

П.Ю. Дорогокупец, А.Б. Гедранович

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫЖИВАЕМОСТИ БАНКОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Аннотация: Исследование посвящено анализу риска банкротства кредитно-финансовых организаций в Республике Беларусь. В качестве инструмента анализа используется модель пропорциональных интенсивностей (рисков) Кокса. В процессе моделирования тестируются более 80 переменных, характеризующих банковскую деятельность, на предмет зависимости вероятности банковского выживания от их значений в период поступления банка под наблюдение. Непосредственная оценка моделей проводится с помощью статистической платформы R. Результирующая модель согласуется с теоретическими предположениями о форме зависимости между экзогенными переменными и вероятностью банкротства. С ее помощью возможным является количественная оценка эластичности вероятности выживания по каждой из объясняющих переменных. Проверка прогностических свойств итоговой модели проводится с помощью расчета вероятности выживания каждого из банков, попавших в выборку.

Ключевые слова: банк, банковское банкротство, эконометрическое моделирование, анализ выживаемости, модель пропорциональных рисков, язык программирования R.

ANALYSIS OF SURVIVAL POTENTIAL OF BANKS IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Abstract: The research is devoted to analysis of banks' risk of failure in the Republic of Belarus using Cox proportional hazards model. Over 80 indicators are being analyzed as variables, defining dependence of banks' survival potential on their value at a time of bank's placing under supervision. Direct estimation is carried out with the help of the R-like statistical platform. Resulting model accords with theoretical supposition about form of relation between exogenous variables and bankruptcy probability. The model makes it possible to give a quantitative assessment of flexibility of survival potential for each of the explanatory variables. Verification of the forecasting power of the resulting model is carried out by calculation of survival probability for each of the selected banks.

Keywords: bank, bank failure, econometric modeling, survival potential analysis, proportional hazards model, R programming language.

* Статья поступила в редакцию 22 октября 2012 г.

Введение. В силу остроты проблемы банковской несостоятельности, изучение ее причин, а также анализ последствий уже достаточно давно исследуются рядом компаний, государственных органов и научных органи-

заций. Особую значимость данный вопрос приобретает в свете банковских и финансовых кризисов конца XX – начала XXI столетия.

Цель нашего исследования заключается в выявлении с помощью эконометрического

моделирования основных факторов выживаемости банков Республики Беларусь. Степень научной разработанности данной проблематики крайне низка. Несмотря на высокую долю за последние 15 лет случаев несостоятельности банков от общего числа функционировавших кредитных организаций, авторам известно лишь об одной разработке модели банкротств белорусских банков: исследование, проведенное В.И. Малугиным и Е. Пытляк [1].

Научная литература, изучаемая для проведения исследования, включала труды отечественных и зарубежных авторов. В фокусе работ О. Быстрицкой и О. Крамаренко находится дистанционный надзор как важнейшая составляющая банковского надзора [2], [3]. Такие авторы, как А. Байко, А. Бриштелев, А. Галов и П. Каллаур рассматривают факторы устойчивости банковского сектора, описывают шаги, необходимые для ее повышения, а также рассматривают роль Национального банка в обеспечении финансовой стабильности государства [4], [5], [6], [7]. А. Estrella, S. Park и S. Peristiani в своей работе исследовали методики расчета нормативов капитала и их связь с возможностью банковского дефолта [8]. С точки зрения обобщения существующих на сегодняшний день методов прогнозирования несостоятельности банка следует выделить труд J. Tatom [9]. Практическое применение моделей анализа выживаемости нашло отражение в исследованиях G. Whalen, R.A. Cole, Q. Wu, V. Pappas и T. Shumway [10,11,12,13]. Отдельно следует отметить исследования российских ученых А.М. Карминского, А.А. Пересецкого и С.В. Голованя, посвященные эконометрическому моделированию дефолтов российских банков с помощью моделей бинарного выбора [14], [15].

Методология анализа выживаемости.

