

О.И. Никонов, д-р физ.-мат. наук, профессор,
В.Е. Власов,¹
г. Екатеринбург

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В КОММЕРЧЕСКОМ БАНКЕ ПОСРЕДСТВОМ УПРАВЛЕНИЯ ОПЕРАЦИОННЫМ РИСКОМ

В настоящей статье рассматривается метод обеспечения финансово-экономической безопасности банка, который заключается в мотивации руководителей бизнес-единиц на снижение операционных рисков (мошенничества, сбоев систем) и формировании необходимого объема капитала банка, достаточного для поддержания платежеспособности банка в ситуации реализации значительных финансово-экономических рисков. В статье описывается модель оценки экономического капитала под операционный риск, на основании которой возможно применение продвинутых методов аллокации капитала. Приводится сравнение различных методов аллокации капитала и оценивается возможность их применения в российском коммерческом банке.

Ключевые слова: финансово-экономическая безопасность, операционный риск, экономический капитал, подход, основанный на функции распределения потерь, аллокация капитала.

Введение. Экономический капитал (*economic capital*, далее – *EC*) – это объем капитала, необходимый для покрытия потерь, возникающих вследствие различных факторов риска. С точки зрения руководства банка, в значении *EC* сосредоточена все информация относительно подверженности различным факторам финансово-экономических потерь.

Целью управления экономическим капиталом под операционный риск (далее – *OREC*) является минимизация убытков от мошенничества, сбоев систем, и иных внешних факторов, влияющих на финансово-экономическую безопасность банка. Для

достижения этой цели, показатель *OREC* через знаменатель формулы *RARORAC* (*risk-adjusted return on risk-adjusted capital*) включается в систему мотивации руководителей бизнес-подразделений. При этом уровень операционного риска банка, оцененный в виде *OREC*, должен быть справедливо распределен между бизнес-подразделениями. Распределение общего *OREC* банка по бизнес-единицам в соответствии с их вкладом в общий уровень операционного риска называется аллокацией *OREC*.

Проблематика оценки и аллокации *OREC* занимает ключевое место в процессе перехода крупных российских банков на стандарты Базель. Модель *OREC* является одной из основных частей методологии агрегации и аллокации общего *EC* банка. С ее помощью оценивается функция распределения убытков от операционного риска, которая используется при агрегации общего диверсифицированного *EC* банка (как правило, с применением симуляций Монте-Карло). Она также используется для аллокации общего диверсифицированного

¹ Никонов Олег Игоревич – доктор физико-математических наук, профессор, директор департамента бизнес-информатики и математического моделирования Института Высшая школа экономики и менеджмента Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, ведущий научный сотрудник Института математики и механики УрО РАН; e-mail: o.i.nikonov@urfu.ru.

Власов Владимир Евгеньевич – заместитель директора финансового управления Уральского банка ОАО «Сбербанк России»; e-mail: vlasovve@inbox.ru.

ЕС банка на единицы сегментации, в частности на бизнес-единицы, и описываются дальнейшие процедуры оценки показателей эффективности с учетом риска, таких как скорректированная на риск доходность капитала под риском и экономическая добавленная стоимость.

Описание методологии оценки *OREC* с применением продвинутых подходов приведено в [2, 4, 7]. Проблема аллокации *ЕС* описывается в [3, 5, 6, 8]. Большинство работ по аллокации капитала ориентировано на *ЕС* кредитного риска, а объектом исследования является кредитный портфель банка.

Целью настоящей работы является выбор оптимального с точки зрения минимизации финансово-экономических рисков, метода аллокации *OREC* на бизнес-единицы для российского коммерческого банка. Для достижения цели будет произведен сравнительный анализ различных методов аллокации капитала и рассмотрены ограничения их использования с точки зрения структуры модели оценки *OREC* и достаточности данных об операционных убытках. Поскольку применимость метода аллокации напрямую зависит от методологии оценки, в статье приводится модификация метода оценки *OREC*, основанного на функции распределения операционных потерь (*Loss Distribution Approach – LDA*), а также дополнительные ограничения, связанные с применением различных схем аллокации капитала. Применение приведенной методологии оценки и аллокации капитала будет продемонстрировано на примере крупного российского коммерческого банка. Результаты работы использованы в качестве методологической основы оценки и аллокации экономического капитала под операционный риск в указанном банке.

