

Стресс-тестирование кредитного риска кластера российских коммерческих банков

Д.С. Биджоян 

E-mail: bidzhoyan_david@mail.ru

Т.К. Богданова 

E-mail: tanbog@hse.ru

Д.Ю. Неклюдов 

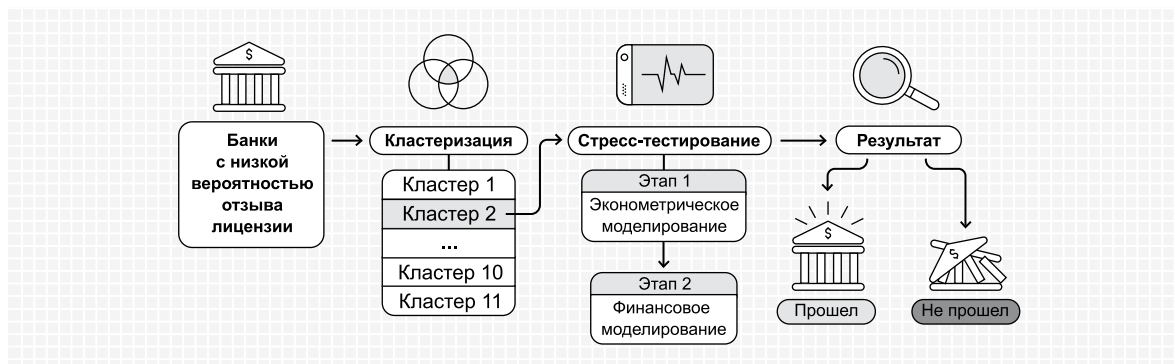
E-mail: nekludovmid@gmail.com

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Адрес: 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20

Аннотация

Стресс-тестирование как инструмент оценки рисков активно используется как во многих международных организациях, так и в центральных банках большинства стран мира. Некоторые организации (в том числе, Банк России), проводящие стресс-тестирование, во избежание лишних панических настроений на рынке, которые могут привести к массовому оттоку депозитов и вкладов из банковского сектора в целом или из отдельного банка, не публикуют результаты стресс-тестирования, которые могут быть интересны бизнес-сообществу. Как правило, стресс-тестирование проводится на основе огромного количества официальных непубликуемых форм отчетности, к которым у бизнес-сообщества нет доступа. Только четыре формы отчетности представлены на сайте Банка России. В данной статье предлагается упрощенный алгоритм проведения стресс-тестирования кредитного риска кластера банков на основе четырех форм официально публикуемой финансовой отчетности. Алгоритм предусматривает моделирование медианных значений банковских показателей внутри кластера в каждый момент времени в зависимости от макроэкономических переменных, с дальнейшей ретрансляцией полученных значений для оценивания финансового состояния каждого банка, входящего в этот кластер. Предполагается, что рассчитанные прогнозные значения темпов роста банковских показателей, полученные с помощью эконометрических моделей, построенных на основе медианных значений кластера, одинаковы для соответствующих показателей каждого банка, входящего в данный кластер. По состоянию на 1 января 2018 года проведено стресс-тестирование кредитного риска 26 банков, девять из которых являются системно-значимыми кредитными организациями. В рамках стресс-тестирования построено восемь эконометрических моделей временных рядов. По результатам стресс-тестирования выяснилось, что 11 из 26 банков, входящих в кластер, будут испытывать затруднения при выполнении нормативов достаточности капитала или надбавок к ним.

Графическая аннотация



Ключевые слова: стресс-тестирование; кредитный риск; макроэкономическая переменная; эконометрическая модель; системно-значимая кредитная организация; медиана.

Цитирование: Биджоян Д.С., Богданова Т.К., Неклюдов Д.Ю. Стресс-тестирование кредитного риска кластера российских коммерческих банков // Бизнес-информатика. 2019. Т. 13. № 3. С. 35–51.
DOI: 10.17323/1998-0663.2019.3.35.51

Введение

Финансовое состояние банков во многом зависит от макроэкономического окружения, в условиях которого банки вынуждены оперировать. Данная зависимость проявляется как непосредственно, так и опосредованно. Непосредственное влияние оказывается через переоценку активов и пассивов в зависимости от базового параметра. Например, открытая валютная позиция банков напрямую зависит от значения обменного курса иностранной валюты к российскому рублю, справедливая стоимость облигаций зависит от кривой доходности к погашению, которая в кризисные периоды повышается, а стоимость акций, находящихся на балансе банка, падает в соответствии с падением рыночного индекса. Опосредованное влияние оказывается через финансовое состояние заемщиков банка, что приводит к изменению категории качества ссуд. Как правило, в кризисные периоды финансовое состояние заемщиков ухудшается, что сопровождается необходимостью дончисления резервов на возможные потери по ссудам, что, в свою очередь, влечет уменьшение капитала банка.

Поскольку банки в рыночной экономике занимают центральное место, являясь «кровеносной системой» народного хозяйства, в оценке их финансового состояния заинтересованы все участни-

ки рынка, в том числе и Центральный Банк РФ. Он обладает максимально возможной информацией о деятельности банков, благодаря большому числу отчетных форм, предоставляемых на регулярной основе. Помимо Центрального Банка РФ, финансовое состояние банков интересно их кредиторам, вкладчикам и инвесторам, причем в первую очередь – юридическим лицам, чьи депозиты не застрахованы государством, в отличие от вкладов физических лиц. Однако кредиторы российских коммерческих банков лишены возможности глубинного анализа их финансового состояния ввиду ограниченности информации: на сайте Банка России есть только четыре отчетные формы, позволяющие оценивать финансовое состояние банков.

Вследствие сложившейся на сегодняшний день геополитической обстановки и продолжающей политики Банка России по оздоровлению банковского сектора многие банки находятся под угрозой дефолта. Приблизительную оценку влияния ухудшающегося макроэкономического окружения на финансовое состояние банков можно получить с помощью методов стресс-тестирования. Результаты стресс-тестирования не публикуются, но, тем не менее, они могут быть интересны кредиторам и вкладчикам банков. В работе [1] приведен алгоритм стресс-тестирования кредитного риска банка на индивидуальной основе на базе официальной публичной финансовой отчетности. Однако проведение

стресс-тестирования кредитного риска большого количества банков является трудозатратным процессом. Поэтому актуальной является разработка алгоритма стресс-тестирования для кластера банков.

Работа имеет следующую структуру. В первом параграфе дается краткий анализ работ российских и зарубежных авторов по тематике исследования, во втором разделе представлен алгоритм стресс-тестирования для кластера банков, а в третьем приведены результаты стресс-тестирования. В заключении сформулированы основные результаты исследования.

1. Методы и модели оценки финансового состояния банков

Анализу финансового состояния банка посвящено большое число работ как зарубежных, так и российских авторов. С точки зрения математического моделирования все модели можно подразделить на несколько категорий:

- ◆ оценка вероятности дефолта банка [2–6];
- ◆ оценка финансового состояния по рейтингам [7, 8];
- ◆ модели технической эффективности [9, 10];
- ◆ модели процентных ставок [11–13].

Перечисленные методы моделируют текущее финансовое состояние банка, в то время как методы стресс-тестирования позволяют моделировать влияние различных макроэкономических сценариев на финансовое состояние банков.

Стресс-тестирование как инструмент оценки финансового состояния банков появилось в 90-х годах прошлого столетия, однако всеобщее распространение получило только после мирового кризиса 2007–2009 гг. На сегодняшний день центральные банки практически всех стран с развитой и развивающейся экономикой используют стресс-тестирование для оценки будущих рисков в кризисных периодах. Кроме того, стресс-тестирование как инструмент оценки рисков используют международные организации, такие как Базельский комитет по банковскому надзору и Международный валютный фонд. Полная классификация инструмента стресс-тестирования приведена в работе [14].

Кредитный риск, как основной источник убытков банков, может измеряться различными способами.

Организации, обладающие необходимыми данными, используют неработающие активы (non-performing loans, NPL) [15], кредиты 4–5 категорий качества (по Положению Банка России от 28 июня 2017 года №590-П «О порядке формирования кредитными организациями резервов на возможные потери по ссудам, ссудной и приравненной к ней задолженности»), а также их доли в портфеле. Однако в работе [1], в которой представлен алгоритм стресс-тестирования кредитного риска на основе публичной финансовой отчетности, в качестве меры кредитного риска предлагается использовать объем резервов на возможные потери по ссудам, который может быть рассчитан по форме отчетности 0409101 «Оборотная ведомость по счетам бухгалтерского учета». В настоящей работе для измерения кредитного риска также предлагается использовать резервы на возможные потери по ссудам.

Стресс-тестирование на основе сценарного анализа необходимо проводить путем регрессии объема NPL на макроэкономические переменные. Как правило, используются простые регрессионные модели, как показано в работе [16]. Более сложная модель на основе панельных данных представлена в работе [15].

