

УДК 336.763 + 330.42

**А. А. Кадников**

Институт экономики  
и организации промышленного производства СО РАН  
пр. Акад. Лаврентьева, 17, Новосибирск, 630090, Россия  
E-mail: 198@ngs.ru

## МЕТОД ОЦЕНКИ РИСКОВ РОССИЙСКИХ КОРПОРАТИВНЫХ ОБЛИГАЦИЙ

В статье представлен метод эконометрической оценки параметров рыночного обращения корпоративных облигаций. Исследованы закономерности ценообразования российских облигаций в их взаимосвязи с финансовыми рисками. Приведенный алгоритм возможен к применению финансовыми организациями для анализа риска портфеля ценных бумаг и формирования соответствующих резервов на покрытие рисков.

*Ключевые слова:* портфель ценных бумаг, облигации, рыночный риск, риск рыночной ликвидности, кредитный рейтинг, премия за риск, финансовые риски.

### Введение

Мировой рынок корпоративных облигаций достиг \$25 трлн в сентябре 2010 г., из них на долю России приходится порядка \$100 млрд (что составляет 0,4 %). Среднегодовой прирост мирового рынка облигаций за последние пять лет (за исключением периода кризиса 2008 г.) составлял более 10 %. Благоприятная экономическая конъюнктура также способствовала быстрому расширению российского рынка корпоративных облигаций. Номинальный объем российского рынка корпоративных облигаций многократно вырос с 109 млрд руб. в 2002 г. до 2,9 трлн руб. в 2010 г.<sup>1</sup> Такая динамика способствовала бурному росту научных исследований рынка облигаций, как в мире, так и в российской науке. В частности, количество исследований, посвященных математическому моделированию параметров рыночного обращения облигаций, возросло за последнее десятилетие на порядок. В том числе исследования затрагивают важнейший вопрос методов оценки рисков облигаций.

Кризисные явления, начавшиеся в мире в 2007 г., привели к существенным негативным последствиям по всему миру. Рынок российских корпоративных облигаций достиг пика кризиса в феврале-мае 2009 г. Реализация кредитного риска (дефолты компаний) составила в сумме 193,6 млрд руб. В то же время наблюдалась реализация риска ликвидности – существенный отток инвесторов с рынка: среднее снижение объема торгов относительно того же периода предыдущего года находилось в диапазоне 80–100 %. Реализация рыночного риска привела к росту доходностей (и соответствующему снижению цен) для облигаций ведущих эмитентов до 25–30 % по сравнению со средним докризисным уровнем 9 %. По эмитентам третьего эшелона рост доходностей составлял до 100 раз.

Предметом исследования данной работы являются закономерности ценообразования российских облигаций в их взаимосвязи с финансовыми рисками, сопутствующими эмитентам данных облигаций, экономической ситуации в стране, особенностям рынка обращения облигаций.

Акцент исследования сделан на практических результатах применения разработанной автором модели. Методологическую базу исследования составляют методы эконометрики и

---

<sup>1</sup> <http://www.bis.org/statistics/secstats.htm>

прикладной статистики. Использовались: теория временных рядов, оптимизация, квантильные преобразования, квантильная регрессия, линейная регрессия, векторные операции. Предполагается, что читатель уже знаком с теоретическим описанием финансовых рисков. Исследование опирается на труды ученых-экономистов в области оценки рисков, а также последние достижения в области риск-менеджмента профессиональных организаций (PRMIA, Basel, JP Morgan).

Рублевые облигации – наиболее приемлемый инструмент для оценивания типов финансового риска, по сравнению с акциями и прочими ценными бумагами. Цена акций имеет спекулятивную природу и определяется множеством внешних факторов, в то время как цена облигации относительно стабильна во времени и стремится к величине, рассчитана исходя из заранее известных денежных потоков по формуле чистого приведенного дохода. Следует также отметить, что по российским облигациям накоплено большое количество статистической информации по ценам и объемам торгов (чего недостаточно по прочим инструментам), однако даже этой информации недостаточно для математического анализа некоторых моделей (например, информация по внутрдневальным заявкам на куплю / продажу не собирается в принципе).