Одним из инструментов удаленного надзора за банковской деятельностью является использование статистических (эконометрических) подходов для моделирования и прогнозирования деятельности банка. Класс моделей, позволяющий оценить вероятность банкротства кредитного учреждения, носит название анализа выживаемости (survival analysis). Применение анализа выживаемости для моделирования банковских банкротств в последние годы приобрело широкий характер [11], [12].

Существуют две главные причины того, почему в исследованиях взаимозависимостей между переменными и наблюда-

емыми временами жизни не может быть непосредственно применена классическая техника множественной регрессии. Во-первых, времена жизни обычно не являются нормально распределенными, что является серьезным нарушением предположений для оценивания множественной регрессии по методу наименьших квадратов. Во-вторых, имеется проблема с незавершенными (цензурированными) наблюдениями. Применение анализа выживаемости призвано решить обе вышеописанные проблемы.

В качестве инструмента анализа использовалась модель пропорциональных интенсивностей (рисков) Кокса. Исследования с помощью модели пропорциональных рисков Кокса показали, что она способна с высокой точностью предсказывать банкротства банков [10], [13].

Модель, предложенная Коксом, имеет следующий вид:

$$h\{(t), (x_1, \dots, x_n)\} = h_0(t)\exp(\beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n), \quad (1)$$

где $h\{(t), (x_1, \dots, x_n)\}$ – интенсивность в момент времени t ;

$h_0(t)$ – базовая функция интенсивности;

x_1, \dots, x_n – объясняющие переменные (ковариаты);

β_1, \dots, β_n – коэффициенты при соответствующих ковариатах.

Правая часть уравнения (1) состоит из двух множителей. $h_0(t)$ – это базовая функция непараметрической интенсивности и может рассматриваться как интенсивность при нуле всех ковариат. Последние, наряду с неизвестными параметрами β , являются аргументами экспоненциальной функции.

Теперь линеаризуем формулу (1): разделим обе части уравнения на $h_0(t)$ и возьмем натуральный логарифм от обеих частей.

$$\ln\left(\frac{h\{(t), (x_1, \dots, x_n)\}}{h_0(t)}\right) = \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n \quad (2)$$

Уравнение (2) подразумевает предположение о мультипликативной зависимости между функцией интенсивности и логлинейной функцией ковариат. Это предположение также называют гипотезой о пропорциональности рисков.

Предположим, что имеются два независимых наблюдения i и j , которые отличаются значениями ковариат. Так как время t не является аргументом экспоненциальной функции, то отношение интенсивностей наблюдений i и j также не зависит от времени:

$$\begin{aligned} \frac{h_i\{t, (x_1, \dots, x_n)\}}{h_j\{t, (x_1, \dots, x_n)\}} &= \\ &= \frac{h_0(t) \exp(\beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_n x_{in})}{h_0(t) \exp(\beta_1 x_{j1} + \dots + \beta_n x_{jn})} = \\ &= \frac{\exp(\beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_n x_{in})}{\exp(\beta_1 x_{j1} + \dots + \beta_n x_{jn})} \end{aligned} \quad (3)$$

или

$$\frac{h_i\{t, (x_1, \dots, x_n)\}}{h_j\{t, (x_1, \dots, x_n)\}} = e^{(\beta_1(x_{i1}-x_{j1})+\dots+\beta_n(x_{in}-x_{jn}))}, \quad (4)$$

где $h_i\{t, (x_1, \dots, x_n)\}$ – интенсивность наблюдения i ;

$h_j\{t, (x_1, \dots, x_n)\}$ – интенсивность наблюдения j .

Из уравнений (3) и (4) видно, что для вычисления отношения функций интенсивности банкротств, спецификация базовой функции интенсивности не является обязательной. В связи с этим наибольший интерес в модели Кокса представляет оценка коэффициентов при известных ковариатах.

