

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

УДК 332.14

А. Ю. Домников, д-р экон. наук,
Г. С. Чеботарева, аспирант,
П. М. Хоменко, аспирант,
М. Я. Ходоровский, д-р экон. наук, профессор,¹
г. Екатеринбург, Россия

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ДОЛГОСРОЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ НЕФТЕГАЗОВЫХ КОМПАНИЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Актуальность исследования обусловлена теоретической и практической значимостью проблемы формирования эффективной системы риск-менеджмента в условиях роста экономических и техногенных рисков в современном обществе как важнейшего фактора конкурентоспособности и рентабельности бизнеса. В настоящее время риск-ориентированный подход к управлению капиталом получает широкое распространение в различных отраслях экономики, при этом механизмы применения данного подхода для высокотехнологичных компаний нефтегазового бизнеса являются недостаточно изученными. Конкурентоспособность высокотехнологичного бизнеса во многом зависит от его способности устойчиво функционировать и генерировать денежные потоки и оценивать специфические риски сопровождающие проект. Ключевой в данном аспекте является проблема управления рисками, решение которой является необходимым условием обеспечения долгосрочной устойчивости высокотехнологичных компаний. Особую значимость данная проблема приобретает в условиях реализации инвестиционных проектов, которые могут увеличить эффективность и масштаб бизнеса, либо привести компанию к краху. В статье представлена концепция системы управления рисками нефтегазовых компаний при реализации инвестиционных проектов. Предложена рейтинговая модель оценки риска инвестиционных проектов с учетом множественных факторов. Модель управления капиталом, которая является широко распространенной и общепризнанной в риск-менеджменте, является основой для предложенного авторами подхода к управлению рисками нефтегазовых компаний. Разработан метод оценки экономического капитала на основе модели Мертона – Васичека, который позволяет устанавливать операционные ориентиры для управления долгосрочной устойчивостью нефтегазовых компаний в условиях инвестиционного риска. Для этого предлагается комплексный авторский методический подход к оценке экономического капитала нефтегазовой компании, который позволяет быстро и качественно выявлять наиболее опасные факторы в реализации соответствующих инвестиционных проектов, а также разрабатывать программу управления долгосрочной финансовой устойчивостью высокотехнологичной компании. Результаты исследования могут быть использованы менеджментом нефтегазовых компаний, инвесторами и аналитиками в процессе принятия финансовых решений в условиях многокритериальности и неопределенности.

Ключевые слова: долгосрочная устойчивость, нефтегазовая компания, инвестиционный проект, инвестиционные риски, вероятность дефолта, logit-модель, метод Мертона – Васичека.

Актуальность темы

Привлечение частных инвестиций в нефтегазовые компании является одним из приоритетных направлений развития отрасли в настоящее время. Требуемый объем привлеченного капитала позволяет не толь-

ко модернизировать уже существующие технологии, но и создавать современные объекты в соответствии с реализуемыми инвестиционными проектами.

Однако для потенциальных инвесторов наряду с уровнем доходности и сроком оку-

паемости всегда актуальным является вопрос: насколько данная нефтегазовая компания является устойчивой, каковы перспективы ее развития в будущем, а также какие специфические риски будут сопровождать инвестиционный проект.

Следовательно, возникает сложная задача не только исследования латентных рисков нефтегазовой компании, но и анализа ее долгосрочной финансовой устойчивости при реализации разнонаправленных инвестиционных проектов с учетом вероятности возможного дефолта и волатильности сырьевых рынков.

Проработанность темы исследования

В современной экономической литературе существует множество определений долгосрочной устойчивости компании. В рамках данного исследования, определяя его основной вектор развития, под долгосрочной финансовой устойчивостью нефтегазовой компании следует понимать способность бизнеса обеспечивать непрерывность своего функционирования, стабильность получения дохода при сохранении возможностей к оптимизации издержек и

высокому уровню инновационной активности с учетом устойчивых конкурентных преимуществ, уникального рыночного положения и под дестабилизирующим воздействием внешней среды.

Базовые причины, оказывающее воздействие на развитие долгосрочной финансовой устойчивости нефтегазовой компании, указаны выше. Тем не менее современный риск-ориентированный подход к оценке устойчивости компании определяет ряд дополнительных факторов. К их числу следует отнести уровень принимаемого риска в рамках реализации конкретного инвестиционного проекта нефтегазовой компании, связанную с этим вероятность дефолта проекта, а также способность компании покрыть убытки от дефолта – величина его экономического капитала [1].

Анализ системы управления рисками в историческом контексте показал, что вопросы, связанные с развитием риск-менеджмента, становятся наиболее актуальными и распространенными, начиная с середины XX века. Именно в этот период появляются первые работы, посвященные комплексному изучению риска и проблем, связанных с его оценкой и управлением. К числу авторов, разработавших основу современной системы по управлению рисками, следует отнести М. Алле, Г. Марковица, М. Миллера, У. Шарпа, Д. Канемана, В. Смита и др. [2].

В настоящее время в мировой практике процесс управления рисками регулируется такими основными международными актами, как Интегрированная модель управления рисками, принятая Комитетом спонсорских организаций Комиссии Тредвея (модель *COSO-ERM*); Стандарт управления рисками Федерации европейских ассоциаций риск-менеджеров (*FERMA*, модель *RMS*); Стандарты, принятые Банком международных расчетов (*Basel II*).

К сожалению, практическое отсутствие моделей оценки рисков, используемых

¹ Домников Алексей Юрьевич – доктор экономических наук, профессор кафедры банковского и инвестиционного менеджмента, директор департамента НОЦ «ИН-ЖЭК» Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); e-mail: domnikov@e1.ru.

Чеботарева Галина Сергеевна – аспирант кафедры банковского и инвестиционного менеджмента Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19); e-mail: galina_ch90@mail.ru.

Хоменко Павел Михайлович – аспирант кафедры банковского и инвестиционного менеджмента Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); e-mail: pavelkhon@gmail.com.

Ходоровский Михаил Яковлевич – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой банковского и инвестиционного менеджмента Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); e-mail: office@sinara-group.com.

непосредственно в энергокомпаниях (с учетом их особенностей), не дает возможности рассмотреть данный вопрос. Однако исследование, проведенное аналитической компанией KPMG, «Управление рыночными рисками в российских электроэнергетических компаниях» [1] позволило выявить перечень наиболее популярных методов по количественной оценке рисков: сценарный анализ (за него проголосовали 58 % опрошенных), метод *Value-at-Risk* (29 %), стресс-тестинг (13 %), *Gross Margin-at-Risk* (13 %) и др. Также классическим методом имитационного моделирования в оценке рисков по проектам считается метод Монте-Карло, предложенный Д. Гертцем в 1964 г. [2].

Специфика инвестиционных рисков нефтегазовых компаний как фактора оценки долгосрочной финансовой устойчивости

Многолетнее и комплексное исследование факторов зависимости развития нефтегазовых компаний позволило выявить ряд специфических рисков, которые являются наиболее важными и значимыми на современном этапе развития для отрасли.

В рамках проведенного исследования были рассмотрены двенадцать основных рисков, в т. ч. латентного характера, возникающих при реализации инвестиционных проектов нефтегазовых компаний.

