

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



# НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ВЕДОМОСТИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

---

---

**Экономические  
науки**

---

---

**Том 13, № 6, 2020**

Санкт-Петербург  
2020

# НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ВЕДОМОСТИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

*Акаев А.А.*, иностр. член РАН, д-р физ.-мат. наук, Институт математических исследований сложных систем МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва); *Окрепилов В.В.*, академик РАН, д-р экон. наук, профессор, Центр региональных проблем экономики качества (Санкт-Петербург); *Елисеєва И.И.*, чл.-корр. РАН, д-р экон. наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный экономический университет (Санкт-Петербург); *Клейнер Г.Б.*, чл.-корр. РАН, д-р экон. наук, профессор, Центральный экономико-математический институт РАН; *Глухов В.В.*, д-р экон. наук, профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого.

## МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

*Барбанер Ханон*, д-р экон. наук, профессор, Русское академическое общество Эстонии (г. Таллинн, Эстония); *Беккер Йорг*, профессор, Вестфальский университет им. Вильгельма (г. Мюнстер, Германия); *Дамари Рой*, Insam (Швейцария); *Димани Фредерик*, Высшая бизнес-школа (г. Ницца, Франция); *Ергер Юргин*, д-р наук, профессор, Университет Регенсбурга (Германия); *Канкаанранта Мария*, Университет Оулу (Финляндия); *Квинт В.Л.*, иностр. член РАН, д-р экон. наук, профессор (США); *Томич Радован*, Высшая деловая школа (г. Нови Сад, Сербия); *Тицелинский Стефан*, Технологический университет (г. Познань, Польша); *Марко Ван Гелдерен*, VU Университет Амстердама (Нидерланды); *Азимов П.Х.*, канд. экон. наук, доцент, Таджикский гос. технический университет им. акад. М.С. Осими; *Нехорошева Л.Н.*, д-р экон. наук, профессор, Белорусский гос. экономический университет.

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Главный редактор** – Глухов В.В., д-р экон. наук, профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого.

**Заместитель главного редактора** – Бабкин А.В., д-р экон. наук, профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого.

*Басарева В.Г.*, д-р экон. наук, профессор, Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН (г. Новосибирск); *Булатова Н.Н.*, д-р экон. наук, профессор, Восточно-Сибирский гос. университет технологий и управления (г. Улан-Удэ); *Буркальцева Д.Д.*, д-р экон. наук, профессор, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского; *Бухвальд Е.М.*, д-р экон. наук, профессор, Институт экономики РАН (г. Москва); *Вертакова Ю.В.*, д-р экон. наук, профессор, Юго-Западный федеральный университет; *Качалов Р.М.*, д-р экон. наук, профессор, Центральный экономико-математический институт РАН (г. Москва); *Козлов А.В.*, д-р экон. наук, профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого; *Корягин С.И.*, д-р техн. наук, профессор, Инженерно-технический институт Балтийского федерального университета имени И. Канта (г. Калининград); *Малышев Е.А.*, д-р экон. наук, профессор, Забайкальский гос. университет (г. Чита); *Мерзликина Г.С.*, д-р экон. наук, профессор, Волгоградский гос. технический университет (г. Волгоград); *Писарева О.М.*, канд. экон. наук, Институт информационных систем, Государственный университет управления (г. Москва); *Пшеничников В.В.*, канд. экон. наук, доцент, Воронежский гос. аграрный университет им. Императора Петра I (г. Воронеж); *Устинова Л.Н.*, д-р экон. наук, профессор, Российская государственная академия интеллектуальной собственности (г. Москва); *Чупров С.В.*, д-р экон. наук, профессор, Иркутский гос. университет (г. Иркутск); *Юдина Т.Н.*, д-р экон. наук, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (г. Москва).

Журнал с 2002 года входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, где публикуются основные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Сведения о публикациях представлены в Реферативном журнале ВИНИТИ РАН, в международной справочной системе «Ulrich`s Periodical Directory», в базах данных «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ), Google Scholar, EBSCO, ProQuest, ROAD.

С 2008 года выпускался в составе сериального периодического издания «Научно-технические ведомости СПбГПУ». ISSN 1994-2354

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-52146 от 11 декабря 2012 г.

При перепечатке материалов ссылка на журнал обязательна.

Точка зрения редакции может не совпадать с мнением авторов статей.

THE MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION



**ST. PETERSBURG STATE  
POLYTECHNIC UNIVERSITY  
JOURNAL**

---

---

**Economics**

---

---

**Vol. 13, no. 6, 2020**

Saint Petersburg  
2020

# ST. PETERSBURG STATE POLYTECHNICAL UNIVERSITY JOURNAL. ECONOMICS

## EDITORIAL COUNCIL

*A.A. Akaev* – foreign member of the Russian Academy of Sciences, Dr.Sc. (phys.-math.);  
*V.V. Okrepilov* – full member of the Russian Academy of Sciences;  
*I.I. Eliseeva* – corresponding member of the Russian Academy of Sciences;  
*G.B. Kleiner* – corresponding member of the Russian Academy of Sciences;  
*V.V. Glukhov* – Dr.Sc. (econ.), prof.

## INTERNATIONAL EDITORIAL COUNCIL

*Hanon Barabaner* – Dr.Sc. (econ.), prof. (Estonia);  
*Jörg Becker* – Dr.Sc., prof. (Germany);  
*Roy Damary* – INSAM, Geneva (Switzerland);  
*Frederic Dimanche* – SKEMA Business School, Nice (France);  
*Jürgen Jerger* – Dr.Sc., prof. University of Regensburg (Germany)  
*Marja Kankaanranta* – Adjunct prof. University of Oulu (Finland);  
*V.L. Kvint* – foreign member of the Russian Academy of Sciences (USA);  
*Tomic Radovan* – Dr.Sc., prof. Novi Sad Business School (Serbia);  
*Stefan Trzcielinski* – Dr.Sc. (econ.), prof. (Poland);  
*Marco van Gelderen* – PhD, VU University Amsterdam (Netherlands);  
*P.H. Azimov* – Assoc. Prof. Dr., PhD (Tajikistan);  
*L.N. Nehorosheva* – Dr.Sc. (econ.), prof. (Byelorussia).

## EDITORIAL BOARD

*V.V. Gluhov* – Dr.Sc. (econ.), prof., head of the editorial board;  
*A.V. Babkin* – Dr.Sc. (econ.), prof., deputy head of the editorial board;  
*V.G. Basareva* – Dr.Sc. (econ.), prof.;  
*N.N. Bulatova* – Dr.Sc. (econ.), prof.;  
*D.D. Burkaltceva* – Dr.Sc. (econ.);  
*E.M. Buhval'd* – Dr.Sc. (econ.), prof.;  
*R.M. Kachalov* – Dr.Sc. (econ.), prof.;  
*S.I. Koryagin* – Dr.Sc. (tech.), prof.;  
*A.V. Kozlov* – Dr.Sc. (econ.), prof.;  
*E.A. Malyshev* – Dr.Sc. (econ.), prof.;  
*G.S. Merzlikina* – Dr.Sc. (econ.), prof.;  
*O.M. Pisareva* – Assoc. Prof. Dr.;  
*V.V. Pshenichnikov* – Assoc. Prof. Dr.;  
*L.N. Ustinova* – Dr.Sc. (econ.), prof.;  
*S.V. Chuprov* – Dr.Sc. (econ.), prof.;  
*T.N. Yudina* – Dr.Sc. (econ.);  
*U.V. Vertakova* – Dr.Sc. (econ.), prof.

The journal is included in the List of Leading Peer-Reviewed Scientific Journals and other editions to publish major findings of PhD theses for the research degrees of Doctor of Sciences and Candidate of Sciences.

The publications are presented in the VINITI RAS Abstract Journal and Ulrich's Periodical Directory International Database, EBSCO, ProQuest, Google Scholar, ROAD.

The journal was published since 2008 as part of the periodical edition *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU* (ISSN 1994-2354)

The journal is registered with the Federal Service for Supervision in the Sphere of Telecom, Information

Technologies and Mass Communications (ROSKOMNADZOR). Certificate ПИ № ФС77-52146 issued December 11, 2012

The journal is on the Russian Science Citation Index (RSCI) data base

© Scientific Electronic Library (<http://elibrary.ru/>).

No part of this publication may be reproduced without reference to the source.

The views of the authors can contradict the views of the Editorial Board.

© Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 2020

## Содержание

### Теоретические основы экономики и управления

- Егорова С.Е., Богданович И.С., Кистаева Н.Н. Экологические показатели как инструмент сбалансированного развития экономики..... 7

### Региональная экономика

- Тренина И.А., Татенко Г.И., Бахтина С.С. Ключевые технологические компетенции как фактор инновационного развития региона..... 20
- Ланина Л.А., Малышев А.В., Ромодановская Н.Б. Анализ развития аудиовизуального кластера в регионе (на примере международного опыта)..... 31

### Экономико-математические методы и модели

- Глухов В.В., Картавенко О.А. Оптимизация использования ресурсов при максимизации компетенций выпускника: система математических моделей..... 41
- Соловейчик К.А., Лавров А.С., Никифорова А.М. Математическая модель подготовки данных для оперативного планирования на предприятиях тяжелого машиностроения..... 55
- Пупенцова С.В., Поняева И.И. Оценка рисков инновационного проекта, основанная на синтезе методов нечетких множеств и анализа иерархий..... 66
- Поцулин А.Д., Сергеева И.Г., Руденко В.Д. Использование методов машинного обучения для оценки поставщиков продукции..... 79

### Экономическая безопасность

- Кудрявцев А.В., Бабкин А.В., Литвиненко А.Н. Индикаторы криминализации экономики в системе мониторинга экономической безопасности России..... 91

### Финансы, налогообложение, инвестиции

- Пшеничников В.В. Перспективы эмиссии цифрового рубля и его функционирования в платежном обороте страны..... 101

# Contents

## Theoretical bases of economics and management

- Egorova S.E., Bogdanovich I.S., Kistaeva N.N.** Environmental indicators as a tool for balanced economic development..... 7

## Regional economy

- Tronina I.A., Tatenko G.I., Bakhtina S.S.** Key technological competencies as a factor of innovative development of the region..... 20

- Lanina L.A., Malyshev A.V., Romodanovskaya N.B.** Analysis of the development of the audiovisual cluster in the region (based on international experience)..... 31

## Economic and mathematical methods and models

- Glukhov V.V., Kartavenko O.A.** Optimizing resource use while maximizing graduate competencies: a system of mathematical models..... 41

- Soloveychik K.S., Lavrov A.S., Nikiforova A.M.** Mathematical model of data preparation for operational planning in heavy engineering enterprises..... 55

- Pupentsova S.V., Ponyaeva I.I.** Risk assessment of innovative project based on the synthesis of fuzzy set methods and hierarchy analysis..... 66

- Potsulin A.D., Sergeeva I.G., Rudenko V.D.** Machine learning methods using for product suppliers evaluation..... 79

## Economic safety

- Kudryavtcev A.V., Babkin A.V., Litvinenko A.N.** Indicators of criminalization of the economy in the Russian economic security monitoring system..... 91

## The finance, taxation, investments

- Pshenichnikov V.V.** Prospects of issuing digital ruble and its functioning in the country's payment turnover..... 101

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАК ИНСТРУМЕНТ СБАЛАНСИРОВАННОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ

**Егорова С.Е., Богданович И.С., Кистаева Н.Н.**

Псковский государственный университет,  
Псков, Российская Федерация

Одной из приоритетных задач современной экономики является оптимальное использование природных ресурсов в хозяйственной деятельности. Это объясняется тем, что организация и управление производством оказывают влияние на окружающую среду, которая, в свою очередь влияет как на благосостояние общества, так и на показатели экономического развития. Именно поэтому активно развивается методология и практика формирования публичной нефинансовой отчетности, направленная на отражение показателей, связанных с сохранением и оценкой природных ресурсов, борьбой с загрязнением, управлением и рециркуляцией отходов, а также с созданием норм выбросов. Важным инструментом для принятия обоснованных управленческих решений, направленных на гармонизацию экономики и окружающей среды, становятся экологические показатели. В настоящее время, несмотря на большое количество методических разработок, отсутствует их прочная теоретическая основа, позволяющая формировать экологические показатели, адекватно характеризующие взаимодействие бизнеса и окружающей среды и востребованные на всех уровнях принятия экономических решений. В статье уточняются содержание, классификация, система показателей, методики оценки экологических издержек с целью их использования в управленческой деятельности для более глубокого анализа, моделирования и прогнозирования экономических явлений и процессов в рамках концепции устойчивого развития. Авторами изучены и систематизированы подходы к стоимостной оценке антропогенного вреда природе, определяемой несоизмеримостью натуральных и стоимостных показателей; отсутствием цен нерыночных благ, большой неопределенностью относительно истинной ценности; длительностью последствий от антропогенных воздействий и долгосрочностью инвестиций в охрану окружающей среды. Обобщены современные подходы к моделированию и интерпретации результатов, а также возможности разработки новых (совершенствования действующих) моделей оптимизации экологических издержек. Определены направления анализа экологических показателей в существующих системах управления, в частности, через изучение нефинансовой отчетности, которая является основой для расчета показателей использования ресурсов, качества окружающей среды, финансовой устойчивости и стратегической инвестиционной привлекательности предприятия.

**Ключевые слова:** сбалансированное развитие экономики, экологические показатели, методы стоимостной оценки, модели оптимизации, бухгалтерский учет, нефинансовая отчетность

**Ссылка при цитировании:** Егорова С.Е., Богданович И.С., Кистаева Н.Н. Экологические показатели как инструмент сбалансированного развития экономики // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. Т. 13, № 6. С. 7–19. DOI: 10.18721/JE.13601

Это статья открытого доступа, распространяемая по лицензии CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

## ENVIRONMENTAL INDICATORS AS A TOOL FOR BALANCED ECONOMIC DEVELOPMENT

**S.E. Egorova, I.S. Bogdanovich, N.N. Kistaeva**

Pskov State University,  
Pskov, Russian Federation



One of the priorities of the modern economy is the optimal use of natural resources in economic activity. This is because the organization and management of production have an impact on the environment, which in turn affects both the well-being of society and economic development. Therefore, the methodology and practice of public non-financial reporting is actively developing to reflect indicators related to the conservation and evaluation of natural resources, pollution control, waste management and recycling, and the creation of emission standards. Environmental indicators are an important tool for making sound management decisions aimed at harmonizing the economy and the environment. At present, despite the large number of methodical developments, there is no solid theoretical basis for the formation of environmental indicators that adequately characterize the interaction of business and the environment and are in demand at all levels of economic decision-making. The article clarifies the content, classification, system of indicators, methods of assessing environmental costs for use in management activities for deeper analysis, modelling and forecasting of economic phenomena and processes within the framework of the concept of sustainable development. The authors studied and classified approaches to the value assessment of man-made harm to nature, determined by the disproportionateness of natural and value indicators; lack of non-market goods, great uncertainty about the true value; consequences of man-made impacts and long-term investment in environmental protection. Modern approaches to modeling and interpretation of results are summarized, as well as opportunities to develop new (improve the existing) models for optimizing environmental costs. The authors identified the areas of environmental performance analysis in the existing management systems, in particular through the study of non-financial reporting, which is the basis for calculating resource utilization, environmental quality and sustainability.

**Keywords:** balanced economic development, environmental indicators, valuation methods, optimization models, accounting, non-financial reporting

**Citation:** S.E. Egorova, I.S. Bogdanovich, N.N. Kistaeva, Environmental indicators as a tool for balanced economic development, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 13 (6) (2020) 7–19. DOI: 10.18721/JE.13601

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

## Введение

В настоящее время требования, предъявляемые к отчетности организаций, начинают меняться. Инвесторы при принятии стратегических решений учитывают не только финансовые, но и нефинансовые факторы, что позволяет им оценивать стратегическую инвестиционную привлекательность предприятия, а также прогнозировать продолжительность его деятельности. Таким образом, только финансовых показателей, формируемых в общепринятых отчетных формах, недостаточно для оценки перспективы развития компании.

Для принятия хозяйственных решений необходима отчетность, которая бы полно и достоверно отражала весь комплекс взаимосвязей между стратегической, управленческой, операционной, финансовой и нефинансовой составляющими, показывала, как организация, реализуя свою успешную бизнес-модель, использует различные капиталы (финансовый, производственный, интеллектуальный, человеческий, природный и социальный), взаимодействует с внешней средой и оценивает свою способность продолжать деятельность на протяжении достаточно долгого времени.

К решению данной проблемы уже предприняты усилия на международном уровне. Так, в 1997 г. была создана Глобальная инициатива по отчетности (Global Reporting Initiative, GRI) Коалицией за экологически ответственный бизнес, которая занялась разработкой «расширенного» отчета, необходимого для представления организацией всем заинтересованным сторонам — отчета в области устойчивого развития.

Цель подготовки такой отчетности — совершенствование бизнеса на пути к устойчивой мировой экономике, в которой долгосрочная рентабельность сочетается с социальной ответственностью и заботой об охране окружающей среды.



Руководство GRI постоянно совершенствует подходы к отражению информации в отчетных формах. В начале 2014 г. опубликовано обновленное руководство G4 — четвертая версия требований к представлению нефинансовой и финансовой информации<sup>1</sup>.

Целью исследования является развитие методических подходов к формированию информации, содержащей показатели, связанные с сохранением и оценкой природных ресурсов, борьбой с загрязнением, управлением и рециркуляцией отходов, а также с созданием норм выбросов в отчетности хозяйствующих субъектов.

Для достижения поставленной цели основным объектом исследования становятся экологические издержки, которые служат инструментом для принятия обоснованных управленческих решений, направленных на гармонизацию экономики и окружающей среды.

Отсюда определяются и основные задачи исследования: идентификация, классификация и оценка экологических показателей, адекватно характеризующих взаимодействие экономики и окружающей среды и востребованных на всех уровнях принятия экономических решений; моделирование взаимосвязи между экономическими и экологическими показателями.

### **Методика проведения исследований**

Включение в стратегии стран, регионов, предприятий концепции устойчивого развития предопределило активизацию исследований в сфере взаимного воздействия процессов развития предпринимательства и изменения состояния природной среды. Основной проблемой таких исследований является достижение оптимального эффекта при сохранении динамического равновесия экосистем [1]. С экономической точки зрения, оптимальным решением экологических проблем является достижение такого уровня воздействий на окружающую среду, при котором экологические издержки, включающие в себя как экологический ущерб, так и затраты на восстановление (предотвращение), являются минимальными. Особое внимание уделяется выявлению закономерностей, связывающих экологические и экономические характеристики, что связано с поиском баланса между интересами в развитии на конкретной территории определенных видов хозяйственной деятельности и необходимостью обеспечения воспроизводства саморегулирующихся природных систем [2].

