 3. Подробности реализации алгоритма

В данном разделе рассматривается алгоритм выбора весов для отдельных выпусков облигаций, а также проводится сравнение однофакторной и двухфакторной моделей странового спреда на основе анализа эмпирических данных.

#### 3.1. Выбор весов

В своем анализе мы использовали два типа взвешивания:

- *Взвешивание на основе дюрации:* все облигации имеют вес, обратный их дюрации. Подобная схема обеспечивает равную чувствительность изменений цен к параллельным сдвигам кривой.
- *Взвешивание на основе ликвидности:* для определения весов также могут быть использованы доступные данные о ликвидности облигаций. В нашем случае в качестве весового коэффициента использовалась величина, обратная значению спреда между ценой спроса и предложения.

#### 3.2. Однофакторная и двухфакторная модели спреда

Очевидно, что использование двухфакторной модели спреда, в которую входят коэффициент уровня и коэффициент наклона, позволяет снизить ошибки фитинга по сравнению с однофакторной моделью, использующей только коэффициент уровня. При этом рост точности оказывается несущественным для большинства стран и, в то же время, чрезвычайно существенным для некоторых эмитентов.

Заметная ошибка фитинга по однофакторной модели на данных рынка в течение июля 2005 г. наблюдается для Италии и Греции — стран, имеющих наихудшее кредитное качество в зоне евро (под ошибкой фитинга здесь понимается средняя ошибка оценки доходности к погашению по всем облигациям). Для этих стран ошибка однофакторной модели примерно в 3 раза выше ошибки двухфакторной модели.

Для остальных стран использование двухфакторной модели не приводит к существенному снижению ошибки фитинга, а кривые доходности, построенные на основе двух моделей, практически совпадают.

На основе изучения эмпирических данных мы можем предложить следующий алгоритм выбора модели спреда:

1. Предположим, что спред всех стран описывается однофакторной моделью. Оценим относительную кривую безрисковой доходности и страновые спреды в рамках этой модели.

2. Рассчитаем ошибки фитинга кривой безрисковой доходности и спредов для всех стран.

3. Предположим, что в странах с большими ошибками фитинга действует двухфакторная модель спреда. Оценим спред по формуле:

$$Spread(t) = C + x(t - y),$$

где  $C$  — величина однофакторного спреда, полученная на этапе (1);

$t$  — время;

$x, y$  — оцениваемые параметры.

В результате мы получаем меньшие ошибки фитинга для тех стран, где они изначально были существенными.

#### 3.3. Алгоритмы фитинга

Мы применили методику EFFAS-EBC к эмпирическим данным с использованием двух альтернативных методов фитинга: метода Нельсона — Зигеля и метода синусоидально-экспоненциальных сплайнов.

##### 3.3.1. Метод Нельсона — Зигеля

В рамках данного метода кривая безрисковой доходности «спот» имеет четыре параметра. Для оценки оптимальной кривой решается задача четырехмерной оптимизации. Метод прост, хорошо известен и используется некоторыми центральными банками<sup>4</sup>.

##### 3.3.2. Метод синусоидально-экспоненциальных сплайнов

Данный алгоритм основан на методике, предложенной в работе (Smirnov, Zakharov; 2003). Для того чтобы оценить  $d(t)$  при известных ценах  $P_k$ ,  $k = 1, \dots, N$ , денежных потоках  $F_{i,k}$  и весах  $w_k$  в периоды времени  $t_i$ ,  $I = 0, \dots, n$ , необходимо следовать алгоритму:

1. Найдем первое приближение как решение одномерной задачи оптимизации в случае плоской срочной структуры процентных ставок:

$$\sum_k w_k \left[ \sum_i F_{i,k} \exp(-r_0 t_i) - P_k \right]^2 \rightarrow \min_{r_0}$$

<sup>4</sup> См., например, *Zero-Coupon Yield Curves: Technical Documentation*. BIS Papers. No. 25. October 2005.

2. Получим  $d(t)$  как  $d(t) = \exp(-\int_0^t f^2(\tau) d\tau)$ , где  $f$  — кусочная функция

$(2n + 1)$  переменных  $p_i, i = 0, \dots, n; \lambda_i, i = 1, \dots, n$ :

$f(t) = p_{i-1} \varphi_i(t_i - t) + p_i \varphi_i(t - t_{i-1}), t \in [t_{i-1}, t_i]$ , а

$$\varphi_i(x) = \begin{cases} \frac{\sinh(x\sqrt{\lambda_i})}{\sinh[(t_i - t_{i-1})\sqrt{\lambda_i}]}, \lambda_i > 0 \\ \frac{\sin(x\sqrt{-\lambda_i})}{\sin[(t_i - t_{i-1})\sqrt{-\lambda_i}]}, \lambda_i < 0 \\ \frac{x}{t_i - t_{i-1}}, \lambda_i = 0 \end{cases}$$

3. Решим задачу оптимизации по  $(2n + 1)$  параметрам:

$$\alpha \sum_{i=1}^n \int_{t_{i-1}}^{t_i} f^{12}(\tau) d\tau + \sum_k w_k [\sum_{i=1}^n F_{i,k} d(t; p_0, \dots, p_n, \lambda_1, \dots, \lambda_n) - P_k]^2 \rightarrow \min_{p_0, \dots, p_n, \lambda_1, \dots, \lambda_n}$$

с начальными значениями  $\lambda_i = 0, p_i = \sqrt{r_0}$ .

В случае, если решается задача оценки кредитного спреда,  $d(t)$  находится в виде:

$$d_k(t) = \exp(-\int_0^t f^2(\tau) d\tau - r_k t),$$

где  $r_k$  — кредитный спред  $k$ -й страны. В таком случае функция (3) оптимизируется по  $(2n + 1 + N)$  параметрам. В силу того, что  $n \gg N$ , различие не является принципиальным.

### 3.3.2.1. Выбор коэффициента «альфа»

Для того чтобы получить оптимальную величину коэффициента  $\alpha$ , воспользуемся алгоритмом:

1. Выберем начальное значение  $\alpha$ .
2. Оценим  $d(t)$  при заданном значении  $\alpha$ . Вычислим ошибку оценки

цен:

$$e(\alpha) = \sqrt{\sum_k w_k [\sum_{i=1}^n F_{i,k} d(t; p_0, \dots, p_n, \lambda_1, \dots, \lambda_n) - P_k]^2}$$

Очевидно, что функция  $e(\alpha)$  является монотонной.

3. Найдем величину  $\alpha$  такую, что  $e(\alpha) \approx \bar{s}$ , где  $\bar{s}$  — средний спред между ценой спроса и предложения.