Одним из ключевых моментов при стресс-тестировании является разработка стрессового сценария. Одними из основных критериев сценария должны быть его жесткость и правдоподобность. Центральные банки используют один или несколько стрессовых сценариев. Это может привести к ложным положительным результатам (false illusion), поскольку при одном стрессовом сценарии банк может прийти в состояние дефолта, а при другом — нет. Учет всех сценариев приводит к вычи-слительным сложностям. Поэтому в работе [17] предложен такой принцип, как «наиболее серьезный правдоподобный сценарий». Правдоподобность может быть вычислена на основе расстояния Махаланобиса [18], расстояния Кулбека–Лейблера, расстояния Брегмана и метода «*f*-divergence» [19].

При проведении стресс-тестирования часто приходится учитывать большое число макроэкономических факторов, которые прямо или опосредованно влияют на финансовое состояние банков. К примеру, Банк Англии при стресс-тестировании семи крупнейших банков использует 58 макроэкономических показателей¹, работа с которыми крайне затруднительна. В ряде работ предложены методы по

¹ <https://www.bankofengland.co.uk/stress-testing>

снижению размерности: в частности, применяется метод главных компонент [20] и другие методы, снижающие размерность [21].

Поскольку стресс-тестирование является поведенческой моделью банка, для выполнения нормативов достаточности капитала и надбавок к ним банк может продать часть своих активов с высоким коэффициентом риска с большим дисконтом. В работах [22–24] подробно описаны механизмы математической формализации подобных поведенческих моделей.

2. Алгоритм проведения стресс-тестирования для кластера банков

В работе [25] приведена информационно-логическая модель выявления группы надежных банков. Эта модель предусматривает четыре этапа:

1 этап: Сбор и агрегирование данных официальной публичной отчетности и данных, характеризующих макроэкономическое окружение;

2 этап: Построение логистической регрессии оценки вероятности отзыва лицензии у российских коммерческих банков и определение оптимального порога отсека;

3 этап: Группирование банков с низкой вероятностью отзыва лицензии на основе кластерного анализа или на основе заданных критериев;

4 этап: Проведение стресс-тестирования кредитного риска выбранной группы банков с целью выявления достаточности капитала для покрытия потерь, связанных с кредитным риском как основного источника убытков. Банки, у которых по окончании стрессового периода соблюдаются нормативы достаточности капитала и надбавки к ним, считаются надежными.

В данной работе предлагается алгоритм проведения стресс-тестирования кредитного риска группы банков, который является развитием алгоритма, представленного в работе [1]. Моделирование включает восемь банковских показателей, зависящих от макроэкономических переменных:

- ◆ резервы на возможные потери по кредитам физических лиц (РВПС ФЛ);
- ◆ резервы на возможные потери по кредитам юридических лиц (РВПС ЮЛ);
- ◆ объем кредитного портфеля физических лиц (кредиты ФЛ);

- ◆ объем кредитного портфеля юридических лиц (кредиты ЮЛ);
- ◆ вклады физических лиц (вклады ФЛ);
- ◆ депозиты юридических лиц (депозиты ЮЛ);
- ◆ средства на счетах физических лиц (средства ФЛ);
- ◆ средства на счетах юридических лиц (средства ЮЛ).

В качестве риск-факторов при стресс-тестировании кредитного риска используются следующие макроэкономические переменные:

- ◆ среднее значение, стандартное отклонение и дисперсия обменного курса доллара США, в рублях;
- ◆ среднее значение, стандартное отклонение и дисперсия стоимости барреля нефти марки Brent, в долларах США;
- ◆ среднее значение, стандартное отклонение и дисперсия ставки межбанковского кредитования MIACR², в процентах;
- ◆ среднее значение, стандартное отклонение и дисперсия индекса ММВБ³, в пунктах;
- ◆ среднее значение, стандартное отклонение и дисперсия индекса РТС⁴, в пунктах;
- ◆ реальный темп роста ВВП текущего квартала по отношению к соответствующему кварталу предыдущего года, в процентах;
- ◆ темп роста индекса потребительских цен текущего квартала по отношению к соответствующему кварталу предыдущего года, в процентах;
- ◆ темп роста реальных доходов населения текущего квартала к соответствующему кварталу предыдущего года, в процентах;
- ◆ темп роста расходов населения текущего квартала к соответствующему кварталу предыдущего года, в процентах;
- ◆ темп роста импорта текущего квартала к соответствующему кварталу предыдущего года, в процентах;
- ◆ темп роста индекса потребительских цен текущего квартала к соответствующему кварталу предыдущего года, в процентах.

Весь процесс стресс-тестирования подразделяется на два блока: эконометрическое моделирование и финансовое моделирование.

В рамках первого блока проводится эконометрическое моделирование банковских показателей. В

² MIACR – Moscow Inter-Bank Actual Credit Rate

³ ММВБ – Московская Межбанковская Валютная Биржа

каждый момент времени (выбранный шаг моделирования) для анализируемого кластера банков для каждого из восьми банковских показателей рассчитываются их медианные значения. Они в дальнейшем используются при расчете темпов изменения банковских показателей в зависимости от макроэкономических переменных на основе эконометрических моделей, которые оцениваются методом наименьших квадратов (МНК). В случае наличия автокорреляции и/или гетероскедастичности остатков применяются стандартные ошибки Ньюи–Веста, состоятельные при автокорреляции и гетероскедастичности.

Параметры моделирования процедуры стресс-тестирования приведены в *таблице 1*.

Таблица 1.

Параметры моделирования стресс-тестирования кредитного риска

Интервал моделирования	квартал
Период моделирования	1 квартал 2008 – 4 квартал 2018
Горизонт прогнозирования	1 год (4 квартала)
Стрессовый сценарий	2015 год ⁴

В *таблице 2* приведены необходимые данные для проведения стресс-тестирования кредитного риска.

Таблица 2.

Данные для стресс-тестирования кредитного риска

Переменная	Форма отчетности	Коды агрегирования
$H_{1,0}$	0409135 ⁵	H1.0
$H_{1,1}$	0409135	H1.1
$H_{1,2}$	0409135	H1.2
Высоколиквидные активы	0409135	ЛАМ
Ликвидные активы	0409135	ЛАТ
Совокупный капитал	0409123 ⁶	000
Основной капитал	0409123	106
Базовый капитал	0409123	102

Во втором блоке (финансовое моделирование) на основе прогнозных значений банковских показате-

лей в стрессовом периоде, полученных на первом этапе, для каждого банка рассчитывается достаточность совокупного, основного и базового капитала, чтобы оценить, смогут ли банки выполнить нормативы достаточности капитала⁷ и надбавок⁸.

Расчет достаточности капитала предусматривает три шага.

Шаг 1. Расчет достаточности капитала после доначисления резервов по существующим кредитным портфелям. Расчет осуществляется по формуле:

$$H_{1,i,t}^k = \frac{K_{i,t}^k - \sum_{j=1}^2 \Delta \hat{R}_{j,t}^k}{RWA_i^k - \sum_{j=1}^2 cr_j \cdot \Delta R_{j,t}^k}, \quad (1)$$

где k – номер банка в анализируемом кластере;

$H_{1,i,t}^k$ ⁹ – значение коэффициента достаточности i -го капитала k -го банка в момент времени t ;

$i = 0$ – совокупный капитал, $i = 1$ – базовый капитал, $i = 2$ – основной капитал;

$K_{i,t}^k$ – i -й капитал k -го банка в момент времени t ;

$\Delta \hat{R}_{j,t}^k$ – прогнозный прирост резервов на возможные потери по уже существующему j -му кредитному портфелю k -го банка ($j = 1$ – корпоративный портфель, $j = 2$ – розничный портфель) в момент времени t ;

cr_j – коэффициент риска по j -му кредитному портфелю;

RWA_i^k – активы, взвешенные на риск, для i -го капитала k -го банка.

Шаг 2. Прогноз прироста кредитных портфелей. Рассчитывается прирост кредитных портфелей в три этапа, как показано на *рисунке 1*.