Структура модели оценки и методы аллокации экономического капитала под операционный риск. Базель предлагает три подхода к оценке *OREC*: на основе базового индикатора (*Basic Indicator Approach – BIA*),

стандартизированный (*The Standardized Approach – TSA*) и «продвинутые» подходы (*Advanced Measurement Approaches – AMA*). В рамках наиболее передовых и сложных «продвинутых» подходов (*AMA*), убыток банка, возникающий в результате реализации различных типов операционного риска, рассматривается как случайная величина – ϑ . Типы операционного риска формализованы в виде так называемых «ячеек» (обычно их количество – 56) – пересечений 8 бизнес-линий и 7 типов риска, определенных в Базель II. Если обозначить α – целевой уровень статистической значимости, то *OREC* определяется либо как (1) или (2):

$$OREC(\alpha) = q_\alpha = \inf \{ \chi | P(\vartheta \leq \chi) \geq \alpha \}, \quad (1)$$

$$OREC(\alpha) = E(\vartheta | \vartheta \geq q_\alpha), \quad (2)$$

где q_α – квантиль уровня α , или $VaR_\alpha(\vartheta)$;

$P(\vartheta \leq x) = G_\vartheta(x)$ – кумулятивная функция распределения ϑ .

Риск-меры, используемые в (1) и (2), называются стоимостью под риском (*Value-at-risk*) и условное математическое ожидание (*Expected Short fall*) соответственно.

После того как *OREC* был оценен, его необходимо аллоцировать на бизнес-единицы для целей оценки эффективности деятельности с учетом риска. Аллокация *OREC* – это процесс распределения экономического капитала между единицами сегментации, который заключается в определении вклада каждой единицы сегментации в общий уровень риска или *OREC* банка таким образом, чтобы выполнялось (3):

$$\rho(\vartheta) = \sum_{l=1}^L AC_l, \quad (3)$$

где $\rho(\vartheta)$ – это *OREC* (в соответствии с (1) или (2));

AC_l – объем капитала, аллоцированного на l -ю бизнес-единицу ($l = 1, 2, \dots, L$).

Другими словами, аллокация *OREC* – это определение объема капитала (финан-

совых ресурсов), необходимого бизнес-единицам для покрытия непредвиденных операционных потерь. В случае стабильного денежного потока увеличение объема аллоцированного капитала означает увеличение подверженности бизнес-единицы операционному риску. Как следствие, должны быть приняты управленческие меры по снижению риска и мотивации руководства бизнес-единицы.

Существуют три основных категории методов аллокации капитала:

1. Линейные методы (*linear allocation*) – на бизнес-единицу (*BU*) распределяется объем капитала, в соответствии с долей, занимаемой значением определенной меры для данной *BU* в сумме значений этой меры по всем *BU*. В качестве мер могут выступать доходы, операционные расходы, активы, недиверсифицированный экономический капитал *BU*.

2. Метод дискретных маржинальных вкладов (*discrete marginal allocation*), которые оцениваются в соответствии с (4):

$$AC_i = \frac{\rho^{m\text{arg}}(\mathcal{G}^l)}{\sum_{l=1}^L \rho^{m\text{arg}}(\mathcal{G}^l)} \rho(\mathcal{G}), \quad (4)$$

где $\rho^{m\text{arg}}(\mathcal{G}^l) = \rho(\mathcal{G}) - \rho(\mathcal{G} - \mathcal{G}^l)$ – остаточный экономический капитал *l*-й *BU*, равный *OREC* банка минус *OREC* банка без учета *l*-й *BU*.