Все специфические риски разделены в зависимости от уровня влияния на нефтегазовую компанию на две группы: экзогенные и эндогенные [2]. Краткая характеристика каждой из групп рисков представлена ниже.

Экзогенные риски не зависят от деятельности нефтегазовой компании и не подлежат управлению с ее стороны.

К их числу следует отнести:

- риск «государственной привлекательности», который характеризуется уровнем инвестиционного климата страны, где функционирует нефтегазовая компания (X_1);

- риск «региональной привлекательности» – уровень инвестиционного климата и тенденций развития региона, где реализуется инвестиционный проект компании (X_2);
- сырьевой риск – мировые тенденции развития отрасли в целом, с учетом нестабильности сырьевого рынка (X_3);
- риск государственной поддержки – стремление правительства страны, где расположена компания, осуществлять государственные инвестиции, гарантировать определенный уровень доходности для частных инвестиций (X_4);
- валютный риск – характеризует возможные потери компании в результате неблагоприятного изменения курса валют (X_5);

Эндогенные риски являются результатом оценки и анализа всех сфер финансово-экономической и производственной деятельности нефтегазовой компании. Основные составляющие данного риска:

- «Операционный» риск – общее ухудшение финансового состояния нефтегазовой компании в результате неэффективной операционной деятельности (X_6).
- «Риск инвестиционного проекта» – риск роста финансовых потерь компании, связанных с реализацией инвестиционных проектов (X_7).
- «Инвестиционный риск» – риск общего ухудшения финансового состояния нефтегазовой компании в результате неэффективной прочей инвестиционной деятельности (X_8).
- Риск увеличения первоначальной стоимости связан с ростом стоимости инвестиционного проекта (X_9).
- Риск прочих финансовых потерь, которые являются сложнопрогнозируемыми и носят латентный характер (X_{10}).

- Экологический риск – характеризуется превышением допустимых объемов выбросов производства в окружающую среду (X_{11}).
- Технологический риск – темпы обновления производственных фондов компании (X_{12}).

Практическая оценка и анализ каждого из представленных рисков показана в соответствующем разделе работы.

Рейтинговая модель оценки инвестиционных проектов

Общая методология оценки долгосрочной устойчивости инвестиционных проектов, основанная на расчете экономического капитала компании представлена авторами ранее в ряде работ [1]. Одной из составляющих данного подхода является оценка кредитного риска анализируемых инвестиционных проектов [3]. В настоящее время известно большое количество исследований западных и отечественных экономистов, посвященных вопросу разработки моделей оценки и прогнозирования дефолта по инвестиционным проектам. В общем случае модели оценки риска инвестирования можно отнести либо к методам оценки портфельного риска, позволяющим оценить совокупный риск для портфеля проектов, либо к методам оценки индивидуального кредитного риска, позволяющих прогнозировать кредитоспособность и риск дефолта отдельного инвестиционного проекта (по критерию уровня возникновения риска). Специфика *logit*-модели описана ниже.

Специфика рейтинговой модели оценки инвестиционных проектов

В рамках управления долгосрочной финансовой устойчивостью нефтегазовых компаний оценка возникающих инвестиционных рисков по предлагаемым к реализации проектам осуществляется на

основе использования *logit*-модели. Она подразумевает логистическое преобразование к прогнозированию данных на основе метода наибольшего правдоподобия [4].

Общий вид *logit*-модели представлен в формуле (1) [4]:

$$PD = (y_i = 1) = \frac{1}{1 + e^{-z}}, \quad (1)$$

где PD – вероятность дефолта инвестиционного проекта;

$(y_i = 1)$ – случай, когда инвестиционный проект признается дефолтным; параметр $z = (b_0 + b_1 \cdot X_{i1} + b_2 \cdot X_{i2} + \dots + b_n \cdot X_{in})$;

X_{ij} – значение j -го финансового показателя для i -го инвестиционного проекта;

b_j – оценка значимости j -го коэффициента.

Основой для *logit*-модели являются данные, характеризующие финансовую деятельность заемщика. Как правило, в *logit*-модель включают не менее десяти финансовых переменных для анализа: доля заемного капитала в общей сумме активов, рентабельность активов, индекс чистой прибыли, фиктивная переменная, характеризующая знак чистой прибыли в течение двух прошлых лет и др. [5].

Помимо основных финансовых показателей деятельности, *logit*-модель учитывает совокупность экзогенных факторов (инвестиционный климат страны и региона, уровень поддержки отрасли государством и др.), которые играют важную роль в процессе принятия финансового решения инвестором.

Результатом использования *logit*-модели является итоговое ранжирование инвестиционных проектов в зависимости от вероятности их дефолта.

Использование рейтинговой модели в оценке инвестиционных проектов нефтегазовой компании

В модель включены двенадцать рисков, описанных ранее и имеющих свою специфику в рамках каждого из рассматриваемых инвестиционных проектов.

В связи со сложностью получения статистической информации о вероятностях дефолта аналогичных инвестиционных проектов в рамках проведенного исследования анализ проводился на основании метода экспертных оценок. Был осуществлен опрос в виде анкетирования руководителей служб и подразделений нефтегазовой компании России на предмет оценки представленных рисков по заданной шкале [6].

Результатом данной оценки является спецификация *logit*-модели для нефтегазовой компании для каждого *i*-го проекта. Уточненный параметр *z* для формулы (1) принимает вид, представленный в формуле (2):

$$\begin{aligned} z = & 0,5578 + 1,0012 \cdot X_{i1} + 0,8794 \cdot X_{i2} + \\ & + 0,1478 \cdot X_{i3} + 0,9841 \cdot X_{i4} + \\ & + 0,5878 \cdot X_{i5} + 0,6587 \cdot X_{i6} + 1,0231 \cdot X_{i7} + \\ & + 1,1495 \cdot X_{i8} + 1,0488 \cdot X_{i9} + 0,8974 \cdot X_{i10} + \\ & + 0,2358 \cdot X_{i11} + 0,9875 \cdot X_{i12}. \end{aligned} \quad (2)$$

Базовые компоненты риск-модели капитала

Основными параметрами, характеризующими инвестиционный проект, в целях оценки экономического капитала являются [1, 3, 4, 5, 7]:

PD (*probability of default*) – вероятность дефолта. Является основным показателем, характеризующим уровень рисков проекта, и отражает возможную вероятность дефолта по инвестиционному проекту.

LGD (*loss given default*) – уровень потерь при дефолте. Это ожидаемые средние относительные размеры потерь компании при дефолте инвестиционного проекта. Данная часть стоимости инвестиционного проекта будет безвозмездно потеряна в случае дефолта. Введение показателя обосновано тем, что в случае дефолта инвестиционного проекта он может быть реализован полностью либо частично путем продажи, выставлением требований по страхованию и опционам и другими способами.

EAD (*exposure at default*) – позиция под риском. Характеризует абсолютное значение суммы инвестиционного проекта и определяется его полной фактической или прогнозной стоимостью инвестиционных, текущих и иных затрат.

M (*maturity*) – эффективный срок. Это средний срок, в течение которого сохраняется позиция по риску. Определяется сроком инвестиционной фазы проекта. Более длинные сроки инвестиционной фазы проектов будут приводить к увеличению рисков вследствие большей неопределенности результатов от реализации. Менее длительная инвестиционная фаза снижает общий риск проекта.