В формулах на рисунке использованы следующие обозначения:

$Z_{j,t}^k$ – фактический объем j -го кредитного портфеля k -го банка в момент времени t ($j = 1$ – корпоративный портфель, $j = 2$ – розничный портфель);

$\hat{Z}_{j,t+1}^k$ – спрогнозированный объем j -го кредитного портфеля k -го банка в момент времени $t + 1$ ($j = 1$ – корпоративный портфель, $j = 2$ – розничный портфель);

⁴ Исторический сценарий 2015 года означает применение значений параметров, которые имели место в 2015 году, в качестве основы стрессового сценария 2018 года

⁵ Форма отчетности 0409135 «Информация об обязательных нормативах»

⁶ Форма отчетности 0409123 «Расчет собственных средств (капитала) (Базель III)»

⁷ Норматив достаточности совокупного капитала H1.0 составляет 8%, базового H1.1 – 4,5%, основного H1.2 – 6%

⁸ Для системно-значимых кредитных организаций действуют надбавки к достаточности капитала в размере 2,525% от активов, взвешенных на риск, и 1,875% для остальных

⁹ Здесь и далее под «моментом времени t » подразумевается конец соответствующего квартала

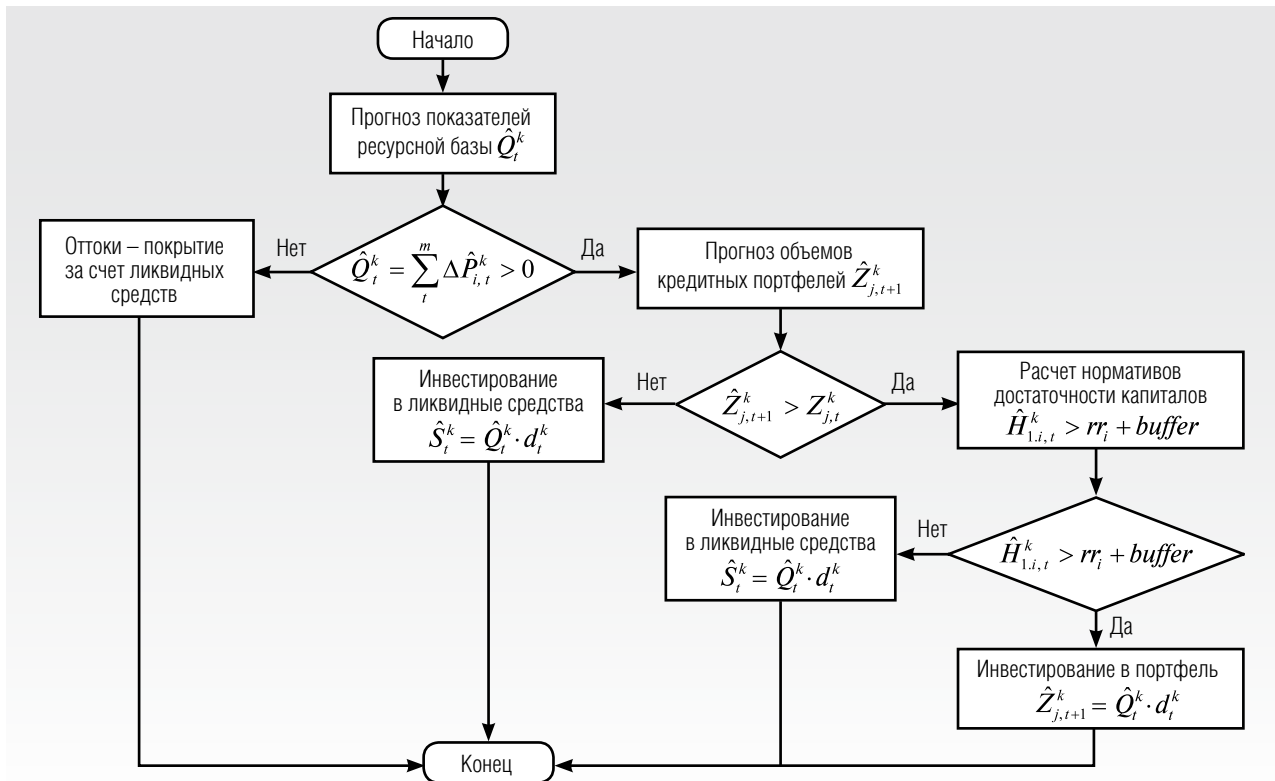


Рис. 1. Схема расчета объема прироста кредитного портфеля

\hat{Q}_{t+1}^k – прирост ресурсной базы k -го банка в момент времени $t + 1$;

\hat{S}_t^k – излишек ресурсной базы k -го банка, который инвестируется в высоколиквидные активы, в момент времени t ;

d_i^k – доля i -го актива в общих активах k -го банка;

$\hat{P}_{i,t}^k$ – i -я ресурсная база k -го банка в момент времени t ;

$H_{1,i,t}^k$ – расчетное значение достаточности i -го капитала банка k в момент времени t ;

rr_i – норматив достаточности i -го капитала;

$buffer$ – надбавки к капиталу.

На первом этапе проверяется, имеет ли место приток ресурсной базы. Если наблюдается отток ресурсной базы, то дефицит покрывается за счет ликвидных средств. Если же наблюдается приток, то осуществляется переход к этапу 2, в рамках которого проверяется спрос на кредиты действующих организаций. Если спрос падает, то излишек притока вкладывается в ликвидные средства, в противном случае осуществляется переход к этапу 3. Далее проверяется наличие необходимого капитала для выполнения нормативов и надбавок. Если нормативы выполня-

ются, то средства инвестируются в кредитный портфель, в противном случае – в ликвидные средства.

Шаг 3. Расчет достаточности капитала после доначисления резервов по вновь выданным кредитам.

После получения прогнозных значений объема кредитных портфелей для каждого банка рассчитывается достаточность капитала с учетом начисления резервов по вновь выданным кредитам по формуле:

$$\hat{H}_{1,i,t_{new}}^k = \frac{\hat{K}_{i,t_{new}}^k - cp \cdot \sum_{j=1}^2 \Delta \hat{Z}_{j,t}^k}{\overline{RWA}_{i,t_{new}}^k + \sum_{j=1}^2 cr_j \cdot (\Delta \hat{Z}_{j,t}^k - cp \cdot \Delta \hat{Z}_{j,t}^k)}, \quad (2)$$

где k – номер банка в анализируемом кластере;

$\hat{H}_{1,i,t_{new}}^k$ – значение коэффициента достаточности i -го капитала k -го банка в момент времени t с учетом вновь выданных кредитов;

$\hat{K}_{i,t_{new}}^k$ – i -й капитал k -го банка в момент времени t с учетом дополнительно сформированных резервов по уже существующему портфелю;

$\Delta \hat{Z}_{j,t}^k$ – прогнозное значение прироста j -го кредитного портфеля k -го банка в момент времени t ($j = 1$ – корпоративный портфель, $j = 2$ – розничный портфель);

cr_j – коэффициент риска по j -му портфелю;
 cr – коэффициент резервирования вновь выданных кредитов;

$\widehat{RWA}_{i,t}^k$ – активы, взвешенные на риск, для i -го капитала k -го банка в момент времени t с учетом дополнительного формирования резервов по уже существующему кредитному портфелю.

По тем банкам, которые не обеспечивают нормы достаточности капиталов и надбавок к ним, рассчитываются необходимые объемы дополнительной капитализации по формуле:

$$\hat{D}^k = \max \{ (required H_{1,i} - \hat{H}_{1,i}^k) \cdot \widehat{RWA}_i^k \}, \quad (3)$$

где: \hat{D}^k – дефицит капитала банка k ;

$required H_{1,i}$ – норматив достаточности i -го капитала ($i = 0$ – совокупный капитал, $i = 1$ – базовый капитал, $i = 2$ – основной капитал);

$\hat{H}_{1,i}^k$ – конечное значение достаточности i -го капитала банка k ;

\widehat{RWA}_i^k – конечное значение активов, взвешенных на риск, i -го капитала банка k .

Банки, которые выполняют нормы достаточности капиталов и надбавок к ним, считаются надежными для инвестирования.

3. Стресс-тестирование кластера крупнейших российских банков

В работе [14] был проведен кластерный анализ¹⁰ банков (334 банка) с низкой вероятностью отзыва лицензии, оцененной на основе логистической регрессионной модели. По итогам кластерного анализа было получено 11 кластеров. В *таблице 3* приведено распределение банков по кластерам.

В данной работе проведено стресс-тестирование кредитного риска второго кластера банков, в который входят крупнейшие российские банки. Список банков, образующих второй кластер, приведен ниже в *таблице 13*.

3.1. Эконометрические модели прогнозирования банковских переменных

Моделирование объема вкладов физических лиц

Вклады физических лиц банков, входящих во второй кластер, положительно зависят от реального темпа роста ВВП с лагом в один квартал. Результаты моделирования представлены в *таблице 4*.

¹⁰ Метод Уорда, мера длины – квадрат Евклидова расстояния

Таблица 3.

Распределение банков по кластерам

Номер кластера	Количество банков
1	63
2	26
3	15
4	10
5	63
6	28
7	45
8	23
9	29
10	14
11	9

Таблица 4.