### 3.4. Пример построения относительной кривой безрисковой доходности «спот»

В данном разделе резюмируются результаты применения методики к рынку суверенного долга стран Еврзоны по состоянию на 18 ноября 2002 г.<sup>5</sup> в предположении о параллельности кривых доходности для всех эмитентов.

Фитинг был осуществлен параметрическим методом (Nelson, Siegel; 1987) и методом синусоидально-экспоненциальных сплайнов (Smirnov, Zakharov; 2003). Результаты этих двух методов были практически идентичными, что свидетельствует о том, что предложенная методика слабо чувствительна к выбранному методу фитинга. Следует отметить, что сравнение полученных кривых с эталонной кривой доходности, рассчитанной в работе (Klepsch, Golden; 2003), выявляет очевидное сходство результатов.

На рис. 3 представлены относительные страновые спреды (спред Германии был положен равным нулю для устранения неоднозначности решения, связанной со сдвигом).

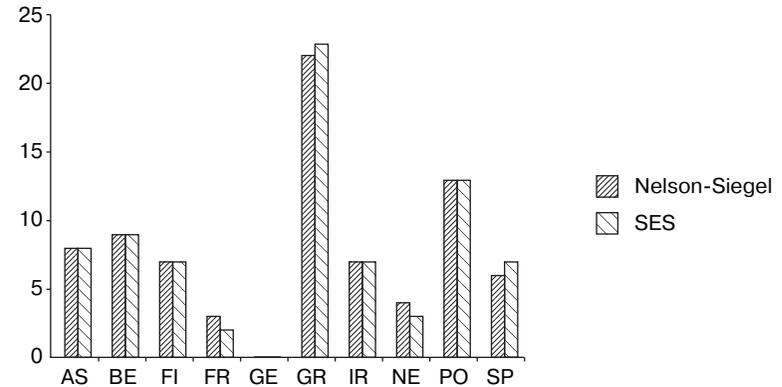


Рис. 3. Страновые спреды (относительно облигаций Германии), 18.11.2002

<sup>5</sup> Единственная дата, на которую была доступна необходимая информация для сравнения с результатами работы (Klepsch, Golden; 2003).

## 4. Построение абсолютной кривой доходности

Первый вопрос, который следует обсудить при выборе подхода для определения уровня процентных ставок — следует ли использовать кроме рынка облигаций дополнительные данные по рынкам альтернативных финансовых инструментов.

### 4.1. Возможность использования данных о свопах ставки Euribor

В рамках нашего анализа разумно выбрать в качестве плавающей ставки доходности ставку Euribor<sup>6</sup>. Представительная выборка банков на ежедневной основе котирует ставки, округленные до сотых долей процента, по которым первоклассные банки стран Еврозоны размещают друг у друга срочные депозиты. Включение банка в эту выборку осуществляется по рыночным критериям. Эти банки имеют первоклассное кредитное качество. Они выбираются с таким расчетом, чтобы должным образом отразить разнообразие денежного рынка Еврозоны, что обеспечивает эффективность и репрезентативность Euribor как бенчмарки. Euribor является ставкой спот (поставка  $T + 2$ ) и котируется по конвенции факт./360 дней (act/360 days).

Проанализируем, могут ли ставки ISDAFIX быть использованы для определения уровня (и возможно, наклона) кривых доходности. ISDAFIX является основной международной бенчмаркой для обмена плавающей процентной ставки на фиксированную. Котировки ISDAFIX являются средними ставками по рынку, предоставляемыми для заданных сроков и шести основных валют на ежедневной основе. В частности, предоставляются котировки ISDAFIX для контрактов, номинированных в евро. Контракты «своп» имеют следующую спецификацию:

- Срок: 1–10, 12, 15, 20, 25, 30 лет;
- Конвенция счета дней (для начисления процентов) — годовая ставка 30/360 в обмен на ставку Euribor на шесть месяцев.

Каждая котировка ISDAFIX может быть использована для вычисления цены купонной облигации, торгуемой по номиналу. Теоретически рыночная цена такой облигации должна быть равна ее номинальной стоимости. Число таких купонных облигаций, которые могут быть оценены на основе котировок ISDAFIX, совпадает с числом контрактов «своп» с различным сроком. Рассмотрим подмножество  $S$  этого множества облигаций. Поскольку кривая безрисковой доходности «spot» оп-

<sup>6</sup> А не ставку Libor, используемую при анализе облигаций, номинированных в долларах.

ределяется с точностью до константы (и возможно, коэффициента наклона), кривая может быть получена как решение задачи минимизации отклонения между рассчитанными и номинальными ценами облигаций из подмножества  $S$ .

Теоретически цена простого свопа процентных ставок в момент его заключения равна нулю, так как приведенная стоимость потоков платежей по займам, предоставленным по фиксированной и плавающей процентной ставке, одинакова. Поскольку приведенная стоимость потока платежей по займу, предоставленному по фиксированной ставке, равна номиналу контракта «своп», оценка платежей, осуществляемых по фиксированной ставке, соответствует номиналу безрисковой облигации с аналогичной структурой выплат, т.е.:

$$\sum c_i d(t_i) + d(t_n) = 1, c_i = R\theta_i$$

где  $d(t_i)$  — дисконт-фактор;

$\theta_i$  — часть ежегодной выплаты с плавающей процентной ставкой, рассчитанная как доля года;

$R$  — фиксированная процентная ставка.

В то же время вычисления, проделанные по рыночным данным за 18 ноября 2002 г., указывают на то, что кривая контрактов «своп» не может быть напрямую использована для оценки коэффициента, характеризующего уровень кривой безрисковой доходности «spot». Этот вывод вытекает из того, что кривая контрактов «своп» систематически выше бескупонной кривой доходности для Германии, построенной по ее государственным облигациям; для сроков в 5–10 лет спрэд (разница) получается около 15 базисных пунктов.

Этому наблюдению может быть предложен ряд объяснений. Согласно исследованию (Feldhutter, Lando; 2006), основным компонентом спрэда по контракту «своп» является «доходность удобства» (convenience yield), т.е. выгода от владения реальной ценной бумагой (например, казначейской облигацией США), а не выпущенным на нее фьючерсом, состоящая, в частности, в возможности краткосрочных заимствований через сделки «репо». Кривая контрактов «своп» также включает в себя премию за кредитный риск, который несут участники межбанковского рынка. Этот риск может быть оценен, в частности, на основе спрэдов по контрактам Euribor-Eurepo.