Экологические ограничения влияют на производительность отдельного предприятия, отрасли [3]<sup>2</sup>, на эффективность экономического развития региона, страны и человечества в целом. Экономические субъекты с одной стороны, ищут пути снижения издержек, а, с другой стороны, заинтересованы в предотвращении критических экологических последствий, т.е. уменьшении экологических рисков. При этом важной проблемой оценки эффективности природоохранных мероприятий является то, что показатели в цепочке «цели — экологические издержки — результат» имеют разную природу [4, 5]. Если цели и ожидаемый эффект природоохранных мероприятий определяются экологическими показателями состояния окружающей среды (снижение концентрации вредных веществ, сохранение видового разнообразия и численности популяции и т.п.), выраженными в натуральных единицах измерения, то экономические цели, экологические издержки и ожидаемый экономический результат имеют стоимостную оценку.

Поэтому постановка задачи оптимизации экологических издержек путем их включения в сферу экономического анализа на разных уровнях управления (предприятия, региона, национальной экономики в целом) породила множество подходов к ее решению.

В научной и методической литературе издержки на природоохранную деятельность увязываются с дополнительными затратами и потерями для экономики, которые являются следствием

<sup>1</sup> The GRI standards: the global standards for sustainability reporting. URL: [https://www.globalreporting.org/standards/media/2458/gri\\_standards\\_brochure.pdf](https://www.globalreporting.org/standards/media/2458/gri_standards_brochure.pdf)

<sup>2</sup> См. также: Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды (одобрена Постановлением Госплана СССР, Госстроя СССР, Президиума АН СССР от 21.10.1983 N 254/284/134).

неблагополучного состояния природной среды и представляют собой экономический ущерб от экологических нарушений [6].

Однако используемые методики определения ущерба не дают его объективной оценки, которая необходима при разработке предпроектной и проектной документации, проведении экологического аудита предприятий, оценке эффективности инвестиционных проектов, страховании экологических рисков.

В числе существенных проблем можно выделить следующие.

Во-первых, отсутствие единой методики для всех видов природных сред, технологий и производств; несовпадение величин ущерба, рассчитанных по разным методикам; отсутствие учета ряда физических и химических свойств вредных веществ, а также уже накопленного вреда природным системам [7]. Таким образом, исследования в этом направлении по-прежнему остаются в ряду актуальных вопросов экономики природопользования.

Во-вторых, в рассмотренном подходе, основанном на категории экономического ущерба от экологических нарушений, оцениваются не негативные процессы в экосистемах, а их влияние на хозяйственную деятельность, которое может иметь стоимостную оценку. При этом экологические аспекты вреда окружающей среде ограничиваются предельными нормативами, а возможности катастрофического исхода событий, гуманистические и нравственные вопросы остаются за рамками экономической оценки. Это означает, что размер экологических издержек должен планироваться не только с точки зрения экономической эффективности природоохранных мероприятий (иначе говоря, затраты меньше предотвращенного ущерба плюс соблюдены нормативы загрязнений), но и с точки зрения имеющихся у общества возможностей при текущих состоянии экономики и уровне развития техники и технологий.

В-третьих, экологические издержки несут экономические агенты разного масштаба: страны, регионы, предприятия, отдельные индивиды. Это означает, что возникает необходимость соотнесения затрат и выгод на разных уровнях принятия экономических решений. Однако исследования экологических издержек ведутся в основном с точки зрения государственного управления.

В-четвертых, определение и измерение ущерба связано с экономической оценкой природных благ, сложность и дискуссионность которой, несмотря на наличие большого количества практических методик, обусловлена несоизмеримостью натуральных и стоимостных показателей, отсутствием цен нерыночных благ, неопределенностью относительно их истинной ценности, длительностью последствий от нанесенного вреда и долгосрочностью природоохранных инвестиций и связанной с этим неопределенностью в выборе ставки дисконтирования, в котором переплетаются экономический и нравственный аспекты [6].

Одной из наиболее острых и сложных проблем, стоящих перед экологической экономикой, является экономическая оценка экологических активов. К основным причинам потребности в получении денежной оценки экологических ресурсов относятся: проведение анализа затрат и выгод; экологический учет; оценка ущерба природным ресурсам и проведение правильного ценообразования; разработка экологических счетов и их интеграция с национальными счетами, создание скорректированных с экологической точки зрения макроэкономических показателей, включая «зеленый» ВВП; поиск универсальных критериев устойчивого развития [6, 10, 11].

В табл. 1 представлены две основные концепции, на которых построены методики экономической оценки природных ресурсов.

Представленные выше подходы (табл. 1) не учитывают, как минимум, те природные блага, которые не используются для достижения производственных целей, но рассматриваются как элементы благосостояния общества. В международной практике экономисты-экологи различают типы экономических стоимостей в зависимости от использования и неиспользования ценности экологических благ (см. рис. 1). Потребительские стоимости (UV, use values — стоимости использования) делятся на прямые (например, стоимость древесины в лесу) и косвенные (например,

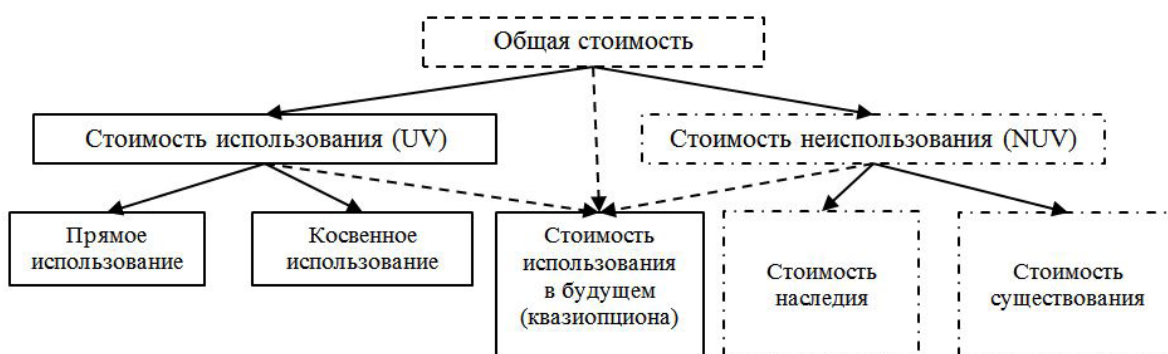


Рис. 1. Общая экономическая стоимость экологических благ  
 Fig. 1. Total economic value of environmental benefits

стоимость поглощения углерода лесами). Непотребительная стоимость (NUV, non-use value — стоимость неиспользования) — это ценность, которую люди придают экологическому благу, независимо от того, используют ли они его сами или нет [12]. Общая экономическая стоимость природных благ (TUV, total economic value) складывается из частных потребительных стоимостей и непотребительных стоимостей (см. рис. 1) [13].

**Таблица 1. Концепции экономической оценки природных ресурсов**  
**Table 1. Concepts of economic valuation of natural resources**

Концепция	Сущность	Примеры	Критика
Затратная	Стоимость ресурса определяется затратами труда на их освоение и вовлечение в хозяйственный оборот	Экономическая оценка земель С.Г. Струмилина: $O = K \cdot \left( \frac{Y}{T} / \frac{Y}{T} \right)$ , где $O$ — экономическая оценка 1 га угодий, $K$ — средняя стоимость освоения 1 га угодий, $\frac{Y}{T}$ и $\frac{Y}{T}$ — отношения урожайности продукта к текущим затратам на его производство на оцениваемом участке и в среднем по стране.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ресурс лучшего исходного качества получает меньшую оценку, а самые неблагоприятные для использования — наиболее высокую оценку;</li> <li>– отсутствие учета качественных особенностей природных ресурсов.</li> </ul>
Рентная	Оценка ресурса определяется размером приносимой им дифференциальной ренты <sup>3</sup>	$R = \sum_{i=0}^k \frac{R_{\Gamma}}{(1+r)^i}; \quad R_{\Gamma} = \sum_{j=1}^m (Z - S) \cdot n_j,$ где $R$ — экономическая оценка ресурса; $k$ — число лет использования ресурса; $r$ — ставка дисконтирования; $R_{\Gamma}$ — размер годовой ренты; $Z$ и $S$ — замыкающие затраты и затраты на оцениваемом участке на единицу продукции; $n_j$ — количество $j$ -го вида продукции.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– трудно отделить дифференциальную ренту от дополнительного дохода за счет лучшей организации производства, применения лучших технологий;</li> <li>– оценка объектов при плохом ведении хозяйства оказывается нулевой.</li> </ul>

<sup>3</sup> Основой дифференциальной ренты является дополнительная прибыль производителя, эксплуатирующего более продуктивные ресурсы.

Выбор метода оценки зависит от формы стоимости (UV или NUV) [14]. Рыночные цены обеспечивают равновесную оценку при текущем уровне спроса и предложения, могут быть использованы для расчета издержек на возмещение ущерба в результате экологических нарушений, например, при невозможности выпуска продукции или утрате имущества, но охватывают только прямые потребительские стоимости. Поэтому они не являются мерой общей экономической стоимости для природных благ.

Основные методы стоимостной оценки природных благ представлены в табл. 2.

**Таблица 2. Методы стоимостной оценки природных благ**  
**Table 2. Methods for the valuation of natural goods**

Методы		Сущность	Проблемы
Методы выявленных предпочтений	Рыночные цены	Суммарная рыночная стоимость ущерба на основе информации о расходах на соответствующие рыночные товары: стоимость утраченного имущества, стоимость производственных потерь	– необходимость сбора информации о рыночных ценах, учета сезонных колебаний цен, инфляции; – провалы рынка искажают цены
	Метод транспортных затрат	Моделирование функции спроса на отдых и расчет излишка потребителя. Готовность платить за качество определяется различиями в расходах на посещение мест отдыха с различным качеством	– необходимость привязки рыночных данных к экологическим характеристикам
	Метод гедонистического ценообразования	Стоимость товара, например, недвижимости, объясняется как совокупность характеристик, из которых одна или несколько могут быть экологическими. Используется регрессионный анализ для оценки влияния различных факторов на изменение стоимости объекта	
Методы выраженных предпочтений	Условная оценка	Оценки индивидами ценностей качества окружающей среды получают путем проведения опросов, где респондентов просят указать свои предпочтения. Учитываются как используемые, так и неиспользуемые ценности	– необъективность оценок может быть связана с дизайном опроса, ситуацией интервью, информацией, предоставляемой респондентам и др.;
	Моделирование выбора (моделирование рынка)	Многокритериальный метод, где одним из атрибутов являются издержки	– опросы затратны по ресурсам и времени.
Метод анализа производственных функций		Оценка функции физического ущерба для проектов, связанных с воздействием на окружающую среду	– трудности при сложных эколого-экономических взаимозависимостях, наличии обратных связей
Метод издержек замены		Используется информация о взаимосвязи между товаром, не имеющим рынка, и товаром, имеющим рынок. Метод прямой замены предполагает прямую замену товара, не имеющего рынка, на товар, имеющий рынок. Метод косвенного замещения совмещает прямое замещение и производственную функцию	– предоставляет ориентировочную оценку стоимости товара или услуг; – точность оценки зависит от степени взаимозаменяемости замещаемых благ
Метод превентивных затрат (на снижение негативного воздействия)		Измеряет расходы на предотвращение ущерба, может быть использован для измерения воздействия утраты биоразнообразия на рыночные и нерыночные товары и услуги, за исключением неиспользуемых ценностей	– необходимы данные о фактических расходах, произведенных для облегчения экологических проблем

Метод «доза-реакция»	Основан на установления связи между загрязнением и показателями состояния здоровья населения, требует данных, отражающих связь между реакцией человека, животных или растений на загрязнение	– неопределенность функции реакции связана со сложностью взаимосвязей между загрязнением и здоровьем; – точность метода не известна и может привести к ошибкам в оценке выгод от улучшения качества окружающей среды
Метод альтернативных затрат	Вместо оценки выгод от улучшения качества окружающей среды рассматриваются выгоды от деятельности, приводящей к возникновению экологического ущерба, которые принимаются в качестве нижней границы стоимости объектов окружающей среды, показывающих, насколько ценным должно быть их сохранение в существующем виде	

Критики денежной оценки природных благ отмечают ее трудоемкость и ресурсоемкость; необходимость обновления полученных ранее оценок, и, как следствие, вынужденное использование устаревших или неуместных оценок; проблемы этического характера, а также многие другие недостатки [14]. При этом указывают на то, что экономическая ценность экологических благ зависит от уровня социально-экономического развития, достигнутого обществом: природный ресурс, который имеет сегодня потребительную ценность, завтра может быть удостоен высшей ценности как часть общего наследия общества [15].

За последние два десятилетия произошли серьезные изменения в эмпирических методах, используемых экономистами для изучения проблем устойчивого развития. Развитию дизайна исследований способствовало повышение вычислительных мощностей и увеличение доступности больших наборов данных [1].

Пионер в области моделирования взаимосвязи между экономическими и экологическими показателями — У. Нордхаус, лауреат Нобелевской премии по экономике 2018 года «за интеграцию изменений климата в долгосрочный макроэкономический анализ» [16]. Важной новацией моделей Нордхауса DICE и RICE является идея объединения в единую систему уравнений, содержащих экономические переменные, и уравнений с физическими переменными (характеристиками углеродного цикла, радиационного воздействия парниковых газов) для изучения взаимосвязи между климатом и экономическим ущербом.

### Результаты исследования

Экологические издержки сопровождают «систему негативных воздействий экономики на природу и обратных негативных воздействий нарушенной природной среды на экономику» [6] и представляют собой сумму взаимообусловленных экономических затрат: затрат на возмещение ущерба от экологических нарушений и природоохранных затрат, направленных на предотвращение этих нарушений (см. рис. 2).

Сумма таких затрат называется экономическим ущербом, причиняемым народному хозяйству экологическими нарушениями [6, 17]. Она не является постоянной и зависит от множества причин, в числе которых — физические, химические и биологические параметры природной среды, — и негативных факторов хозяйственной деятельности. Взаимосвязь между двумя видами затрат предполагается разнонаправленной: с увеличением природоохранных затрат должны снижаться затраты на возмещение ущерба, и наоборот.

Такой подход к экологическим издержкам позволяет дать экономическое обоснование целям природоохранной деятельности посредством оценки экономического ущерба от экологических



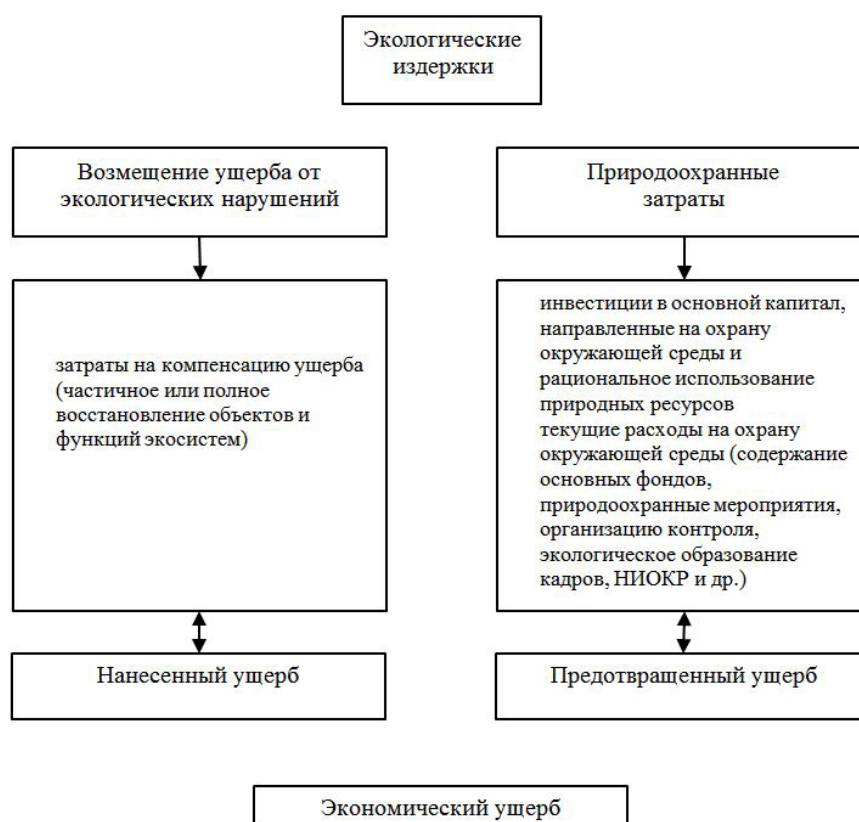


Рис. 2. Экологические издержки и экономический ущерб от экологических нарушений

Fig. 2. Environmental costs and economic damage from environmental violations

нарушений и соотношения затрат и выгод от природоохранных мероприятий, а также показать правомерность оценки природных ресурсов путем определения ущерба от потери единицы данного ресурса в результате экологических нарушений, предложить различные методики определения ущерба (например, с помощью межотраслевого баланса на основе экспертных оценок) [6, 17].

Поскольку предотвращенный и нанесенный ущерб — это затраты одного и того же экономического агента, который стремится минимизировать их сумму, становится возможной постановка задачи минимизации суммы природоохранных затрат и экономического ущерба от загрязнения и определения экономического оптимума загрязнения. Полученный экономически оптимальный уровень должен сравниваться с предельно допустимым уровнем по установленным нормам. Если экономический уровень не превышает нормативного, то результаты задачи оптимизации принимаются, в противном случае экономически оптимальное решение отбрасывается [18].

Исходя из понимания экологических издержек, представленного на рис. 2, формирование информации начинается с получения адекватных оценок причиненного ущерба и предотвращенного ущерба.

Важной проблемой оценки экологических издержек является разная природа показателей, характеризующих цели, средства и ожидаемый результат природоохранных мероприятий. Одним из подходов к разрешению данной проблемы является разработка моделей интегрированной оценки (IAM, Integrated assessment models). Цель разработки моделей интегрированной оценки состоит в предоставлении информации для обоснования управленческих решений в сферах экономической и экологической политики. Экологические характеристики в таких моделях, как правило, выбираются в контексте изменения климата, поэтому описывают процессы, произво-



дящие парниковые газы. При этом все климатические модели интегрированной оценки включают характеристики экономических процессов.

Особенностями моделей интегрированной оценки является междисциплинарный подход, разный уровень детализации и сложности учитываемых взаимосвязей, глобальный географический охват, долгосрочный временной горизонт.

Можно использовать два типа IAM:

1. Модели интегрированной оценки, основанные на процессах (Process-based Integrated Assessment Models) фокусируются на количественной оценке сценариев развития и предоставляют отраслевую информацию по моделируемым сложным процессам;

2. Модели интегрированной оценки затрат и выгод (Cost-benefit Integrated Assessment Models) — это модели оптимизации политики, они имеют целевую функцию или функцию благосостояния, которая максимизируется и может использоваться для оценки альтернативных траекторий или политик [19].