\mathcal{G}^l – операционный убыток *l*-й *BU*.

Метод непрерывных маржинальных вкладов (*continuous marginal allocations*), или метод Эйлера (*Euler's method*), формулы (5) или (6) в соответствии с выбранной мерой (*VaR* или *ES*):

$$AC_i = E[\mathcal{G} | \mathcal{G} = VaR_\alpha(\mathcal{G})], \quad (5)$$

$$AC_i = E[\mathcal{G}^l | \mathcal{G}^l = VaR_\alpha(\mathcal{G})]. \quad (6)$$

Для применения всех вышеперечисленных методов (кроме линейных, основанных на показателях баланса и отчета о прибылях и убытках) с целью оценки $\rho(\mathcal{G}^l)$ требуется оценка функций распределения потерь отдельно по каждой *BU*. Таким обра-

зом, основной проблемой аллокации *OREC* является возможность оценки функции распределения потерь отдельно по каждой *BU*. Это в действительности не всегда возможно, в случае отсутствия достаточного объема данных по внутренним инцидентам операционного риска в *BU* в разрезе всех типов риска.

Далее приводится методология оценки *OREC*, основанная на *LDA*, при которой убыток по банку рассматривается как сумма убытков по *BU*, что требует оценки параметров функций распределения убытков в разрезе типов риска на уровне *BU*. Далее с теоретической и практической точек зрения будут рассмотрены некоторые методы аллокации *OREC*. В заключение будут приведены ключевые проблемы применения описанных методов аллокации капитала в крупном российском коммерческом банке.

Описание модели оценки экономического капитала под операционный риск и ее применение к аллокации капитала на бизнес-единицы.

Описание модели оценки *OREC*. Для целей моделирования *OREC* банка в настоящем исследовании будет использоваться подход, основанный на функции распределения потерь (*Loss Distribution Approach – LDA*). Вслед за работами [2, 4], дающими подробное описание *LDA*, приведем предпосылки данного подхода применительно к российскому коммерческому банку.

Путь банк состоит из *L BU* ($l = 1, 2, \dots, L$), подверженных *I* ($i = 1, 2, \dots, I$) типам операционного риска. Тогда $\mathcal{G}^{l,i}$ – случайная величина годового убытка от операционного риска в *l*-й *BU* по *i*-му типу риска, которая в соответствии с *LDA* равна (7):

$$\mathcal{G}^{l,i} = \sum_{n=0}^{N^{l,i}} \xi_n^{l,i}, \quad (7)$$

где $N^{l,i}$ – дискретная случайная величина, обозначающая количество событий типа *i* в *l*-й *BU* в течение года, называемая частотой (*frequency*).

$\xi_n^{l,i}$ – непрерывная случайная величина, обозначающая объем единичного ущерба типа i в l -й BU (*severity*).

В модели, рассматриваемой в настоящей статье, $\forall l: \text{cov}(N^{l,i}, N^{l,j}) \neq 0$. Все остальные случайные величины рассматриваются как независимые.

Для целей аллокации капитала $OREC$ оценивается на основе только внутренних данных по операционным убыткам. Объем данных должен быть достаточным для получения адекватных оценок распределений N^{li} and $\xi_n^{l,i}$. После оценки параметров этих распределений и проверки критериев согласия (*goodness-of-fit*), распределение $\mathfrak{G}^{l,i}$ оценивается при помощи M симуляций Монте-Карло ($m = 1, 2, \dots, M$). Эта процедура состоит из следующих шагов:

1. Оценка корреляционных матриц между типами риска каждой BU

$$R_{l \times l}^l = \left\{ r_{i,j}^l \mid r_{i,j}^l = \text{corr}(N^{l,i}, N^{l,j}) \right\}.$$

2. Генерация случайных чисел из многомерного распределения Пуассона (*frequencies*) для каждого l в предположении, что N^{li} – пуассоновская случайная величина, имеющая математическое ожидание $E(N^{l,i}) = \hat{\lambda}^{l,i}$. Метод генерации коррелированных пуассоновских векторов описан в [9]. В результате этого шага мы имеем M случайных чисел для каждой BU и типа риска, обозначим их через $x_m^{l,i}$.