Модель оценки *PD* в качестве элемента расчета риск-капитала описана ранее. Экономический капитал калькулируется с учетом вероятности дефолта инвестиционного проекта.

Оценка параметра *LGD* осуществляется в четыре этапа:

1. Подготовка данных для моделирования. Осуществляется на основе статистики реализации инвестиционных проектов компании на длительном промежутке времени (не менее трех лет). Основными оцениваемыми параметрами могут выступать *LGD* для каждого проекта, вышедшего в дефолт, либо *RR* (*recovery rate*) – ставка возврата, характеризующая долю стоимости проекта, вернувшуюся в виде денежного потока после дефолта.

2. Классификация инвестиционных проектов по критерию значимости различия величины *LGD*. Выделение однородных групп инвестиционных проектов может базироваться на основе критериев масштаба, целей, сроков, типам эффекта, срокам реализации, типам денежного потока, состоянию экономики и другим критериям. Окончательная группировка осуществляется на основе критерия значимости различий средних в выборке, которая может быть оценена на основе *t*-критерия Стьюдента, *F*-критерия Фишера, критерия

Колмогорова–Смирнова, U -критерия Манна – Уитни [8].

3. Построения распределения LGD для выделенных групп. На основе данных статистики LGD строятся распределения для каждой классификационной группы.

4. Оценка формы распределения LGD и определение основных параметров. На данном этапе осуществляется оценка формы распределения и определяются параметры для моделирования LGD по каждой классификационной группе. Оценка формы распределения может быть осуществлена с помощью критериев Хи-квадрат, Андерсона – Дарлингга, Колмогорова – Смирнова [8].

В дальнейшем при моделировании экономического капитала для модели Мертона–Васичека будут использованы численные значения LGD , однако при расчете риск-капитала методом имитационного моделирования LGD может быть использован в виде случайной величины с заданными параметрами, определенными в п. 4.

Эффективный срок характеризует штраф на длительные сроки инвестиционной фазы. Дополнительная коррекция на риск-капитал для проекта сроком более 1 года осуществляется по формуле (3) [4]:

$$M = \frac{1 + T - 2,5 \cdot b(PD)}{1 - 1,5 \cdot b(PD)}, \quad (3)$$

где M – эффективный срок погашения;

T – горизонт риска инвестиционного проекта;

$$b(PD) = 0,00852 - 0,05489 \cdot \ln(PD).$$

Параметры сдвига и наклона для эффективного срока могут оцениваться компанией самостоятельно, для разных типов инвестиционных проектов на основе статистики. Также модель может быть скорректирована с учетом средних сроков инвестиционного проекта [9].

Также в качестве штрафа может учитываться фактор концентрации инвестиционных проектов компании, однако вопрос

моделирования концентрации останется за рамками данного исследования.

Применение модели оценки экономического капитала нефтегазовой компании

Предположим, инвестиционная программа нефтяной компании включает в себя пять инвестиционных проектов с исходными параметрами, представленными в табл. 1.

В условиях необходимости управления долгосрочной устойчивостью нефтегазовых активов важным этапом управления рисками является определение стратегического уровня финансовой устойчивости, достижение которого планируется в долгосрочном периоде. Данный уровень финансовой устойчивости может быть определен целевым долгосрочным кредитным рейтингом, который планирует получить компания. При этом важным фактором в оценке и управлении рисками становится стоимость компании и ее стратегия развития. Каждому кредитному рейтингу можно поставить определенный уровень вероятности дефолта в зависимости от горизонта прогнозирования. Один из вариантов соответствия рейтинга и вероятности дефолта представлен в табл. 2 [10, 11].

Вероятность дефолта определяет доверительный уровень, необходимый для расчета величины непредвиденных потерь и экономического капитала нефтегазовой компании, который рассчитывается по формуле (4):

$$\gamma = 1 - PD, \quad (4)$$

где γ – доверительный уровень, определяющий вероятность неразорения;

PD – уровень вероятности дефолта, соответствующий целевому кредитному рейтингу.

На основе распределений LGD получена оценка статистически отличающихся основных параметров LGD для каждого типа инвестиционных проектов.

Распределение представлено на рис. 1 и в табл. 3.

Одним их основных показателей, участвующих в оценке экономического капитала является позиция под риском (*EAD – exposure at default*). Достоверность расчета данного показателя напрямую определяет качество оценивания экономического капитала, что обуславливает необходимость развития

методологии оценки *EAD*. Авторская модель оценки *EAD* и инвестиционного проекта предполагает учет сумму невыбранного лимита через непрерывную случайную величину по следующей формуле (5)

$$EAD = S_t \cdot \phi, \tag{5}$$

где S_c – текущая сумма освоенного инвестиционного бюджета проекта;

Таблица 1

Основные параметры реализуемых инвестиционных проектов

| № | Проекты | Полная стоимость, млн долл. | Срок реализации проекта, лет | Вероятность дефолта, % |
|---|---|-----------------------------|------------------------------|------------------------|
| 1 | Замена насоса холодной воды | 10 | 0,3 | 3,5 |
| 2 | Модернизация магистрального нефтепровода | 45 | 2 | 8,1 |
| 3 | Строительство нефтесклада | 35 | 2 | 8,5 |
| 4 | Модернизация цеха нефтепереработки на НПЗ № 1 | 120 | 4 | 5,5 |
| 5 | Реконструкция сети АЗС | 30 | 2 | 5,4 |

Таблица 2

Соответствие между вероятностью дефолта и кредитным рейтингом, в %

| Rating | 1-Y PD | 3-Y PD | 5-Y PD |
|--------------|--------|--------|--------|
| AAA | 0,008 | 0,03 | 0,1 |
| AA | 0,04 | 0,16 | 0,28 |
| A | 0,16 | 0,4 | 0,58 |
| BBB | 0,3 | 1,4 | 3 |
| BB | 1,15 | 8,6 | 15 |
| B | 5,8 | 15,4 | 32,6 |
| CCC or lower | 26,57 | 45,5 | 60 |

Таблица 3

Оценки *LGD* для основных типов инвестиционных проектов, в %

| Сроки проекта/Тип проекта | Капитальный ремонт | Модернизация | Новое строительство |
|---------------------------|--------------------|--------------|---------------------|
| Краткосрочный | 12 | 45 | 65 |
| Долгосрочный | 30 | 58 | 80 |