Результаты моделирования вкладов физических лиц

Переменная	Коэффициент	Тест	Значение статистики	p-value
константа	1,34	Darbin–Watson	1,66	
$pcy(y_{t-1})$	0,86***	Breusch–Godfrey	0,53	0,59
$x_{1,t-1}$	0,37*	Breusch–Pagan–Godfrey	1,39	0,26
R^2 adj	0,68	White test	2,07	0,09
MAPE	4,33%			

Коды значимости: «***» – 0,001; «**» – 0,01; «*» – 0,5

В таблице использованы следующие обозначения:

y_{t-1} – вклады физических лиц;

$x_{1,t-1}$ – реальный темп роста ВВП в момент времени $t - 1$ (в процентах к соответствующему кварталу предыдущего года).

Модель полностью адекватна, так как тесты на автокорреляцию и гетероскедастичность свидетельствуют об их отсутствии, а достаточно высокое значение скорректированного R^2 и низкое значение средней ошибки моделирования означают пригодность модели для прогнозирования. График прогнозных значений объема вкладов физических лиц банков второго кластера в стрессовом сценарии приведен на *рисунке 2*.

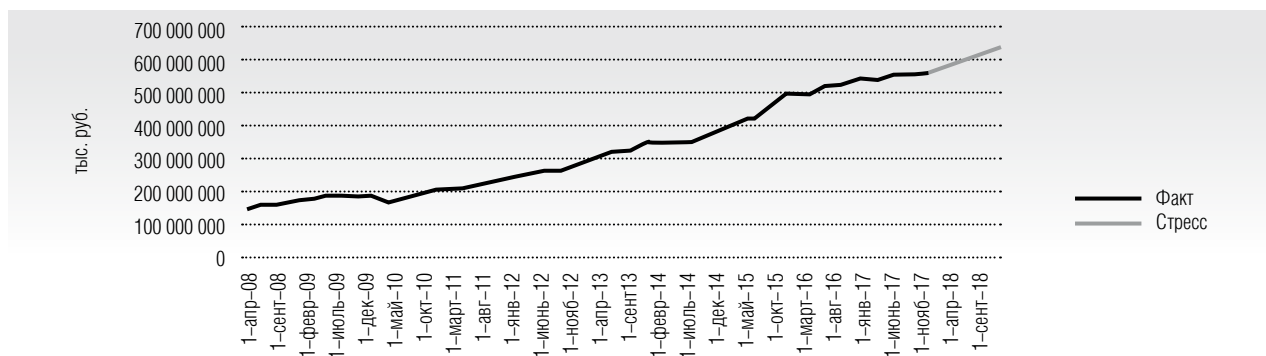


Рис. 2. Фактические и прогнозные значения вкладов физических лиц

Моделирование объема депозитов юридических лиц

Объем депозитов юридических лиц положительно зависит от реального темпа роста ВВП с лагом в два квартала. В модели также присутствует автокорреляционная составляющая. Результаты моделирования представлены в *таблице 5*.

Таблица 5.

Результаты моделирования объема депозитов юридических лиц

Переменная	Коэффициент	Тест	Значение статистики	p-value
константа	5,01	Darbin–Watson	2,24	
$\rho(y_{t-1})$	0,64***	Breusch–Godfrey	4,00	0,027
$x_{1,t-2}$	1,33*	Breusch–Pagan–Godfrey	0,92	0,40
R ² adj	0,62	White test	1,35	0,26
MAPE	4,53%			

Коды значимости: «***» – 0,001; «**» – 0,01; «*» – 0,5

В таблице использованы следующие обозначения:

y_t – депозиты юридических лиц;

$x_{1,t-2}$ – реальный темп роста ВВП в момент времени $t - 2$ (в процентах к соответствующему кварталу предыдущего года).

В модели присутствует автокорреляция, для устранения негативных эффектов которой были применены робастные стандартные ошибки в форме Ньюи–Веста. Однако остатки модели гомоскедастичны. График прогноза объема депозитов юридических лиц банков второго кластера в стрессовом сценарии приведен на *рисунке 3*.

Моделирование объема кредитов физических лиц

Реальный темп роста ВВП с лагом в один квартал положительно влияет на объем розничного портфеля банков второго кластера, в то время как уровень безработицы – отрицательно. Результаты моделирования представлены в *таблице 6*.

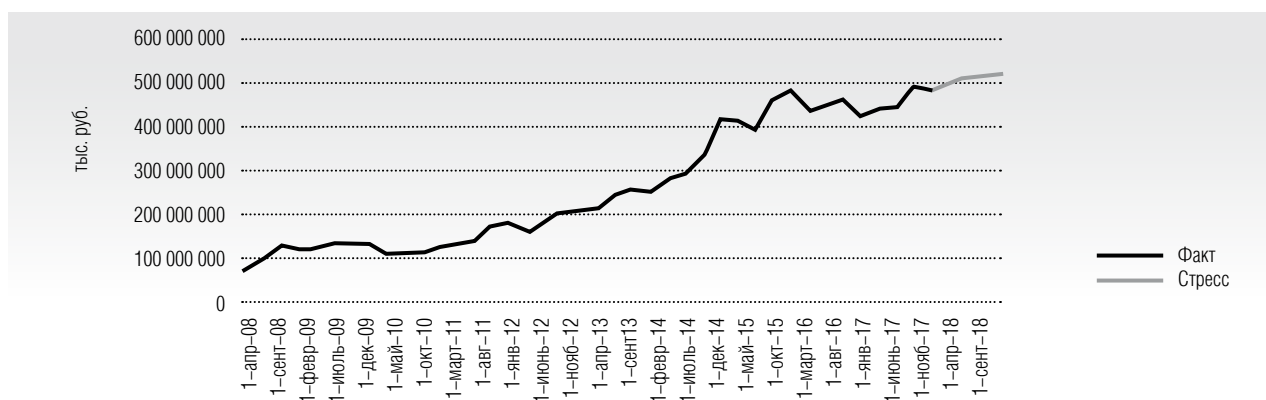


Рис. 3. Фактические и прогнозные значения депозитов юридических лиц

Таблица 6.

**Результаты моделирования
объема кредитов физических лиц**

Переменная	Коэффициент	Тест	Значение статистики	p-value
константа	-0,72***	Darbin-Watson	1,11	
$\rho(y_{t-1})$	0,73***	Breusch-Godfrey	3,98	0,028
$x_{1,t-1}$	0,57***	Breusch-Pagan-Godfrey	2,28	0,096
$x_{2,t}$	-0,34**	White test	1,44	0,21
R ² adj	0,86			
MAPE	6,71%			

Коды значимости: «***» – 0,001; «**» – 0,01; «*» – 0,5

В таблице использованы следующие обозначения:

y_t – кредиты физических лиц;

$x_{1,t-1}$ – реальный темп роста ВВП в момент времени $t-1$ (в процентах к соответствующему кварталу предыдущего года);

$x_{2,t}$ – уровень безработицы (в процентах).

Остатки модели автокоррелированы, но гомоскедастичны. Для устранения негативных эффектов автокорреляции были применены робастные ошибки в форме Ньюи-Веста. Высокое значение R² и низкое значение средней ошибки моделирования свидетельствуют о пригодности модели для прогнозирования. График прогноза объема розничного портфеля банков второго кластера в стрессовом периоде приведен на *рисунке 4*.

**Моделирование объема кредитов
юридических лиц**

Ставки по кредитам юридических лиц свыше года (отрицательно) и цены на баррель нефти марки Brent (положительно) определяют объем корпоративного портфеля банков, входящих во второй кластер. Результаты моделирования представлены в *таблице 7*.

Таблица 7.

**Моделирование объема кредитов
юридических лиц**

Переменная	Коэффициент	Тест	Значение статистики	p-value
константа	27,13	Darbin-Watson	1,55	
$\rho(y_{t-1})$	0,87***	Breusch-Godfrey	1,65	0,2
$x_{1,t}$	-2,34*	Breusch-Pagan-Godfrey	0,86	0,46
$x_{2,t-1}$	0,03*	White test	0,94	0,5
R ² adj	0,80			
MAPE	7,61%			

Коды значимости: «***» – 0,001; «**» – 0,01; «*» – 0,5

В таблице использованы следующие обозначения:

y_t – кредиты юридических лиц;

$x_{1,t}$ – ставка по кредитам юридических лиц свыше года (в процентах);

$x_{2,t-1}$ – стоимость нефти марки Brent в момент времени $t-1$ (в долларах США).