Интегрированное моделирование взаимосвязей природных изменений и макроэкономических процессов направлено на оценку ущерба от выбросов единицы парниковых газов — «общественную цену выбросов углерода» (CSS, social cost of carbon<sup>4</sup>) [19, 20], анализ комплексных сценариев противодействия климатическим изменениям; на оценку затрат и выгод, разнесенных во времени и приходящихся на разные поколения, в условиях, когда не могут быть точно известны ни экономический ущерб от изменений климата, ни издержки сокращения выбросов парниковых газов; на выработку экономической и экологической политики на глобальном уровне и т. д. [19, 20].

Следует также отметить наличие важных недостатков интегрированного моделирования, которые делают их практически бесполезными в качестве инструментов для анализа политики, поскольку основанный на IAM анализ политики в области климата создает восприятие знаний и точности, которое является иллюзорным, и может заставить политиков думать, что прогнозы, создаваемые моделями, имеют своего рода научную легитимность [1, 19, 20].

В числе таких недостатков можно привести следующие.

1. Необоснованность выбора функциональных форм и значений параметров моделей, например, ставки дисконтирования при определении CSS, выбор которой приводит к поразительно различным выводам относительно оптимального снижения выбросов. Уравнения, которые входят в большинство IAM, являются не более чем отражениями собственного «экспертного» мнения моделиста, и, таким образом, модель можно использовать для получения практически любого желаемого результата для узаконивания субъективного мнения о климатической политике.

2. Попытка учесть в IAM взаимосвязи между ростом концентрации CO<sub>2</sub> и повышением глобальной температуры при отсутствии точных знаний о физических механизмах такой взаимосвязи, наличии неопределенности в отношении чувствительности климата.

3. Отсутствие представлений о реальной форме функции ущерба, которая является одной из наиболее важных частей IAM и описывает взаимосвязь между повышением температуры и ВВП (или темпами роста ВВП). В научной литературе содержится очень мало информации об ущербе экономике, который может возникнуть в результате повышения температуры.

4. Неизвестна вероятность развития климатической катастрофы в связи с резким повышением глобальной температуры, которая окажет существенный ущерб экономике, но именно такие события и должны быть в фокусе экологической политики [20].

<sup>4</sup> SCC измеряет внешние затраты (external cost) на сжигание тонны углерода и, таким образом, информирует о размере налога, который следует использовать для сокращения выбросов углекислого газа (CO<sub>2</sub>). Информация о том, как Правительство США оценивает SCC, содержится в технических отчетах Межведомственной рабочей группы по социальным расходам на углерод (2010, 2013), которая использовала три IAM для получения оценок SCC. URL: <https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/omb/assets/inforeg/technical-update-social-cost-of-carbon-for-regulator-impact-analysis.pdf>.



Завершающим этапом формирования информации об экологических показателях является их отражение в отчетности. В рамках концепции устойчивого развития экологическая ответственность представляет собой важную составляющую устойчивости бизнеса. Использование показателей нефинансовой отчетности позволит заинтересованным лицам провести анализ затрат на охрану окружающей среды; оценку величины выбросов в атмосферный воздух; оценку использования водных ресурсов; анализ величины отходов; анализ результатов деятельности по охране земельных ресурсов и растительности, а также сохранению биологического разнообразия; анализ энергопотребления и энергоэффективности.

### Основные результаты и выводы

В рамках концепции устойчивого развития экологические показатели становятся важным инструментом оценки экономического развития и благосостояния общества. В последние годы большое внимание уделяется уточнению их содержания, классификации, методам и методикам оценки, моделированию взаимосвязи между экономическими и экологическими показателями.

Авторами показано, что исходя из понимания экологических издержек, формирование информации начинается с получения адекватных оценок причиненного ущерба и предотвращенного ущерба.

Важной проблемой оценки экологических издержек является разная природа показателей, характеризующих цели, средства и ожидаемый результат природоохранных мероприятий. Одним из подходов к разрешению данной проблемы является разработка моделей интегрированной оценки.

Учитывая, что уровень достоверности отражения информации об экологических издержках в нефинансовой отчетности определяет качество принимаемых управленческих решений, дальнейшим направлением исследования является развитие методических разработок, связанных с вопросами представления систематических данных о величине экологических издержек в бухгалтерском учете: способы организации бухгалтерского экологического учета, методики интеграции экологических показателей в систему учета, а также использования данных такого учета для принятия более обоснованных решений в области устойчивого развития.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Polasky S., Kling C.L. et al. Role of economics in analyzing the environment and sustainable development. PNAS, 2019, no. 116–12, pp. 5233–5238. DOI: 10.1073/pnas.1901616116
2. Pauliuk S., Arvesen A. et al. Industrial ecology in integrated assessment models. Nature Clim Change, 2017, pp. 13–20. DOI: 10.1038/nclimate3148
3. Albrizio S., Tomasz K., Zipperer V. Environmental policies and productivity growth: Evidence across industries and firms. Journal of Environmental Economics and Management, 2017, no. 81, pp. 209–226. DOI: 10.1016/j.jeem.2016.06.002
4. Taygashinova K., Akhmetova A. Accounting for environmental costs as an instrument of environmental controlling in the company. Management of Environmental Quality, 2019, no. 30–1, pp. 87–97. DOI: 10.1108/MEQ-08-2017-0088
5. Гусев А.А. Об экономической оценке природных ресурсов и ее использовании в народном хозяйстве // Экономическая наука современной России. 2017. № 2–77. С. 19–28.
6. Рюмина Е.В. Показатель ущерба как экономический инструмент сохранения окружающей среды // Труды VII Всероссийской конференции «Теория и практика экологического страхования: устойчивое развитие». М.: ИПР РАН. 2007. С. 110–124.
7. Терова И.К. Раскрытие информации об экологических затратах в бухгалтерском учете // Теоретические и прикладные аспекты развития современной науки. Сб. по материалам I Международной научно-практической конференции (15 марта 2016, Екатеринбург) / Под общ. ред. Т.М. Сигитова. Пермь: ИП Сигитов Т.М., 2016. С. 6–10.

8. **Клычова Г.С., Гареев Р.И.** Экономический анализ относительных показателей экологической эффективности предприятия // Бухгалтерский учет в бюджетных и некоммерческих организациях. 2016. № 18. С. 40–43.
9. **Obst K., Hein L., Edens B.** National accounting and the valuation of ecosystem assets and their services. *Environmental and Resource Economics*, 2016, no. 64–1, pp. 1–23. DOI: 10.1007/s10640-015-9921-1
10. **Rounaghi M.M.** Economic analysis of using green accounting and environmental accounting to identify environmental costs and sustainability indicators. *International Journal of Ethics and Systems*, 2019, no. 35–4, pp. 504–512. DOI: 10.1108/IJOES-03-2019-0056
11. **Азиз М.Ш.** Разработка инструментария оценки показателей экологического учета организации // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. 2019. № 3–1. С. 248–253. DOI: 10.22394/2079-1690-2019-1-3-248-253
12. **Vardona M., Castanedab J.P., Nagyc M., Schenau S.** How the system of environmental-economic accounting can improve environmental information systems and data quality for decision making. *Environmental Science & Policy*, 2018, no. 89, pp. 83–92. DOI: 10.1016/j.envsci.2018.07.007
13. **Kolokoltsev V.M., Vdovin K.N., Mayorova T.V., Ponomareva O.S.** Ecological indicators in the system of non-financial reporting at industrial enterprises. *CIS Iron and Steel Review*, 2017, no. 13, pp. 4–10. DOI: 10.17580/cisisr.2017.01.01
14. **Фролова И.А., Азиз М.Ш.** Отражение экологической деятельности в системе бухгалтерского учета субъектов бизнеса // Сборник трудов международной конференции «Обеспечение национальной безопасности: национальные интересы и социокультурное развитие общества» (Москва, 2018). Т. 2. М.: Русайнс, 2018. С. 12–16.
15. **Мерзликина Г.С.** Эколого-экономическая эффективность деятельности промышленного предприятия: оценка и управление // Вестник АГТУ. Серия: Экономика. 2019. № 3. С. 7–20. DOI: 10.24143/2073-5537-2019-3-7-20
16. Economic growth, technological change, and climate change. Scientific Background on the Sveriges Riksbank Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel 2018. URL: <https://www.nobelprize.org/uploads/2018/10/advanced-economicsciencesprize2018.pdf> (дата обращения: 01.10.2020)
17. **Рюмина Е.В.** Экологическая безопасность модернизации // Экономическая наука современной России. 2012. № 2–57. С. 90–100.
18. **Рюмина Е.В.** Анализ эколого-экономических взаимодействий. М.: Наука, 2000. 159 с.
19. **Nordhaus W.D.** Revisiting the social cost of carbon. *PNAS*, 2017, no. 114–7, pp. 1518–1523. DOI: 10.1073/pnas.1609244114
20. **Pindyck R.S.** The Use and Misuse of Models for Climate Policy. *Review of Environmental Economics and Policy*, 2017, no. 11–1, pp. 100–114. DOI: 10.3386/w21097
21. **Мельгуй А.Э., Ермакова Л.В., Ковалева Н.Н., Ковалев А.Ф.** Актуальные вопросы экологического учета затрат // Вестник Брянского государственного университета. 2018. № 1. С. 235–242.

## REFERENCES

1. **S. Polasky, C.L. Kling, et al.**, Role of economics in analyzing the environment and sustainable development. *PNAS*, 2019, no. 116–12, pp. 5233–5238. DOI: 10.1073/pnas.1901616116
2. **S. Pauliuk, A. Arvesen, et al.**, Industrial ecology in integrated assessment models. *Nature Clim Change*, 2017, pp. 13–20. DOI: 10.1038/nclimate3148
3. **S. Albrizio, K. Tomasz, V. Zipperer**, Environmental policies and productivity growth: Evidence across industries and firms. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2017, no. 81, pp. 209–226. DOI: 10.1016/j.jeem.2016.06.002
4. **K. Taygashinova, A. Akhmetova**, Accounting for environmental costs as an instrument of environmental controlling in the company. *Management of Environmental Quality*, 2019, no. 30–1, pp. 87–97. DOI: 10.1108/MEQ-08-2017-0088
5. **A.A. Gusev**, The economic assessment of natural resources and its use in the national economy. *Economics of Contemporary Russia*, 2017, no. 2–77, pp. 19–28. (rus)
6. **E.V. Ryumina**, Pokazatel ushcherba kak ekonomicheskij instrument sokhraneniya okruzhayushchey sredy [Damage indicator as an economic tool for environmental conservation]. *Trudy VII Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii «Ekologiya i ekonomika»*. 2018. № 1. С. 10–14.

koy konferentsii "Teoriya i praktika ekologicheskogo strakhovaniya: ustoychivoye razvitiye" [Proceedings of the VII All-Russian Conference "Theory and Practice of Environmental Insurance: Sustainable Development"]. Moscow, IPR RAN, 2007, pp. 110–124. (rus)

7. **I.K. Terova**, Raskrytiye informatsii ob ekologicheskikh zatratkakh v bukhgalterskom uchete [Disclosure of information on environmental costs in accounting]. Sigitov T.M. (Ed.). Teoreticheskiye i prikladnyye aspekty razvitiya sovremennoy nauki [Theoretical and applied aspects of the development of modern science]. Collection based on the materials of the I International Scientific and Practical Conference (March 15, 2016, Yekaterinburg). Perm, IP Sigitov T.M., 2016. С. 6–10. (rus)

8. **G.S. Klychova, R.I. Gareev**, Ekonomicheskiy analiz otnositelnykh pokazateley ekologicheskoy effektivnosti predpriyatiya [Economic analysis of the relative indicators of the environmental performance of the enterprise]. Accounting in Budgetary and Non-Profit Organizations, 2016, no. 18, pp. 40–43. (rus)

9. **K. Obst, L. Hein, B. Edens**, National accounting and the valuation of ecosystem assets and their services. Environmental and Resource Economics, 2016, no. 64–1, pp. 1–23. DOI: 10.1007/s10640-015-9921-1

10. **M.M. Rounaghi**, Economic analysis of using green accounting and environmental accounting to identify environmental costs and sustainability indicators. International Journal of Ethics and Systems, 2019, no. 35–4, pp. 504–512. DOI: 10.1108/IJOES-03-2019-0056

11. **M.Sh. Aziz**, Development of tools to measure indicators of environmental accounting of the organization. Gosudarstvennoye i munitsipalnoye upravleniye. Uchenyye zapiski, 2019, no. 3–1, pp. 248–253. (rus). DOI: 10.22394/2079-1690-2019-1-3-248-253

12. **M. Vardona, J.P. Castanedab, M. Nagyc, S. Schenau**, How the system of environmental-economic accounting can improve environmental information systems and data quality for decision making. Environmental Science & Policy, 2018, no. 89, pp. 83–92. DOI: 10.1016/j.envsci.2018.07.007

13. **V.M. Kolokoltsev, K.N. Vdovin, T.V. Mayorova, O.S. Ponomareva**, Ecological indicators in the system of non-financial reporting at industrial enterprises. CIS Iron and Steel Review, 2017, no. 13, pp. 4–10. DOI: 10.17580/cisr.2017.01.01

14. **I.A. Frolova, M.Sh. Aziz**, Otrazheniye ekologicheskoy deyatelnosti v sisteme bukhgalterskogo ucheta subyektov biznesa [Reflection of environmental activities in the accounting system of business entities]. Sbornik trudov mezhdunarodnoy konferentsii "Obespecheniye natsionalnoy bezopasnosti: natsionalnyye interesy i sotsiokulturnoye razvitiye obshchestva" [Proceedings of the international conference "Ensuring national security: national interests and socio-cultural development of society"] (Moscow, 2018). Vol. 2. Moscow, Rusayns, 2018, pp. 12–16. (rus)

15. **S. Ponomarev, G. Merzlikina**, Environmental economic efficiency of industrial enterprises: Evaluation and management. Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Economics, 2019, no. 3, pp. 7–20. (rus). DOI: 10.24143/2073-5537-2019-3-7-20

16. Economic growth, technological change, and climate change. Scientific Background on the Sveriges Riksbank Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel 2018. URL: <https://www.nobelprize.org/uploads/2018/10/advanced-economicsciencesprize2018.pdf> (accessed October 01, 2020)

17. **E.V. Ryumina**, Ekologicheskaya bezopasnost modernizatsii [Environmental safety of modernization]. Economics of Contemporary Russia, 2012, no. 2–57, pp. 90–100. (rus)

18. **E.V. Ryumina**, Analiz ekologo-ekonomicheskikh vzaimodeystviy [Analysis of environmental and economic interactions]. Moscow, Nauka, 2000. 159 p. (rus)

19. **W.D. Nordhaus**, Revisiting the social cost of carbon. PNAS, 2017, no. 114–7, pp. 1518–1523. DOI: 10.1073/pnas.1609244114

20. **R.S. Pindyck**, The Use and Misuse of Models for Climate Policy. Review of Environmental Economics and Policy, 2017, no. 11–1, pp. 100–114. DOI: 10.3386/w21097

21. **A.E. Melguy, L.V. Yermakova, N.N. Kovaleva, A.F. Kovalev**, Topical issues of environmental cost accounting. Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta, 2018, no. 1, pp. 235–242. (rus)

*Статья поступила в редакцию 19.10.2020.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / THE AUTHORS**

**ЕГОРОВА Светлана Евгеньевна**

E-mail: es1403@bk.ru

**EGOROVA Svetlana E.**

E-mail: es1403@bk.ru

**БОГДАНОВИЧ Ирина Сергеевна**

E-mail: bogdanovichi@mail.ru

**BOGDANOVICH Irina S.**

E-mail: bogdanovichi@mail.ru

**КИСТАЕВА Наталья Николаевна**

E-mail: kistaevan@mail.ru

**KISTAIEVA Natalia N.**

E-mail: kistaevan@mail.ru

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2020

DOI: 10.18721/JE.13602  
УДК 332.1(316.422)

## КЛЮЧЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЕТЕНЦИИ КАК ФАКТОР ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

Трoнина И.А., Тaтeнкo Г.И., Бaхтинa С.С.

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»,  
г. Орёл, Российская Федерация

Инновационное развитие региона в условиях глобальных вызовов внешней среды предполагает выбор и реализацию приоритетов, нацеленных на будущее. В условиях четвертой промышленной революции и траектории развития социально-экономических систем с акцентом на цифровизацию возрастает роль технологий и одновременно меняется модель их зарождения и развития. Умение прогнозировать открывающиеся технологические возможности и своевременно использовать потенциал прорывных технологий позволит эффективно и системно планировать инновационное развитие территории, обеспечивая ей значительные конкурентные преимущества. Именно конкурентные преимущества позволяют формировать стратегии долгосрочного инновационного развития территории с учетом ее уникальности. В таком контексте встраивание исследований будущего в практику регионального стратегического планирования представляется актуальной задачей. Цель исследования заключается в разработке методического подхода к формированию ключевых компетенций региона в формате решения проблемы выбора приоритетов инновационного развития территории на основе принципов «умной специализации». Используя общенаучные и специальные методы научного поиска, авторы изучили основные подходы к процессу формирования стратегии инновационного развития региона в российской и зарубежной научной литературе, а также европейской практике. Установлено, что сравнительные (отличительные) преимущества региона как базис его инновационного развития могут определяться ключевыми технологическими компетенциями, для чего в статье рассмотрен необходимый понятийный аппарат. Предложенная карта ключевых технологических компетенций региона позволяет наглядно представлять и описывать региональный «компетентностный» профиль, вовлекая в инновационный процесс основные группы стейкхолдеров: государственные органы власти, бизнес-сообщество, гражданское сообщество, науку и образование, согласно модели четырехзвенной спирали инноваций. Авторами представлена технология организации предпринимательского поиска регионального инновационного развития как важный вопрос использования концепции «умной специализации» с учетом отечественной специфики и европейского опыта. В качестве инструмента выбора и обоснования приоритетов инновационного развития региона в режиме конструктивного диалога основных групп стейкхолдеров предложен региональный форсайт.