В целом предлагаемые подходы применимы к любому инструменту, ценообразование которого поддается математическому моделированию. Необходимо лишь учесть предлагаемые модификации в параметрах модели.

### Принципы моделирования

Осуществим декомпозицию стоимости облигации на составляющие по видам риска: кредитный, процентный, рыночной ликвидности.

Краткосрочные колебания доходности (и соответственно цены) облигации определяются главным критерием – рыночной кривой процентных ставок и ее колебаниями.

Подверженность кредитному риску – следующая степень детализации ценообразования облигаций, определяющая конкретную форму влияния процентных ставок на облигации со схожей вероятностью дефолта. В данном исследовании будем использовать моделирование кредитного риска через базовую «безрисковую» кривую процентных ставок и ее сдвиг на величину кредитного спреда.

Индивидуальная специфика обращения конкретной ценной бумаги на рынке определяется ее рыночной ликвидностью.

Рассмотрим «безрисковые» кривые процентных ставок в разрезе валют (MosPrime – рубль, Libor – USD, EuroLibor – EUR).

Отметим, что безрисковые кривые процентных ставок определяются на основе ставок, «по которым крупнейшие банки (участники системы расчетов) в момент объявления котировок будут готовы предоставить кредиты первоклассным финансовым институтам» [1].

Очевидно, что для инвестора с точки зрения кредитного риска безразлично предоставить кредит высокорейтинговому банку или приобрести облигации данного банка (например, облигации ВТБ).

Приняв данную гипотезу, определим «справедливую» стоимость облигации высокорейтингового эмитента, продисконтировав поток платежей по данной облигации по кривой безрисковых ставок:

$$P_s = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1 + r(m_i))^{m_i}},$$

где  $n$  – количество предстоящих выплат;  $m_i$  – сроки до выплат;  $C_i$  – размеры платежей;  $r(m_i)$  – соответствующая ставка процента.

*Кредитный риск.* Далее рассмотрим случай более рискованных облигаций (т. е. кредитные рейтинги эмитентов хуже «безрисковых»). За более высокую вероятность дефолта инвестор будет требовать более высокую доходность (следовательно, более низкую цену). Данную разницу будем называть «премия за кредитный риск».

Введем в рассмотрение величину *премия за кредитный риск*:

$$PR_{cr} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r_{free}(m_i))^{m_i}} - \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r_{risk}(m_i))^{m_i}},$$

где  $r_{free}(m_i)$  – «безрисковая» ставка процента;  $r_{risk}(m_i)$  – ставка процента, соответствующая кредитному рейтингу эмитента ( $r_{risk}(m_i) = r_{free}(m_i) + spread(m_i)$ ).

*Рыночный риск.* Составляющая компонента рыночного риска в нашей модели представляет собой неопределенность по поводу изменения кривой процентных ставок в будущем. Вклад рыночного риска (и его основной составляющей – процентного риска) необходимо оценивать некоторой мерой волатильности кривой процентных ставок, так как именно ее колебания приводят к изменению стоимости облигации.

Мы предложим вариант, хорошо вписывающийся в теорию рисков: VaR по процентным ставкам:

$$VaR_{total} = VaR_{general} + VaR_{specific},$$

где  $VaR_{total}$  – совокупный VaR по облигации;  $VaR_{general}$  – общий процентный риск: VaR по облигации, обусловленный изменениями стоимости денег в экономике (безрисковой кривой доходности);  $VaR_{specific}$  – специальный процентный риск: VaR по облигации, обусловленный изменением уровня кредитного риска эмитента (кредитного спреда).