Для оценки параметров β используется метод частичного правдоподобия. Суть метода состоит в следующем: пусть имеется k случаев банкротства, каждое соответствует своему времени t_p , при этом $t_1 < t_2 < \dots < t_k$. Частичное правдоподобие является результатом отношения условной вероятности банкротства в момент времени t_i к данным определенного набора банков, которые подвержены риску: $R(t_i)$. Тогда вероятность того, что банк j станет банкротом в период времени T_i можно определить как:

$$P(t_j = T_i | R(t_i)) = \frac{e^{\sum_{m=1}^n \beta_m x_{im}}}{\sum_{j \in R(t_i)} e^{\sum_{m=1}^n \beta_m x_{jm}}}, \quad (5)$$

где n – количество объясняющих переменных.

Учет влияния условных вероятностей в (5) приводит к функции частичного правдоподобия:

$$L_p = \prod_{i=1}^k \left[\frac{e^{\sum_{m=1}^n \beta_m x_{im}}}{\sum_{j \in R(t_i)} e^{\sum_{m=1}^n \beta_m x_{jm}}} \right]^{\delta_i}, \quad (6)$$

где L_p – функция частичного правдоподобия;
 δ_i – бинарная величина, характеризующая, выжил ли банк в течение изучаемого периода (0),

либо нет (1). Таким образом, данные выживших банков (цензурированные) принимают участие лишь в расчетах знаменателей дробей (6).

Следующий этап – логарифмирование функции L_p уравнения (6):

$$\ln(L_p) = \sum_{i=1}^k \delta_i \left[\sum_{m=1}^n \beta_m x_{im} - \ln \left(\sum_{j \in R(t_i)} e^{\sum_{m=1}^n \beta_m x_{jm}} \right) \right]. \quad (7)$$

Приравнявая частную производную уравнения (7) по β_m к нулю, получаем оценки коэффициентов β для уравнений (1) и (2).

Вследствие большого количества расчетов, необходимых для вычисления оценок коэффициентов в модели Кокса, для этих целей была использована статистическая платформа R. Помимо возможности применения методов анализа выживаемости (чего лишены многие из современных программ для эконометрического моделирования), безусловным основанием выбора данной программы стал ее бесплатный характер.

Алгоритм формирования набора данных. Временные рамки проведенного исследования ограничены июлем 2005 г. с одной стороны и маем 2012 г. – с другой. Единицей измерения времени жизни каждого банка был выбран месяц. Общее время наблюдения, таким образом, составляет 83 месяца.

Моделью оцениваются параметры, которые позволили банку существовать тот или иной промежуток времени. Точкой отсчета «жизни» банков, которые функционировали к началу рассматриваемого периода, является дата 1 июля 2005 г. Что же касается банков, которые были зарегистрированы после 1 июля 2005 г., то допущением стало существование периода, по прошествии которого банк становится полноценным игроком рынка. Таким периодом был выбран срок в один год. Следовательно, для банков, которые были зарегистрированы после 1 июля 2005 г., датой вхождения является дата регистрации банка плюс 12 месяцев.

Источниками данных является квартальная отчетность банков, представленная на сайте Национального банка: бухгалтерские балансы и отчеты о прибыли и убытках.

«Смертельными случаями» для банков были выбраны факты приостановки или отзыва лицензий на осуществление банковской деятельности. Соответственно, датой выбытия банка являлась дата отзыва лицензии. Всего с 2005 г. имело место 7 случаев банковских «смертей» (рис. 1).

Временем жизни банков является промежуток времени от вхождения банка в модель до его «смерти», либо до конца исследуемого временного интервала (май 2012 г.). Банки, которые выжили в течение всего времени наблюдения (83 периода), представляют собой цензурированные данные.

Всего с июля 2005 по май 2012 г. на территории Беларуси действовали 38 банков. Анализируемая выборка содержит данные о 32 банках. 6 банков в выборку не попали: ОАО «Белагропромбанк», ОАО «АСБ Беларусбанк», ОАО «Белинвестбанк» и ОАО «Паритетбанк, ОАО «Белорусский Индустриальный Банк», ЗАО «БИТ-Банк».