Помимо этого, рынки контрактов «своп» и облигаций также имеют различный уровень ликвидности. Рынок контрактов «своп», номинированных в евро, является достаточно ликвидным, в то время как на цену той или иной государственной облигации может оказывать влияние ее сравнительно низкая ликвидность, связанная с регуляторными

требованиями, предъявляемыми к инвесторам. Этот фактор также может иметь свои последствия.

Как бы то ни было, значения, полученные на основе данных рынка контрактов «своп», устойчиво отличаются от значений, полученных на основе данных рынка облигаций. Таким образом, оценка уровня кривой безрисковой доходности «спот» для стран Еврозоны должна быть основана исключительно на данных рынка облигаций во избежание статистического шума, источником которого являются экзогенные по отношению к этому рынку входные данные.

#### **4.2. Подход, основанный на минимальном уровне процентных ставок**

Одним из возможных решений такого типа может служить использование алгоритма, изложенного в работе (Klepsch, Golden; 2003), в частности, исключение из анализа облигаций, доходности которых лежат выше сконструированной кривой. Экономический смысл этого подхода состоит в том, что мы оцениваем наименьшую возможную доходность по всему продолжению кривой безрисковой доходности «спот» для стран Еврозоны. Однако подход представляется недостаточно прозрачным.

В рамках наиболее примитивного, но и вполне естественного подхода, абсолютная кривая безрисковой доходности «спот» может быть определена непосредственно как страновая кривая с наименьшей доходностью, полученная параллельным сдвигом базовой кривой, т.е. относительной кривой безрисковой доходности «спот». Преимуществом такого подхода является его независимость от используемых при расчетах моделей. В то же время уровень такой кривой может оказаться чересчур волатильным в случае, когда лидер (страна с наименьшей доходностью государственных облигаций) часто меняется<sup>7</sup>. В настоящее время такая ситуация является типичной для рынка облигаций стран Еврозоны, поэтому представляется целесообразной выработка альтернативного подхода. Кроме того, этот подход представляется неприемлемым для стандарта, поскольку участники рынка получают возможность манипулирования уровнем безрисковой кривой доходности, совершая крупные покупки облигаций для стран с относительно небольшим объемом и ограниченной ликвидностью рынка. В этом случае могут наблюдаться резкие провалы уровня доходностей для соответ-

<sup>7</sup> Несколько лет назад «лидерство» стабильно удерживала Германия. Поэтому в то время безрисковую кривую доходностей обычно определяли как кривую, построенную по государственным облигациям Германии.

ствующей страны, притом страна на короткий промежуток времени становится лидером<sup>8</sup>.

#### **4.3. Кривая средней доходности**

По построению относительной кривой безрисковой доходности «спот», определяемой с точностью до параллельного сдвига, параметр сдвига определяется следующим образом. Создадим портфель, состоящий из всех облигаций, номинированных в евро, где вес каждой бумаги соответствует ее рыночной стоимости. Этот портфель представляет собой весь рынок. Далее, выберем такой параметр сдвига, что теоретическая рыночная стоимость портфеля, рассчитанная как приведенная стоимость всех денежных потоков по портфелю, равняется его наблюдаемой рыночной стоимости, рассчитанной на основе рыночных цен.

Получаем кривую, которая может быть рассмотрена как индекс, характеризующий уровень процентных ставок, сложившихся на рынке.

Индексная кривая является развитием концепции средней валовой доходности при погашении (Average Gross Redemption Yield), описанной в работе (Brown, 1994). Этот показатель является частным случаем индексной кривой в условиях плоской срочной структуры процентных ставок. Следуя Брауну, примем во внимание все торгуемые облигации стран Еврозоны, номинированные в евро, при расчете индексной кривой. Поскольку эти облигации не имеют каких-либо нестандартных характеристик, таких как переменная купонная ставка, встроенные опционы или право на конвертацию, у нас нет необходимости в осуществлении дополнительной фильтрации.

Также, следуя рекомендации Брауна, исключим из анализа облигации со сроком погашения менее одного года, поскольку этот сегмент рынка является неликвидным и обычно сопоставляется с инструментами денежного рынка.

При построении рыночного портфеля вес каждой облигации соответствует ее рыночной стоимости. Полагаем, что рыночная стоимость является более удачным весовым коэффициентом, чем непогашенная сумма эмиссии, поскольку использование таких весов позволяет осуществлять прямые сравнения облигаций с различным сроком погашения и величиной купона.

<sup>8</sup> Такое явление, например, наблюдалось на данных за 2005 г., см. презентацию Sergey Smirnov *Setting a new EBC standard: Definition of Risk Free Zero-Coupon Yield Curve in the Eurozone* Budapest, June 2006 (выступление на заседании Европейской комиссии по облигациям). Материал доступен на сайте <http://effas-ebc.org/>

#### 4.4. Связь между кривой безрисковой доходности «спот» и средней кривой доходности

Мы предлагаем рассматривать абсолютную кривую безрисковой доходности как нижнюю границу доверительного интервала минимальной процентной ставки в следующий момент времени (как правило, на следующий день) при заданном уровне значимости. Таким образом, эта кривая является ожидаемой нижней границей доверительного интервала.

Оценка такой границы имеет сходство с оценкой Value-at-Risk. Авторы предлагают следующий алгоритм оценки кривой безрисковой доходности на заданную дату:

1. Зафиксируем период наблюдения, т.е. несколько дней до даты, на которую осуществляются расчеты. Стандарт рекомендует использовать 40 торговых дней.
2. Оценим кривую доходности и страновые спрэды на заданном периоде наблюдения.
3. При наличии линейно изменяющихся спрэдов их следует трансформировать в постоянные. Например, можно оценить спрэд для срока  $t$ , равного средней дюрации облигаций данной страны. В противном случае наблюдения могут быть проигнорированы, если существует уверенность в том, что эти спрэды слишком велики, чтобы оказать влияние на минимум.
4. Для каждого дня периода наблюдения рассчитаем спрэд индекса (см. пред. раздел) и вычтем его из всех страновых спрэдов. С настоящего момента будем рассматривать все спрэды как величины, относительные к значению индексного спрэда.
5. Очистим временные ряды спрэдов от линейного тренда.
6. На данных периода наблюдения оценим линейную факторную модель с тремя факторами. В результате получим оценки факторов на данных базового периода.
7. Для каждого (некоррелированного) фактора оценим автокорреляционную модель первого порядка.
8. На предыдущем этапе мы получили распределение возможных значений факторов в будущий момент времени. Теперь получим распределение страновых спрэдов с помощью моделей, построенных на этапах 5–6. Доверительный интервал для минимальных значений конкретных спрэдов на следующий момент времени может быть получен методом статистических испытаний.