Модель адекватна и пригодна для прогнозирования

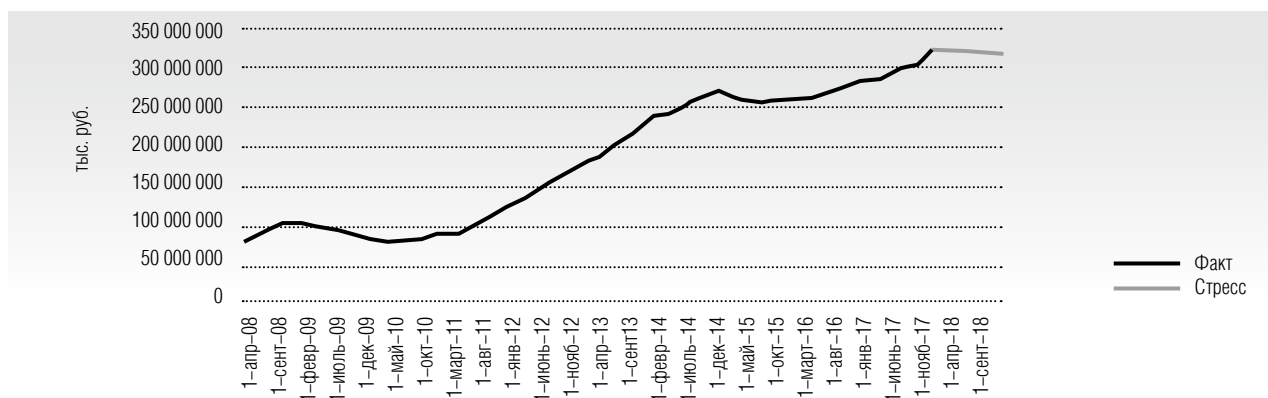


Рис. 4. Фактические и прогнозные значения кредитов физических лиц

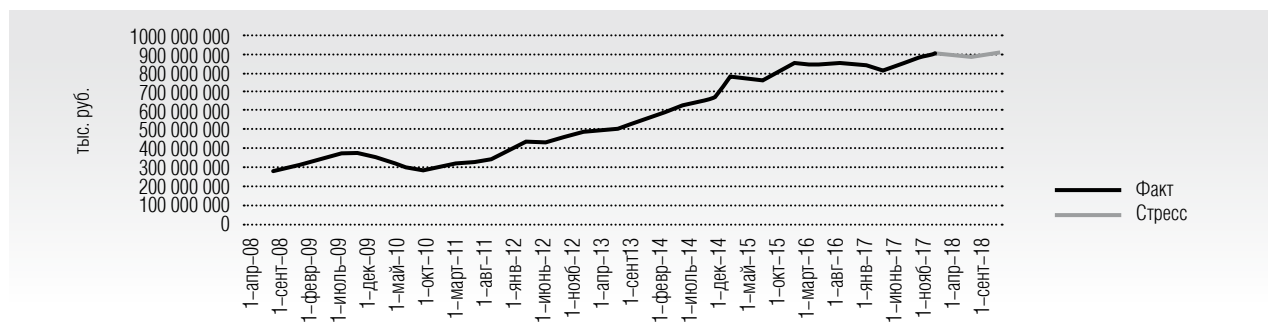


Рис. 5. Фактические и прогнозные значения кредитов юридических лиц

ния. Остатки модели не автокоррелированы и гомоскедастичны, скорректированный R^2 высокий, средняя ошибка моделирования низкая. График прогноза объема портфеля корпоративного кредитования банков второго кластера в стрессовом сценарии приведен на рисунке 5.

Моделирование объема резервов на возможные потери по ссудам физических лиц

Резервы на возможные потери по ссудам физических лиц отрицательно зависят от реального темпа роста ВВП. Также в модели присутствует автокорреляционная составляющая. Результаты моделирования представлены в таблице 8.

Таблица 8.

Результаты моделирования объема РВПС физических лиц

Переменная	Коэффициент	Тест	Значение статистики	p-value
константа	0,81*	Darbin–Watson	1,19	
$\rho(y_{t-1})$	0,74***	Breusch–Godfrey	3,36	0,004
$x_{1,t}$	0,15*	Breusch–Pagan–Godfrey	0,92	0,40
R^2 adj	0,88	White test	1,3	0,28
MAPE	8,56%			

Коды значимости: «***» – 0,001; «**» – 0,01; «*» – 0,5

В таблице использованы следующие обозначения:

y_t – резервы на возможные потери по ссудам физических лиц;

$x_{1,t}$ – реальный темп роста ВВП в момент времени t (в процентах к соответствующему кварталу предыдущего года).

Результаты тестов Бреуша–Годфри, Бреуша–Пагана–Годфри и Уайта свидетельствуют об отсутствии автокорреляции и гетероскедастичности в остатках модели. Модель адекватна и пригодна для прогнозирования. На рисунке 6 приведен график прогноза резервов на возможные потери по ссудам физических лиц в стрессовом сценарии.

Моделирование объема резервов на возможные потери по ссудам юридических лиц

Объем резервов на возможные потери по ссудам юридических лиц банков второго кластера имеет отрицательную зависимость от реального темпа роста ВВП и стоимости нефти марки Brent. Результаты модели представлены в таблице 9.

Таблица 9.

Результаты моделирования объема РВПС юридических лиц

Переменная	Коэффициент	Тест	Значение статистики	p-value
константа	-6,25*	Darbin–Watson	2,10	
$\rho(y_{t-1})$	0,6***	Breusch–Godfrey	0,12	0,88
$x_{1,t}$	-6,4*	Breusch–Pagan–Godfrey	0,91	0,44
$x_{2,t}$	-0,24*	White test	0,63	0,75
R^2 adj	0,92			
MAPE	6,43%			

Коды значимости: «***» – 0,001; «**» – 0,01; «*» – 0,5

В таблице использованы следующие обозначения:

y_t – резервы на возможные потери по ссудам юридических лиц;

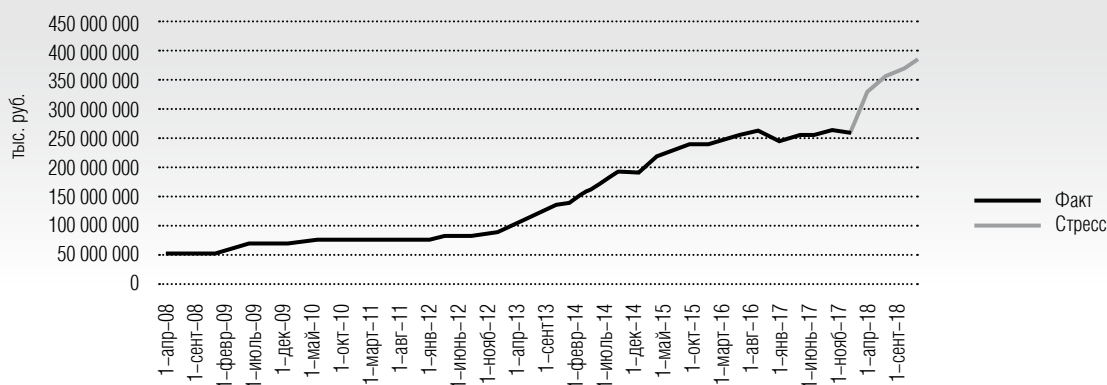


Рис. 6. Фактические и прогнозные значения РВПС физических лиц

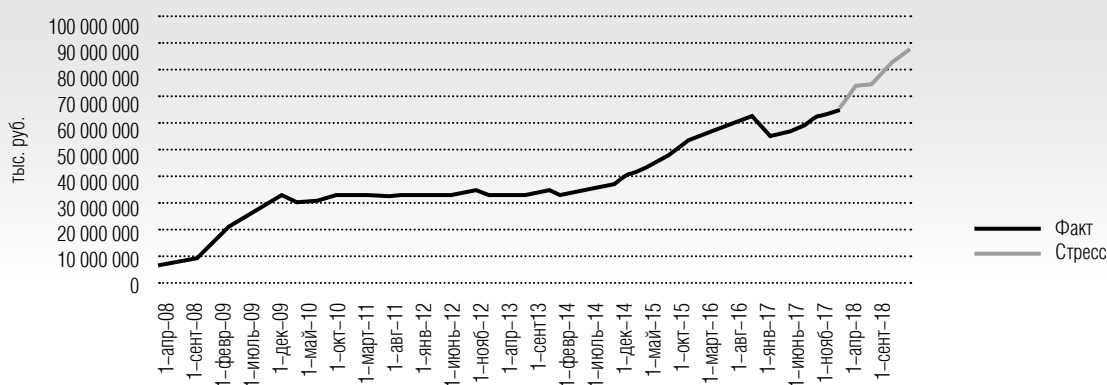


Рис. 7. Фактические и прогнозные значения РВПС юридических лиц

$x_{1,t}$ – реальный темп роста ВВП в момент времени t (в процентах к соответствующему кварталу предыдущего года);

$x_{2,t}$ – стоимость нефти марки Brent в момент времени t (в долларах США).

Модель адекватна и пригодна для прогнозирования. Значение скорректированного R^2 высокое, а средняя ошибка моделирования низкая. Отсутствуют автокорреляция и гетероскедастичность. График прогноза резервов на возможные потери по ссудам юридических лиц банков второго кластера в стрессовом периоде приведен на *рисунке 7*.