$VaR_{general}$  определяется как

$$VaR_{general}(\alpha, T) = - \text{Персентиль}(\{D_j\}, \alpha) \cdot \sqrt{T},$$

где  $D_j = (PV_j - PV_{j-1}) / PV_{j-1}$  – однодневный прирост расчетной стоимости облигаций.

$$PV_j = \sum_t \frac{F_t}{(1+i_{jt})^{(t-t_0)/365}}, j = 1, \dots, N,$$

где  $\{F_t\}$  – поток будущих платежей по облигации;  $t$  – дата получения платежа;  $t_0$  – дата, по состоянию на которую производится расчет VaR.

Далее,  $VaR_{specific}$  определяется как

$$VaR_{specific}(\alpha, T) = \frac{PV^{yc} - PV^{yc+sp}}{PV^{yc}} \cdot \sqrt{T},$$

где  $PV^{yc}$  – приведенная стоимость инструмента по безрисковой кривой доходности на дату расчета;  $PV^{yc+sp}$  – приведенная стоимость инструмента по безрисковой кривой доходности, сдвинутой на потенциальное изменение кредитного спреда, на дату расчета;  $P_c$  – текущая цена финансового инструмента.

*Риск рыночной ликвидности.* Оценка риска рыночной ликвидности осуществляется на основе построения поверхности ликвидности. В качестве количественной оценки данного риска предлагается использовать некоторые показатели, рассчитанные на основе поверхности ликвидности.

Исходя из определения ликвидности (возможность конвертации актива в денежную форму в определенный срок, в полном объеме, по определенной цене) на основе данных торгов по конкретной бумаге за определенный период сформируем поверхность в координатах *объем, цена, срок*, которая позволит оценить, за какое количество дней и по какой цене реализовался определенный объем ценных бумаг.

Полученные при построении поверхности ликвидности на основе среднего результаты позволяют не только получить иллюстративную информацию о параметрах обращения ценной бумаги, но и оценить статистическую зависимость объемов торгов и цены сделок, т. е. рассчитать, например, эластичности ликвидности.

Используем стандартную формулу дуговой или точечной эластичности:

$$E = \frac{\Delta V}{\Delta X} \times \frac{(X_1 + X_2)}{(V_1 + V_2)}, \quad E = \frac{\Delta V}{\Delta X} \times \frac{X_1}{V_1},$$

где  $V$  – объем торгов;  $X$  – показатель, по которому проводится расчет эластичности.

По полученным при построении поверхности ликвидности на основе средних оборотов данным возможно построить такие показатели, как:

- эластичность объема торгов по цене (на сколько возрастает объем продаж при уменьшении цены на 1 п. п.);
- эластичность объема торгов по срокам (на сколько возрастет объем продаж по ценной бумаге при увеличении срока торгов на 1 день).

Также необходимо учесть форму поверхности в локальной точке оценивания ввиду того, что поверхность в общем случае неоднородна. Для этого произведем расчет *кривизны* поверхности.

Кривизна  $k$  этой кривой может быть вычислена по формуле:

$$k = \frac{f''}{[(f')^2 + 1]^{3/2}}.$$

Для дискретного случая:

$$f' = \frac{\Delta V}{\Delta X},$$

$$f'' = \frac{\left[ \left( \frac{\Delta V}{\Delta X} \right)_1 - \left( \frac{\Delta V}{\Delta X} \right)_0 \right]}{\left[ \frac{\Delta X_0 + \Delta X_1}{2} \right]}.$$

Так как по построению переменные поверхности ликвидности ортогональны, то кривизна  $K$  (в математических терминах – средняя кривизна) определяется как

$$K = \frac{1}{2} \times (k_1 + k_2).$$

### Регрессионное обобщение

Перейдем к построению общего уравнения модели. Задача ставится следующим образом: определить в текущей цене облигации составляющие кредитного риска (премия за кредитный риск), процентного (премия за рыночный риск) и риска рыночной ликвидности (премия за ликвидность).