Уровень значимости, используемый в расчетах, носит конвенциональный характер и может быть задан экспертно. Для эмпирических оценок нами были использованы уровни значимости 1% и 5%.

9. Нижняя граница полученного доверительного интервала является безрисковым спрэдом относительно индексной кривой, полученной на этапе 4.

Ниже приводятся некоторые комментарии к рассмотренному алгоритму.

Анализ эмпирических данных позволяет сделать вывод о необходимости очищения временных рядов страновых спрэдов от линейного тренда. Полагаем, что динамика страновых спрэдов задается малым числом факторов. В своих оценках мы использовали стандартную линейную факторную модель  $X_t = \Lambda F_t + \xi_t$ , где  $X$  — вектор страновых спрэдов,  $F$  — матрица общих факторов,  $\Lambda$  — матрица страновых коэффициентов, а  $\xi$  — вектор специфических факторов (статистический шум).

В своем анализе мы использовали три фактора, поскольку матрица корреляций спрэдов обычно имела три достаточно устойчивых собственных значения, превышающих единицу. Модель, сконструированная таким образом, объясняет от 75% до 99% дисперсии страновых спрэдов.

Для оценки факторной модели необходима достаточная история наблюдений. Наши эмпирические исследования показали, что минимальная волатильность безрисковых спрэдов достигается при использовании окна наблюдений размером в 40 торговых дней.

Более того, значения факторов могут быть рассмотрены как авторегрессионная схема первого порядка  $F_{t+1} = \alpha F_t + e_{t+1}$ , где  $\alpha$  — коэффициент авторегрессии (уникальный для каждого фактора), а  $e$  — статистический шум.

Итоговая модель (при упрощении в виде исключения линейной компоненты спрэда) имеет вид:

$$X_{t+1} = \Lambda F_{t+1} + \xi_{t+1} = \Lambda(\alpha F_t + e_{t+1}) + \xi_{t+1},$$

где  $\Lambda$  — матрица страновых коэффициентов, оцененная на периоде наблюдения;  $\alpha$  — вектор коэффициентов авторегрессии, оцененный на периоде наблюдения;  $F_t$  — вектор значений факторов, оцененный на момент  $t$ ;  $e_{t+1}$ ,  $\xi_{t+1}$  — вектора независимых нормально распределенных случайных величин с нулевым математическим ожиданием и дисперсией, оцененной на основе рыночных данных.

Наши исследования показывают, что волатильность спрэдов безрисковой доходности (среднее квадратическое отклонение) примерно соответствует волатильности минимального странового спрэда в том случае, если одна и та же страна имеет наименьший спрэд за весь период наблюдения<sup>9</sup>, и оказывается существенно ниже, если в течение периода наблюдения несколько разных стран имеют наименьший спрэд.

<sup>9</sup> На самом деле она может оказаться больше в силу того, что расчет доверительного интервала в рассматриваемом случае предполагает масштабирование на величину, превышающую единицу. В свою очередь, недостаточное число статистических испытаний может иметь собственное воздействие на рассчитанное значение волатильности.

## 5. Универсальность Методики

Ценность данной Методики состоит в ее применимости не только к анализу рынка стран Еврозоны. Она может быть использована для построения безрисковой кривой доходности «спот» и кредитных спредов на локальных рынках.

### 5.1. Тестирование Методики на швейцарском рынке

Тестирование проводилось с целью:

- построить относительную кривую безрисковой доходности «спот» для швейцарского рынка муниципальных облигаций с помощью методики EFFAS-EBC;
- сравнить полученную кривую с фактической кривой безрисковой доходности швейцарского рынка, т.е. кривой доходности, построенной по швейцарским государственным облигациям.

Информация о ценных бумагах и котировках была получена из публикаций Швейцарской биржи (SWX Swiss Exchange). Информация о вне-рыночных сделках не была доступна исследователям и не принималась во внимание при расчетах. В качестве рыночных цен были использованы цены закрытия, доступные для каждой облигации на каждую дату, включая дни, когда по данным облигациям сделки не заключались (точный алгоритм расчета цен закрытия, применяемый SWX, остался неизвестен).

Таблица 1. Швейцарские муниципальные облигации

Эмитент	Тип эмитента	Кол-во выпусков в обращении
Aargau	кантон	7
Basel-Stadt	кантон	10
Genf	кантон	9
Bern	кантон	12
Tessin	кантон	8
Waadt	кантон	11
Zurich	кантон	8
Lausanne	город	8
Zurich	город	12
Bern	город	6

С использованием данных на конец 2004 г. были рассчитаны кривые доходности отдельных кантонов и городов (табл. 1). Эти кривые были получены параллельным сдвигом базовой кривой доходности на специфический для данного кантона или города спред. Как показали расчеты, эти кривые с высокой степенью точности параллельны на отрезке до десяти лет (десять лет — это максимальный срок до погашения исследуемого набора муниципальных облигаций) к независимо построенной кривой доходности по государственным швейцарским облигациям.

### 5.2. Тестирование Методики на российском рынке

Расчеты для российского рынка на данных за 2005 г. с использованием Методики были выполнены также по группе наиболее ликвидных российских облигаций — государственных, муниципальных и корпоративных. Кроме ликвидных ОФЗ, в качестве бенчмарков были выбраны облигации Москвы, Московской области, Коми, Карелии, РЖД и Газпрома<sup>10</sup>.

Отметим, что в условиях низкой ликвидности рынка подход, непосредственно использующий фитинг, будет давать неустойчивые результаты. Поэтому нами был использован подход<sup>11</sup>, основанный на двух-этапном алгоритме:

1. Фильтрация данных и восстановление пропущенных данных ( по причине низкой ликвидности или удаленные в результате фильтрации)<sup>12</sup>.

2. Применение фитинга или Методики.

Результаты расчетов показали адекватность методики и ее применимость на практике.

<sup>10</sup> См. последний слайд презентации С.Н. Смирнова на Международной конференции «Международный опыт риск-менеджмента и особенности развивающихся рынков». Москва, 2006. Материалы доступны на сайте конференции: <http://riskconference.ru/presentation/2006/Smirnov.pdf>.

<sup>11</sup> См. презентацию С.Н. Смирнова и А.В. Косьяненко на Международной конференции «Международный опыт риск-менеджмента и особенности развивающихся рынков». Москва, 2007. Материалы доступны на сайте конференции: <http://riskconference.ru/presentation/2007/Smirnov-Kosyanenko.pdf>.