Моделирование объема средств на текущих счетах физических лиц

Ставки по вкладам физических лиц отрицательно влияют на объем средств на текущих счетах физических лиц банков второго кластера. Это объясняется тем, что с ростом процентных ставок по вкладам люди предпочитают перевести деньги с текущих счетов на вклады. Результаты модели представлены в *таблице 10*.

Таблица 10.

Результаты моделирования объема средств на текущих счетах физических лиц

Переменная	Коэффициент	Тест	Значение статистики	p-value
константа	34,07**	Darbin–Watson	2,13	
$pcy(y_{t-1})$	0,54***	Breusch–Godfrey	0,36	0,68
$x_{1,t}$	-2,93**	Breusch–Pagan–Godfrey	0,37	0,69
R^2 adj	0,68	White test	0,45	0,8
MAPE	9,24%			

Коды значимости: «***» – 0,001; «**» – 0,01; «*» – 0,5

В таблице использованы следующие обозначения:
 $pcy(y_{t-1})$ – годовой темп прироста средств на текущих счетах физических лиц;

$x_{1,t}$ – ставки по вкладам физических лиц свыше года в момент времени t (в процентах).

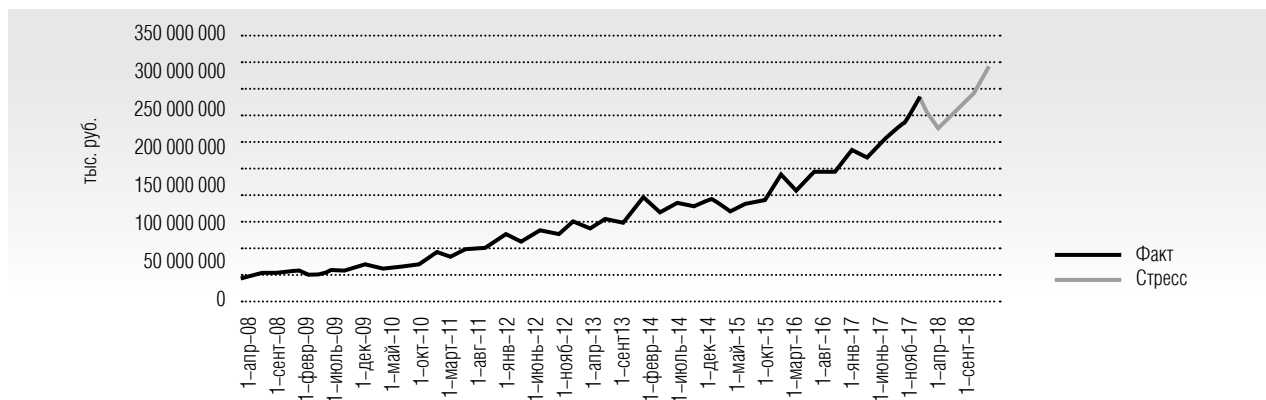


Рис. 8. Фактические и прогнозные значения средств на текущих счетах физических лиц

Результаты тестов Бреуша–Годфри, Бреуша–Пагана–Годфри и Уайта свидетельствуют об отсутствии автокорреляции и гетероскедастичности. Модель адекватна и пригодна для прогнозирования. График прогноза средств на текущих счетах физических лиц в банках, входящих во второй кластер, в стрессовом периоде приведен на рисунке 8.

Моделирование объема средств на расчетных счетах юридических лиц

Годовой темп роста инвестиций в основной капитал – фактор, определяющий объем средств на расчетных счетах юридических лиц банков второго кластера. Результаты модели представлены в таблице 11.

Таблица 11.

Результаты моделирования объема средств на расчетных счетах юридических лиц

Переменная	Коэффициент	Тест	Значение статистики	p-value
константа	4,93*	Darbin–Watson	1,77	
$\rho_{cy}(y_{t-1})$	0,71***	Breusch–Godfrey	0,71	0,49
$x_{1,t}$	-0,71**	Breusch–Pagan–Godfrey	1,45	0,24
$R^2 \text{ adj}$	0,58	White test	0,57	0,71
MAPE	13,44%			

Коды значимости: «***» – 0,001; «**» – 0,01; «*» – 0,5

В таблице использованы следующие обозначения:
 $\rho_{cy}(y_{t-1})$ – годовой темп прироста средств на расчетных счетах юридических лиц;

$x_{1,t}$ – темп роста инвестиций в основной капитал в

момент времени t (в процентах к соответствующему кварталу предыдущего года).

Адекватность модели подтверждается тестами на наличие автокорреляции и гетероскедастичности, свидетельствующими об их отсутствии. Маленькая ошибка моделирования и высокое значение скорректированного R^2 говорят о пригодности модели для прогнозирования. График прогноза объема средств на расчетных счетах юридических лиц банков второго кластера в стрессовом сценарии приведен на рисунке 9.

Прогнозные значения квартальных темпов роста анализируемых банковских показателей кластера приведены в таблице 12 и на рисунке 10.

Следует отметить, что объемы кредитных портфелей имеют некоторую тенденцию к снижению, в то время как по депозитам юридических лиц и вкладам физических лиц в стрессовом периоде прогнозируется рост. Этот рост можно объяснить тем, что во второй кластер попадают банки преимущественно государственные и входящие в список системно-значимых кредитных организаций. Это означает, что в кризисные периоды вероятность дефолта этих банков крайне мала, что является определяющим фактором для вкладчиков при выборе банка. Резкий рост в первом квартале наблюдается по резервам на возможные потери по ссудам физических и юридических лиц.

3.2. Результаты стресс-тестирования

Из 26 банков второго кластера девять являются системно-значимыми кредитными организациями. По результатам стресс-тестирования банков второго кластера у 11 банков (из них 3 – системно-значимые) наблюдалось нарушение нормативов или надбавок

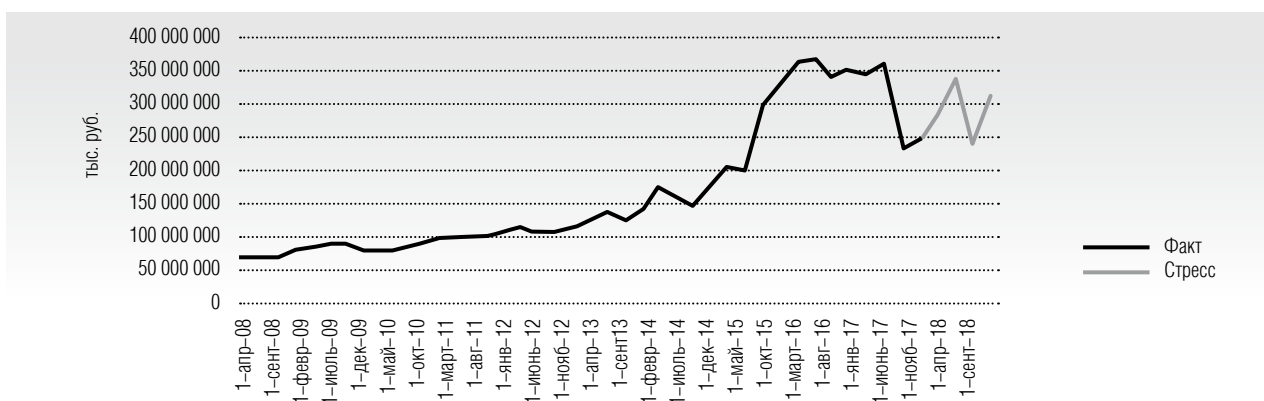


Рис. 9. Фактические и прогнозные значения средств на расчетных счетах юридических лиц

Таблица 12.

Прогнозные значения квартальных темпов роста банковских показателей в стрессовом сценарии

Квартал 2018 года	Кредиты ФЛ	Кредиты ЮЛ	Вклады ФЛ	Депозиты ЮЛ	РВПС ФЛ	РВПС ЮЛ	Средства ФЛ	Средства ЮЛ
1	-0,16	-0,89	3,26	3,80	24,05	13,73	-16,12	15,27
2	-0,26	-1,17	2,85	2,43	8,48	1,22	8,16	19,33
3	0,71	0,71	2,52	1,09	4,21	10,13	9,60	-29,40
4	-1,03	0,39	2,68	0,03	4,32	6,77	15,63	30,98

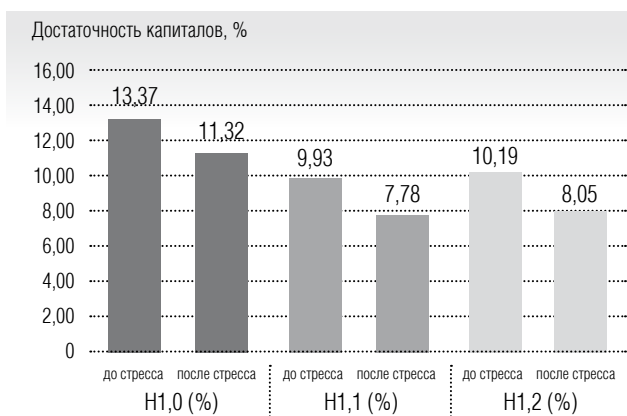


Рис. 10. Средние значения нормативов достаточности всех видов капитала до начала стресс-тестирования (по состоянию на 01.01.2018 – «до стресса») и по результатам моделирования стрессовой ситуации (по состоянию на 01.01.2019 – «после стресса») для банков второго кластера

На рисунке 10 приведены графики средних значений нормативов достаточности совокупного капитала N1.0 (%), базового капитала N1.1, (%) и основного капитала N1.2 (%) до начала стресс-тестирования (по состоянию на 01.01.2018 – «до стресса») и по результатам моделирования стрессовой ситуации (по состоянию на 01.01.2019 – «после стресса»), так как горизонт прогнозирования составляет 4 квартала, для банков, образующих второй кластер.