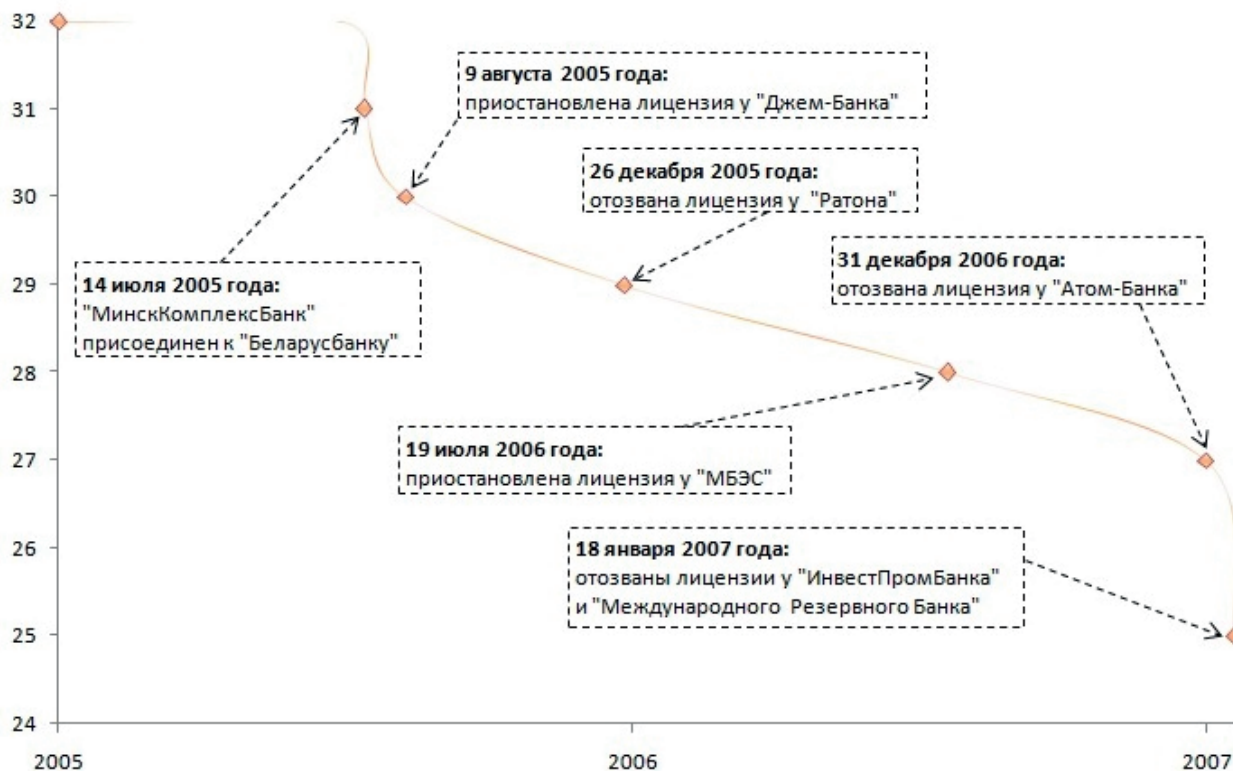


Рисунок 1 – Динамика количества лицензий на осуществление банковской деятельности за январь 2005 – январь 2007 гг.

В тестировании использовалось 86 параметров, характеризующих банковскую деятельность. Помимо данных, взятых в явном виде из финансовой отчетности, с целью расширения набора показателей использовались коэффициенты, а также операции взвешивания и логарифмирования показателей.

Построение модели выживаемости. В ходе исследования было протестировано более двухсот моделей выживаемости, содержащих две и более переменные. Выбор переменных для каждой модели проходил на основе теоретических соображений, а также с помощью матрицы корреляций.

Процесс оценки качества моделей проходил в три этапа. На первом этапе оценки качества рассматривалась значимость входящих в модель объясняющих переменных. Ввиду малого объема выборки, выбранный уровень значимости соответствовал 10 %.