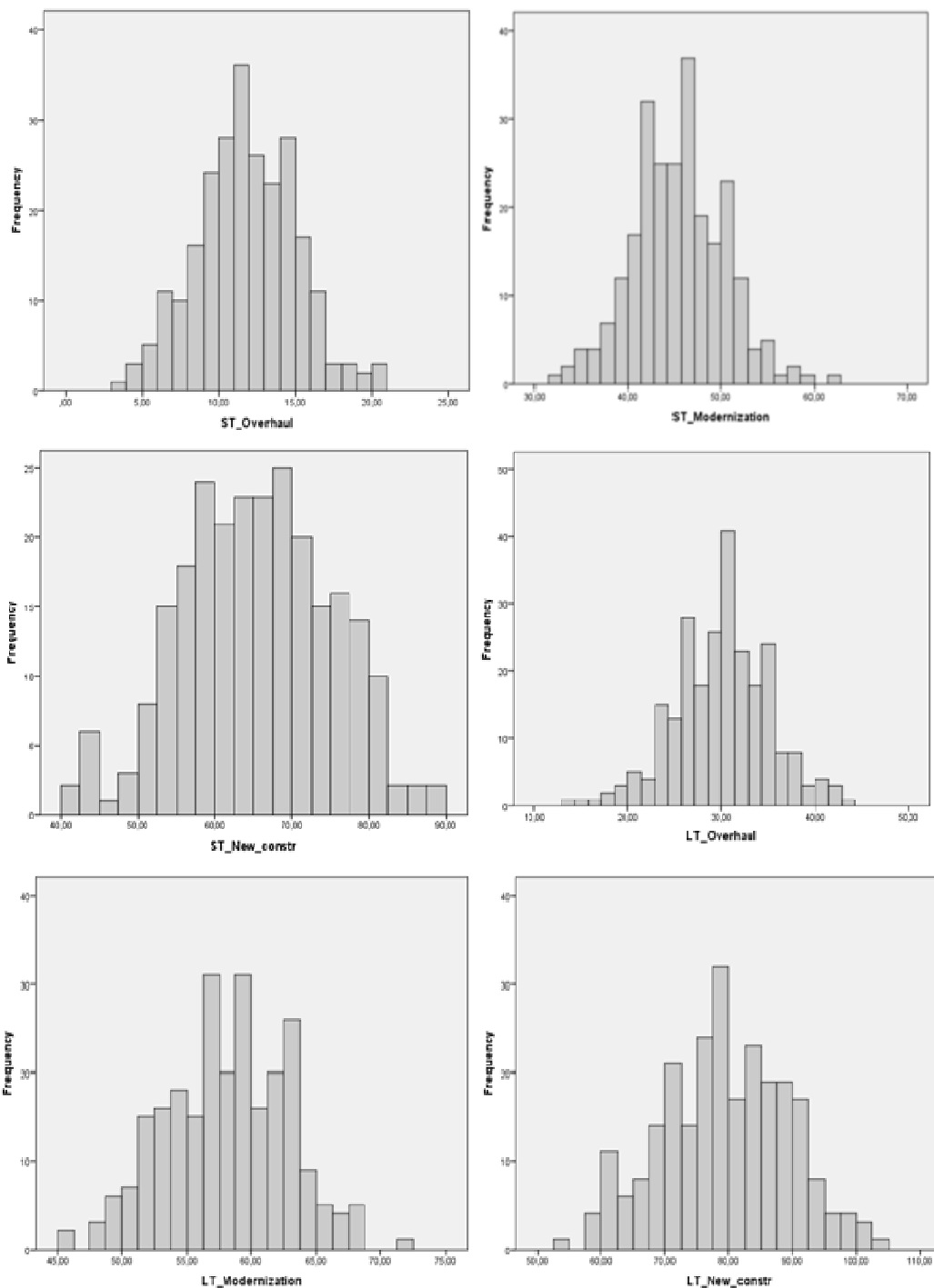


Рис. 1. Распределение LGD для основных типов инвестиционных проектов

S_T – совокупная величина бюджета инвестиционного проекта;

φ – непрерывная случайная величина, $\varphi \in [0, 1]$.

Для применения случайной величины φ в оценке значения EAD необходимо осуществить исследование закона распределения эмпирических значений φ (6).

$$\varphi_i = \frac{S_{Ci}}{S_{Ci} + S_{Fi}}, \quad (6)$$

где φ_i – часть суммы инвестиционного проекта, выбранного по i -му проекта на момент дефолта;

S_{Ci} – сумма освоенного инвестиционного бюджета по i -му проекта на момент дефолта;

S_{Fi} – остаток суммы финансирования инвестиционного проекта по i -му проекта на момент дефолта.

В целях проведения исследования распределения величины φ_i была изучена информация о суммах инвестиционного бюджета на момент дефолта и остатках суммы финансирования инвестиционного бюджета по 25 проектным компаниям. На основе этих данных была сформирована выборка значений φ_i , основные описательные статистики которой представлены в табл. 4.

Класс распределения значений φ_i по заемщикам определялся с помощью пакета EasyFit Professional (Version 5.4), предназначенного для автоматического определения классов распределения и вычисления среднего значения, моды и других статистик, соответствующих классу распределения. Данный пакет включает 55 распределений, например, наряду с широко известными экономистам распределениями, такими как нормальное, логнормальное, логистическое, экспоненциальное, Парето, Коши, Лапласа, Вейбулла и т. д., используются и менее известные распределения, к примеру, Burr, Dagum, Kumaraswamy, Nakagami, Rice, Johnson, Wakeby, Pert, Levy и т. д. Аппроксимация распределений осуществляется в данном пакете с помощью MLE (Maximum

Likelihood Estimates). Goodness of fit (GOF). Тестирование законов распределения осуществляется с помощью трех критериев: Колмогорова – Смирнова, Андерсона – Дарлига и Хи-квадрат.

Таблица 4

Описательные статистики выборки значений φ_i

| φ_i | | |
|-----------------|-------------|--------|
| N | Статистика | 25 |
| Размах | Статистика | ,75 |
| Минимум | Статистика | ,05 |
| Максимум | Статистика | ,80 |
| Сумма | Статистика | 5,33 |
| Среднее | Статистика | ,2134 |
| Стд. отклонение | Статистика | ,17536 |
| Дисперсия | Статистика | ,031 |
| | Стд. ошибка | ,464 |
| Асимметрия | Статистика | 2,028 |
| | Стд. ошибка | ,902 |
| Экссесс | Статистика | 4,743 |
| | Стд. ошибка | ,902 |

В ходе анализа было построено распределение значений φ_i (рис. 2). По горизонтальной оси обозначена доля затрат инвестиционного проекта, освоенных по i -му проекту на момент дефолта, по вертикальной оси – доля от всех измерений значений φ_i , приходящаяся на каждый интервал. Анализ графика показывает, что в распределении значений φ_i существует значительная правосторонняя асимметрия, которая проявляется в виде более длинной правой ветви, а величина средней меньше медианы и моды (рис. 3, 4). Правосторонняя асимметрия свидетельствует о том, что преобладают данные с небольшими значениями, а значительные доли выборки бюджета инвестиционного проекта встречаются значительно реже, однако они существенны по своему размеру. Данной форме распределения можно дать экономическое обоснование,

закрывающееся в том, что основная часть рисков реализуется на начальных этапах реализации инвестиционного проекта. В случае достижения инвестиционным проектом значительной степени готовности в связи с освоением бюджета, высока вероятность дофинансирования проекта в рамках стратегии инвестирования средств собственников, которые позволят выйти на проектную мощность и достичь показателей бизнес-плана.

В результате аппроксимации наблюдаемых значений φ_i , а также теста полученных распределений на соответствие реальным данным с заданным уровнем статистической значимости были получены следующие результаты (табл. 5).