**Ключевые слова:** инновационное развитие региона, ключевые технологические компетенции, предпринимательский поиск, концепция «умной специализации», четырехзвенная спираль инноваций, форсайт

**Ссылка при цитировании:** Трoнина И.А., Тaтeнкo Г.И., Бaхтинa С.С. Ключевые технологические компетенции как фактор инновационного развития региона // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. Т. 13, № 6. С. 20–30. DOI: 10.18721/JE.13602

Это статья открытого доступа, распространяемая по лицензии CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

## KEY TECHNOLOGICAL COMPETENCIES AS A FACTOR OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE REGION

I.A. Tronina, G.I. Tatenko, S.S. Bakhtina



Turgenev State University of Oryol,  
Oryol, Russian Federation

Innovative development of the region in the context of global environmental challenges involves the selection and implementation of priorities aimed at the future. In the context of the fourth industrial revolution and the trajectory of development of socio-economic systems with an emphasis on digitalization, the role of technologies is increasing and at the same time the model of their origin and development is changing. The ability to predict emerging technological opportunities and use the potential of breakthrough technologies in a timely manner will allow to plan the innovative development of the territory effectively and systematically, providing it with significant competitive advantages. It is the competitive advantages that make it possible to build strategies for long-term innovative development of the territory, taking into account its uniqueness. In this context, embedding future research in the practice of regional strategic planning is an urgent task. The purpose of the research is to develop a methodological approach to the formation of key competencies in the region in the format of solving the problem of choosing priorities for innovative development of the territory based on the principles of “smart specialization”. Using general scientific and special methods of scientific search, the authors studied the main approaches to the process of forming a strategy for innovative development of the region in Russian and foreign scientific literature, as well as European practice. It is established that the comparative (distinctive) advantages of a region as a basis for its innovative development can be determined by key technological competencies. The paper considers a set of definitions necessary for this purpose. The proposed map of key technological competencies of the region allows to represent and describe the regional “competence” profile clearly, involving the main groups of stakeholders in the innovation process: state authorities, business community, civil society, science and education, according to the model of the four-stage innovation spiral. The authors present a comprehensive technology for organizing entrepreneurial search for regional innovative development as an important issue of using the concept of “smart specialization”, taking into account the national specifics and European experience. In turn, a regional foresight is proposed as a tool for selecting and justifying the priorities of innovative development of the region in the mode of constructive dialogue between the main groups of stakeholders.

**Keywords:** innovative development of the region, key technological competencies, entrepreneurial search, the concept of “smart specialization”, four-link innovation spiral, foresight

**Citation:** I.A. Tronina, G.I. Tatenko, S.S. Bakhtina, Key technological competencies as a factor of innovative development of the region, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 13 (6) (2020) 20–30. DOI: 10.18721/JE.13602

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

## Введение

Современный мир технологий полон неопределенностей и рисков. Сегодняшняя ситуация такова, что новая технология может как сама стать технологическим прорывом, так и являться причиной отраслевого прорыва или даже формирования совершенно новой отрасли. Поиск, внедрение и производство передовых технологий будущего является основой конкурентоспособности социально-экономических систем всех уровней [1]. Особый интерес при этом представляют новые способы создания стоимости. Исторически появление новых технологий приводило к перемещению источников стоимости и прибыли. Так и сегодня, например, источники стоимости в автомобилестроении смещаются в сторону программного обеспечения и мобильных услуг. В конечном итоге привычная картина бизнеса меняется кардинальным образом. Попытаться понять предстоящие изменения и успеть воспользоваться ими — крайне важная задача для управленцев. Сегодня является актуальной проблема выбора приоритетов инновационного развития территории в общей картине будущих технологий и рынков с целью повышения ее конкурентоспособности.

Органам управления регионального уровня достаточно трудно разобраться в тенденциях развития отечественной и глобальной экономики с позиции выбора приоритетов инновационного развития. Здесь стоит отметить такие стратегические трендовые аспекты, как цифровизация,

«сквозные» технологии, научно-технологические инициативы (НТИ), глобальные экономические и социальные вызовы [2]. При этом совершенно очевидно, что даже небольшие регионы или государства могут обладать значительными преимуществами в создании передовых технологий. Например, Израиль, страны Северной Европы, Балтии, Сингапур, Новая Зеландия и другие государства демонстрируют прогресс в беспроводном доступе, идентификации граждан, онлайн-голосовании. Сегодня не обязательно быть гигантом или иметь значительный потенциал, чтобы стать конкурентоспособным. Умение мыслить «прогностически», стратегически выбирая приоритеты, а также способность быстро перестраиваться и быть гибким – основа эффективного управления в XXI веке.

С другой стороны, важно понимать следующие особенности развития технологий и появления новых технологических возможностей:

- каждая новая технология не появляется в одиночестве, в большинстве случаев она определяется совокупностью технологических приемов, способов и новинок, соединяющихся в единую технологическую связку или группу;
- каждая технологическая связка или группа предполагает параллельное развитие целого ряда взаимодополняемых основных технологий;
- каждая основная (корневая) технология формирует ядро фундаментальных и прикладных технологий, вокруг которых развиваются новые технологические процессы и появляются новые окна возможностей;
- основные (корневые) технологии создают базис для появления новых отраслей промышленности на стыке существующих сфер деятельности;
- прикладные технологии, являющиеся продолжением фундаментальных, позволяют модернизировать и трансформировать существующие отрасли промышленности, выводя их на новый актуальный уровень развития;
- современную технологию нельзя рассматривать в отрыве от экосистемы, которая ее поддерживает, поскольку в реальной практике в конкуренцию вступают не столько технологии, сколько старая и новая экосистемы (сила и зрелость элементов экосистемы определяют успешность новых технологий и востребованность существующих).

Таким образом, наблюдается возникновение и активное использование так называемых «пучков» новых технологий, что постепенно приводит к формированию многообразных и быстро меняющихся рынков, появлению новых технологических возможностей для существующих отраслей промышленности, что отражается на конкурентных преимуществах и технологических компетенциях предприятий как представителей отраслевой специализации регионов [3]. Данные изменения, по нашему мнению, можно считать движущей силой для фундаментальных сдвигов, воздействующих на функционирование и развитие социально-экономических систем в новых условиях цифровой экономики. В рамках данного исследования технологическая компонента является ключевой в концепции «умной специализации», учитывающей уникальные особенности территории в формировании стратегии инновационного развития с учетом научно-технологического прогресса.

Обзор литературных источников по исследуемой проблеме инновационного развития территорий позволяет отдельно отметить научные разработки В.А. Васина, Е.Б. Гончаровой, Л.М. Гохберга, И. Гуркова, И.Г. Дежиной, В.В. Деменова, Д.М. Дроненко, Н.В. Зубаревич, Е. Куценко, Г.С. Мерзликиной, Л.К. Пипия, М. Портера, А.М. Садыкова, Б. Санто [4–8]. В рамках данного исследования сделан акцент на возможности использования концепции ключевых компетенций в решении вопросов инновационного развития регионов. Понятие и особенности ключевых компетенций рассмотрены в научных трудах В. Катъкало, Р. Нельсона, К. Прахалада, Д.Дж. Тиса, С. Уинтера, Г. Хамела, К. Эндрюса и др. [9, 10]. Многими авторами отмечается главенствующая роль технологий и технологических компетенций в развитии и поддержании инновационного процесса в рамках стратегии развития территории.



Цель исследования заключается в разработке методического подхода к формированию ключевых компетенций региона в формате решения проблемы выбора приоритетов инновационного развития территории на основе принципов «умной специализации». Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих *задач*: рассмотреть проблемы формирования ключевых технологических компетенций региона для обеспечения его конкурентоспособности; определить технологию организации процесса «предпринимательского поиска» с учетом принципов «умной специализации». *Объектом исследования* являются региональные инновационные системы субъектов РФ. *Предмет исследования* – процесс формирования ключевых технологических компетенций в регионах для обеспечения конкурентоспособности территорий.

### Методы исследования

Для достижения поставленной цели в ходе подготовки данной статьи использовался современный теоретический материал и методический научный задел по вопросам инновационного развития региона с позиции его ключевых компетенций. В процессе исследования использовались общенаучные и специальные методы научного поиска: системный анализ, сравнение, описание, обобщение, систематизация.

### Результаты и обсуждение

Чтобы повысить свою конкурентоспособность в условиях глобальных вызовов, регионам необходимо выбрать правильную эффективную стратегию инновационного развития. При этом четвертая промышленная революция обуславливает необходимость в поиске и развитии не просто сильных сторон региональной социально-экономической системы, а так называемых «будущих сравнительных преимуществ». Т.е. необходимо «заглянуть в будущее» и выявить потенциальные конкурентные преимущества региона, исходя из имеющихся ресурсов и потенциала территории. Такой подход лежит в основе европейской концепции «умной специализации», которая в настоящий момент является уникальной в области стратегического регионального развития [11]<sup>1</sup>.

Неопределенность внешней среды и высокая скорость изменений могут негативно сказываться как на отдельных участниках рынка, так и на регионе в целом. Особую сложность представляет выявление будущих сравнительных преимуществ региона. Проблема состоит в том, что необходимо спрогнозировать то, чего, по сути, еще нет, выявить скрытые региональные возможности. Особую роль здесь имеют, безусловно, новые технологии и их потенциал. Конечно же, носителями такой информации могут являться только участники инновационного процесса. Поэтому процесс поиска скрытых возможностей должен идти исключительно снизу вверх.

В этом случае региону нужны ключевые компетенции как качества, способности, знания, умения и навыки, необходимые для успешной текущей деятельности и будущего инновационного развития [12]. Согласно модели четырехзвенной спирали инноваций, данные компетенции необходимо формировать и развивать по отношению к каждой группе стейкхолдеров [13]. При этом компетенции выступают одним из аспектов результативности, влияющих на процесс формирования стратегии инновационного развития региона (рис. 1). Данная модель обосновывает применение компетентностного подхода в решении стратегических задач инновационного развития региона.

В ходе исследования выявлено, что инновационная политика региона, использующая принципы «умной специализации», должна учитывать инвестиции в технологические компетенции с учетом обучающей составляющей для достижения максимального эффекта ассимиляции знаний и увеличения региональной абсорбционной способности. Также важна региональная трансформационная способность, зависящая от выбора технологий и результативности их внедрения. Для этого регионы должны развивать способности сохранения аккумулированных за предыдущие периоды технологий и технологических компетенций, а также осуществления их

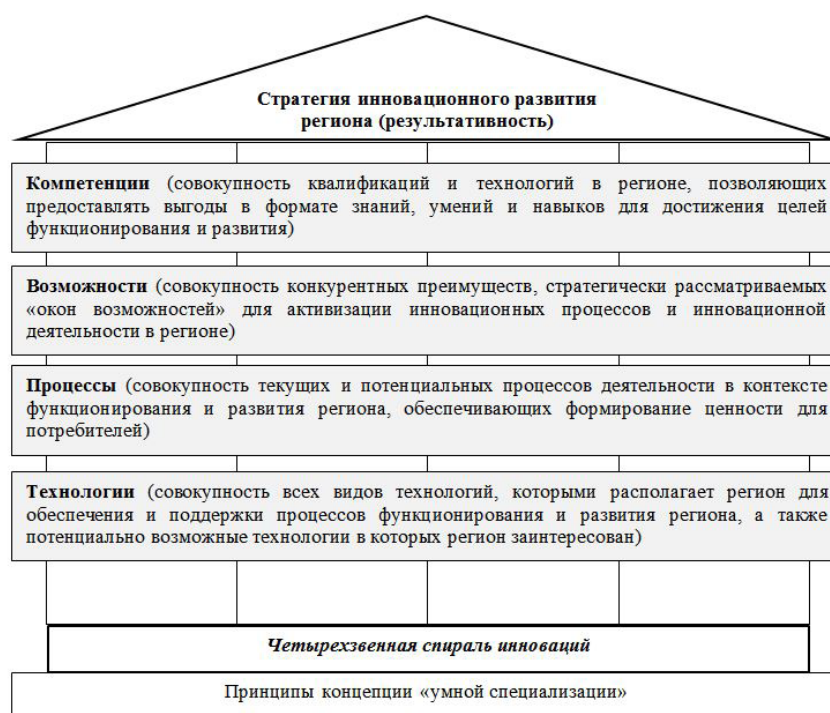


Рис. 1. Модель стратегического развития региона

Fig. 1. Model of strategic development of the region

синтеза на основе использования модели открытых инноваций и механизмов межрегионального сотрудничества [14].

Ключевые компетенции для региона определяют необходимость включать в региональную структуру не просто предприятия отрасли с требуемой инфраструктурой и выпускаемой продукцией, а бизнес-единицы с определенным уровнем компетенций. При этом оптимальное сочетание компетенций, необходимых для функционирования и развития различных предприятий и организаций как представителей отраслевой специализации региона, способно обеспечить синергетический эффект. Для поддержания целей инновационного развития региона, на наш взгляд, акцент необходимо сместить в сторону технологического прорыва, а значит, речь должна идти не просто о компетенциях, а о ключевых технологических компетенциях.

Под ключевой технологической компетенцией будем подразумевать совокупность знаний, умений и навыков, формирующих способности использовать инновационные механизмы (разработки, технологии, оборудование и инструменты) для обеспечения глобального превосходства и/или конкурентоспособности. Такая компетенция может устанавливать новый технологический стандарт, ускорять разработку и внедрение инноваций, повышая привлекательность новых передовых продуктов. Важно отметить, что главным аспектом технологического развития как основы конкурентоспособности является способность выявлять и эффективно защищать имеющиеся ключевые технологические компетенции. Тем не менее, не все сферы деятельности в регионе должны разрабатывать и реализовывать ключевые технологические компетенции, поскольку это принципиально невозможно. Так, технологичность компании, в первую очередь, определяется наличием у нее собственных компетенций и разработок как ответ на вызовы внешней среды, а, во-вторых, нужные компетенции можно приобрести, обращаясь к внешней среде [15].

В ходе исследования определено, что одна из задач компетентностной модели региона заключается в прогнозировании эффективности деятельности участников инновационного процесса, а компетентностный подход ориентирован на активизацию инновационной деятельности через сближение науки и практики. Важной проблемой становится также взаимодействие предприятий в инновационной деятельности региона, где существует информационный вакуум, характеризующийся тем, что предприятия отраслевой специализации практически не имеют информации о потенциальных возможностях и потребностях стейкхолдеров инновационного процесса. На практике наблюдается отсутствие открытой информации о компетенциях потенциальных партнеров, которые могут быть использованы в совместных инновационных проектах. Поэтому ключевые технологические компетенции региона можно рассматривать в том числе как сочетание имеющихся способностей создавать благоприятные условия для развития региональной социально-экономической системы на основе конкурентных преимуществ, подчеркивающих уникальность территории и непосредственно связанных с человеческим капиталом как основной движущей силой [16].

Технологические компетенции региона в целях исследования можно разделить на две группы: базовые (имеющиеся в регионе в данный момент исходя из его отраслевой специализации) и новые уникальные (требующиеся для решения задач инновационного развития по предполагаемым приоритетам). Исходя из этого, инновационный процесс в регионе необходимо формировать, опираясь на базовые компетенции и с учетом технологических возможностей новых уникальных компетенций. Наглядным информационным инструментом, позволяющим видеть, какие компетенции нужны для осуществления инновационной деятельности в регионе (какие есть в наличии, а какие в дефиците) является предлагаемая авторами карта ключевых технологических компетенций региона. Общую идею такой карты можно описать через механизм согласования интересов и планов технологического развития предприятий и организаций с региональной и/или государственной программами инновационного развития.

Поскольку носителями технологических компетенций являются предприятия и организации как представители рынка отраслей, то формирование карты прежде всего будет учитывать технологические компетенции бизнес-сообщества в отраслевом разрезе [17]. Здесь полезно провести анализ используемых технологий с учетом их жизненного цикла: базовые, передовые, открывающиеся, формирующиеся. Также можно учитывать вовлеченность в инновационное развитие региона иностранных организаций и/или использование (заимствование) иностранных технологий в производственных процессах. В результате такого анализа формируется сводный технологический образ региона в формате карты, который может служить инструментом обоснования инновационных и инвестиционных управленческих стратегических решений.

Для определения уникальных технологических компетенций региона, позволяющих формировать образ будущего для региона, необходимо начинать работу со стратегическими документами в целях согласования приоритетов федерального, регионального и отраслевого уровней. Ориентиром для исследования выступают также НТИ и сквозные цифровые технологии. Критериями для оценки новых технологий являются уровень развития исследований и разработок, а также важность технологий для развития экономики региона.

Если, например, за основу исследования взять систему сквозных цифровых технологий, то для каждой отрасли специализации региона строится свой профиль, отражающий уровень сформированности технологических компетенций: 0 – нулевой, 1 – пороговый, 2 – продвинутый, 3 – уровень высокой компетенции. Объединив данные отраслевые профили региона в один, получим сводный профиль оценки уровней ключевых технологических компетенций региона, на основе которого будет разработана карта уникальных ключевых технологических компетенций (рис. 2). В карте более детально прописываются в формате таблицы следующие позиции по каждой из выделенных технологий: уровень сформированности компетенции; характеристики

**Компетентный профиль региона в отраслевом разрезе**



Рис. 2. Пример определения уровней сформированности компетенций региона в общей картине сквозных цифровых технологий

Fig. 2. Example of determining the levels of competence formation in the region in the overall picture of end-to-end digital technologies

уровня компетенции в отраслевом разрезе; ключевые игроки как носители компетенций; программы и проекты, реализуемые в регионе.

Составление карты ключевых технологических компетенций региона, фиксирующей текущую ситуацию и желаемый образ будущего, является предметом обсуждения для регионального форсайт-исследования с привлечением основных групп стейкхолдеров инновационного процесса в режиме предпринимательского поиска. Процесс предпринимательского поиска как один из ключевых инструментов европейской концепции регионального стратегического планирования «умной специализации» преследует цель интеграции предпринимательских знаний, фрагментированных и распределенных по многим сайтам и организациям, компаниям, университетам, клиентам и пользователям, на основе развития связей и партнерских отношений и состоит из исследования и открытия новой области технологических и рыночных возможностей территории [11, 18].

Процесс предпринимательского поиска — это, по сути, процесс принятия сложного управленческого решения стратегического развития территории. В обобщенном виде он может быть представлен как циклический процесс, что отражено на рис. 3.

Эффективным инструментом реализации предпринимательского поиска регионального инновационного развития, на наш взгляд, должен стать региональный форсайт [19]. Именно этот инструмент позволяет объединить большое количество участников и получить информацию от разных экспертов, к тому же форсайт подразумевает многоэтапность, что повышает качество отбора. В качестве участников регионального форсайт-исследования предлагается привлечь представителей бизнес-сообщества, органов власти, гражданского сообщества, науки и образования как четыре звена модели четырехзвенной спирали инноваций.

Для работы по выбору региональных приоритетов участникам форсайта на начальном этапе предлагается карта ключевых технологических компетенций региона, сформированная специальной рабочей группой. Форсайт-сессия в режиме конструктивного диалога позволит выделить направления инновационного развития региона и сформировать итоговую карту ключевых технологических компетенций с акцентом на уникальность в формате стратегического ориентира.



Рис. 3. Процесс предпринимательского поиска регионального инновационного развития

Fig. 3. The process of entrepreneurial search for regional innovative development

С другой стороны, такая карта позволяет выделять аспекты межрегионального сотрудничества, основанного на схожести профиля технологических компетенций.