3. Генерация случайных чисел, соответствующих объемам единичных потерь. Для каждой BU и типа риска необходимо сгенерировать $x_m^{l,i}$ чисел, обозначаемых $\xi_{m,p}^{l,i}$ из определенных ранее распределений объемов единичных ущербов $F_{\xi^{l,i}}(x)$.

Потери l -й BU на m -й симуляции равны (8):

$$\tilde{\mathfrak{G}}^{m,l} = \sum_{i=1}^l \sum_{p=0}^{x_m^{l,i}} \xi_{m,p}^{l,i}. \quad (8)$$

Эмпирическая кумулятивная функция распределения операционных убытков l -й BU записывается как (9):

$$G^l(x) = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M 1_{[0,x]} \tilde{\mathfrak{G}}^{m,l}. \quad (9)$$

Эмпирическая кумулятивная функция распределения операционных убытков всего банка записывается как (10):

$$G(x) = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M 1_{[0,x]} \mathfrak{G}^m. \quad (10)$$

Количество симуляций M должно обеспечивать стабильную оценку $OREC$ (формулы (1) или (2)) при заданных (оцененных) параметрах функций распределения частоты и единичного ущерба. Поскольку VaR не является когерентной риск-мерой [1] для целей аллокации капитала предлагается использовать условное математическое ожидание (ES).

Сравнение теоретических свойств различных методов аллокации капитала. Когерентный метод аллокации. Все вышеперечисленные методы аллокации $OREC$, удовлетворяют свойству полной аллокации. Следующие желаемые свойства метода аллокации капитала, описанные в [3, 8], носят названия свойств когерентности (аксиом когерентности):

1. Совместность (*core compatibility*):

$$\forall l: \mathfrak{G}_i \in \mathfrak{G} \quad \rho(\mathfrak{G}_i) \geq AC_i. \quad (11)$$

2. Симметрия (*symmetry*): Если при присоединении двух BU (i или j) к коалиции BU они обе делают одинаковый вклад в риск-капитал, то справедливо (12):

$$AC_i = AC_j. \quad (12)$$

3. Безрисковая аллокация (*risk less allocation*): $OREC$, аллоцированный на безрисковую BU равен 0.

4. $RARORAC$ -совместимость: AC_i является $RARORAC$ -совместимой, если выполняется (13):

$$\begin{aligned} RARORAC(\mathfrak{G}^l) &> RARORAC(\mathfrak{G}) \Rightarrow \\ \Rightarrow RARORAC(\mathfrak{G} + h\mathfrak{G}^l) &> RARORAC(\mathfrak{G}). \end{aligned} \quad (13)$$

Как показано в [5], перечисленным выше свойствам удовлетворяет только один

метод аллокации капитала – метод непрерывных маржинальных вкладов. Далее будет представлена рабочая оценка *OREC* на основе модели *LDA* и его аллокация на бизнес-единицы приведенными выше методами для крупного российского коммерческого банка.

Сравнение практических свойств различных методов аллокации капитала под операционный риск на примере крупного российского коммерческого банка. Рассмотрим крупный российский коммерческий банк, в состав которого входят три бизнес-единицы (*BU*), подверженные трем типам операционного риска: 1 – «Клиенты, продукты и деловая практика», 2 – «Мошенничество», 3 – «Ошибки в управлении процессами и отчетности». Целевой кредитный рейтинг банка BBB+, что соответствует вероятности дефолта 0,189 % или $\alpha = 0,9981$.

На основе внутренних статистических данных банка по операционным убыткам за период с 2008 по 2012 г., была произведена оценка параметров функций распределения частоты и объема единичного убытка и осуществлена проверка критериев согласия. Результаты следующие: моделирование частот будет осуществляться при помощи распределения Пуассона, объемов единичных убытков – при помощи распределений Log-Pearson (type 3), Generalized Pareto и Log-Normal.