<sup>12</sup> См. подробнее работу Косьяненко 2007.

## Приложение

### Обзор рынков суверенного долга стран Еврозоны

В течение последних нескольких лет на рынках суверенного долга стран Еврозоны прослеживалась устойчивая тенденция к интеграции, результатом которой стало сужение кредитных спредов. До создания ЕЭС различия в доходности государственных долговых обязательств объяснялись четырьмя основными факторами: ожиданиями относительно будущих колебаний процентных ставок, налоговыми аспектами различных стран, кредитным риском и ликвидностью. С введением евро премии за валютный риск были элиминированы, поскольку обменный курс по существующим обязательствам был зафиксирован законодательно. Также в последние годы наблюдался значительный прогресс в гармонизации налогообложения стран Еврозоны. Таким образом, в настоящее время различия в доходности объясняются, в первую очередь, уровнем кредитного риска и ликвидности. В то же время существенные различия сохраняются как в параметрах долговых инструментов, так и в срочной структуре государственного долга и организации рынков. В нашем обзоре мы намерены обозначить те различия, которые могут иметь воздействие на форму кривых безрисковой доходности стран Еврозоны.

#### *Величина и структура государственного долга*

Рынок суверенного долга является крупнейшим долговым рынком Европы. За последние годы величина непогашенных обязательств несколько снизилась относительно других сегментов рынка, но по-прежнему составляет порядка 50% долгового рынка зоны евро. При этом около 70% этого рынка приходится на три государства-эмитента: Германию, Италию и Францию. Еще 20% совокупного объема эмиссий приходится на Бельгию, Испанию и Нидерланды, в то время как на прочие страны приходится лишь 10% совокупного суверенного долга.

**Таблица 2.** Величина суверенного долга и кредитный рейтинг стран Еврозоны

	Величина долга				Долгосрочный рейтинг		
	€, млрд		% of ВВП <sup>13</sup>		S&P	Moody's	Fitch
	Кратко-срочн. <sup>14</sup>	Долго-срочн. <sup>15</sup>	Кратко-срочн.	Долго-срочн.			
Австрия	1,2	124,6	0,5	51,6	AAA	Aaa	AAA
Бельгия	29,9	233,9	10,3	80,8	AA+	Aa1	AA

	Величина долга				Долгосрочный рейтинг		
	€, млрд		% of ВВП <sup>13</sup>		S&P	Moody's	Fitch
	Кратко-срочн. <sup>14</sup>	Долго-срочн. <sup>15</sup>	Кратко-срочн.	Долго-срочн.			
Германия	35,9	1018,1	1,6	45,6	AAA	Aaa	AAA
Греция	1,6	170,1	0,9	98,7	A	A1	A
Ирландия	0	31,4	0,0	20,4	AAA	Aaa	AAA
Испания	38,3	295	4,4	34,1	AAA	Aaa	AAA
Италия	139,2	1076	10,1	78,3	AA	Aa2	AA
Люксембург	0	0,2	0,0	0,8	AAA	Aaa	AAA
Нидерланды	19,5	199,8	4,0	40,5	AAA	Aaa	AAA
Португалия	12,7	67,4	8,8	47,0	AA-	Aa2	AA
Финляндия	2,3	48,8	1,5	32,0	AAA	Aaa	AAA
Франция	94,1	830,9	5,6	49,5	AAA	Aaa	AAA

*Источник:* ЕЦБ (июль 2005); Standard & Poor's, Moody's, Fitch (октябрь 2005).

**Таблица 3.** Основные параметры суверенного долга стран Еврозоны

Страна	Доля долга в €, %	Средний срок, лет	Дюрация, лет	Средн. дох-сть, %
Австрия	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
Бельгия	99	5,9	3,9	5,1
Германия	100	6,3	н.д.	н.д.
Греция	99	6,2	3,7	5,4
Ирландия	100	6,6	4,9	4,1
Испания	97	6,2	4,7	н.д.
Италия	98	6,1	3,6	2,7
Люксембург	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
Нидерланды	100	6,0	3,8	н.д.
Португалия	100	4,3	2,9	6,3
Финляндия	77	3,9	2,3	4,1
Франция	100	5,6	н.д.	н.д.

*Источник:* MTS Group (март 2005).

<sup>13</sup> По рыночным ценам.

<sup>14</sup> До 1 года.

<sup>15</sup> Свыше 1 года.

Как следует из табл. 2, относительный уровень совокупного долга варьируется от 20% (Ирландия) и 33,5% (Финляндия) до почти 100% ВВП (Греция). Среднее отношение долга к ВВП составляет порядка 40–60%. Как правило, эмитенты имеют рейтинг AAA, за исключением Бельгии (AA+), Греции (A), Италии (AA) и Португалии (AA-).

Средний срок заимствований составляет 4–6 лет, со сроками погашения от 3 до 18 месяцев (казначейские векселя) и от 2 до 30 лет (облигации). Большинство облигаций выпускается сроком на 10 лет.

Низкий уровень бюджетных дефицитов в первые годы существования Европейского валютного союза обусловил низкую потребность в чистых государственных заимствованиях. В дальнейшем низкие темпы экономического роста обусловили переход стран Еврозоны от бюджетного профицита (0,1% ВВП в 2000 г.) к дефициту в размере 2,7% в 2004 г. В результате потребность стран Еврозоны в чистых государственных заимствованиях выросла. Так, чистые заимствования крупнейших эмитентов в лице Италии, Германии и Франции превысили совокупный уровень суверенного долга семи «малых» стран Еврозоны.

Динамика относительно уровня суверенного долга стран Еврозоны представлена на рис. 4. Рыночная среда, в которой долгое время господствовали низкие ставки, способствовала выпуску долгосрочного долга. Помимо этого, высокое кредитное качество долговых бумаг стран Еврозоны способствовало их использованию в сделках «репо» и иных сделках кредитования. По состоянию на июль 2005 г., доля краткосрочного долга, т.е. долга со сроком погашения менее одного года, в большинстве стран не превышала 5%. Исключениями были Бельгия (10,3%), Италия (10,1%), Португалия (8,8%) и Франция (5,6%).

#### *Долговые инструменты*

Основным долговым инструментом правительств Еврозоны является обыкновенная облигация с фиксированным купоном, реализуемая в виде взаимозаменяемых траншей определенной группе первичных дилеров путем аукциона. На такие инструменты, как правило, приходится 80–90% общего уровня суверенного долга. К индексированным облигациям относятся французские OATi и OAT€i (казначейские облигации, привязанные к национальному индексу потребительских цен и к индексу потребительских цен стран Еврозоны соответственно), на которые приходится порядка 8,5% французского суверенного долга, а также итальянские ВТР€i (казначейские облигации, привязанные к индексу пот-

ребительских цен стран Еврозоны), составляющие менее 1% суверенного долга Италии.