Общее уравнение модели выглядит так:

$$P = y + CF_{risk-free} + PR_{cr} + PR_{\%} + PR_{liq},$$

где  $P$  – текущая цена облигации;

$y$  – переменная, отвечающая за индивидуальные шоки в цене облигации;

$CF_{risk-free}$  – приведенная стоимость денежного потока по облигации, свободного от рисков;

$PR_{cr}$  – премия за кредитный риск;

$PR_{\%}$  – премия за рыночный риск;

$PR_{liq}$  – премия за риск ликвидности.

Перейдем к формулировке регрессионного уравнения с учетом введенных факторов. Переворот возможных комбинаций факторов регрессии оставим за рамками работы. Опишем итоговое уравнение модели, имеющее наибольшую эконометрическую значимость:

$$P - P_s = \alpha_1 \cdot VaR_{general} + \alpha_2 \cdot VaR_{specific} + \gamma_1 \cdot I(BB) + \gamma_2 \cdot I(B) + \beta_1 \cdot E_{time} + \beta_2 \cdot K + \varepsilon,$$

где  $P$  – вектор текущих цен облигации;

$P_s$  – вектор «справедливых» стоимостей облигации (приведенная стоимость по кривой процентных ставок, с учетом кредитного спреда);

$VaR_0$  – вектора показателей  $VaR$ ,

$I()$  – индикатор принадлежности облигации рейтинговой категории;

$E_{time}$  – вектор эластичностей объема по сроку;

$K$  – вектор значений кривизны поверхностей ликвидности;

$\varepsilon$  – вектор ошибок;

$\alpha_i, \beta_j, \gamma_k$  – искомые оценки.

**Количественная оценка**

Необходимые для построения общей регрессионной модели данные, рассчитанные согласно нашей модели, представлены в табл. 1.

Таблица 1

## Исходные данные для расчетов

Облигация	$PR\% + PR_{liq}$ (+y)	Рейт. кат.	$VaR_{Sp}$ , %	$VaR_{Gen}$ , %	$VaR$ , %	E (V/P)	E (V/T)	Кривизна	Дюрация
ВТБ6	-3,38	BBB	0,00	0,76	0,76	1,29	1,000	-0,025	292
Гпром7	-1,72	BBB	0,00	0,91	0,91	1,13	0,996	-0,158	401
Гпром6	-3,19	BBB	0,00	0,79	0,79	1,08	0,998	-0,085	256
РЖД6	-2,59	BBB	0,00	1,38	1,38	0,305	0,960	-0,081	635
РЖД7	1,24	BBB	0,00	2,02	2,02	0,224	0,948	-0,009	1 175
Лукойл3	0,14	BBB	0,00	1,80	1,80	0,476	0,968	-0,147	1 034
СИБУР1	-3,50	BB	1,47	0,92	2,39	0,585	0,980	-0,107	391
ТКБ1	-5,44	BB	2,05	1,20	3,25	0,454	1,000	-0,079	626
ТКБ2	-2,70	BB	1,10	0,66	1,76	0,752	1,000	0,016	308
АКБАРС2	-4,50	BB	0,66	0,28	0,95	0,685	0,8455	0,948	108
ХКФ2	-4,51	B	1,99	0,50	2,49	0,305	0,942	0,088	145
ПСБ5	-2,93	B	2,04	0,54	2,58	0,513	0,969	-0,026	279
Ренес1	-7,54	B	1,56	0,30	1,87	0,835	0,875	0,001	192
БСоюз2	-2,77	B	2,77	0,86	3,63	1,139	0,988	0,445	362

Статистики и оценки параметров по общей регрессионной модели представлены в табл. 2. Стоит отметить на высокую значимость оценок и хорошее качество регрессии в целом.