Оцененное при помощи метода Монте-Карло значение *OREC* составило 3 041 млн руб. (в качестве риск-меры принят *ES*). Для сравнения, *OREC*, оцененный при помощи Базового индикатора (*BIA*) составил 4888 млн руб., что в 1,6 раз превышает оценку по методу *LDA*.

Следующим шагом является аллокация *OREC* на бизнес-единицы. Результаты линейного метода аллокации на основе доходов *BU* приведены в табл. 1.

Вклад *BU* в общий риск банка определяется долей ее доходов в общем доходе

банка. Метод имеет следующие явные недостатки:

- доход не отражает реальный вклад *BU* в общий риск банка;
- не учитывается эффект диверсификации рисков.

Таблица 1

Линейная аллокация *OREC* на основе дохода *Linear (Revenue)*

# BU	Доход, млн руб.	Доля, в процентах	Аллокация <i>OREC</i> , млн руб.
1	11 643	31,07	945
2	11 594	30,94	941
3	14 237	37,99	1 155
Банк	37 474	100,00	3 041

Главным преимуществом данного метода является его применимость при отсутствии достаточного объема данных для оценки распределений по *BU* и наличии достаточного объема данных для оценки *OREC* по банку в целом. Данный метод не предполагает разделение на бизнес единицы на этапе оценки экономического капитала. Более того, данный принцип аллокации капитала является понятным и прозрачным для руководства *BU*, однако не является справедливым.

Результаты аллокации *OREC* методом инкрементов или дискретных маржинальных вкладов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Аллокация *OREC* методом дискретных маржинальных вкладов *Discrete Marginal*

# BU	Остаточный <i>OREC</i> , млн руб.	Чистый дискретный маржинальный вклад, млн руб.	Аллокация <i>OREC</i> , млн руб.
1	2 506	536	1 435
2	2 721	320	857
3	2 762	280	749
Банк		1 136	3 041

Остаточный OREC для *l*-й BU оценивается как *ES* коалиции всех BU за исключением *l*-й. Разница между OREC банка и OREC этой коалиции равна чистому дискретному маргинальному вкладу *l*-й BU. Полученные разницы затем масштабируются для получения OREC по банку в целом.

Данный метод аллокации учитывает вклад BU в общий риск в ситуации, когда BU исключается из состава банка. Таким образом, выгода от учета эффекта диверсификации учитывается косвенно. Кроме того, метод нуждается в масштабировании.

Результаты метода Эйлера представлены в табл. 3.

Таблица 3
Аллокация OREC методом Эйлера
Euler's allocation

# BU	Среднее значение убытков BU по сценариям, в которых общий убыток банка превышал VaR – аллокация OREC, млн руб.
1	1 506
2	855
3	680
Банк	3 041

Аллоцируемый на BU капитал в соответствии с данным методом оценивается как среднее значение убытков BU по сце-

нариям, когда общий убыток банка превышал *VaR*. По определению, такие аллокации в сумме дают общий OREC банка. Вклады BU в общий риск оцениваются напрямую по симуляциям убытков и не требуют исключения BU из состава банка. Данный метод, как уже было сказано выше, обладает всеми свойствами когерентности.

Последние два из рассмотренных методов, однозначно подразумевают оценки распределений убытков на уровне BU и в условиях недостаточности данных неприменимы. На рис. 1 изображена структура аллоцируемого OREC в разрезе рассматриваемых методов аллокации.

Как видно на рис. 1, структура аллоцированного капитала по методам Эйлера и дискретных маргинальных вкладов существенно отличаются от линейных методов. Это связано с тем, что в первой BU в рассматриваемом ретропериоде (статистике) был получен значительный убыток от мошенничества, что существенно «утяжелило» хвост распределения убытков данной BU. Для обеспечения эффективности системы мотивации более поздние убытки необходимо включать в статистику с определенным понижающим коэффициентом.