Проверка гипотезы о распределении на статистическую значимость с помощью критериев Колмогорова – Смирнова, Андерсона – Дарлинг и Хи-квадрат не дала однозначных результатов. Критерий Колмогорова – Смирнова показал наиболее статистически значимым обобщенную логнормальную форму распределения доли выборки инвестиционного бюджета проекта, критерий Андерсона – Дарлинг – Log-Pearson распределение, критерий Хи-квадрат – Лог-логнормальное распределение. Принимая во внимание различия форм распределений и погрешность в связи с малым объемом выборки наблюдений, на основании оценки эмпирической обоснованности и точности аппроксимации для

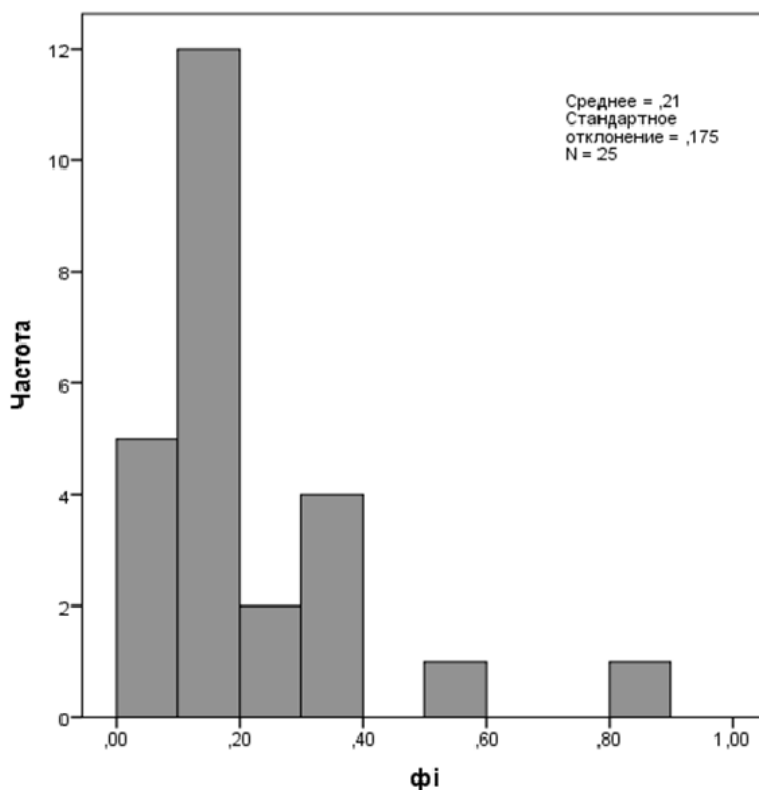


Рис. 2. Распределение значений φ_i

распределения значений φ_i была выбрана модель распределения логнормальной формы. Данное распределение находит широкое применение для моделирования признаков с сильным влиянием больших значений и с сильной асимметрией в сторону больших значений малой частоты.

Плотность вероятностей логнормального распределения задается с помощью формулы 7.

$$f_x(x) + \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(\ln x - \mu)^2 / 2\sigma^2}, \quad (7)$$

где $f_x(x)$ – функция плотности вероятностей логистического распределения;

$e^{\mu + \sigma^2 / 2}$ – математическое ожидание;

$\frac{\pi^2}{3} s^2$ – дисперсия.

Для распределения значений φ_i было получено логнормальное распределение со следующими параметрами: $s = 0,72241$, $m = -1,8102$.

Таким образом, распределение значений φ_i можно аппроксимировать функцией логнормального распределения. При оценке EAD , используя формулу (5), φ можно представить в виде случайной величины, распределенной по логнормальному закону, $\varphi \sim f_x(1,8102; 0,72241)$.

Полученные результаты позволяют применять формулу 5 на практике для оценки значений экономического капитала нефтегазовой компании методом имитационного моделирования (метод Монте-Карло) [16]. Алгоритм данного метода для оценки EAD представлен на рис. 4.

Первым этапом алгоритма является оценка параметров распределения значений φ по ретроспективным данным. На данном этапе оцениваются необходимые параметры распределения σ и μ . Данные параметры используются для генерации случайных чисел на следующем этапе алгоритма. На основе сгенерированных случайных чисел формируется вектор значений EAD для каждого i -го инвестиционного проекта. На основе сгенерированных значений