Таблица 2

## Результаты «лучшей» регрессии

	Переменная	Коэффициент	Станд. ошибка	t-статистика	Значение
1	Константа	-59,828405208	11,108897335	-5,3856295007	[0,0011]
2	[BB]	7,3859769281	2,1022448444	3,5133761644	[0,0099]
3	[B]	13,465709643	3,3245973958	4,0503279165	[0,0050]
4	[ $VaR_{Sp}$ ]	-565,83101966	128,01150454	-4,4201575609	[0,0032]
5	[ $VaR_{Gen}$ ]	515,27042782	78,278892461	6,5824951225	[0,0003]
6	[E <sub>T</sub> ]	53,242543342	10,833644758	4,9145550303	[0,0018]
7	[K]	5,2178510246	1,1863577729	4,3982103408	[0,0033]

$$R^{2adj.} = 86.245962914\% \quad DW = 2,6524$$

$$R^2 = 92,59398003\% \quad S.E. = 0,8045363036$$

Графически результаты применения данной модели представлены на рисунке.

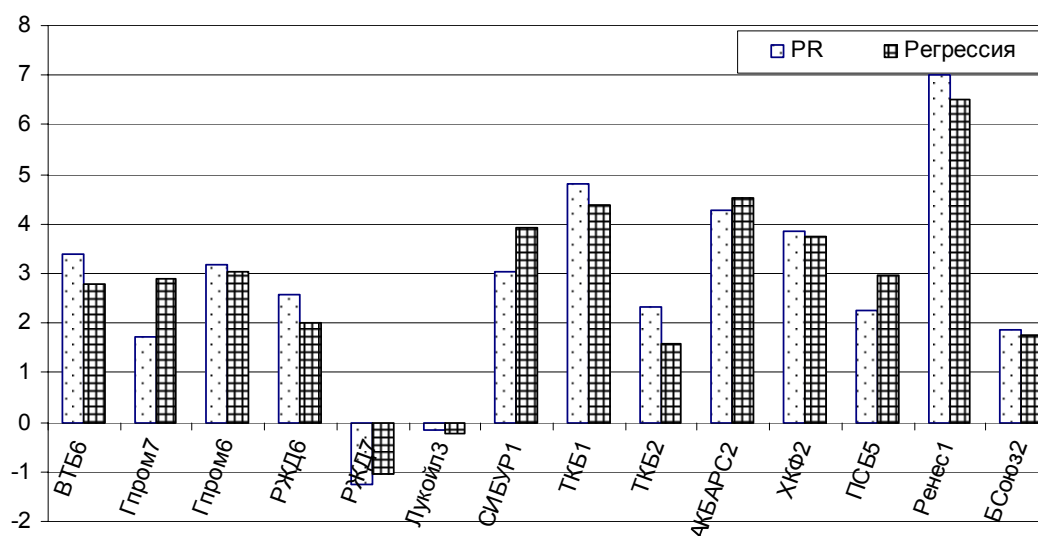


График фактических и расчетных значений по «лучшей» модели

Подставляя конкретные данные в оцененную модель, получим итоговое разложение (аллокацию) стоимости облигаций по видам риска (табл. 3).

Таблица 3

Разложение (аллокация) цены по видам

Облигация	Цена	NPV	Премия за риск	PR <sub>ср</sub>	PR %	PR <sub>liq</sub>
ВТБ6	100	103,38	3,38	0,00	4,47	-1,09
Гпром7	99,75	101,47	1,72	0,00	1,74	-0,02
Гпром6	100,2	103,35	3,19	0,00	3,74	-0,55
РЖД6	98,8	101,39	2,59	0,00	0,65	1,94
РЖД7	98,87	97,63	-1,24	0,00	-3,36	2,12
Лукойл3	98,03	97,89	-0,14	0,00	-1,02	0,88
СИБУР1	98,64	102,62	3,98	0,95	2,62	0,41
ТКБ1	94,98	101,06	6,08	1,29	5,39	-0,59
ТКБ2	98,1	101,15	3,05	0,71	3,70	-1,36
АКБАРС2	99,76	104,48	4,72	0,44	2,27	2,01
ХКФ2	98,52	103,68	5,16	1,30	2,48	1,38
ПСБ5	98,71	102,30	3,59	1,32	1,82	0,45
Ренес1	100	108,07	8,07	1,07	1,43	5,57
БСоюз2	100,6	104,26	3,68	1,82	3,76	-1,90

## Результаты

1. На процентный риск облигации оказывает влияние ее кредитное качество (в регрессии фактор «кредитный рейтинг» оказался значим для премии, уже очищенной от кредитного риска). Наблюдается эффект второго порядка кредитного риска.