### Заключение

1. В рамках настоящего исследования определено, что трансформационные стратегии, такие как стратегии «умной специализации», способствуют долгосрочной региональной устойчивости. Однако нет ни одного универсального рецепта, позволяющего безошибочно выбрать приоритеты развития для каждой территории. Такая масштабная и сложная задача выбора приоритетов регионального развития может быть решена только благодаря сильному многоуровневому управлению и качественной коллективной организации. При этом очевидно, что региональные экономические структуры и институты должны являться ключевыми игроками этого процесса.

2. Смещение акцента инновационного развития региона в сторону накопления технологических компетенций и стратегии, основанной на внутренних генерируемых знаниях и опыте, позволяет делать вывод об актуальности составления карты ключевых технологических компетенций, предложенной авторами статьи.

3. Предлагаемая в рамках настоящего исследования технология организации предпринимательского поиска регионального инновационного развития позволит:

- улучшить процесс выбора приоритетов инновационного развития территории на основе метода форсайт-исследования;
- более полно раскрыть потенциал стейкхолдеров;
- привлечь представителей всех четырех групп стейкхолдеров, согласно модели четырехзвенной спирали инноваций;
- учитывать текущую ситуацию и потребности конкретной территории;
- более эффективно прогнозировать направления инновационного развития территории с позиции будущих сравнительных преимуществ;



- ориентироваться при стратегическом планировании на прорывные технологии.

Принципы отбора участников региональной форсайт-сессии на основе компетентностного подхода не рассматриваются в рамках данной статьи, однако изучаются авторами. Поэтому направления дальнейших исследований будут связаны с поиском механизма отбора и организации работы по взаимодействию стейкхолдеров инновационного процесса в регионе. Необходимо также более детальное изучение подходов к проведению оценки технологий для построения карты ключевых технологических компетенций региона.

### Благодарности

Данная статья подготовлена в рамках проекта 19-010-00144 на тему «Управление инновационным развитием территорий: концепция «умной специализации» в российских условиях», при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стрельцова Е.А., Кузьмин Г. Российские технограды: технологические профили городов // Форсайт. 2019. № 3. С. 41–49. DOI: 10.17323/2500-2597.2019.3.41.49
2. Татаркин А.И., Суховой А.В. Построение инновационной экономики в РФ: проблемы и перспективы // Инновации. 2017. № 7. С. 11–15.
3. Халицкая К. Выбор технологий с помощью метода TOPSIS // Форсайт. 2020. № 1. С. 85–96. DOI: 10.17323/2500-2597.2020.1.85.96
4. Васин В.А., Миндели Л.Э. Национальная инновационная система в социально-экономическом пространстве. М.: ИПРАН, 2011. 239 с.
5. Мерзликина Г.С. Инновационное развитие региона: Эссенциальная архитектура показателей // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. № 5. С. 50–64. DOI: 10.18721/ЖЕ.13504
6. Дежина И.Г., Киселева В.В. Государство, наука и бизнес в инновационной системе России. М.: ИЭПП, 2008. 227 с.
7. Зубаревич Н.В. Региональная проекция нового российского кризиса // Вопросы экономики. 2015. № 4. С. 37–52. DOI: 10.32609/0042-8736-2015-4-37-52
8. Пипия Л.К. Современные тенденции формирования научной и инновационной политики // Инновации. 2018. № 12. С. 61–62.
9. Хамел Г., Прахалад К. Конкурируя за будущее. Создание рынков завтрашнего дня. М.: Олимп-бизнес, 2014. 288 с.
10. Паап Д. Картирование технологического ландшафта для ускорения инноваций // Форсайт. 2020. № 3. С. 41–54. DOI: 10.17323/2500-2597.2020.3.41.54
11. Куценко Е.С., Исланкина Е.А., Киндрась А. Можно ли быть умным в одиночестве? Исследование инновационных стратегий российских регионов в контексте умной специализации // Форсайт. 2018. № 1. С. 25–45. DOI: 10.17323/2500-2597.2018.1.25.45
12. Попова Е.С. Формирование инновационных компетенций региона как форма взаимодействия социально-экономической системы региона и системы высшего профессионального образования // Стратегическое и проектное управление. Сборник научных статей. Пермь: ПГНИУ. 2013. С. 98–102.
13. Караяннис Э., Григорудис Э. Четырехзвенная спираль инноваций и «умная специализация»: производство знаний и национальная конкурентоспособность // Форсайт. 2016. № 1. С. 31–42. DOI: 10.17323/1995-459x.2016.1.31.42
14. Земцов С.П., Барина В.А. Смена парадигмы региональной инновационной политики в России: от выравнивания к умной специализации // Вопросы экономики. 2016. № 10. С. 65–81. DOI: 10.32609/0042-8736-2016-10-65-81
15. Бахтина С.С. Уникальные технологические компетенции как ключевой фактор обеспечения конкурентоспособности интегрированных структур в условиях глобальной инновационной экономики // Предприятия, отрасли и регионы: генезис, формирование, развитие и прогнозирование. Сборник научных трудов. Пермь: НОО «Профессиональная наука», 2017. С. 33–40.

16. **Куценко Е., Ефферин Я.** «Водовороты» и «тихие гавани» в динамике отраслевой специализации регионов России // Форсайт. 2019. № 3. С. 24–40. DOI: 10.17323/2500-2597.2019.3.24.40
17. **Куценко Е.С., Абашкин В.Л., Исланкина Е.А.** Фокусировка региональной промышленной политики через отраслевую специализацию // Вопросы экономики. 2019. №5. С. 65–89. DOI: 10.32609/0042-8736-2019-5-65-89
18. **Тронина И.А., Татенко Г.И., Бахтина С.С.** Методология управления инновационным развитием территорий на принципах европейской концепции «умной специализации». Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2019. 206 с.
19. **Гибсон Э., Дайм Т., Гарсес Э., Дабич М.** Библиометрический анализ как инструмент выявления распространенных и возникающих методов технологического Форсайта // Форсайт. 2018. № 1. С. 6–24. DOI: 10.17323/2500-2597.2018.1.6.24

## REFERENCES

1. **E. Streltsova, G. Kuzmin,** The Russian technograds: The technological profiles of the cities. Foresight and STI Governance, 2019, no. 13–3, pp. 41–49. (rus). DOI: 10.17323/2500-2597.2019.3.41.49
2. **A.I. Tatarkin, A.V. Sukhovey,** Postroyeniye innovatsionnoy ekonomiki v RF: problemy i perspektivy [Building an innovative economy in the Russian Federation: problems and prospects]. Innovations, 2017, no. 7, pp. 11–15. (rus)
3. **K. Halicka,** Technology selection using the TOPSIS method. Foresight and STI Governance, 2020, no. 14–1, pp. 85–96. (rus). DOI: 10.17323/2500-2597.2020.1.85.96
4. **V.A. Vasin, L.E. Mindeli,** Natsionalnaya innovatsionnaya sistema v sotsialno-ekonomicheskom prostranstve [National innovation system in the socio-economic space]. Moscow, IPRAN, 2011. 239 p. (rus)
5. **G.S. Merzlikina,** Innovative development of a region: Essential architecture of indicators. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 2000, no. 13–5, pp. 50–64. (rus). DOI: 10.187-21/JE.13504
6. **I.G. Dezhina, V.V. Kiseleva,** Gosudarstvo, nauka i biznes v innovatsionnoy sisteme Rossii [State, science and business in the innovation system of Russia]. Moscow, IEPP, 2008. 227 p. (rus)
7. **N. Zubarevich,** Regional dimension of the new Russian crisis. Voprosy Ekonomiki, 2015, no. 4, pp. 37–52. (rus). DOI: 10.32609/0042-8736-2015-4-37-52
8. **L.K. Pipiya,** Sovremennyye tendentsii formirovaniya nauchnoy i innovatsionnoy politiki [Modern trends in the formation of scientific and innovation policy]. Innovations, 2018, no. 12, pp. 61–62. (rus)
9. **G. Khmel, K. Prakhlad,** Konkurriruya za budushcheye. Sozdaniye rynkov zavtrashnego dnya [Competing for the future. Building the markets of tomorrow]. Moscow, Olimp-biznes, 2014. 288 p. (rus)
10. **J. Paap,** Mapping the technological landscape to accelerate innovation. Foresight and STI Governance, 2020, no. 14–3, pp. 41–54. (rus). DOI: 10.17323/2500-2597.2020.3.41.54
11. **E. Kutsenko, E. Islankina, A. Kindras,** Smart by oneself? An analysis of Russian regional innovation strategies within the RIS3 Framework. Foresight and STI Governance, 2018, no. 12–1, pp. 25–45. (rus). DOI: 10.17323/2500-2597.2018.1.25.45
12. **Ye.S. Popova,** Formirovaniye innovatsionnykh kompetentsiy regiona kak forma vzaimodeystviya sotsialno-ekonomicheskoy sistemy regiona i sistemy vysshego professionalnogo obrazovaniya [Formation of innovative competencies in the region as a form of interaction between the socio-economic system of the region and the system of higher professional education]. Strategicheskoye i proyektnoye upravleniye [Strategic and project management]. Perm, PGNIU, 2013, pp. 98–102. (rus)
13. **E. Carayannis, E. Grigoroudis,** Quadruple innovation helix and smart specialization: Knowledge production and national competitiveness. Foresight and STI Governance, 2016, no. 10–1, pp. 31–42. (rus). DOI: 10.17323/1995-459x.2016.1.31.42
14. **S. Zemtsov, V. Barinova,** The paradigm changing of regional innovation policy in Russia: from equalization to smart specialization. Voprosy Ekonomiki, 2016, no. 10, pp. 65–81. (rus). DOI: 10.32609/0042-8736-2016-10-65-81
15. **S.S. Bakhtina,** Unikalnyye tekhnologicheskkiye kompetentsii kak klyuchevoy faktor obespecheniya konkurentosposobnosti integrirovannykh struktur v usloviyakh globalnoy innovatsionnoy ekonomiki [Unique technological competencies as a key factor in ensuring the competitiveness of integrated structures in the context of a global innovation economy]. Predpriyatiya, otrasli i regiony: genezis, formirovani-



ye, razvitiye i prognozirovaniye [Enterprises, industries and regions: genesis, formation, development and forecasting]. Perm, NOO Professionalnaya nauka, 2017, pp. 33–40. (rus)

16. **E. Kutsenko, Y. Eferin**, "Whirlpools" and "safe harbors" in the dynamics of industrial specialization in Russian regions. Foresight and STI Governance, 2019, no. 13–3, pp. 24–40. (rus). DOI: 10.17323/2500-2597.2019.3.24.40

17. **E.S. Kutsenko, V.L. Abashkin, E.A. Islankina**, Focusing regional industrial policy via sectorial specialization. Voprosy Ekonomiki, 2019, no. 5, pp. 65–89. (rus). DOI: 10.32609/0042-8736-2019-5-65-89

18. **I.A. Tronina, G.I. Tatenko, S.S. Bakhtina**, Metodologiya upravleniya innovatsionnym razvitiyem territoriy na printsipakh yevropeyskoy kontseptsii "umnoy spetsializatsii" [Methodology for managing the innovative development of territories based on the principles of the European concept of "smart specialization"]. Orel, OGU imeni I.S. Turgeneva, 2019. 206 p. (rus)

19. **E. Gibson, T. Daim, E. Garces, M. Dabic**, Technology foresight: A bibliometric analysis to identify leading and emerging methods. Foresight and STI Governance, 2018, no. 12–1, pp. 6–24. (rus). DOI: 10.17323/2500-2597.2018.1.6.24

*Статья поступила в редакцию 02.12.2020.*

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / THE AUTHORS

**ТРОНИНА Ирина Алексеевна**

E-mail: irina-tronina@yandex.ru

**TRONINA Irina A.**

E-mail: irina-tronina@yandex.ru

**ТАТЕНКО Галина Ивановна**

E-mail: galinatatenko@yandex.ru

**TATENKO Galina I.**

E-mail: galinatatenko@yandex.ru

**БАХТИНА Светлана Сергеевна**

E-mail: essvetic@ya.ru

**BAKHTINA Svetlana S.**

E-mail: essvetic@ya.ru

DOI: 10.18721/ЖЕ.13603

УДК 332.1

## **АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ АУДИОВИЗУАЛЬНОГО КЛАСТЕРА В РЕГИОНЕ (НА ПРИМЕРЕ МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА)**

**Ланина Л.А., Малышев А.В., Ромодановская Н.Б.**

Всероссийский государственный институт кинематографии им. С.А. Герасимова,  
Москва, Российская Федерация

Настоящее исследование посвящено анализу процесса организации и начальному этапу деятельности регионального аудиовизуального кластера. Рассмотрены элементы реформирования региональной политики и процесс частно-государственного диалога в условиях создания аудиовизуального кластера. Исследованы основные направления взаимодействия администраций региона с организациями кинематографии на начальном этапе создания аудиовизуального кластера. Государственная политика в отношении кластеров аудиовизуального сектора часто рассматривает их как стратегию экономического развития, направленную на повышение национальной и международной конкурентоспособности и инновационности за счет создания экспортной продукции (аудиовизуального проекта) и рабочих мест. Историческая и культурная обеспеченность региона, средний размер творческих отраслей в регионе, размер самой территории, разнообразие бизнес-структур, емкость человеческого капитала являются общими факторами, создающими перспективы создания аудиовизуального кластера в регионе. В настоящее время аудиовизуальные кластеры создаются по всему миру, но не все могут сформировать конкурентные преимущества и быть одинаково успешными. Очень важны стратегия развития и подходы к формированию конкурентных преимуществ. К достоинствам данного кластера, на наш взгляд, следует отнести реализацию процесса формирования и удержания долгосрочных и прочных взаимоотношений между участниками кластера, формирование потенциала эффективной системы управления информационными, финансовыми и материальными потоками в рамках кластера, разграничение компетенций между участниками кластера, прозрачность в деятельности кластера, меры региональной политики, в том числе по привлечению научных и образовательных центров и подготовки специалистов для работы в условиях кластера. Проведенное исследование представляется актуальным в условиях зарождения региональных аудиовизуальных кластеров в отдельных регионах России на текущем этапе. В рамках настоящего исследования авторами ставилась задача провести анализ направлений реализации практического опыта начального этапа развития кластера аудиовизуального сектора на примере испанского региона Наварра (Navarra). Авторы акцентируют внимание на социальной и институциональной зависимости кинокластера на начальном этапе жизненного цикла.

**Ключевые слова:** киноиндустрия, аудиовизуальный кластер, налоговые стимулы, региональная политика

**Ссылка при цитировании:** Ланина Л.А., Малышев А.В., Ромодановская Н.Б. Анализ развития аудиовизуального кластера в регионе (на примере международного опыта) // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. Т. 13, № 6. С. 31–40. DOI: 10.18721/ЖЕ.13603

Это статья открытого доступа, распространяемая по лицензии CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

## **ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF THE AUDIOVISUAL CLUSTER IN THE REGION (BASED ON INTERNATIONAL EXPERIENCE)**

**L.A. Lanina, A.V. Malyshev, N.B. Romodanovskaya**

S.A. Gerasimov All-Russian State Institute of Cinematography,  
Moscow, Russian Federation

This study is devoted to the analysis of the organization process and the initial stage of the regional audiovisual cluster. The authors consider the elements of regional policy reform and the process of public-private dialogue in the context of creating an audio-visual cluster, as well as study the main directions of the interaction between regional administrations and cinematographic organizations at the initial stage of creating an audiovisual cluster. Government policies regarding audiovisual clusters often view them as an economic development strategy aimed at increasing national and international competitiveness and innovation through the creation of export products (audiovisual projects) and jobs. The historical and cultural security of the region, the average size of creative industries in the region, the size of the territory itself, the diversity of business structures, and the capacity of human capital are common factors that form prospects for creating an audiovisual cluster in the region. Currently, audiovisual clusters are being created all over the world, but not all can form competitive advantages and be equally successful. The development strategy and approaches to providing competitive advantages are very important. The advantages of this cluster, in our opinion, include forming and maintaining long-term and strong relationships between cluster participants, building the capacity of an effective system for managing information, financial and material flows within the cluster, delineating competencies between cluster participants, transparency in cluster activities, regional policy measures, including employing research and educational centers and training specialists to work in the cluster. This research is relevant in the context of the emergence of regional audiovisual clusters in certain regions of Russia at the current stage. In this study, the authors set out to analyze the directions of implementation of the practical experience of the initial stage of development of the audiovisual sector cluster on the example of the Spanish region of Navarra. The authors focus on the social and institutional dependence of the movie cluster at the initial stage of its life cycle.

**Keywords:** film industry, audiovisual cluster, tax incentives, regional policy

**Citation:** L.A. Lanina, A.V. Malyshev, N.B. Romodanovskaya, Analysis of the development of the audiovisual cluster in the region (based on international experience), St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 13 (6) (2020) 31–40. DOI: 10.18721/JE.13603

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

## Введение

Концепция кластеров стала набирать популярность в мировой теории и практике четверть века назад, отражая растущий интерес ученых, политиков и бизнес-управленцев как к самому феномену кластеров, так и к их преимуществам в достижении более динамичного экономического роста [1].

Кластерная концепция тесно связана с работами Майкла Портера. Кластерная организация, по мнению Портера, является результатом объединения в пространстве компаний и организаций, которые предоставляют знания и/или технологии, активно участвуют в процессах совместного обмена, направленных на получение дополнительных преимуществ и выгод от реализации совместных проектов [2].

Модель кластерного взаимодействия Портера взята из концепции бизнес-стратегии «цепочки создания стоимости», согласно которой конкурентные преимущества компании зависят от того, как происходит управление деятельностью по всей цепочке создания продукта и его реализации. Поскольку этот процесс включают взаимодействие с различными контрагентами, то территориальная близость может иметь важное значение для успешного взаимодействия и стратегии компании. Важность этих прямых отношений возрастает по мере развития вертикальной интеграции.

К 2000-м гг. термин «кластер» укоренился в мировой литературе, освещающей вопросы организации производства, регионального развития и инноваций, а кластерная идея приобрела выразительный кросс-дисциплинарный характер. Это во многом объясняется важностью инноваций и творческого потенциала, которые рассматриваются как фундаментальные факторы экономи-

ческого развития и процветания в экономике знаний, особенно для небольших регионов, привязанных к традиционным отраслям.

Предпосылками кластерообразования является концентрация участников, их территориальная близость, доля малых и средних предприятий в кластере, научно-технологический и образовательный потенциал территории, стремление к структурным изменениям, кооперация в индустрии и науке, стратегия развития кластера, природный потенциал. Кластерообразование происходит в тех видах экономической деятельности, которые недостаточно обеспечены инвестициями, для развития нуждаются в объединении ресурсов, в том числе через механизмы государственной поддержки [3].