Как видно из рисунка 10, достаточность всех видов капитала для банков второго кластера по результатам проведения стресс-тестирования кредитного риска в среднем уменьшилась приблизительно на 2%. Так, достаточность совокупного капитала снизилась с 13,37% до 11,32%, достаточность базового капитала – с 9,93% до 7,78%, а достаточность основного капитала – с 10,19% до 8,05%.

Заключение

Таким образом, предложенный алгоритм позволяет всем контрагентам банков, имеющим доступ только к публичной финансовой информации, проводить стресс-тестирование кредитного риска

к ним. В таблице 13 приведены значения достаточности капитала до начала стресс-тестирования (по состоянию на 01.01.2018 – «до стресса») и по результатам моделирования стрессовой ситуации (по состоянию на 01.01.2019 – «после стресса»).

**Результаты стресс-тестирования
кредитного риска банков второго кластера**

Номер лицензии	Наименование банка	Н1.0 (%)		Н1.1 (%)		Н1.2 (%)		Нарушение норматива и/или надбавки	Дефицит капитала (тыс. руб.)
		до стресса	после стресса	до стресса	после стресса	до стресса	после стресса		
1000	ПАО Банк «ВТБ»	11,28	10,59	8,87	8,19	9,09	8,39	1	3 927 623
1326	АО «Альфа-Банк»	12,04	9,90	7,88	5,62	9,14	6,91	0	0
1343	ПАО Банк «Левобережный»	14,97	12,67	9,66	7,15	9,66	7,15	0	0
1439	ПАО Банк «Возрождение»	13,53	10,41	9,42	6,10	9,42	6,10	0	0
1481	ПАО «Сбербанк»	14,97	13,72	10,72	9,40	10,72	9,40	0	0
1637	ПАО «СДМ-Банк»	14,81	14,12	11,89	11,17	11,89	11,17	1	5 711 336
1792	ООО «Русфинанс Банк»	13,41	10,71	13,31	10,60	13,31	10,60	1	4 953 081
1942	АО «Глобэксбанк»	14,11	10,99	13,27	10,11	13,27	10,11	1	12 979 623
2210	ПАО «ТКБ-Банк»	11,08	8,39	7,70	4,88	7,70	4,88	1	3 130 759
2272	ПАО «Росбанк»	13,10	11,93	9,22	7,96	9,22	7,96	0	0
2289	АО Банк «Русский Стандарт»	12,50	7,78	9,54	4,53	9,54	4,53	1	98 297
2306	ПАО АКБ «Абсолют Банк»	12,36	10,70	8,35	6,60	8,35	6,60	0	0
2312	АО Банк «ДОМ.РФ»	10,55	8,30	7,68	5,33	7,68	5,33	0	0
2440	ПАО АКБ «Металлинвестбанк»	12,75	11,59	8,98	7,75	8,98	7,75	0	0
2590	ПАО «Ак Барс Банк»	14,72	13,40	10,53	9,14	10,53	9,14	1	1 768 125
2707	АО КБ «ЛОКО-Банк»	13,89	12,63	12,01	10,71	12,01	10,71	0	0
316	ООО «ХКФ Банк»	13,92	12,54	9,92	8,46	9,92	8,46	0	0
328	АО «АБ Россия»	12,01	11,23	7,77	6,95	8,43	7,61	0	0
3292	АО «Райффайзенбанк»	13,27	12,14	9,94	8,75	10,63	9,45	1	42 362 841
3311	АО «Кредит Европа Банк»	14,41	10,45	11,80	7,65	11,80	7,65	1	1 586 504
3349	АО «Россельхозбанк»	15,55	13,99	10,41	8,74	10,94	9,28	0	0
354	АО Банк «Газпромбанк»	12,75	11,48	8,70	7,39	9,07	7,75	1	1 330 903
436	ПАО Банк «Санкт-Петербург»	14,27	11,91	10,05	7,55	10,05	7,55	0	0
588	АО Банк «СНГБ»	15,58	12,09	11,91	8,19	11,91	8,19	1	3 927 623
705	ПАО «СКБ-банк»	12,79	9,61	8,72	5,21	10,71	7,32	0	0
963	ПАО «Совкомбанк»	12,94	11,15	10,03	8,16	11,02	9,18	0	0

интересующего их кластера банков, по результатам которого можно оценить, какие банки являются наиболее надежными в кризисных ситуациях. На примере стресс-тестирования кредитного риска, проведенного для кластера из 28 банков, было построено восемь эконометрических моде-

лей банковских показателей, представляющих собой медианные значения банковских показателей, входящих в этот кластер банков. По итогам стресс-тестирования у 11 банков прогнозируется дефицит всех видов капитала для обеспечения нормативов достаточности или надбавок к ним. ■

Литература

1. Bidzhoyan D., Bogdanova T. Russian banks credit risk stress-testing based on the publicly available data // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2018. Vol. 850. P. 262–271.
2. Arena M. Bank failures and bank fundamentals: A comparative analysis of Latin America and East Asia during the nineties using bank-level data // *Journal of Banking and Finance*. 2008. No 32. P. 299–310.
3. Makinen M., Solanko L. Determinants of banks closure: Do levels or changes of CAMEL variables matter? // *Russian Journal of Money and Finance*. 2018. Vol. 77. No 2. P. 3–21.
4. Mitchell T. Bank default prediction: A comparative model using principal component analysis // *Journal of Stock and Forex Trading*. 2015. Vol. 4. No 2. P. 677–689.
5. Карминский А.М., Костров А.В. Моделирование вероятности дефолта российских банков: расширенные возможности // *Журнал новой экономической ассоциации*. 2014. Т. 17. № 1. С. 64–86.
6. Пересецкий А.А. Модели причин отзыва лицензии российских банков / Препринт WP/2010/085. М.: РЭШ, 2010.
7. Karmisky A., Khromova E. Modelling banks' credit rating of international agencies // *Eurasian Economic Review*. 2016. Vol. 6. No 3. P. 341–363.
8. Goldewski C.J. Are ratings consistent with default probabilities? Empirical evidence on banks in emerging market economies // *Emerging Markets Finance and Trade*. 2007. Vol. 43. No 4. P. 5–23.
9. Avrikan N., McCrystal A. Sensitivity analysis of network DEA: NSBM versus NRAM // *Applied Mathematics and Computation*. 2012. Vol. 218. No 22. P. 11226–11239.
10. Karas A., Schoors K., Weill L. Are private banks more efficient than public banks? Evidence from Russia // *Economics of Transition*. 2010. Vol. 18. No 1. P. 209–244.
11. Gonzales F. Bank regulation and risk-taking incentives: An international comparison of bank risk // *Journal of Banking and Finance*. 2005. Vol. 29. No 5. P. 1153–1184.
12. Ungan E., Caner S., Ozyildirim S. Depositors's assessment of bank riskiness in the Russian Federation // *Journal of Financial Services Research*. 2008. Vol. 33. No 2. P. 77–110.
13. Пересецкий А.А. Эконометрические методы в дистанционном анализе деятельности российских банков. М.: ВШЭ, 2012.
14. Blaschke W., Jones T., Magnoni G., Peria S.-M. Stress-testing of financial systems: An overview of issues, methodologies, and FSAP experience / IMF Working Paper WP/01/88. 2001.
15. Melecky M., Podperia A. Macro prudential stress-testing practices of central banks in central and eastern Europe: an overview and challenges ahead / World Bank Policy Research Working Paper WP/2010/09/01. 2010.
16. Foglia A. Stress testing credit risk: a survey of authorities approaches // *International Journal of Central Banking*. 2009. Vol. 5. No 3. P. 9–45.
17. Breuer T., Summer M. Solvency stress testing of banks: Current practice and novel options / Report for the Sveriges Riksbank and Finansinspektionen. 2017.
18. Breuer T., Csiszar I. Systematic stress test with entropic plausibility constraints // *Journal of Banking and Finance*. 2013. No 37. P. 1552–1559.
19. Breuer T., Csiszar I. Measuring distribution model risk // *Mathematical Finance*. 2016. Vol. 26. No 2. P. 395–411.
20. Kapinos P., Mitnik O. A top-down approach to stress-testing of banks // *Journal of Financial Services Research*. 2016. Vol. 49. No 2. P. 229–264.
21. Pritsker M. Choosing stress scenarios for systemic risk through dimension reduction // Federal Reserve Bank of Boston Working Paper WP17-04. 2017.
22. Shleifer A., Vishny R. Liquidation values and debt capacity: a market equilibrium approach // *Journal of Finance*. 1992. Vol. 47. No 4. P. 1343–1366.
23. Cont R., Wagalath L. Fire sales forensics: Measuring endogenous risk // *Mathematical Finance*. 2016. Vol. 26. No 4. P. 835–866.
24. Pedersen L. When everyone runs for exit // *International Journal of Central Banking*. 2009. Vol. 5. No 4. P. 177–199.
25. Биджоян Д.С., Богданова Т.К., Неклюдов Д.Ю. Оценка надежности банка как объекта инвестирования // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*. 2018. Т. 11. № 4. С. 70–84.