Таблица 5

Результаты проверки гипотезы о законе распределения величины φ_i

| № | Распределение | Колмогорова – Смирнова | | Андерсона – Дарлинг | | Хи-квадрат | |
|----|-------------------|------------------------|------|---------------------|------|------------|------|
| | | Statistic | Rank | Statistic | Rank | Statistic | Rank |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | Beta | 0,16511 | 33 | 4,8309 | 50 | N/A | |
| 2 | Burr | 0,07144 | 2 | 0,15763 | 3 | 0,44293 | 13 |
| 3 | Burr (4P) | 0,10921 | 23 | 4,0517 | 42 | N/A | |
| 4 | Cauchy | 0,1665 | 34 | 0,883 | 24 | 0,30526 | 5 |
| 5 | Dagum | 0,08229 | 9 | 0,16623 | 8 | 0,41804 | 12 |
| 6 | Dagum (4P) | 0,13854 | 27 | 1,2139 | 26 | 0,71372 | 18 |
| 7 | Erlang | 0,3168 | 53 | 4,7967 | 48 | 4,6997 | 34 |
| 8 | Error | 0,24368 | 46 | 1,6649 | 35 | 4,4181 | 32 |
| 9 | Error Function | 0,60847 | 56 | 17,555 | 56 | 30,602 | 46 |
| 10 | Exponential | 0,20014 | 38 | 1,4486 | 29 | 5,5865 | 39 |
| 11 | Exponential (2P) | 0,09222 | 16 | 1,24 | 27 | 0,2582 | 3 |
| 12 | Fatigue Life | 0,0984 | 20 | 0,19557 | 16 | 1,4311 | 22 |
| 13 | Fatigue Life (3P) | 0,08184 | 8 | 0,19496 | 15 | 0,30142 | 4 |
| 14 | Frechet | 0,14505 | 29 | 0,46875 | 19 | 3,531 | 29 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----|--------------------|---------|----|---------|----|---------|----|
| 15 | Frechet (3P) | 0,08333 | 11 | 0,16827 | 10 | 0,38899 | 11 |
| 16 | Gamma | 0,11741 | 25 | 0,56963 | 21 | 3,3726 | 28 |
| 17 | Gamma (3P) | 0,12679 | 26 | 4,1429 | 44 | N/A | |
| 18 | Gen. Extreme Value | 0,07636 | 4 | 0,15693 | 2 | 0,46004 | 14 |
| 19 | Gen. Gamma | 0,1476 | 30 | 0,49409 | 20 | 1,0833 | 21 |
| 20 | Gen. Gamma (4P) | 0,11112 | 24 | 4,073 | 43 | N/A | |
| 21 | Gen. Logistic | 0,08438 | 14 | 0,16589 | 7 | 0,62507 | 17 |
| 22 | Gen. Pareto | 0,09417 | 18 | 4,1693 | 45 | N/A | |
| 23 | Gumbel Max | 0,15425 | 31 | 0,81796 | 23 | 1,6925 | 24 |
| 24 | Gumbel Min | 0,29497 | 52 | 4,829 | 49 | 5,4661 | 38 |
| 25 | Hypersecant | 0,22561 | 44 | 1,4793 | 30 | 4,2451 | 31 |
| 26 | Inv. Gaussian | 0,0816 | 7 | 0,16517 | 6 | 1,083 | 20 |
| 27 | Inv. Gaussian (3P) | 0,08337 | 12 | 0,18199 | 13 | 0,31756 | 6 |
| 28 | Johnson SB | 0,10809 | 22 | 7,6403 | 54 | N/A | |
| 29 | Kumaraswamy | 0,20641 | 40 | 5,1646 | 52 | N/A | |
| 30 | Laplace | 0,24368 | 47 | 1,6649 | 36 | 4,4181 | 33 |
| 31 | Levy | 0,37037 | 55 | 4,5228 | 47 | 11,995 | 45 |
| 32 | Levy (2P) | 0,25358 | 48 | 1,9601 | 38 | 8,1317 | 43 |
| 33 | Log-Logistic | 0,09351 | 17 | 0,21356 | 17 | 0,54069 | 16 |
| 34 | Log-Logistic (3P) | 0,08353 | 13 | 0,1926 | 14 | 0,04307 | 1 |
| 35 | Log-Pearson 3 | 0,0729 | 3 | 0,15053 | 1 | 0,3787 | 10 |
| 36 | Logistic | 0,22509 | 43 | 1,4952 | 31 | 5,2486 | 37 |
| 37 | Lognormal | 0,06852 | 1 | 0,17061 | 11 | 1,4784 | 23 |
| 38 | Lognormal (3P) | 0,08458 | 15 | 0,17901 | 12 | 0,33826 | 7 |
| 39 | Normal | 0,22448 | 42 | 1,6763 | 37 | 8,102 | 42 |
| 40 | Pareto | 0,25656 | 50 | 3,8273 | 41 | 6,0355 | 40 |
| 41 | Pareto 2 | 0,25483 | 49 | 2,7245 | 39 | 5,2079 | 36 |
| 42 | Pearson 5 | 0,09926 | 21 | 0,21487 | 18 | 0,09777 | 2 |
| 43 | Pearson 5 (3P) | 0,08271 | 10 | 0,16827 | 9 | 0,37041 | 9 |
| 44 | Pearson 6 | 0,07878 | 5 | 0,16239 | 5 | 0,36775 | 8 |
| 45 | Pearson 6 (4P) | 0,16339 | 32 | 1,2626 | 28 | 1,7335 | 25 |
| 46 | Pert | 0,16817 | 35 | 0,96924 | 25 | 1,9512 | 26 |
| 47 | Power Function | 0,20369 | 39 | 5,3937 | 53 | N/A | |
| 48 | Rayleigh | 0,19433 | 37 | 1,5568 | 33 | 3,1858 | 27 |
| 49 | Rayleigh (2P) | 0,2289 | 45 | 1,5239 | 32 | 3,8863 | 30 |
| 50 | Reciprocal | 0,19128 | 36 | 1,6049 | 34 | 4,8002 | 35 |
| 51 | Rice | 0,27101 | 51 | 2,7462 | 40 | 7,0599 | 41 |
| 52 | Triangular | 0,34864 | 54 | 5,0361 | 51 | 10,752 | 44 |
| 53 | Uniform | 0,22357 | 41 | 8,9693 | 55 | N/A | |
| 54 | Wakeby | 0,07994 | 6 | 0,16128 | 4 | 0,52297 | 15 |
| 55 | Weibull | 0,09486 | 19 | 0,70326 | 22 | 0,91395 | 19 |
| 56 | Weibull (3P) | 0,14111 | 28 | 4,4931 | 46 | N/A | |

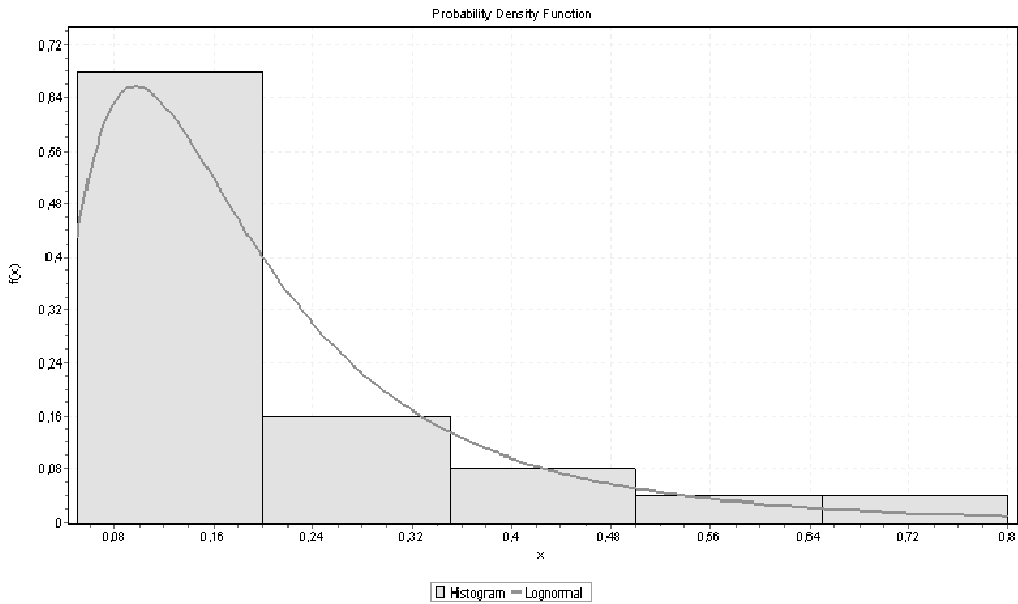


Рис. 3. Аппроксимация распределения значений φ_i функцией логнормального распределения

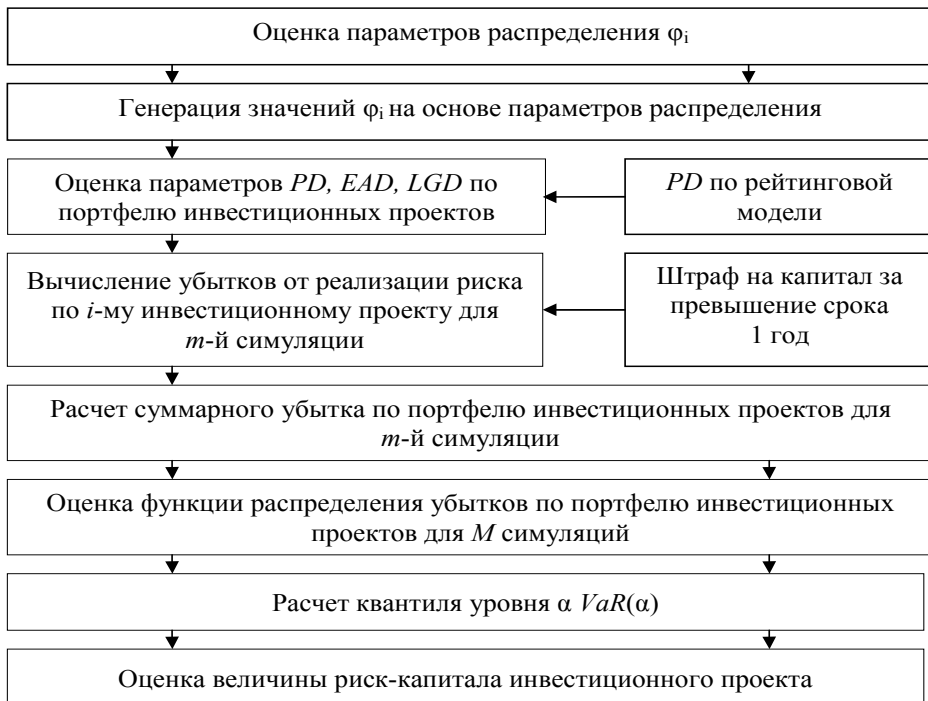


Рис. 4. Алгоритм оценки EAD методом имитационного моделирования (метод Монте-Карло)

EAD методом симуляций Монте-Карло осуществляется оценка риск-капитала нефтегазовой компании [16].