В свою очередь, вопросы создания и развития кластеров на базе культурных индустрий стали актуальными темами в контексте инициатив по ускорению экономического роста в конкретных географических местоположениях, будь то города, регионы или страны. Одной из областей, в которой кластеры проявили себя наилучшим образом, является аудиовизуальная сфера. Кооперация компаний аудиовизуального сектора, предлагаемая кластерной моделью, является носителем инноваций для широкого спектра компаний как внутри киноиндустрии, так и за ее пределами, благодаря возможностям реализации аудиовизуального продукта в широком спектре видов деятельности.

В рамках промышленной структуры, в которой производство, в основном, организовано в форме временных и гибких проектов, географическая кластеризация киноиндустрии имеет важное значение для достижения лучших результатов, поскольку она облегчает создание сетей и расширяет возможности для потенциального сотрудничества между высококвалифицированными специалистами [4].

В настоящее время в аудиовизуальном секторе сформировались центры кинопроизводства, функционирующие в формате кластера, существенно отличающиеся друг от друга по плотности скопления локализованных производителей и по транслокальным сетям сотрудничества, основанным на проектах. В основном, процесс развития аудиовизуальных кластеров реализуется в городской среде. Это связано, в первую очередь, с возможностями привлечения персонала, особенно в области технологий фильмопроизводства, а также доступа к соответствующим исследовательским центрам и учебным заведениям. Также важно отметить, что известные сегодня в международной киноиндустрии аудиовизуальные кластеры создавались длительное время и по инициативе снизу, т.е. в большей степени «естественным» путем: Голливуд (США), Болливуд (Индия), Ванкувер и Торонто (Канада), Глазго (Шотландия), Стамбул (Турция), Кельн (Германия), Лондон (Великобритания) и др.<sup>1</sup>

В то же время в мировой практике появляются аудиовизуальные кластеры по инициативе региональных властей, считающих, что аудиовизуальная сфера может повысить престиж конкретного сектора в конкретном регионе на местном и международном уровнях. В этом случае в условиях региона городская среда является лишь центром, объединяющим членов кластера. Специфика аудиовизуальной сферы позволяет вовлекать в деятельность кластера и поселения за пределами городской черты, расширяя границы кластера до уровня региона в целом.

В Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г. кластеры рассматриваются в качестве новой модели пространственного развития российской экономики.

**Актуальность исследования.** Настоящее исследование представляется актуальным в условиях зарождения региональных аудиовизуальных кластеров в отдельных регионах России на текущем этапе. В ряде регионов России готовятся или уже запускаются проекты по созданию региональных кинокластеров (Ульяновская обл., Калининградская обл., Мурманская обл. и т.д.). Москва

<sup>1</sup> Hayes R. Funding for films, television and other audio-visual works in Western Europe. CMS Legal Services EEIG, 2020. 24 p. URL: <https://cms.law/en/int/publication/funding-for-films-television-and-other-audio-visual-works-in-western-europe> (дата обращения: 19.10.2020)

и Санкт-Петербург исторически являются концентрированными центрами кинопроизводства (9394 и 1827 зарегистрированных организаций с кодом ОКВЭД 59.11 «Производство кинофильмов, видеофильмов и телевизионных программ»). Соответственно, регионы вступают в жесткую конкурентную борьбу за создание региональной инфраструктуры аудиовизуального кластера, способной привлечь организации аудиовизуального сектора.

Историческая и культурная обеспеченность региона, средний размер творческих отраслей в регионе, размер самой территории, разнообразие бизнес-структур, емкость человеческого капитала являются общими факторами, создающими перспективы создания аудиовизуального кластера в регионе. Учет пространственной специфики является основой формирования эффективных стратегий, связанных с использованием эндогенного потенциала территорий для обеспечения стабильного и сбалансированного социально-экономического развития [5].

На этом фоне следует отметить, что в мировой практике существуют примеры создания аудиовизуальных кластеров на небольших территориях по инициативе местных властей. Соответственно, изучение позитивного опыта территорий, уже реализовавших подобные проекты, является основой для последующей разработки собственных перспективных решений.

Своевременное изучение и использование передового опыта в региональном развитии способствуют тому, что многие управленческие и организационные технологии, уже ранее разработанные и опробованные, могут быть реализованы и в условиях иного региона на этапе создания и начального развития аудиовизуального кластера.

**Цель исследования** – рассмотреть процессы взаимодействия кластера, его участников и местных органов и идентифицировать основные мероприятия на начальном этапе создания аудиовизуального кластера, основные факторы, стимулирующие его становление, а также сделать выводы о формировании внутри кластера реляционной близости как основы дальнейшего развития кластера.

**Объект исследования** – региональный аудиовизуальный кластер CLAVNA (Clúster audiovisual de Navarra) в Испании.

### **Методы исследования**

В исследовании применены общенаучные и специальные методы на основе системы процедур сбора, первичного анализа и изложения данных и их характеристик, систематизации и обобщения полученных результатов.

### **Результаты исследования**

Во многих странах сложились различные модели государственной политики в отношении кластеров, однако в большинстве своем они схожи в методах поддержки развития кластеров. К основным методам следует отнести программы финансирования инноваций, технологий и НИ-ОКР, налоговые льготы, продвижение предпринимательства, стартапов, информационную поддержку деятельности кластера.

Региональная поддержка киноиндустрии в Испании появилась в процессе федерализации страны: опираясь на собственную налоговую систему и нормативно-правовую базу, некоторые автономные регионы стали целенаправленно создавать аудиовизуальную структуру.

Наварра — относительно небольшой регион (площадь 10391 км<sup>2</sup>; 640,6 тыс. человек по данным 2016 г.).

В 2009 г. Правительством Наварры была создана Кинокомиссия Наварры (Navarra Film Commission) для привлечения кинематографистов в регион. В задачи кинокомиссии входит организация доступности различных ресурсов региона для кинопроизводителей. По сути, кинокомиссия выступает в качестве связующего звена между продюсерами, с одной стороны, и всеми службами и организациями, необходимыми для обеспечения кинопроизводства, с другой. Тем



самым деятельностью кинокомиссии формирует экономическую и культурную политику региона в аудиовизуальной сфере и способствует созданию экономических выгод (прямых, косвенных, индуцированных) для региона (увеличение числа местных организаций и рабочих мест, приток туристов, развитие местных профессиональных компетенций в аудиовизуальной сфере, продвижение имиджа территории).

На тот момент осуществлялись точечные съемки испанскими кинематографистами в специфических локациях Наварры и проводились два ежегодных кинофестиваля: Международный кинофестиваль молодых кинематографистов в Памплоне (Festival de Cine de Pamplona, с 2000 г.) и Международный кинофестиваль документального кино "Punto de Vista" («Точка зрения», с 2005 г.).

Кинокомиссия Наварры запустила в 2012 г. новый ежегодный кинофестиваль "Navarra Tierra de Cine" («Наварра, территория кино») — конкурс короткометражных фильмов, которые должны быть сняты в Наварре и демонстрировать возможности локаций для будущих кинопроектов. В 2013 г. в наваррском городе Тудела стартовал национальный кинофестиваль испанского кино "Festival de Cine Opera Prima Ciudad de Tudela".

Деятельность Кинокомиссии Наварры, несомненно, улучшила узнаваемость региона в кинематографической среде, благодаря чему в 2010–2015 гг. в регионе было реализовано 52 кинопроекта<sup>2</sup>.

Определение инновационного потенциала в аспекте региона конкретизируется совокупностью интеллектуального (научного) потенциала. В регионе действовало три университета, имелось большое количество научно-исследовательских и технологических центров. Около 17% всего активного населения было занято в качестве научно-исследовательского персонала (НТР) с распределением: 56% исследователей работали в частном секторе, а 43% — в сфере высшего образования и государственного управления. Из 17 испанских регионов Наварра одна из немногих демонстрировала интенсивность НИОКР выше среднего показателя по ЕС<sup>3</sup>.

Показатель численности занятых в экономике считается традиционным для анализа географической концентрации, региональной специализации и других характеристик распределения экономической активности в пространстве [6]. Проведенный в 2014 г. Департаментом культуры, спорта и молодежи правительства Наварры анализ креативных индустрий показал, что культурный и творческий сектор в Наварре насчитывает около 2000 предприятий и фрилансеров с общим количеством участников около 5 тыс. человек. Таким образом, в регионе существовал определенный инновационный и аудиовизуальный потенциал, который можно было принимать во внимание в целях модернизации региональной политики.

Введение на территории налоговых льгот и субсидий на затраты для кинопроизводителей является общепринятой мировой практикой. Благодаря такой поддержке местных властей и последующему развитию базы киноуслуг на территории в регионах создаются центры аудиовизуальных проектов. В 2016 г. правительство Наварры целенаправленно для привлечения представителей киноиндустрии ввело следующие налоговые льготы:

- инвестиции в испанскую кино- и аудиовизуальную продукцию дают право на налоговый вычет в размере 35%;
- исполнительный продюсер аудиовизуальной продукции имеет право на налоговые льготы в размере 35% от затрат на производство, понесенных на территории Наварры;
- расходы на исследования и технологические инновационные разработки, в том числе на приобретение основных средств, осуществленные на территории Наварры, возвращаются в размере до 40%;

<sup>2</sup> Comunidad Foral de Navarra. European Commission. URL: <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/regional-innovation-monitor/base-profile/chartered-community-navarre>

<sup>3</sup> Campillo I., Arregui-Pabollet E., Prieto J.G. Higher education for smart specialisation. The case of Navarre, Spain. JRS Technical report, 2017. 81 p. URL: <https://s3platform.jrc.ec.europa.eu/documents/20182/221449/HESS+Technical+report+Navarra.pdf/200cfdc8-9295-4e39-be5d-37d4e906313f> (дата обращения: 20.10.2020)

- расходы на технологическое обслуживание исследований и технологических инновационных разработок, осуществленные на территории Наварры, возвращаются в размере до 15%<sup>4</sup>.

Важно отметить, что налоговый вычет в размере 35% на корпоративный налог (налог на прибыль) направлен не только непосредственно на инвесторов, но и может быть интересен финансовым агентствам, банкам, консалтинговым компаниям и т.д.

Анимация является важной частью аудиовизуального ландшафта, всегда находится на стыке творчества, технологий и предпринимательства и быстро развивается благодаря использованию достижений новейших технологий. И здесь важно отметить, что инновационная система является неотъемлемой частью социально-экономического организма территории. Ее возможности и особенности во многом предопределяются специализацией региона, его положением в системе центр – периферия, наличием и структурой спроса на инновации [7]. Когда дело доходит до поиска прорывных решений, как технологических, так и художественных, анимационные студии опережают кривую изменений в принятии новых технологий и тестировании новых бизнес-моделей. Благодаря 40%-ному налоговому вычету для НИОКР и технологических инноваций Наварра стала привлекательной для анимационных киностудий и компаний, оказывающих услуги постпродакшн.

За 2015–2017 гг. в регионе были реализованы уже 206 аудиовизуальных проектов (общее количество съемочных дней составило 1330 дней). Прямые расходы кинопроизводства в регионе за это же время составили 37,4 млн евро, из которых за 2017 г. — 16,1 млн евро. Общее количество проектов с 2016 по 2017 г. увеличилось с 61 до 70. Рост был основан на съемках игровых фильмов (от 7 до 12) и сериалов, четыре из которых были реализованы в 2017 г. Общий экономический эффект в регионе был оценен в 63,7 млн евро, а поступление налогов в бюджет региона Наварры составило 8,2 млн евро<sup>5</sup>.

Накопленный потенциал в области аудиовизуального сектора позволил правительству региона принять решение о создании в 2017 г. в регионе аудиовизуального кластера CLAVNA (Clúster audiovisual de Navarra).

Концепция региональной кластеризации заключается в привлечении в регион инвестиций и предпринимательских структур посредством оптимизации собственного потенциала территории, предполагающего диверсификацию экономики, новые рабочие места и новые специальности росте доходов и платежеспособности населения, а также использовании передовых технологий и инноваций в производственной конъюнктуре региона [8].

К ключевым элементам, определяющим региональное развитие, следует отнести, в первую очередь, экзогенные элементы [9]. В данном случае это развитие новой инфраструктуры на основе решений региональных властей, являющееся катализатором аудиовизуальной деятельности в регионе. Среди эндогенных элементов, позволяющих инициировать процесс внутреннего развития, следует также выделить увеличение аудиовизуальных проектов на территории и вовлеченность в эти проекты местных предпринимателей.

Для централизованного управления деятельностью кластера необходим особый орган в виде юридического лица с составом из представителей руководства каждого из участников кластера [10]. Для управления CLAVNA была зарегистрирована управляющая компания в форме некоммерческой организации, сформирован Наблюдательный совет из представителей организаций-членов кластера.

Характеризуя в целом кластерную программу региона, следует отметить, что в процесс вовлечены несколько министерств и их аффилированные агентства. Такую структуру управления

<sup>4</sup> Who is who 2020: Animation from Spain. ICEX Spain Trade and Investment, 2020. 75 p. URL: <https://3dwire.es/wp-content/uploads/2020/03/WhoisWhoAnimationFromSpain2020.pdf> (дата обращения: 18.10.2020)

<sup>5</sup> Navarra Film Commission presents its first qualitative and economic analysis of assisted filming projects ever: Report of the last 3 2020s of activity in the region. Shooting in Spain. 02.12.2018. URL: <http://www.shootinginspain.info/en/news/navarra-film-commission-presents-its-first-qualitative-and-economic-analysis-of-assisted-filming-projects-ever-report-of-the-last-3-years-of-activity-in-the-region> (дата обращения: 19.10.2020).



можно определить как матричную. Подобный вариант представляет собой расширенную версию специализированного подхода к организации кластерных программ, однако характеризуется большей гибкостью. Он не снимает вопроса межведомственной координации, проблемы которой делегируются на уровень специализированных агентств; данный вариант эффективен при четком межведомственном разграничении задач [11].

В качестве поддержки деятельности организаций-членов кластера CLAVNA заявлены следующие цели:

- поддержка интернационализации (доступ к рынкам третьих стран);
- оказание помощи в доступе к частному финансированию (подключение к инвесторам, венчурному капиталу, краудфандингу и т. д.);
- организация доступа к технологическим услугам;
- тренд скаутинг (trend scouting — помощь в разработке идей для инновационных проектов);
- периодическое распространение информации о деятельности киносообщества кластера, рекламные мероприятия в интересах резидентов кластера<sup>6</sup>.

В качестве источников финансирования кластер привлек компанию, аффилированную с Правительством Наварры, в формате венчурного капитала; при содействии властей региона был получен инвестиционный кредит от международного банка Triodos Bank, поддерживающего социально-значимые проекты<sup>7</sup>.

Более благоприятные предпосылки для производства, передачи и адаптации новых знаний формируются в региональных инновационных кластерах, включающих в себя малые и крупные предприятия, во взаимосвязи с университетами и научными центрами.

В этом направлении кластеру удалось сформировать комплекс образовательных программ в интересах предприятий-резидентов кластера (см. табл. 1).

**Таблица 1. Комплекс образовательных программ инициированных CLAVNA**  
**Table 1. A set of educational programs initiated by CLAVNA**

Платформа реализации	Образовательная программа	Примечание
Городской совет Памплоны	Курс повышения квалификации, полностью посвященный аудиовизуальным техникам и цифровому творчеству (300 ак. час. в течение 4 мес.)	В рамках существующей постоянной программы обучения предпринимателей (Pamplona Emprrende). По итогам обучения слушатели защищаются предпринимательским проектом в области цифровых и визуальных решений
Государственный университет Наварры	Программы «Плана обучения для аудиовизуальной индустрии в Наварре»	В рамках дополнительного образования
Государственный университет Наварры	Дисциплина «Разработка видеоигр и приложения виртуальной реальности» на факультете компьютерной инженерии	Преподавание осуществляется профессиональными кинематографистами из анимационных студий – членов кластера
Государственный университет Наварры	Магистратура факультета коммуникаций для специалистов по направлению «аудиовизуальная индустрия»	В сентябре 2020 г. было соглашение о сотрудничестве между CLAVNA и Университетом Наварры о предоставлении специальной скидки (20%) по оплате обучения

Составлено авторами по данным: CLAVNA. URL: <http://clavna.com/>;

Ayuntamiento de Pamplona. URL: <https://www.pamplona.es/>; [11].

Государственный университет Наварры (La Universidad Pública de Navarra, UPNA)<sup>8</sup> с 2018 г. входит в состав членов кластера и формирует программы обучения в сотрудничестве с руководя-

<sup>6</sup> Clúster audiovisual de Navarra CLAVNA. URL: <http://clavna.com/>

<sup>7</sup> Sodena (Sociedad de Desarrollo de Navarra). URL: <https://www.sodena.com/>; Triodos Bank. URL: <https://www.triodos.co.uk/>

<sup>8</sup> La Universidad Publica de Navarra (UPNA) URL: <http://www.unavarra.es/>

щим центром CLAVNA, представителями аудиовизуального сектора, Министерства образования и Службы занятости Наварры. Со своей стороны, CLAVNA осуществляет поиск компаний аудиовизуального сектора для приема студентов UPNA на стажировки.

Одной из задач кластерных организаций является оказание консультационной помощи членам и партнерам кластера, поэтому все большее количество кластеров обращается за содействием к консалтинговым компаниям [12]. CLAVNA также в 2020 г. начала сотрудничество с консалтинговой компанией ZABALA Innovation Consulting<sup>9</sup>, специализирующейся на проектах в области инновационных решений для аудиовизуальной индустрии.

Вовлеченные участники являются ядром кластера и способствуют развитию кластера. На текущем этапе численный состав участников CLAVNA составляет 34 компании. Из них не все являются непосредственно кинопроизводителями (например, налоговые консалтинговые компании Agra и Bestax, кинотеатры Reyes, Maisonnave и Atxaspi, туристические агентства Navarsol и Viajes San Fermín, Ассоциация по защите авторских прав Intangia и т.д.), что особенно важно для развития кластера.

Рассмотренные процессы взаимодействия кластера, его участников и местных органов власти позволяют сделать выводы о формировании внутри кластера реляционной или организационной близости. Существование организационной близости означает, что члены кластера, априори независимые, устанавливают согласованные процедуры координации для достижения общих взаимосвязанных целей, разделяют одни и те же схемы производства, коммуникаций и инноваций.

### **Заключение**

Реализация региональной кластерной политики подразумевает комплекс мер преимущественно регулятивного характера, целью которых является создание наиболее благоприятной среды для участников кластера, в том числе на пути обмена знаниями и навыками, установлению взаимодействия между различными участниками кластера.