**Таблица 4.** Долговые инструменты стран Еврозоны

Эмитент	Инструменты	Доля в общей величине долга	Срок обращения
Австрия	Гос. облигации, номинированные в евро	н.д.	до 50 лет
	Выпуски по программе EMTN		н.д.
	Среднесрочные бумаги, номинированные в австралийских долларах		н.д.
	Векселя казначейства		до 1 года
Бельгия	Традиционные ссуды	2,18%	н.д.
	OLO	78,00%	до 30 лет
	Государственные облигации	3,24%	н.д.
	Сертификаты казначейства	9,95%	до 1 года
Германия	Bunds (федеральные облигации)	н.д.	10, 30 лет
	Bobls (федеральные ноты)		5 лет
	Schatz (федеральные ноты)		2 лет
	Bubills (дисконтные бумаги казначейства)		6 месяцев
Греция	GGB — облигации	85,80%	3, 5, 10 и 20 лет
	Векселя казначейства	0,90%	3, 6 и 12 месяцев
	Ссуды Банка Греции	4,40%	н.д.
	Прочие ссуды	8,90%	н.д.
Ирландия	Облигации, номинированные в евро	83,00%	до 15 лет
	Краткосрочные векселя и векселя казначейства	1,00%	н.д.
	Розничные сберегательные инструменты	12,00%	н.д.
	Прочее	4,00%	н.д.

Окончание табл. 4

Эмитент	Инструменты	Доля в общей величине долга	Срок обращения
Италия	ВТР (неиндексируемые облигации)	59,68%	3, 5, 10, 30 лет
	ВТР€i (индексируемые облигации)	0,88%	3, 5, 10, 30 лет
	ССТ (облигации с плавающей ставкой)	17,07%	7 лет
	ВОТ (казначейские векселя)	10,34%	90, 180, 360 дней
	СТЗ (бескупонные облигации)	4,55%	18, 24 месяцев
Испания	Государственные облигации	80,20%	3, 5 лет
	Государственные бонусы		10, 15, 30 лет
	Казначейские векселя	11,60%	3, 6, 12, 18 месяцев
	Прочее	8,20%	н.д.
Люксембург	Облигации казначейства	100%	10 лет
Нидерланды	DLS (государственные займы)	91,70%	3, 5, 10 и 30 лет
	DTC (сертификаты казначейства)	8,30%	3, 6, 9, 12 месяцев
Португалия	ОТ (казначейские облигации)	62,00%	1—30 лет
	ВТ (казначейские векселя)	11,00%	3, 6, 12 месяцев
	Прочие облигации	4,00%	н.д.
	Необращающиеся долговые обязательства	23,00%	н.д.
Финляндия	Облигации RFGVB	80,00%	до 10 лет
	Векселя казначейства	9,00%	до 1 года
	Заемствования в иностранной валюте	2,00%	н.д.
	Прочее	9,00%	н.д.
Франция	ОАТ (облигации); ОАТi, ОАТ€i	65,00%	7—30 лет
	ВТАН (ноты)	21,00%	2—5 лет
	ВТФ (векселя)	14,00%	12—52 недель

Источник: MTS Group (март 2005 г.).

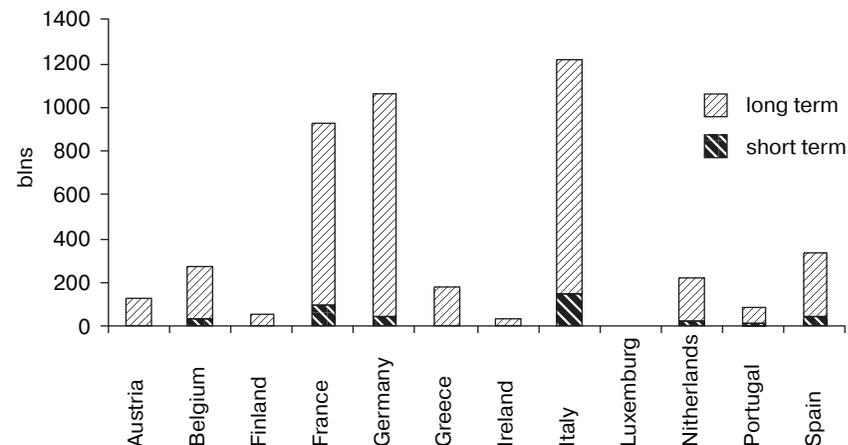


Рис. 4. Срочная структура суверенного долга стран Еврозоны

Источник: ЕЦБ (июль 2005 г.).

Другим заметным исключением является Австрия, где были разработаны специальные эмиссионные программы для стимулирования внешних заимствований. Одной из таких программ является ЕМТН<sup>16</sup> (Европейские среднесрочные облигации) — программа по выпуску облигаций, номинированных в иностранной валюте, индексируемых облигаций и других нестандартных инструментов на зарубежных рынках согласно нормам английского права. Другой такой программой стал выпуск облигаций, номинированных в австралийских долларах и обращающихся на австралийских площадках. Нам не удалось получить информацию об объемах средств, привлеченных по этим программам.

Сделки «репо» с государственными долговыми бумагами возможны на всех рынках стран Еврозоны.

Очевидным трендом на рынке суверенного долга стран Еврозоны является рост объемов новых эмиссий, связанный с тем, что менеджеры национального долга сосредоточились на повышении его ликвидности путем выпуска эмиссий объемом свыше €5 млрд., торги которыми могут осуществляться на электронной платформе EuroMTS. На конец 2005 г. на выпуски объемом свыше €20 млрд. приходилось 80% совокупного суверенного долга, в то время как на выпуски объемом менее €5 млрд. — всего 4%. В частности, малые страны в последнее время склонны осу-

<sup>16</sup> European Medium Term Notes.

шествлять для поддержания ликвидности дополнительную эмиссию уже существующих взаимозаменяемых выпусков вместо того, чтобы готовить новые. Некоторые страны также разработали программы по выкупу или обмену облигаций в первую очередь для того, чтобы увеличить ликвидность непогашенных выпусков и убрать с рынка старые неликвидные бумаги.

Среди бумаг сроком до 10 лет примерно в равной степени представлены все эмитенты. Большой интерес представляет спектр «длинных бумаг», где все шесть основных эмитентов суверенного долга предлагают бумаги с различным сроком обращения. Неполная срочная структура долга для каждого эмитента объясняется различиями в величине спроса на заемные средства. Только крупные эмитенты в состоянии поддерживать полный срочный спектр долга.