Применение авторского алгоритма имитационного моделирования к расчету величины *EAD* с учетом вероятности дефолта, оцененной по рейтинговой модели инвестиционного проекта, позволяет значительно повысить точность расчета, что достигается включением в модель распределения значений понесенных перед дефолтом инвестиционных затрат. Поскольку данная величина для каждого инвестиционного проекта заранее неизвестна и имеет логнормальное распределение, то для более точной оценки *EAD* целесообразно применять методы расчета, учитывающие затраченную перед дефолтом сумму инвестиций через случайную величину. Применение метода имитационного моделирования к оценке *EAD* позволяет дать более точную оценку, что напрямую определяет качество измерения риск-капитала и оценку долгосрочной устойчивости нефтегазовой компании

В качестве метода оценки экономического капитала использована модель Мертона – Васичека [3, 4]. Важный фактор – коэффициент корреляции показателей проекта и макроиндикаторов, позволяющий отделить идиосинкратический и систематический риск, оценивается отдельно для каждого типа проектов. В данной модели параметр надежности задан на уровне 99,97 %, что соответствует целевому кредитному рейтингу компании *BBB*. Расчет экономического капитала компании осуществляется по формуле (8) [1]:

$$CaR = EAD \cdot LGD \times N \cdot \left(\frac{N^{-1}(PD) + \sqrt{R} \cdot N^{-1}(\alpha)}{\sqrt{1-R}} \right) - PD, \quad (8)$$

где *CaR* – риск-капитал компании,

N – функция стандартного нормального распределения,

R – коэффициент корреляции показателей проекта (компании) с общим состоянием экономики,

α – уровень надежности.

Расчет риск-капитала, необходимого для достижения устойчивости, соответствующей рейтингам *AAA*, *BBB*, *BB*, представлен в табл. 6.

Расчеты показывают, что чем выше целевой кредитный рейтинг компании, тем более высокие требования к капиталу предъявляются моделью. Так, для соответствия целевому рейтингу *AAA* капитал, необходимый для покрытия потерь от реализации инвестиционных проектов составляет 57,41 млн долл., для рейтинга *BBB* – 50,64 млн долл., *BB* – 6,85 млн долл. [12].

Заключение

Методический подход к оценке рисков инвестиционного портфеля на основе модели Мертона–Васичека доказывает свою эффективность и простоту применения, однако ряд направлений моделирования риск-капитала имеют перспективный характер [13, 14]. В частности, необходима разработка подхода к оценке корреляции инвестиционных проектов с общим состоянием экономики, что предполагает построение мультифакторного индикатора, позволяющего выявить глобальные тренды и их влияние на инвестиционную деятельность. Также важной проблемой является повышение корректности модели *EAD* [15], учитывающей распределение стоимости проектов на момент выхода в дефолт. Решение указанных задач позволит обеспечить устойчивое развитие бизнес высокотехнологичных отраслей в условиях неопределенности и риска.

Таблица 6

Расчет экономического капитала для разного уровня финансовой устойчивости

| Проект | EAD | T | PD | LGD | R | CaR_{AAA} | CaR_{BBB} | CaR_{BB} |
|---|-------|-----|-------|-------|------|-------------|-------------|------------|
| Замена насоса холодной воды | 10 | 0,3 | 0,035 | 0,12 | 0,1 | 0,19 | 0,15 | 0,03 |
| Модернизация магистрального нефтепровода | 45 | 2 | 0,081 | 0,58 | 0,25 | 12,11 | 10,26 | 3,43 |
| Строительство нефтесклада | 35 | 2 | 0,085 | 0,65 | 0,2 | 9,97 | 8,46 | 3,31 |
| Модернизация цеха нефтепереработки на НПЗ № 1 | 120 | 4 | 0,055 | 0,58 | 0,55 | 28,77 | 25,82 | 0,15 |
| Реконструкция сети АЗС | 30 | 2 | 0,054 | 0,58 | 0,62 | 6,38 | 5,95 | -0,06 |
| Итого: | | | | | | 57,41 | 50,64 | 6,85 |

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Domnikov A., Khomenko P., Chebotareva G. A risk-oriented approach to capital management at a power generation company in Russia // WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2014. Vol. 1. P. 13–24.
2. Domnikov A., Chebotareva G., Khodorovsky M. Evaluation of investor attractiveness of power-generating companies: special reference to the development risks of the electric power industry // WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2014. Vol. 1. P. 199–210.
3. Merton R. C. On the pricing of Corporate debt: The risk structure of interest rates // J. of Finance. 1974. Vol. 29. No. 2. P. 449–470.
4. Vasicek O. Loan portfolio value // Credit portfolio models. 2002. Vol. 15. No. 3. P. 160–162.
5. Ohlson J. A. Financial Ratios and the Probabilistic Prediction of Bankruptcy // J. of Accounting Research. 1980. Vol. 18. No. 1. P. 109–131.
6. Домников А. Ю., Чеботарева Г. С., Ходоровский М. Я. Методический подход к диагностике рисков кредитования при проектном финансировании // Аудит и финансовый анализ. 2013. № 2. С. 114–119.
7. Gorby M. B. A risk-factor model foundation for rating-based bank capital rules // J. of Financial Intermediation. 2003. Vol. 12. No. 3. P. 199–232.
8. Gmurman V. Probability theory and mathematical statistics. M.: Higher School, 1997. 479 p.
9. Gurtler M., Heithecker D. Multi-Period defaults and maturity effects oneconomic capital in a ratings-based default-mode model // Finanz Wirtschaft Working Paper. Braunschweig University of Technology Institute for Economics and Business Administration Department of Finance. Series FW19V2/05. 2005.
10. Domnikov A., Khodorovsky M., Khomenko P. Optimization of finances into regional energy // Economy of Region. 2014. No. 2. P. 248–253.