На следующем этапе оценивалось качество построенного уравнения в целом. Для этого исследовались оценки трех тестов: теста отношения правдоподобия, теста Уальда и логарифмического рангового теста. Нулевой гипотезой во всех тестах выступает предположение о равенстве нулю всех коэффициентов, а их результаты являются асимптотически эквивалентными. Последний этап оценки – это тестирование одного из условий применения модели пропорциональных рисков Кокса. Статистика теста является иллюстрацией принятия (или непринятия) нулевой гипотезы о пропорциональности рисков для каждой переменной; в ее основе лежит установленные соотношения между соответствующими каждой из переменных частными остатками и изменениями во времени [16, с. 12].

Наилучшей моделью, описывающей выживаемость банков в Республике Беларусь, стала та, которая представлена на рисунке 2.

```
> # Итоговая_модель
> final_model <- coxph(Surv(LT, SURV)~II_VB+LN_TLC+TIER1+ROA)
> summary(final_model)
Call:
coxph(formula = Surv(LT, SURV) ~ II_VB + LN_TLC + TIER1 + ROA)

n= 32, number of events= 7

              coef      exp(coef)    se(coef)      z      Pr(>|z|)
II_VB      -5.365e+01    5.026e-24    2.669e+01   -2.010    0.0444 *
LN_TLC      -8.440e-01    4.300e-01    4.560e-01   -1.851    0.0642 .
TIER1      -5.312e+00    4.930e-03    2.499e+00   -2.126    0.0335 *
ROA        -4.667e+01    5.393e-21    2.574e+01   -1.813    0.0698 .
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Rsquare= 0.55 (max possible= 0.769 )
Likelihood ratio test      = 25.58      on 4 df,      p=3.846e-05
Wald test                  = 11.15      on 4 df,      p=0.02495
Score (logrank) test      = 43.11      on 4 df,      p=9.826e-09
```

Рисунок 2 – Удовлетворяющая условиям отбора модель

Уравнение, согласно (1), можно переписать в следующем виде:

$$h\{t, (II_VB, LN_TLC, TIER1, ROA)\} = h_0(t) \times \exp(-5,33 \times II_VB - 0,844 \times LN_TLC - 5,312 \times TIER1 - 46,67 \times ROA) \quad (8)$$

где II_VB – отношение процентных доходов к валюте баланса;

LN_TLC – натуральный логарифм валюты баланса;

$TIER1$ – норматив достаточности капитала 1 уровня (где активы не являются взвешенными на риск);

ROA – рентабельность активов банка.

Результаты теста отношения правдоподобия, теста Уальда и логарифмического рангового теста отвергают гипотезу о равенстве всех коэффициентов модели нулю.

```
> #_Тестирование_итоговой_модели_на_пропорциональность_рисков_
> cox.zph(final_model)

              rho      chisq      p
II_VB        -0.251    0.3095    0.578
LN_TLC        -0.676    2.5886    0.108
TIER1         -0.535    1.2673    0.260
ROA           -0.141    0.0765    0.782
GLOBAL        NA       3.1624    0.531
```

Рисунок 3 – Результаты теста на пропорциональность рисков

Проведение теста на пропорциональность рисков (рис. 3) не выявило отсутствия пропорциональности ни у одной из переменных на выбранном уровне значимости. Для модели (8) в целом допущение о пропорциональности рисков также выполняется [17].

Проверка прогностических свойств модели (8) может быть проведена с помощью расчета вероятностей наступления банкротства для каждого банка. Для подсчета вероятности банкротства банка с помощью модели Кокса использовалась базовая функция

интенсивности, значения которой являются интенсивностью в каждый период времени при средних значениях всех ковариат. Результаты оценок вероятности выживания банков представлены на рисунках 4 и 5.