2. Итоговое разложение цены по видам риска составило в среднем: премия за кредитный риск – 36 %, премия за процентный риск – 44 %, премия за риск ликвидности – 19 %. Более подробно результаты представлены в табл. 3.

3. Отметим, что отрицательная премия за ликвидность (ВТБ6, БСоюз2) отражает высокую ликвидность рынка данных облигаций, благодаря чему инвесторы готовы приобретать облигацию за большую стоимость, несмотря на присущий данной облигации риск.

## Интерпретация результатов

Премия за кредитный риск относительно номинала ( $PR_{cr}$  / номинал) представляет собой ожидаемую величину потерь – вероятность дефолта и, применительно, например, к банковской практике, необходимую величину резервов на возможные потери.

Оценки процентного риска показывают вклад изменения волатильности кривой процентных ставок только в изменение цены облигации. Причем, учитывая алгоритм расчета  $VaR$ , оценка учитывает не только абстрактное колебание кривой, но и специфику его влияния на конкретный денежный поток. Таким образом, оценки показывают влияние роста процентного  $VaR$  (за счет колебания исходной кривой процентных ставок) на цену облигации.

Оценка влияния ликвидности показывает, насколько стоимость облигации, очищенная от прочих видов риска, чувствительна к изменению параметров индивидуальных торгов на рынке. Наглядная интерпретация результатов несколько затруднительна (чувствительность к эластичности и кривизне). Однако можно с некоторой степенью условности говорить о том, что оценки показывают влияние на цену облигации:

- расширение рынка (или рост объема торгов) на 1 % в случае эластичностей;
- выравнивание и усреднение параметров торгов на 1 % в случае кривизны.

## Заключение

Основные научные результаты данного исследования следующие.

1. Разработка метода определения приведенной стоимости через «безрисковую» кривую процентных ставок и кредитный спрэд. Введение понятия «премия за кредитный риск» на основе данного метода.

2. Описана совокупность методов, учитывающая важнейшие аспекты оценки облигаций, а именно: статистический метод расчета  $VaR$  по изменению кривой процентных ставок для оценки процентного риска; двухшаговый метод оценки риска рыночной ликвидности (метод построения поверхности ликвидности, ее скалярные меры – эластичность ликвидности и кривизна); регрессионная модель оценки параметров рыночного обращения ценных бумаг.

3. Предложены методические рекомендации по проверке составляющих различных видов риска в цене облигации согласно регрессионной модели. Оценена средняя величина рисков по набору исследуемых облигаций. Выявлены отклонения от ожидаемых значений (отрицательные премии за риск). Проведена качественная интерпретация возникающих отклонений.

Предложенная методология может применяться компаниями, ведущими активную деятельность на рынках облигаций и использующих математический аппарат, при формировании резервов под покрытие рисков и разработки инвестиционной стратегии с учетом существующих финансовых рисков. Полученные значения позволяют выявить недо- и переоцененные с точки зрения рисков инструменты на рынке.

## Список литературы

1. Кадников А. А. VAR портфеля, содержащего инструменты с короткой историей торгов // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Серия: Социально-экономические науки. 2009. Т. 9, вып. 3. С. 39–52.

*Материал поступил в редколлегию 04.02.2011*

**A. A. Kadnikov**

## VAR FOR SHORT-TERM DATA SECURITIES PORTFOLIO

The article introduces a method of econometric estimation of parameters of the market trading of corporate bonds and a mechanism of pricing russian bonds with their attitude to financial risk. The algorithm is possible to use for financial institutions to analyze the risk of portfolio of securities and making provisions.

*Keywords:* portfolio, securities, bonds, market risk, market liquidity risk, credit rating, risk premium, financial risk.