11. Khodorovsky M., Domnikov A., Khomenko P. Optimization of financing investments in a power-generation company // WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2014. Vol. 1. P. 45–54.
12. Peter C. Estimating Loss Given Default – Experiences from Banking Practice // B. Engelmann and R. Rauhmeier, eds. «The Basel II Risk Parameters; Estimation, Validation, and stress Testing». Springer link. Berlin, 2006. P. 143–175.
13. Filomena T. P., Campos-Nanez E., Duffey M. R. Technology selection and capacity investment under uncertainty // European J. of Operational Research. 2014. Vol. 232 (1). P. 125–136.
14. Sakaguchi J., Miyauchi H., Misawa T. Risk assessment of power plant investment by three level ordered probit model considering project suspension // Proc. of IREP Symposium: Bulk power System Dynamics and Control – IX Optimization, Security and Control of the Emerging Power Grid, 2013. P. 12–18.
15. Bos K., Reniers G. An Expert Tool For Integrating Safety Into Project Management Safety and Security Engineering // WIT Press. 2012. Vol. 2. P. 22–25.
16. Домников А. Ю., Хоменко П. М., Ходоровский М. Я., Власов В. Е. Совершенствование методики оценки экономического капитала на основе модификации метода расчета позиции под риском дефолта // Аудит и финансовый анализ. 2013. № 4. С. 113–117.

Domnikov A. Yu., doctor of economics,
Chebotareva G.S., post-graduate student,
Khomenko P.M., post-graduate student,
Khodorovsky M. Ya., doctor of economics, professor,
Ural Federal University
named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,
Ekaterinburg, Russia

RISK-ORIENTED APPROACH TO LONG-TERM SUSTAINABILITY MANAGEMENT FOR OIL AND GAS COMPANIES IN THE COURSE OF IMPLEMENTATION OF INVESTMENT PROJECTS

The relevance of the study is based on the theoretical and practical importance of the problem of formation of an effective system of risk management amid economic growth and technological hazards in modern society as the most important factor for the competitiveness and profitability of a business. Currently, the risk-based approach to capital management is gaining wide acceptance in various industries, but the mechanisms of applying this approach for high-tech companies in the oil and gas business are poorly understood. The competitiveness of a high-tech business largely depends on its ability to operate stably, to generate cash flows, and to assess the specific risks accompanying the project. The issue of risk management is of key importance here, being a necessary condition for long-term sustainability of high-tech companies. The problem becomes particularly relevant in terms of implementation of investment projects that can increase the efficiency and scale of the business or lead the company to collapse. The article presents the concept of a risk management system in oil and gas companies in the course of implementation of investment projects. A rating model is proposed for risk assessment of investment projects that

takes into account multiple factors. The capital management model, which is a widely accepted and recognized in risk management, is the basis for the proposed approach to risk management of oil and gas companies. A method for estimating economic capital is developed that is based on the Merton-Vasicek model which makes it possible to set operational guidelines for managing long-term sustainability of oil and gas companies in terms of investment risk. The authors propose a comprehensive methodological approach to the assessment of the economic capital of an oil and gas company that allows you to quickly and efficiently identify the most dangerous factors in the implementation of investment projects, and develop a management program for long-term financial sustainability of high-tech companies. The results of the study can be used by the management of oil and gas companies, investors and analysts in the process of financial decision-making in the context of multiple criteria and uncertainty.

Key words: long-term sustainability, oil and gas company, investment project, investment risks, probability of default, logit model, Merton-Vasicek method.

References

1. Domnikov, A., Khomenko, P., Chebotareva, G. (2014). A risk-oriented approach to capital management at a power generation company in Russia. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, Vol. 1, 13–24.
2. Domnikov, A., Chebotareva, G., Khodorovsky, M. (2014). Evaluation of investor attractiveness of power-generating companies: special reference to the development risks of the electric power industry. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, Vol. 1, 199–210.
3. Merton, R.C. (1974). On the pricing of Corporate debt: The risk structure of interest rates. *Journal of Finance*, Vol. 29, No. 2, 449–470.
4. Vasicek, O. (2002). Loan portfolio value. *Credit portfolio models*, Vol. 15, No. 3, 160–162.
5. Ohlson, J.A. (1980). Financial Ratios and the Probabilistic Prediction of Bankruptcy. *Journal of Accounting Research*, Vol. 18, No. 1, 109–131.
6. Domnikov, A.Iu., Chebotareva, G.S., Khodorovskii, M.Ia. (2013). Metodicheskiy podkhod k diagnostike riskov kreditovaniia pri proektnom finansirovani [Systematic approach to diagnosis of lending risks in project finance]. *Audit i finansovyi analiz [Audit and financial analysis]*, No 2, 114–119.
7. Gorby, M.B. (2003). A risk-factor model foundation for rating-based bank capital rules. *Journal of Financial Intermediation*, Vol. 12, No. 3, 199–232.
8. Gmurman, V. (1997). *Probability theory and mathematical statistics*. M., Higher School, 479.
9. Gurtler, M., Heithecker, D. (2005). Multi-Period defaults and maturity effects oneconomic capital in a ratings-based default-mode model. *Finanz Wirtschaft Working Paper*. Braunschweig University of Technology Institute for Economics and Business Administration Department of Finance, Series FW19V2/05.
10. Domnikov, A., Khodorovsky, M., Khomenko, P. (2014). Optimization of finances into regional energy. *Ekonomika Regiona [Region's Economy]*, No. 2, 248–253.
11. Khodorovsky, M., Domnikov, A., Khomenko, P. (2014). Optimization of financing investments in a power-generation company. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, Vol. 1, 45–54.

12. Peter, C. (2006). Estimating Loss Given Default – Experiences from Banking Practice. *B. Engelmann and R. Rauhmeier, eds, «The Basel II Risk Parameters; Estimation, Validation, and stress Testing»*. Springer link, Berlin, 143–175.
13. Filomena, T.P., Campos-Nanez, E., Duffey, M.R. (2014). Technology selection and capacity investment under uncertainty. *European Journal of Operational Research*, Vol. 232 (1), 125–136.
14. Sakaguchi, J., Miyauchi, H., Misawa, T. (2013). Risk assessment of power plant investment by three level ordered probit model considering project suspension. *Proc. of IREP Symposium: Bulk power System Dynamics and Control – IX Optimization, Security and Control of the Emerging Power Grid*, 12–18.
15. Bos, K., Reniers, G. (2012). An Expert Tool For Integrating Safety Into Project Management Safety and Security Engineering. *WIT Press*, Vol. 2, 22–25.
16. Domnikov, A.Iu., Khomenko, P.M., Khodorovskii, M.Ia., Vlasov, V.E. (2013). Sovershenstvovanie metodiki otsenki ekonomicheskogo kapitala na osnove modifikatsii metoda rascheta pozitsii pod riskom defolta [Economic capital assessment method improvement based modification the exposure at default calculating method]. *Audit i finansovyi analiz [Audit and financial analysis]*, No 4, 113–117.

Information about the authors

Domnikov Alexei Yurievich – Doctor of Economics, Professor, Department of Banking and Investment Management, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia (620002, Ekaterinburg, Mira street, 19); e-mail: domnikov@e1.ru.

Chebotareva Galina Sergeevna – Post-Graduate Student, Department of Banking and Investment Management, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia (620002, Ekaterinburg, Mira street, 19); e-mail: galina_ch90@mail.ru.

Khomenko Pavel Mikhailovich – Post-Graduate Student, Department of Banking and Investment Management, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia (620002, Ekaterinburg, Mira street, 19); e-mail: pavelkhon@gmail.com.

Khodorovsky Mikhail Yakovlevich – Doctor of Economics, Professor, Head of Department of Banking and Investment Management, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia (620002, Ekaterinburg, Mira street, 19); e-mail: pavelkhon@gmail.com.