Рисунки отражают хорошие прогностические свойства уравнения (8). Так, в группу банков с низкой вероятностью выживания попали 7 банков, 6 из которых действительно стали «банкротами». В группу банков с высокой вероятностью выживания попал лишь 1 банк, который был проблемным.

```

> # __Банки_с_низкой_вероятностью_выживания__
> N <- predict(final_model,type="expected")
> P <- exp(-N)
> table <- data.frame(SURV,LT,BANK,P)
> table <- table[order(P), ]
> low_survival_rate <- subset(table,P<0.8)
> low_survival_rate
SURV    LT          BANK          P
1      19          Дельта Банк  0.182
1       6          АКБ Ратон  0.340
1       1      МинскКомплексБанк  0.368
1      13          ИнвестПромБанк  0.417
0      83          ХКБанк  0.567
1      19      Международный резервный банк  0.600
1      13          МБЭС-Банк  0.751
    
```

Рисунок 4 – Банки, вероятность выживания которых не превышает 80 %

```

> # __Банки_с_высокой_вероятностью_выживания__
> high_survival_rate <- subset(table,P>0.8)
> high_survival_rate
SURV    LT          BANK          P
0      83      БелСвиссБанк  0.821
0      31          ТКБанк  0.836
0      83          Технобанк  0.903
0      83          Банк ВТБ  0.940
0      83          Трастбанк  0.946
0      83      АКБ Белросбанк  0.953
0      83          Альфа-Банк  0.960
0      83          Кредэксбанк  0.962
0      83          БТА Банк  0.966
0      83          МТБанк  0.967
0      83      Белгазпромбанк  0.970
0      83          БНБ-Банк  0.973
0      83          Абсолютбанк  0.983
0      83          Сомбелбанк  0.983
0      83          Франсабанк  0.983
0      83      Белвнешэкономбанк  0.988
0      83          Банк Москва-Минск  0.989
0      37          Евробанк  0.990
0      16          Онербанк  0.990
1       2          Джем-Банк  0.992
0      31          ББМБ  0.992
0      83          БПС-Сбербанк  0.994
0      83          РРБ-Банк  0.995
0      83          Приорбанк  0.996
0      83          Цептер Банк  1.000
    
```

Рисунок 5 – Банки, вероятность выживания которых превышает 80%

Заключение. Результатом построения уравнения (8) стало установление взаимосвязи между параметрами, вошедшими в итоговую модель и риском банкротства.

Отрицательные знаки при всех коэффициентах говорят о том, что с увеличением соответствующих факторов риск банкротства банка снижается. Важным следствием построенного уравнения является согласован-

ность полученных результатов с теоретическими соображениями относительно влияния факторов на выживаемость банков. Процентные доходы банка – один из основных источников средств, а их объем – показатель устойчивости банка. Рост совокупных активов (или суммы совокупных обязательств и капитала) также оказывает положительное влияние на вероятность выживания банка.

Данная переменная характеризует размер банка. Теоретическое предположение о том, что более крупный банк должен быть более устойчив, так как имеет более широкие возможности по диверсификации рисков, подтверждается отрицательным знаком коэффициента при переменной. Уровень капитала и его относительные показатели уже достаточно давно служат инструментами оценки прочности и безопасности банков во всем мире. Требования по достаточности капитала на мировом уровне существуют со времен принятия в 1988 г. первого Базельского соглашения. Отрицательное значение коэффициента, таким образом, предсказуемо с точки зрения теории. Наконец, знак коэффициента показателя рентабельности активов, аналогично трем другим, совпадает с предполагаемым. Увеличение прибыли на единицу активов является следствием роста эффективности деятельности кредитной организации, что, в свою очередь, снижает ее подверженность риску банкротства.

Полученная модель может быть использована для вычисления вероятности выживания при изменении факторов. К примеру, необходимо оценить, на сколько процентов снизится вероятность банкротства банка при увеличении у него коэффициента достаточности капитала первого уровня на 1 %, в то время как другие параметры не изменяются. Подставляя в формулу (4) желаемое изменение, а также значение коэффициента, получаем:

$$h = e^{(-5,312 \times 0,01)} = e^{(-0,05312)} \approx 0,94827$$

Это, фактически, означает, что увеличение коэффициента достаточности капитала первого уровня на 1 % ведет к снижению риска банкротства на 5,173 %.