Заключение. Оценка и аллокация экономического капитала под операционный риск является важной частью системы

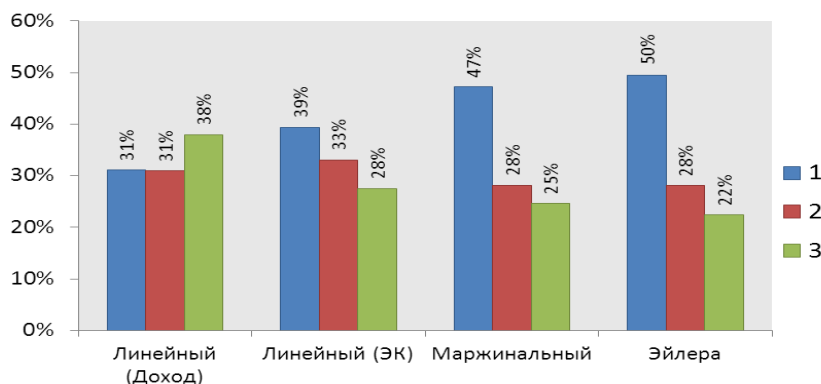


Рис. 1. Сравнение различных методов аллокации OREC по BU, млн руб.

управления финансово-экономической безопасностью банка. Концепция экономического капитала используется для формализации и контроля риск-аппетита банка, оценки скорректированной на риск доходности капитала и принятия решений.

В настоящей работе был рассмотрен теоретический и практический аспект оценки капитала под операционный риск на базе модифицированного подхода, основанного на функции распределения потерь (*LDA*), а также наиболее популярные методы аллокации экономического капитала с точки зрения их применимости в практике российских коммерческих банков.

Также была произведена аллокация *OREC* банка несколькими методами и выявлены их основные практические достоинства и недостатки. Ключевой проблемой аллокации *OREC* на бизнес-единицы

и более низкие уровни сегментации (такие как бизнес-линии в бизнес-единицах) для российских банков является недостаточность внутренних данных для оценки параметров функций распределения единичных потерь на данном уровне. В период накопления достаточной статистики для оценки функций распределения на низких уровнях сегментации (следующие несколько лет), предлагается оценивать *OREC* на уровне банка без учета сегментирования и использовать линейный метод аллокации *OREC* на основе доходов *BU*. Это повысит статистическую значимость оценки *OREC* банка. После накопления достаточного объема статистических данных предлагается использовать более продвинутый метод аллокации капитала – метод Эйлера, поскольку он обладает всеми требуемыми свойствами когерентности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Artzner P., Delbaen F. Coherent measures of risk // *Mathematical Finance*. 1999. V. 9. No. 3. P. 203–228.
2. Aue F., Kalkbrener M. LDA at work: Deutsche Bank's approach to quantifying operational risk // *J. of Operational Risk*. 2006. P. 49 – 93.
3. Denault M. Coherent Allocation of Risk Capital // *J. of Risk*. 2001. V. 4. No. 1.
4. Frachot A., Georges P., Roncalli T. Loss distribution approach for operational risk // *Group de recherche operationelle. Credit Lyonnais, France*. 2001. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gro.creditlyonnais.fr>.
5. Kalkbrener M. An axiomatic approach to capital allocation // *Mathematical Finance*. 2005. V. 15. No. 3. P. 425–437.
6. Mausser H., Rosen D. Economic credit capital allocation and risk contributions // *Handbooks in OR & MS*. 2008. V. 15. Elsevier B.V. P. 681–726.
7. Shevchenko P. *Modelling Operational Risk Using Bayesian Inference*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011.
8. Tasche D. *Capital Allocation to Business Units and Sub-Portfolios: the Euler Principle*. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/0708/0708.2542v3.pdf.
9. Yahav I., Shmueli G. An Elegant Method for Generating Multivariate Poisson Random Variables. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.researchgate.net.