Об авторах

Биджоян Давит Саакович

преподаватель кафедры бизнес-аналитики, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20;

E-mail: bidzhoyan_david@mail.ru

ORCID: 0000-0002-3668-1691

Богданова Татьяна Кирилловна

кандидат экономических наук, доцент;

доцент кафедры бизнес-аналитики, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20;

E-mail: tanbog@hse.ru

ORCID: 0000-0002-0018-2946

Неклюдов Дмитрий Юрьевич

старший преподаватель кафедры бизнес-аналитики, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20;

E-mail: nekludovmid@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9165-280X

Credit risk stress testing in a cluster of Russian commercial banks

Davit S. Bidzhoyan

E-mail: bidzhoyan_david@mail.ru

Tatiana K. Bogdanova

E-mail: tanbog@hse.ru

Dmitry Yu. Neklyudov

E-mail: nekludovmid@gmail.com

National Research University Higher School of Economics
Address: 20, Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia

Abstract

Stress testing as an instrument of risk evaluation is actively used in many international organizations, as well as by central banks in many countries. Some organizations (including the Bank of Russia) when conducting stress testing do not publish results of the tests, though they are interesting for the business community. They are reticent so to avoid causing panic on markets which could lead to a massive outflow of deposits from the banking sector as a whole or from some individual banks in particular. As a rule, stress testing is conducted relying on huge number of unpublished reporting forms, but the business community has no access to them. Only four reporting forms are presented on the Bank of Russia's website. In this paper we propose a simplified algorithm of credit risk stress testing of a banking cluster based on the four officially published reporting forms. The algorithm provides modelling of median values of banking variables depending on macroeconomic indicators, and subsequent retranslation of the received values for assessing the financial position of each bank included in the cluster. It is assumed that growth rates of banking indicators obtained from the econometrics models relying on median values are the same for each bank in the cluster. As of 1 January 2018, credit risk stress testing was conducted for 26 banks, nine of which are system-significant credit institutions. Within the stress testing, eight econometric time series models were developed. As a result, it was discovered that 11 out of 26 banks in the cluster will face certain difficulties regarding statutory requirements related to capital ratios or buffers.

Key words: stress testing; credit risk; macroeconomic indicator; econometric model; system-significant credit institutions; median.

Citation: Bidzhoyan D.S., Bogdanova T.K., Neklyudov D.Yu. (2019) Credit risk stress testing in a cluster of Russian commercial banks. *Business Informatics*, vol. 13, no 3, pp. 35–51. DOI: 10.17323/1998-0663.2019.3.35.51

References

1. Bidzhoyan D., Bogdanova T. (2018) Russian banks credit risk stress-testing based on the publicly available data. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 850, pp. 262–271.
2. Arena M. (2008) Bank failures and bank fundamentals: A comparative analysis of Latin America and East Asia during the nineties using bank-level data. *Journal of Banking and Finance*, no 32, pp. 299–310.
3. Makinen M., Solanko L. (2018) Determinants of banks closure: Do levels or changes of CAMEL variables matter? *Russian Journal of Money and Finance*, vol. 77, no 2, pp. 3–21.
4. Mitchell T. (2015) Bank default prediction: A comparative model using principal component analysis. *Journal of Stock and Forex Trading*, vol. 4, no 2, pp. 677–689.
5. Karminsky A.M., Kostrov A.V. (2014) Modelling the likelihood of Russian bank's default: extended opportunities. *Journal of the New Economic Association*, vol. 17, no 1, pp. 64–86 (in Russian).

6. Peresetsky A.A. (2010) *Models of Russian bank's license revocation reasons*. Working paper WP/2010/085. Moscow: RES (in Russian).
7. Karmisky A., Khromova E. (2016) Modelling banks' credit rating of international agencies. *Eurasian Economic Review*, vol. 6, no 3, pp. 341–363.
8. Goldewski C.J. (2007) Are ratings consistent with default probabilities? Empirical evidence on banks in emerging market economies. *Emerging Markets Finance and Trade*, vol. 43, no 4, pp. 5–23.
9. Avrikan N., McCrystal A. (2012) Sensitivity analysis of network DEA: NSBM versus NRAM. *Applied Mathematics and Computation*, vol. 218, no 22, pp. 11226–11239.
10. Karas A., Schoors K., Weill L. (2010) Are private banks more efficient than public banks? Evidence from Russia. *Economics of Transition*, vol. 18, no 1, pp. 209–244.
11. Gonzales F. (2005) Bank regulation and risk-taking incentives: An international comparison of bank risk. *Journal of Banking and Finance*, vol. 29, no 5, pp. 1153–1184.
12. Ugan E., Caner S., Ozyildirim S. (2008) Depositors's assessment of bank riskiness in the Russian Federation. *Journal of Financial Services Research*, vol. 33, no 2, pp. 77–110.
13. Peresetsky A.A. (2012) *Econometric methods in off-site analysis of Russian banks*. Moscow: HSE (in Russian).
14. Blaschke W., Jones T., Magnoni G., Peria S.-M. (2001) *Stress-testing of financial systems: An overview of issues, methodologies, and FSAP experience*. IMF Working Paper WP/01/88.
15. Melecky M., Podperia A. (2010) *Macro prudential stress-testing practices of central banks in central and eastern Europe: an overview and challenges ahead*. World Bank Policy Research Working Paper WP/2010/09/01.
16. Foglia A. (2009) Stress testing credit risk: a survey of authorities approaches. *International Journal of Central Banking*, vol. 5, no 3, pp. 9–45.
17. Breuer T., Summer M. (2017) *Solvency stress testing of banks: Current practice and novel options*. Report for the Sveriges Riksbank and Finansinspektionen.
18. Breuer T., Csiszar I. (2013) Systematic stress test with entropic plausibility constraints. *Journal of Banking and Finance*, no 37, pp. 1552–1559.
19. Breuer T., Csiszar I. (2016) Measuring distribution model risk. *Mathematical Finance*, vol. 26, no 2, pp. 395–411.
20. Kapinos P., Mitnik O. (2016) A top-down approach to stress-testing of banks. *Journal of Financial Services Research*, vol. 49, no 2, pp. 229–264.
21. Pritsker M. (2017) *Choosing stress scenarios for systemic risk through dimension reduction*. Federal Reserve Bank of Boston Working Paper WP17-04.
22. Shleifer A. Vishny R. (1992) Liquidation values and debt capacity: a market equilibrium approach. *Journal of Finance*, vol. 47, no 4, pp. 1343–1366.
23. Cont R., Wagalath L. (2016) Fire sales forensics: Measuring endogenous risk. *Mathematical Finance*, vol. 26, no 4, pp. 835–866.
24. Pedersen L. (2009) When everyone runs for exit. *International Journal of Central Banking*, vol. 5, no 4, pp. 177–199.
25. Bidzhoyan D.S., Bogdanova T.K., Neklyudov D.Yu. (2018) Evaluating reliability of a bank as an investment object. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, vol. 11, no 4, pp. 70–84 (in Russian).

About the authors

Davit S. Bidzhoyan

Lecturer, Department of Business Analytics, National Research University Higher School of Economics,
20, Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia;
E-mail: bidzhoyan_david@mail.ru
ORCID: 0000-0002-3668-1691

Tatiana K. Bogdanova

Cand. Sci. (Econ.);
Associate Professor, Department of Business Analytics, National Research University Higher School of Economics,
20, Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia;
E-mail: tanbog@hse.ru
ORCID: 0000-0002-0018-2946

Dmitry Yu. Neklyudov

Senior Lecturer, Department of Business Analytics, National Research University Higher School of Economics,
20, Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia;
E-mail: nekludovmid@gmail.com
ORCID: 0000-0002-9165-280X