Несмотря на хорошее качество построенного уравнения, возможным представляется дальнейшее улучшение модели выживаемости банков в Беларуси. Среди факторов, которые позволят усовершенствовать модель, можно выделить:

- применение макроэкономических показателей в качестве экзогенных переменных;
- тестирование иных показателей и коэффициентов, которые не рассматривались в данной работе;
- использование для исследования более широкого временного интервала, что позволит расширить выборку банков и количество случаев несостоятельности;
- употребление более сложных моделей анализа выживаемости, либо текущей модели в паре с иными техниками эконометрического моделирования.

Ценность построенной модели заключается не только в выявлении факторов, повлиявших на случаи банковской несостоятельности в Беларуси, но и в количественной оценке влияния изменения нормативов и показателей банковской деятельности на устойчивость кредитно-финансового учреждения, а значит и всего банковского сектора.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Малюгин, В. Оценка устойчивости банков на основе эконометрических моделей / В. Малюгин, Е. Пытляк // *Банковский вестник*. – 2007. – № 4. – С. 30–36.
2. Быстрицкая, О. Дистанционная оценка надежности и устойчивости белорусских банков / О. Быстрицкая // *Банковский вестник*. – 2010. – № 16. – С. 57–63.
3. Крамаренко, О. Дистанционный надзор: практические аспекты / О. Крамаренко // *Банковский вестник*. – 2008. – № 19. – С. 46–50.
4. Байко, А. Государственная политика в отношении банков как фактор устойчивости банковского сектора / А. Байко // *Банковский вестник*. – 2011. – № 34. – С. 12–18.
5. Бриштелев, А. Теоретико-методологические основы экономической безопасности банковской системы / А. Бриштелев // *Банковский вестник*. – 2009. – № 10. – С. 23–30.
6. Галов, А. Первоочередные задачи повышения устойчивости банковского сектора / А. Галов, А. Байко // *Банковский вестник*. – 2009. – № 10. – С. 9–14.
7. Каллаур, П. Финансовая стабильность как цель деятельности центрального банка / П. Каллаур // *Банковский вестник*. – 2010. – № 1. – С. 5–10.
8. Estrella, A. Capital ratios as predictors of bank failure / A. Estrella, S. Park, S. Peristiani // *Economic Policy Review / Federal Reserve Bank of New York*. – July 2000. – P. 33–52.
9. Tatom, J.A. Predicting failure in the commercial banking industry / J.A. Tatom, R. Houston. – Terre Haute: Networks Financial Institute, 2011. – 30 p.

10. Whalen, G. A proportional hazards model of bank failure: an examination of its usefulness as an early warning tool / G. Whalen // *Economic Review* / Federal Reserve Bank of Cleveland. – Quarter 1, 1991. – P. 21–31.
11. Cole, R.A. Predicting bank failures using a simple dynamic hazard model / R.A. Cole, Q. Wu. – Washington D.C.: Federal Deposit Insurance Corporation Center for Financial Research, 2009. – 30 p.
12. Pappas, V. Determinants of banking fragility. Comparing Islamic and conventional banks. An application of survival analysis / V. Pappas. – Lancaster: Lancaster University Management School, 2010. – 8 p.
13. Shumway, T. Forecasting bankruptcy more accurately: a simple hazard model / T. Shumway // *Journal of Business* / University of Chicago. – 1999. – Vol. 74, № 1. – P. 101–124.
14. Карминский, А.М. Модели дефолта российских банков / А.М. Карминский, А.А. Пересецкий, С.В. Головань. – М.: РЭШ, 2004. – 11 с.
15. Пересецкий, А.А. Модели причин отзыва лицензий российских банков / А.А. Пересецкий. – М.: РЭШ, 2010. – 26 с.
16. Fox, J. Cox proportional-hazards regression for survival data [Electronic resource] / J. Fox. – 2002. – Mode of access: <http://cran.r-project.org/doc/contrib/Fox-Companion/appendix-cox-regression.pdf>. – Date of access: 22.05.2012.
17. Therneau, T.M. Modeling survival data: extending the Cox model / T.M. Therneau, P.M. Grambsch. – New York: Springer, 2000. – 350 p.