Проведенное исследование позволяет сделать выводы о том, что создание аудиовизуального кластера на территории осуществляется поэтапно. В совокупности задачей каждого этапа является создание кластерной среды как на подготовительном, так и начальном этапе деятельности кластера. Сюда следует отнести:

- проведение в регионе на постоянной основе международных кинофестивалей, направленных на создание общественных институций и совершенствующих культурную инфраструктуру региона;
- создание региональной кинокомиссии, координирующей государственное и частное партнерство с кинопроизводителями в экономических и социально-общественных интересах региона;
- введение пакета региональных налоговых льгот для аудиовизуальной сферы (в интересах непосредственно кинопроизводства и инвесторов), мотивирующих расходы на исследования и технологические инновационные разработки, связанные с аудиовизуальным сектором в регионе;
- региональное административное и финансовое содействие в реализации мероприятий управляющей компании кластера;
- направление усилий на создание привлекательной рабочей среды путем поддержки образовательных и учебных (производственных) программ, а также на совершенствование местной инфраструктуры в интересах развития аудиовизуального кластера;
- формирование многосторонней координации между различными участниками кластера и заинтересованными сторонами, развитие сети сотрудничества.

В результате проведенного исследования рассмотрены основные мероприятия на начальном этапе создания аудиовизуального кластера, а также основные факторы, стимулирующие его ста-

<sup>9</sup> ZABALA Innovation Consulting. URL: <https://www.zabala.eu/>

новление. Благодаря эффекту реляционной близости в условиях частно-государственного партнерства кластер получает потенциал возможностей перехода на следующий этап своего развития.

Локализация аудиовизуальных предприятий и связанных с ними синергетически компаний в условиях региональной поддержки создает конкурентное преимущество и возможность для развития специализации региона на данном виде деятельности.

**Направления дальнейших исследований.** Предполагается сконцентрироваться на практических аспектах деятельности аудиовизуального кластера и формировании комплекса ключевых показателей оценки эффективности его функционирования в условиях региона.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Смородинская Н.В., Катуков Д.Д.** Когда и почему региональные кластеры становятся базовым звеном современной экономики // Балтийский регион. 2019. № 11–3. С. 61–91. DOI: 10.5922/2079-8555-2019-3-4
2. **Портер М.** Международная конкуренция. Конкурентные преимущества стран. М.: Альпина Паблишер, 2018. 947 с.
3. **Иванова О.П.** Взаимовлияние производственной специализации региона и внутрирегиональных кластеров // Экономика региона. 2018. № 14–4. С. 1207–1220. DOI: 10.17059/2018-4-12
4. **Малышев А.В.** Киноиндустрия как сектор «креативных индустрий»: задачи диверсифицированного подхода // Креативная экономика. 2019. № 13–7. С. 1401–1410. DOI: 10.18334/се.13.7.40840
5. **Фролов Д.П., Соловьева И.А.** Будущее стратегий территориального развития: анализ современных методологий // Региональная экономика: теория и практика. 2016. № 10. С. 28–45.
6. **Растворцева С.Н.** Инновационный путь изменения траектории предшествующего развития экономики региона // Экономика региона. 2020. № 16–1. С. 28–42. DOI: 10.17059/2020-1-3
7. **Голова И.М., Суховой А.Ф.** Дифференциация стратегий инновационного развития с учетом специфики российских регионов // Экономика региона. 2019. № 15–4. С. 1294–1308. DOI: 10.17059/2019-4-25
8. **Чарыкова О.Г., Маркова Е.С.** Региональная кластеризация в цифровой экономике // Экономика региона. 2019. № 15–2. С. 409–419. DOI: 10.17059/2019-2-8
9. **Гребёнкин И.В.** Тенденции изменения промышленной специализации и динамика развития российских регионов // Экономика региона. 2020. № 16–1. С. 69–83. DOI: 10.17059/2020-1-6
10. **Мерзликина Г.С., Бабкин А.В., Пшеничников И.В.** Совершенствование модели инновационного регионального кластерообразования // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2015. № 4. С. 129–139. DOI: 10.5862/JE.223.12
11. **Марков Л.С., Петухова М.В., Иванова К.Ю.** Организационные структуры кластерной политики // Журнал Новой экономической ассоциации. 2015. № 3. С. 140–162.
12. **Грошев А.Р., Дубровская Е.Н.** Инструментарий поддержки кластерных инициатив (обобщение практики поддержки кластерных инициатив в странах с федеративным устройством) // Экономика, предпринимательство и право. 2020. № 10–4. С. 945–964.

## REFERENCES

1. **N.V. Smorodinskaya, D.D. Katukov**, When and why regional clusters become basic building blocks of modern economy. The Baltic Region, 2019, no. 11–3, pp. 61–91. (rus). DOI: 10.5922/2079-8555-2019-3-4
2. **M. Porter**, Mezhdunarodnaya konkurenciya. Konkurentnyye preimushchestva stran [International competition. Competitive advantages of countries]. Moscow, Alpina Publisher, 2018. 947 p. (rus)
3. **O.P. Ivanova**, Influence of regional industrial specialty to the emergence of intraregional clusters. Ekonomika regiona, 2018, no. 14–4, pp. 1207–1220. (rus). DOI: 10.17059/2018-4-12

4. **A.V. Malyshev**, The film industry as a sector of "creative industries": the objectives of a diversified approach. *Kreativnaya ekonomika*, 2019, no. 13–7, pp. 1401–1410. (rus). DOI: 10.18334/ce.13.7.40840
5. **D.P. Frolov, I.A. Solov'eva**, The future of territorial development strategies: An analysis of modern methodologies. *Regional Economics: Theory and Practice*, 2016, no. 10, pp. 28–45. (rus)
6. **S.N. Rastvortseva**, Innovative path of the regional economy's departure from the previous path-dependent development trajectory. *Ekonomy of Region*, 2020, no. 16–1, pp. 28–42. (rus). DOI: 10.17059/2020-1-3
7. **I.M. Golova, A.F. Sukhovey**, Differentiation of innovative development strategies considering specific characteristics of the Russian regions. *Ekonomika regiona*, 2019, no. 15–4, pp. 1294–1308. (rus). DOI: 10.17059/2019-4-25
8. **O.G. Charykova, E.S. Markova**, Regional clustering in the digital economy. *Ekonomika regiona*, 2019, no. 15–2, pp. 409–419. (rus). DOI: 10.17059/2019-2-8
9. **I.V. Grebenkin**, Trends in industrial specialization and development dynamics in the russian regions. *Ekonomika regiona*, 2020, no. 16–1, pp. 69–83. (rus). DOI: 10.17059/2020-1-6
10. **G.S. Merzlikina, A.V. Babkin, I.V. Pshenichnikov**, Upgrading innovation regional cluster building model. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 2015, no. 4, pp. 129–139. (rus). DOI: 10.5862/JE.223.12
11. **L.S. Markov, M.V. Petukhova, K.Y. Ivanova**, The cluster policy organizational structures. *Journal of the New Economic Association*, 2015, no. 3, pp. 140–162. (rus)
12. **A.R. Groshev, E.N. Dubrovskaya**, Cluster initiatives supporting tools (summarizing the practice of cluster initiatives support in countries with federal structure). *Journal of Economics, Entrepreneurship and Law*, 2020, no. 10–4, pp. 945–964. (rus)

*Статья поступила в редакцию 29.10.2020.*

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / THE AUTHORS

**ЛАНИНА Лилия Анатольевна**

E-mail: lan\_vgik@mail.ru

**LANINA Liliya A.**

E-mail: lan\_vgik@mail.ru

**МАЛЫШЕВ Антон Владимирович**

E-mail: lan\_vgik@mail.ru

**MALYSHEV Anton V.**

E-mail: lan\_vgik@mail.ru

**РОМОДАНОВСКАЯ Нана Борисовна**

E-mail: proficinema@mail.ru

**ROMODANOVSKAYA Nana B.**

E-mail: proficinema@mail.ru

## ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ ПРИ МАКСИМИЗАЦИИ КОМПЕТЕНЦИЙ ВЫПУСКНИКА: СИСТЕМА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Глухов В.В., Картавенко О.А.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Одной из целей деятельности университета является достижение максимальных значений компетенций выпускаемого специалиста, что обеспечивает его успех в трудовой деятельности, повышает конкурентоспособность университета, способствует притоку более подготовленных абитуриентов. В конечном счете, такой показатель характеризует максимум результативности вуза по воздействию на национальную экономику. Задача оптимального построения учебного процесса — это задача оптимального управления ресурсами вуза и учащегося (ресурсы вуза: трудовые, временные, финансовые, вычислительные, территориальные, информационными и др.; ресурсы учащегося: трудовые, финансовые, временные и др.) — поиск варианта, обеспечивающего максимум показателя, оценивающего результат. Авторы считают, что в качестве оценки результата обучения выпускника можно принять его компетенции. Тогда задача исследования формулируется как достижение максимума компетенций в условиях ограничения имеющихся ресурсов. Компетенции выпускника являются следствием уровня изучения учебных дисциплин, который, в свою очередь, зависит от вложенных ресурсов. В такой постановке задачи мы не затрагиваем вопрос индивидуальных способностей и ориентируемся на максимум результата для каждого обучаемого в рамках его способностей. Такой подход ориентирован не на конкретного обучаемого, а на создание предпочтительных условий учебного процесса, проходя через которые обучаемые будут достигать максимума овладения системой компетенций. Постановка задачи оптимального распределения ресурсов допускает несколько вариантов: статическая модель (один интервал времени); система иерархических моделей (рассмотрение компетенций по уровням детализации); учет продолжительности влияния ресурсов (разделение ресурсов на капитальные и единовременные); динамическая модель (охват всего периода обучения); оптимизация структуры учебного плана (оптимизация временного ресурса); взаимосвязь компетенций персонала и результативности предприятия. В статье представлена система математических моделей оптимизации распределения ресурсов вуза при организации образовательного процесса. Проанализирована взаимосвязь компетенций персонала и результативности предприятия. Рассмотрены вопросы взаимодействия университетов и реального сектора экономики через формирование компетенций выпускника вуза.

**Ключевые слова:** математические модели, ресурсы университета, компетенции, оптимизация распределения ресурсов, динамическая модель, статическая модель

**Ссылка при цитировании:** Глухов В.В., Картавенко О.А. Оптимизация использования ресурсов при максимизации компетенций выпускника: система математических моделей // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. Т. 13, № 6. С. 41–54. DOI: 10.18721/JE.13604

Это статья открытого доступа, распространяемая по лицензии CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

## OPTIMIZING RESOURCE USE WHILE MAXIMIZING GRADUATE COMPETENCIES: A SYSTEM OF MATHEMATICAL MODELS

V.V. Glukhov, O.A. Kartavenko



Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,  
St. Petersburg, Russian Federation

One of the goals of the university is to achieve the maximum values of the competencies of the graduated specialists, which ensures their success in work, increases the competitiveness of the university, and contributes to the influx of more trained applicants. Ultimately, this indicator characterizes the maximum performance of the university in terms of impact on the national economy. The task of optimal construction of the educational process is the task of optimal management of the resources of the university and the student (university resources: labor, time, financial, computing, territorial, informational, etc.; student resources: labor, financial, time, etc.) – the search for an option that provides the maximum of the indicator that evaluates the result. As for the criteria of optimality, The authors believe that it is possible to accept the competencies of the graduates as a criterion to assess the outcome of their training. Then the research task is formulated as achieving the maximum of competencies in conditions of limited available resources. Graduate's competencies are a consequence of the level of study of academic disciplines, which, in turn, depends on the resources invested. In this formulation of the problem, we do not touch upon the issue of individual abilities and focus on the maximum result for each of the students within the framework of their abilities. This approach is focused not on a specific student, but on the creation of preferable conditions of the educational process, passing through which, the students achieve the maximum mastery of the system of competencies. The formulation of the problem of optimal resource allocation permits several options: a static model (one time interval); a system of hierarchical models (consideration of competencies by levels of detail); taking into account the duration of the impact of resources (dividing resources into capital and one-time); dynamic model (covering the entire training period); optimization of the structure of the curriculum (optimization of the time resource); the relationship between the competencies of the personnel and the performance of the enterprise. The article presents a system of mathematical models for optimizing the allocation of university resources when organizing the educational process. The relationship between the competencies of the personnel and the performance of the enterprise has been analyzed. The issues of interaction between universities and the real sector of the economy through the formation of the competencies of a university graduate are considered.

**Keywords:** mathematical models, university resources, competencies, resource allocation optimization, dynamic model, static model

**Citation:** V.V. Glukhov, O.A Kartavenko, Optimizing resource use while maximizing graduate competencies: a system of mathematical models, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 13 (6) (2020) 41–54. DOI: 10.18721/JE.13604

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

## Введение

Взаимодействие университетов и реального сектора экономики реализуется через кадровое обеспечение. Работодатели вырабатывают стандарты профессиональной деятельности по должностям, формулируют необходимый состав компетенций для претендента на конкретную должность. Это оказывается заказом для университета на подготовку выпускника, построение учебного процесса по направлениям и специальностям. Система профессионального образования должна иметь четкие представления о том, для каких возможных видов профессиональной деятельности она осуществляет подготовку и какие предъявляются требования к знаниям и умениям выпускника, а не просто готовить унифицированных работников, обладающих компетенциями.

Одной из целей деятельности университета является достижение максимальных значений компетенций выпускаемого специалиста, что обеспечивает его успех в трудовой деятельности, повышает конкурентоспособность университета, способствует притоку более подготовленных абитуриентов. В конечном счете, такой показатель характеризует максимум результативности вуза по воздействию на национальную экономику.

Термин «компетенция» ввел в оборот американский ученый В. Макелвил в 1982 г. Французский социолог Г. Каннак доказал, что для успеха организации необходимо развивать компетенцию каждого работника. Раскрытию сущности понятия компетенции посвящены работы ряда авторов [1–5].

Компетенции – это знания, навыки и умения, необходимые для эффективного выполнения профессиональных функций. Совокупность необходимых компетенций определяется требованиями сферы трудовой деятельности: требованиями к работнику со стороны конкретного предприятия, конкретного рабочего места; требованиями общества; требованиями карьерного роста. В процессе научно-технического развития техники и технологий требования к компетенциям работающих меняются по составу и уровню владения.

Компетенции – способность эффективно выполнять определенные действия. В 1980-е гг. понятие компетенции стали увязывать с качеством успешных профессионалов. В глоссарии терминов Европейского фонда образования компетенция определяется как:

- способность делать что-либо хорошо или эффективно;
- соответствие требованиям, предъявляемым при устройстве на работу;
- способность выполнять особые трудовые функции.

А. Бэрон и М. Армстронг указывают: «организация все чаще обнаруживает, что успех зависит от наличия компетентных сотрудников. Оплата по уровню компетентности означает, что организация ориентируется на будущее, а не на прошлое» [11].

В методических рекомендациях «Проектирование основных образовательных программ, реализующих федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования» (2010) в структуру основных образовательных программ (ООП) введены экспериментальные программные документы:

- паспорта и программы формирования профессиональных компетенций;
- таблица содержательно-логических связей учебных курсов, предметов, дисциплин, модулей, практик;
- компетентностно-ориентированная часть учебного плана;
- сквозная программа комплексных испытаний на соответствие подготовки ожидаемым результатам образования;
- программы итоговых комплексных испытаний.

Компетенции обычно разделяют на три большие группы: общие, универсальные, профессиональные. Универсальные компетенции непосредственно связаны с умением применять знания в профессиональной деятельности. Профессиональные компетенции выражают готовность выпускника осуществлять предусмотренные виды профессиональной деятельности [6–10].

Задача системы образования – через знания, умения, навыки обеспечить определенные компетенции, которые требуются в профессиональной сфере, для которой готовится обучаемый.

В требованиях федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВПО) впервые были заданы требования не к обязательному минимуму содержания образования, а к результатам освоения основных образовательных программ, выраженных на языке компетенций.

Совокупность компетенций фактически является профессиональным потенциалом человека. Он формируется в процессе обучения, саморазвития, опыта работы. Для выпускника университета совокупность компетенций определяет его ценность для работодателя.

Чтобы сформировать совокупность необходимых компетенций, университет вовлекает обучаемого в систему мероприятий учебного процесса (лекции, практические занятия, лабораторные работы, самостоятельно выполняемые задания, учебные и профессиональные практики, промежуточные аттестации, выпускные работы и др.). Каждый из этих элементов ориентирован на

становление и развитие конкретных компетенций, необходимых будущей сфере трудовой деятельности.

Компетенции формируются в процессе обучения через формы занятий, активизацию познавательных действий, состав получаемого информационного материала, выполнение практических заданий по совокупности учебных дисциплин. Планирование учебного процесса – это создание условий для формирования необходимого набора и глубины владения конкретными компетенциями [6, 9, 10]. Конкретное учебное мероприятие, не воздействующее ни на одну из профессиональных компетенций, является не просто избыточным, оно наносит вред, так как отвлекает часть ресурсов и снижает ресурсную обеспеченность результативных мероприятий учебного процесса.

Задача оптимального построения учебного процесса – это задача оптимального управления ресурсами вуза и учащегося (ресурсы вуза: трудовые, временные, финансовые, вычислительные, территориальные, информационными и др.; ресурсы учащегося: трудовые, финансовые, временные и др.) – поиск варианта, обеспечивающего максимум показателя, оценивающего результат.

Если принять в качестве оценки результата обучения выпускника его компетенции, то задача формулируется как максимум компетенций в условиях ограничения имеющихся ресурсов [14, 16, 17]. Компетенции выпускника являются следствием уровня изучения учебных дисциплин, который, в свою очередь, зависит от вложенных ресурсов. В такой постановке задачи мы не затрагиваем вопрос индивидуальных способностей и ориентируемся на максимум результата для каждого обучаемого в рамках его способностей.

Компетенции формируются как следствие содержания, методов и условий образования. Понимание сущности и значимости компетенций позволяет рационально распределять ресурсы (временные, трудовые, материальные, финансовые) при проектировании и реализации образовательного процесса.

В качестве *объекта* исследования выступают компетенции выпускника университета, которые рассматриваются с точки зрения их максимизации при ограничении на ресурсы университета. *Цель* исследования заключается в разработке системы моделей для оптимизации использования ресурсов при максимизации компетенций выпускника.

В качестве *методов исследования* выступают методы исследования операций, методы математического программирования, в том числе линейного, нелинейного и динамического программирования [12, 13].

### Результаты и их обсуждение

Для количественного описания уровня владения компетенцией можно ввести экспертную шкалу [19, 20]. Например, в интервале 0 – 10. Значение 0 соответствует отсутствию компетенции, 10 – высший уровень (мастерство) владения компетенцией. Значения от 1 до 4 – компетенция проявляется частично. Значение 5 будет соответствовать владению компетенцией в стандартных ситуациях и т. д.

Компетентностная модель выпускника вуза – комплексный интегральный образ результата образования в вузе.

Обозначим уровень владения  $i$ -й компетенцией  $K_i$ , тогда оптимизационная оценка будет иметь вид

$$K = \sum_i a_i K_i,$$

где  $a_i$  – коэффициент значимости отдельных компетенций в интегральной оценке, ориентированной на конкретную профессиональную деятельность.