Купонная структура облигаций не претерпела существенных изменений в течение последнего десятилетия. В то же время в последнее время наметилась тенденция к выпуску индексных облигаций, вызванная желанием снизить стоимость финансирования суверенного долга.

#### **Правила выпуска и обращения долговых инструментов**

В последнее время наблюдается существенная гармонизация стандартов управления государственным долгом, в то время как правительства работали над достижением большей прозрачности своих стратегий и разрабатывали стандартные инструменты выпуска долга.

**Таблица 5.** Инфраструктура рынка государственных долговых бумаг стран Евросоюза

	<b>Эмиссия</b>	<b>Торговые площадки</b>	<b>Клиринг</b>
Австрия	Аукционы каждые 6 недель, нерегулярная синдикация	Венская, Парижская, Франкфуртская фондовые биржи; MTS Austrian Market, EuroMTS*	Oesterreiche Kontrollbank AG; Euroclear, Clearstream, LCH.Clearnet
Бельгия	Аукционы раз в два месяца	Брюссельская фондовая биржа, MTS Belgium, EuroMTS*	Банк Бельгии, LCH.Clearnet

	<b>Эмиссия</b>	<b>Торговые площадки</b>	<b>Клиринг</b>
Германия	Регулярные аукционы с добровольным участием (нет первичных дилеров)	Немецкие фондовые биржи, EuroMTS*, MTS Deutschland, Eurex Bonds	Euroclear, ClearStream, LCH.Clearnet
Греция	Синдикации, открытые аукционы, закрытые размещения	Афинская фондовая биржа, HDAT, MTS Greece, EuroMTS*	Банк Греции
Ирландия	Ежемесячные (с февраля по ноябрь) аукционы исключительно для первичных дилеров	Ирландская фондовая биржа, MTS Ireland, EuroMTS*	Euroclear
Италия	Ежемесячные и ежеквартальные аукционы с единой ценой	MTS Italy, EuroMTS*, основные европейские биржи	Express II, LCH.Clearnet
Испания	Ежемесячные аукционы с модифицированной единой ценой	Внебиржевой рынок, MTS Spain, Senaf, Мадридская фондовая биржа, EuroMTS*	Iberclear
Люксембург	н.д.	н.д.	н.д.
Нидерланды	Регулярные аукционы для первичных дилеров, прямые голландские аукционы для конечных потребителей (заявки размещаются через первичных дилеров)	Амстердамская фондовая биржа, MTS Amsterdam, EuroMTS*	Euroclear, ClearStream, LCH.Clearnet
Португалия	Ежемесячные многоценные аукционы для первичных дилеров (конкурсные и внеконкурсные заявки)	MEDIP/MTS Portugal, EuroMTS*	Euroclear, Clearstream
Финляндия	Аукционы с единой ценой для первичных дилеров, возможна синдикация новых выпусков	Хельсинкская фондовая биржа, MTS Finland, EuroMTS*	Euroclear, ClearStream
Франция	Регулярные аукционы, возможна синдикация новых выпусков новых продуктов	Euronext Paris, MTS France, EuroMTS*	Euroclear France, LCH.Clearnet

\* Эталонные выпуски, объем которых превышает €5 млрд.

Источник: MTS Group (март 2005 г.).

**Таблица 6.** Конвенции относительно поставки долговых бумаг и расчета процентов

	Дата поставки	Начисление процента	Выплата процента	Расчет доходности
Австрия	T + 3	Actual / Actual	Ежегодно	Годичная
Бельгия	T + 3	Actual / Actual	Ежегодно	ICMA
Германия	T + 3	Actual / Actual	Ежегодно	ICMA
Греция	T + 3	Actual / Actual	Ежегодно	ICMA
Ирландия	T + 3	Actual / Actual	Ежегодно	ICMA
Испания	T + 3	Actual / Actual	Ежегодно	ICMA
Италия	T + 3	Actual / Actual	Раз в полгода	Годичная
Люксембург	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
Нидерланды	T + 3	Actual / Actual	Ежегодно	ICMA
Португалия	T + 3	Actual / Actual	Ежегодно	ICMA
Финляндия	T + 3	Actual / Actual	Ежегодно	ICMA
Франция	T + 3 межд.; T + 1 внутр.	Actual / Actual	Ежегодно	ICMA

Источник: MTS Group (март 2005 г.).

Помимо этого, для некоторых эмитентов следование заявленным в календаре параметрам выпуска является обязательным, для других — нет.

Практически все страны используют обычный аукцион для первичного размещения долговых бумаг. В то же время все чаще используется сочетание аукциона и синдикации. Вторичный рынок в основном существует за счет крупных внебиржевых сделок. Потребность в инфраструктуре для осуществления трансграничных торговых операций привела к созданию торговой системы EuroMTS, используемой для торговли эталонными выпусками (benchmarking issues) номинированных в евро инструментов, в том числе государственными долговыми бумагами различного срока погашения, эмиссия которых была осуществлена в достаточном объеме. В среднем на MTS приходится порядка 65% оборота суверенного долга стран Еврозоны. Государственные долговые обязательства также имеют листинг на национальных фондовых биржах, но их оборот на этих площадках крайне незначителен.

Другой существенной тенденцией является практически повсеместное использование первичных дилеров, вызванное обостряющейся конкуренцией между инвесторами и потребностью в привлечении макси-

мально широкой базы инвесторов в Европе и за ее пределами. Первичные дилеры берут на себя обязательства по выкупу эмитируемых долговых бумаг, а также по котированию цен спроса и предложения на вторичном рынке. В последнее время правительства все чаще пользуются услугами иностранных первичных дилеров в попытке привлечь зарубежных инвесторов.

Наконец, еще одним свидетельством гармонизации служит принятие универсальных конвенций расчета процентных ставок и ставок доходности. Следует отметить, что правительства стран Еврозоны также прилагают усилия к гармонизации купонных выплат по новым выпускам. Как следует из табл. 7, начисленные проценты рассчитываются по конвенции actual/actual. Проценты по купонным облигациям выплачиваются ежегодно, за исключением Италии, где купон выплачивается два раза в год. Доходности рассчитываются по конвенции ICMA<sup>17</sup>, за исключением Италии, где доходности рассчитываются по годичной (annual) конвенции.

**Таблица 7.** Гармонизированные спреды по долгосрочному долгу стран Еврозоны относительно Германии

	Spreads (in b.p.)			Changes in spreads		
	Янв'99	Дек'01	Дек'03	Янв'99— Дек'03	Янв'99— Янв'01	Янв'01— Дек'03
Австрия	14	30	11	-3	16	-19
Бельгия	20	36	9	-11	16	-27
В среднем	16,78	26,67	8,11	-8,67	9,89	-18,56
Ирландия	19	23	7	-12	4	-16
Испания	18	28	5	-13	10	-23
Италия	22	38	17	-5	16	-21
Нидерланды	10	13	4	-6	3	-9
Португалия	20	36	11	-9	16	-25
Финляндия	21	22	4	-17	1	-18
Франция	7	14	5	-2	7	-9
Греция (с 2001 г.)		55	16	—		-39
В среднем (включая Грецию)		29,5	8,9	—		-20,6

Источник: ЕСВ, 2004 (на основе расчетов Eurostat и Deutsche Bank).

<sup>17</sup> Ранее ISMA.

### Сужение спрэдов по эталонным выпускам

Исчезновение валютного риска с введением евро и интенсивная гармонизация долговых рынков стран зоны евро привели к значительному сужению спрэдов по государственным облигациям. В настоящее время источниками существования спрэдов являются различия в кредитном качестве эмитентов и ликвидности рынка. К сожалению, нам не удалось дать комплексной сравнительной оценки ликвидности рынков суверенного долга стран Еврозоны в рамках настоящего обзора.

На размер и структуру кредитных спрэдов также могут влиять другие факторы, такие как налогообложение и структура рынков. В то же время государственными облигациями торгуют преимущественно финансовые институты, процентные доходы которых не облагаются налогом методом вычета. Таким образом, налоговые соображения не должны иметь существенного воздействия на кредитные спрэды. С другой стороны, такие факторы, как существование популярных фьючерсных или производных контрактов на те или иные долговые ценные бумаги, могут повлиять на спрос на эти бумаги и, как следствие, величину кредитного спрэда. Этот аспект рынка суверенного долга стран Еврозоны охватывается за рамками обзора.

### Литература

1. Adams K., van Deventer D. Fitting Yield Curves and Smoothed Forward Rate Curves with Maximum Smoothness // Journal of Fixed Income. 1994.
2. Brown P. Constructing and calculating bond indices, a guide to the EFFAS standardized rules. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
3. Conard J., Frankena M. The yield spread between new and seasoned corporate bond yields. NBER, 1969.
4. van Deventer D.R. Van Deventer Insights — Evaluating Yield Curve Smoothing Techniques with Implications for Credit Spreads // www.riskcenter.com, 2004.
5. Duffie D., Singleton K. Modeling Term Structures of Defaultable Bonds // Review of Financial Studies. 1999. No. 12 (4).
6. Echols M., Elliott J. A quantitative yield curve model for estimating the term structure of interest rates // Journal of Financial and Quantitative Analysis. 1976. No. 11.
7. Fabozzi F. Bond Markets, Analysis and Strategies. Prentice Hall, 2000.

8. Feldhutter P., Lando D. Decomposing Swap Spreads: working paper, 2006.
9. Geyer A., Kossmeyer S., Pichler S. Empirical Analysis of European Government Yield Spreads: working paper. Vienna, March 2001.
10. He J., Hu W., Lang L. Credit spread curves and credit ratings: working paper, Chinese University of Hong Kong.
11. Jarrow R. Default Parameter Estimation Using Market Prices // Financial Analysts' Journal. 2001.
12. Jones E., Mason S., Rosenfeld E. Contingent claims analysis of corporate financial structures: An empirical investigation // Journal of Finance. 1984. No. 39.
13. Klepsch T., Golden C. Constructing the Eurozone Benchmark Yield Curve: EFFAS-EBC working paper, March 2003.
14. Livingston M., Jain S. Flattening of bond yield curves for long maturities // Journal of Finance. 1982. Vol. 37. No. 1.
15. Malkiel B. The Term Structure of Interest Rates. Princeton: Princeton University Press, 1966.
16. Nelson C. The Term Structure of Interest Rates. New York: Basic Books, 1972.
17. Nelson C., Siegel A. Parsimonious Modeling of Yield Curves // Journal of Business. 1987.
18. Sarig O., Warga A. Some empirical estimates of the risk structure of interest rates // Journal of Finance. 1989. No. 44 (5).
19. Smirnov S., Zakharov A. A Liquidity-Based Robust Spline Fitting of Spot Yield Curve Providing Positive Forward Rates: EFFAS EBC working paper: www.effas-ebc.org, 2003.
20. Sorge M., Gadanez B. The term structure of credit spreads in project finance // Bank for International Settlements, Monetary and Economic Department, August 2004.
21. Svenson L. Estimating forward interest rates with extended Nelson-Siegel method // Sveriges Riksbank Quarterly Review. 1993. No. 3.
22. BIS Papers No 25 Zero-coupon yield curves: technical documentation, October 2005.
23. EFFAS-European Bond Commission Standardised Rules: Methodology for Definition of Risk Free Zero-Coupon Yield Curve and Spreads in the Eurozone, June 2006 (www.effas-ebc.org).
24. Косьяненко А.В. Опыт восстановления пропущенной рыночной информации на основе Байесовского подхода: препринт WP16/2007/02. Серия «Финансовая инженерия, риск-менеджмент и актуарная наука». М.: ГУ ВШЭ, 2007.

*Препринт WP16/2007/03  
Серия WP16  
Финансовая инженерия,  
риск-менеджмент и актуарная наука*

С.Н. Смирнов, А.В. Захаров, Р.В. Рачков, В.А. Лапшин,  
В.В. Здоровенин, С.А. Евстратов, А.В. Косьяненко

**Методика построения кривой безрисковой доходности  
«спот» и кредитных спрэдов для группы облигаций  
с неоднородным кредитным качеством эмитентов:  
стандарт EFFAS-ЕВС для стран Еврозоны**

Публикуется в авторской редакции

Зав. редакцией *А.В. Заиченко*  
Технический редактор *Ю.Н. Петрина*

ЛР № 020832 от 15 октября 1993 г.  
Отпечатано в типографии ГУ ВШЭ с представленного оригинал-макета.  
Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Тираж 150 экз. Уч.-изд. л. 2,65.  
Усл. печ. л. 2,32. Заказ № . Изд. № 819.

ГУ ВШЭ. 125319, Москва, Кочновский проезд, 3  
Типография ГУ ВШЭ. 125319, Москва, Кочновский проезд, 3  
Тел.: (495) 772-95-71; 772-95-73