Трудность решения задачи проектирования образовательного процесса заключается в отсутствии прямой видимой связи от вкладываемых ресурсов к итоговой компетенции. Вуз, организуя деятельность, вкладывает ресурсы в учебный процесс: закупает вычислительную технику, лабораторное оборудование, выпускает учебные пособия и учебники, выделяет средства на оплату труда персонала. Управляя этими ресурсами, вуз усиливает обеспечение конкретной дисциплины, предполагая, что ее усиление проявится в соответствующих компетенциях учащегося. Таким образом, посредством вложения ресурсов в определенные учебные дисциплины или виды учебной работы можно управлять уровнем достигаемых компетенций у обучаемого.

Такой подход ориентирован не на конкретного обучаемого, а на создание предпочтительных условий учебного процесса, проходя через которые обучаемые будут достигать максимума овладения системой компетенций.

Постановка задачи оптимального распределения ресурсов допускает несколько вариантов [12, 16, 21, 22]:

- статическая модель (один интервал времени);
- система иерархических моделей (рассмотрение компетенций по уровням детализации);
- учет продолжительности влияния ресурсов (разделение ресурсов на капитальные и единовременные);
- динамическая модель (охват всего периода обучения);
- оптимизация структуры учебного плана (оптимизация временного ресурса);
- взаимосвязь компетенций персонала и результативности предприятия.

#### **Оптимальное распределение ресурсов: статическая модель**

Для постановки задачи необходимо построить функцию вычисления компетенций через выделенные ресурсы вуза на учебные дисциплины.

Введем перечень ресурсов –  $s$ , перечень учебных дисциплин –  $j$ , перечень компетенций –  $i$ .

Матрица связи компетенций и учебных дисциплин показывает степень влияния конкретной дисциплины на каждую из компетенций –  $r_{ij}$ . Повышение уровня освоения учебной дисциплины  $Y_j$  соответствующим образом проявляется в масштабе получения компетенций  $K_i$ :

$$K_i = \sum_j r_{ij} Y_j.$$

Коэффициенты степени влияния дисциплин на компетенции должны удовлетворять условию

$$\sum_j r_{ij} = 1, \quad i = 1, \dots$$

Уровень освоения учебной дисциплины проявляется через вложение ресурсов в условия освоения дисциплины: материальную базу, выделенное на освоение время (личное время учащегося, время лекций, время практических занятий), методические обеспечивающие материалы. Чем выше качество условий и среды освоения учебной дисциплины, чем значительнее временные и трудовые затраты в освоение дисциплины, тем больше оснований считать, что уровень знаний обучающегося будет выше. Эта зависимость (нами предлагается в таком виде) является нелинейной и имеет характер

$$Y_j = \sum_s Y_{sj} = \sum_s A_{sj} \left( 1 - b_{sj} e^{-c_{sj} x(s, j)} \right),$$

где  $A_{sj}$  – уровень насыщения зависимости;  $x_{sj}$  – количество вложенных ресурсов  $s$ -го вида в  $j$ -ю учебную дисциплину,  $b_{sj}$  и  $c_{sj}$  – числовые параметры зависимости.

Имеющееся состояние характеризуется уровнем освоения дисциплин –  $A_{sj}^0$  при соответствующем  $x^0(s, j)$ .

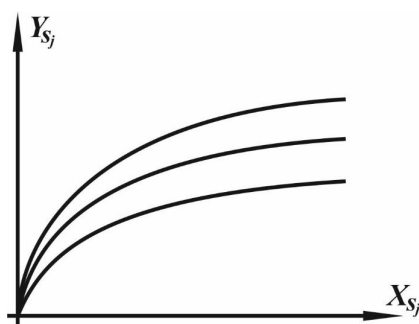


Рис. 1. Характер зависимости величин  $Y_{sj}$  от параметров  $X_{sj}$   
 Fig. 1. Dependence of  $Y_{sj}$  on the parameters  $X_{sj}$

Оптимизационная задача управления ресурсами заключается в определении  $\Delta x(s, j)$ , обеспечивающих:

$$\max K = \max \sum_i a_i \sum_j r_{ij} Y_j = \max \sum_i a_i \sum_j r_{ij} \sum_s A_{sj} (1 - b_{sj} e^{-c(s,j)\Delta x(s,j)}),$$

при условии  $\sum_j \Delta x(s, j) = x_s, s = 1, \dots, \Delta x(s, j) \geq 0, s = 1, \dots, j = 1, \dots$

Параметры модели, требующие статистического или экспертного определения, — это оценки относительной значимости  $r_{ij}$  и  $a_i$ , параметры модели  $A_{sj}$ ,  $b_{sj}$  и  $c(s,j)$ .

Переходя к оптимизации через функцию Лагранжа, получим:

$$\begin{aligned} \max F &= \max \left( \sum_i a_i \sum_j r_{ij} Y_j + \sum_s \mu_s \left( X_s - \sum_j \Delta x(s, j) \right) \right) = \\ &= \max \left( \sum_i a_i \sum_j r_{ij} Y_j (\Delta x(s, j)) + \sum_s \mu_s \left( X_s - \sum_j \Delta x(s, j) \right) \right). \end{aligned}$$

Условие оптимизации — равенство нулю производной функции  $F$  —

$$dF/d(\Delta x_{sj}) = 0.$$

Из этого соотношения следует, что

$$d\left(\sum_i a_i \sum_j r_{ij} Y_j (\Delta x_{sj})\right) / d(\Delta x_{sj}) = \mu_s, j = 1, \dots$$

В оптимальном решении распределение ресурса по учебным дисциплинам характеризуется равной отдачей (равным значением производной).

Отсюда следует вывод: при вложении дополнительных ресурсов конкретным ресурсом нужно управлять так, чтобы отдача на единицу вложений сближалась.

При выделении ресурсов на развитие материального, методического и трудового обеспечения необходимо учитывать их соотношение. Эффективность не достигается при нерациональном «ресурсном профиле». Вложение средств в модернизацию технических средств, не поддержанное адекватным развитием программной среды, методического обеспечения и квалификации персонала, не приведет к желаемому росту компетенций обучающихся. Нарращивание компьютерной среды, не поддержанное развитием мощности энергетических ресурсов вуза, выделением средств



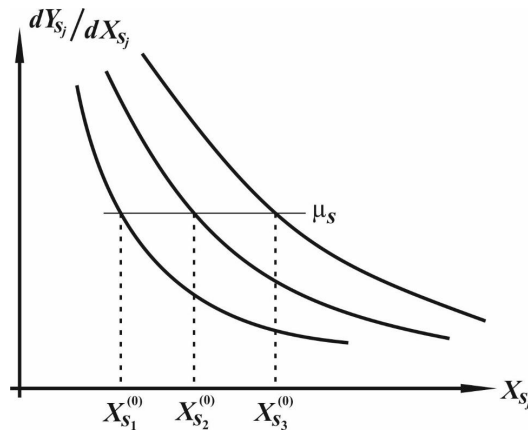


Рис. 2. Характер зависимости производных  $dY_s/dX_s_j$  от параметров  $X_s_j$   
 Fig. 2. Dependence of the derivatives  $dY_s/dX_s_j$  on the parameters  $X_s_j$

на текущую эксплуатацию, не позволит реально воздействовать на качество условий соответствующих учебных дисциплин. Если выделить  $j$ -ю учебную дисциплину, то структура ресурсов должна соответствовать матрице связей  $f_{sq}$ :

$$x_{qj} = f_{sq} x_{sj}, \quad q = 1, \dots, n.$$

Вложение  $x_{sj}$  ресурсов  $s$ -го вида в обеспечение  $j$ -й учебной дисциплины влечет соответствующий прирост ресурсов  $q$ -го вида.

Ограниченность ресурсов учитывается двумя видами условий:

$$\sum_j x_{sj} \leq X_s,$$

$$\sum_s \sum_j c_s x_{sj} \leq \Phi.$$

где  $X_s$  – лимит ресурсов  $s$ -го вида;  $c_s$  – цена ресурса  $s$ -го вида;  $\Phi$  – лимит финансов.

Развитие базовой оптимизационной модели допускает несколько вариантов.

**Оптимальное распределение ресурсов: Система иерархических моделей**

Иерархическая детализация может выполняться по двум направлениям [6, 9]. Во-первых, детализируются компетенции от групп к подгруппам и к конкретным функциям. Во-вторых, детализируются учебные дисциплины от, собственного, дисциплины к формам учебных занятий и блоков занятий.

Компетенции специалиста можно классифицировать как иерархическую систему. В этом случае рассмотренная оптимизационная задача управления ресурсами вуза переходит в последовательность иерархических задач. Задача более высокого уровня определяет ресурсы для совокупности задач следующего уровня.

Компетенции разделяются на группы:

- общие;
- общеинженерные;
- управленческие;
- коммуникативные;
- профессиональные профильные (стандартные, уникальные);

- профессиональные смежные.

Каждая из групп детализируется по конкретным знаниям, умениям, функциям.

Учебная дисциплина разделяется на лекции, семинары, практические занятия, лабораторные работы и т.д. Далее можно выделить отдельные блоки, разделы, темы.

#### **Оптимальное распределение ресурсов: учет продолжительности влияния ресурсов**

Базовая модель ориентирована на обеспечение требуемой совокупности компетенций выпускника. Однако, характеризуя мероприятия учебного процесс через воздействие на компетенции, можно принять два фактора: степень воздействия на условия формирования компетенции и уровень владения компетенцией. В этом случае предоставление лекционного материала, учебников и учебных пособий формируют условия формирования компетенций, а практические занятия, работа на тренажерах, практики формируют уровень владения компетенциями.

В этом случае рассматриваемые ресурсы разделяются на капитальные и единовременные [21, 22]. Первые оказывают влияние на несколько выпусков, вторые – в пределах конкретного выпуска. Следовательно, интегральная оценка должна учитывать эффективность использования ресурсов с учетом долговременности результата от первой группы ресурсов.

#### **Оптимальное распределение ресурсов: динамическая модель**

Учебный план подготовки выпускника вуза реализуется в течение нескольких лет: четырех (бакалавр), пяти (специалист), двух (магистр). Ресурсные ограничения задаются по годам, поэтому их оптимальное использование требует решения задачи с учетом временного фактора.

Введение ресурсных ограничений позволяет перейти от статической задачи к динамической, когда использование ресурсов рассматривается по интервалам времени:

$$\begin{aligned} \sum_j x_{sj}(t) &\leq X_s(t), \quad t = 1, 2, 3, \dots, n, \\ x_{sj}(t) &\geq 0, \quad s = 1, \dots, \quad j = 1, \dots, \quad t = 1, 2, 3, \dots, n, \\ \sum_s \sum_j c_s x_{sj}(t) &\leq \Phi(t), \quad t = 1, 2, 3, \dots, n, \\ \max K &= \max \sum_t \sum_i a_i \sum_j r_{ij} Y_j(t) = \max \sum_t \sum_i a_i \sum_j r_{ij} \sum_s A_{sj} \left(1 - b_{sj} e^{-c(s,j)x(s,j,t)}\right), \end{aligned}$$

Рассматриваемый период  $n$  – это период обучения специалиста. Динамическая модель позволяет рассматривать управление ресурсами с учетом учебного плана специальности (направления) подготовки. Дополнительно можно ввести временной коэффициент значимости ресурсов текущего и будущих периодов  $\alpha(t)$ .

#### **Оптимальное распределение ресурсов: оптимизация структуры учебного плана**

Для иллюстрация разработанной модели воздействия ресурсов на максимизацию компетенций выпускника рассмотрим упрощенную задачу оптимизации учебного плана при распределении ресурсов учебного времени (не затрагивая содержательную часть дисциплин). Совокупность ресурсов сведем до одного – времени, а состав дисциплин учебного плана примем заданным и управлять будем только временем изучения отдельных дисциплин.

Обозначим неизвестную  $x_j$  – время изучения  $j$ -й дисциплина (часов в неделю), тогда математическая постановка задачи будет иметь вид:

$$\sum_j x_j = X,$$

$$x_j^1 \geq x_j \geq x_j^0,$$

$$\max K = \max \sum_j r_j Y_j = \max \sum_j r_j A_j \left(1 - b_j e^{-c(j)x(j)}\right),$$

Условие оптимизации:

$$d\left(r_j A_j \left(1 - b_j e^{-c(j)x(j)}\right)\right) / d(x_j) = \mu, j = 1, \dots$$

или

$$d\left(r_j A_j \left(1 - b_j e^{-c(j)x(j)}\right)\right) / d(x_j) = \text{const.}$$

Очевидные выводы:

- если характер зависимостей  $Y_j$  совпадает, то выделяемые ресурсы распределяются по поддерживающим учебным дисциплинам в равной величине;
- если совпадает характер зависимости  $Y_j$ , но отличается достигаемый уровень  $A_j$ , то распределение выделяемых ресурсов реализуется пропорционально максимально возможным значениям уровня компетенций;
- если отличаются характер зависимости и максимальные уровни  $Y_j$ , то распределение ресурсов необходимо реализовывать по итогам оптимизации.

Расширяя постановку задачи, введем три неизвестных  $x_j$ ,  $y_j$  и  $z_j$  – количество часов лекций, семинаров и самостоятельной работы:

$$\sum_j (x_j + y_j + z_j) = X;$$

$$x_j \geq 0, y_j \geq 0, z_j \geq 0;$$

$$\max K = \max \sum_j r_j Y_j = \max \sum_j r_j A_j \left(1 - b_j e^{-(c(j)x(j) + a(j)y(j) + f(j)z(j))}\right).$$

Система уравнений, определяющее оптимальное решение, имеет вид:

$$d\left(r_j A_j \left(1 - b_j e^{-(c(j)x(j) + a(j)y(j) + f(j)z(j))}\right)\right) / d(x_j) = \text{const} / c(j),$$

$$d\left(r_j A_j \left(1 - b_j e^{-(c(j)x(j) + a(j)y(j) + f(j)z(j))}\right)\right) / d(y_j) = \text{const} / a(j),$$

$$d\left(r_j A_j \left(1 - b_j e^{-(c(j)x(j) + a(j)y(j) + f(j)z(j))}\right)\right) / d(z_j) = \text{const} / f(j).$$

### Оптимизация учебного плана: индивидуальный выбор дисциплин

Расширение свободы выбора образовательного «маршрута» приводит к задаче: определить набор дисциплин с учетом имеющихся временных и трудовых ресурсов, максимизируя итоговую компетентностную оценку, при условии выполнения «кредитной оценки». Часто такой выбор делается чисто интуитивно, но особая значимость такой задачи для обучаемых, требует формализации ее постановки и формирования алгоритма ее решения.

Обозначим неизвестную  $x_j$  – признак выбора  $j$ -й дисциплины для изучения.  $x_j = 1$ , если дисциплина включается в программу обучения,  $x_j = 0$ , если  $j$ -я дисциплины не принимается для изучения.

Постановка задачи имеет следующий вид.  
Обеспечить максимум оценки

$$\max \sum_i a_i \sum_j r_{ji} x_j,$$

при ограничениях:

$$\begin{aligned} \sum_j x_j t_j &\leq T, \\ \sum_j x_j k_j &\geq K, \\ x_j &= 0, 1. \end{aligned}$$

где  $t_j$  – трудоемкость (индивидуальная собственная оценка) изучения  $j$ -й дисциплины;  $k_j$  – число кредитов, характеризующих  $j$ -й дисциплину;  $K$  – минимально необходимое число кредитов для полного обучения;  $r_{ji}$  – воздействие  $j$ -й дисциплины на  $i$ -ю компетенцию ( $0 \leq r_{ji} \leq 1$ );  $T$  – лимит трудоемкости;  $a_i$  – значимость  $i$ -й компетенции для интегральной оценки образования.

Эта постановка задачи дает представление о модели выбора при построении траектории обучения, но при реальном построении учебной программы следует учесть распределение дисциплин по семестрам обучения и ограничения в последовательности изучения некоторых дисциплин. Алгоритм действий может реализовываться через решение задачи по этапам, когда каждый семестр является независимой задачей, но каждая последующая задача (последующий семестр) ограничивается свободой выбора из-за отсутствия некоторых необходимых дисциплин в предшествующем периоде.

### **Взаимосвязь компетенций персонала и результативности предприятия**

Компетенции персонала являются определяющим ресурсом конкурентоспособности и эффективности деятельности предприятия:

$$R = f(K_i).$$

В качестве количественной оценки  $R$  можно принять прибыль предприятия. Для обоснованности управленческих решений по поддержке и развитию компетенций персонала необходимо иметь представление о характере зависимости  $f(K_i)$ . Она может формироваться на основе статистических или экспертных оценок.

Эта зависимость имеет вид

$$R = R_0 + \sum_i \sum_q b_{iq} K_{iq},$$

где  $R_0$  – базовый уровень результата;  $K_{iq}$  – оценка  $i$ -й компетенции  $q$ -й группы персонала;  $b_{iq}$  – статистический (экспертный) коэффициент влияния  $i$ -й компетенции  $q$ -й группы персонала на прирост результата.

Если предприятие вкладывает в повышение компетенций персонала затраты в размере  $З$  и получает прирост прибыли в размере  $\Delta R$ , то эффективность мероприятий будет составлять

$$\Theta = \Delta R / З.$$

Если учитывать фактор времени, то оценка будет иметь вид

$$\Theta = \sum_t \alpha(t) \Delta R(t) / 3.$$

где  $\Delta R(t)$  — прирост прибыли в год  $t$ ;  $\alpha(t)$  — значимость прибыли года  $t$  для интегральной оценки.

Компетентностный подход в управлении ресурсами предприятия определяет переход на соответствующую методику управления подбором и обучением персонала [18, 20, 21]. В этом случае ожидания предприятия от принимаемого специалиста и цели его обучения в вузе совпадают.

Вклад подразумевает все, что делает человек для организации, уровень его навыков, компетенции, которые он использует, результаты, которых он достигает — все это составляет вклад в процесс достижения организацией долгосрочных целей. Оплата в соответствии с вкладом работает при использовании смешанной модели управления результативностью: оценка данных «на входе» и «на выходе» и принятие решения по уровню выплат сотрудникам в соответствии с их ролью и их работой [7]; оценка ситуации в компании и на рынке в целом; рассмотрение как уже имеющихся данных результативности работника, так и потенциала будущих достижений [15].

### **Интегральная эффективность использования ресурсов при максимизации компетенций выпускника**

Оценка эффективности управления ресурсами при подготовке выпускника вуза должна сопоставить результат и произведенные затраты [13, 16, 17, 20].

Интегральная эффективность направлена на оценку качества подготовки выпускника вуза. Оплата подготовки может иметь три варианта: оплачивает сам обучаемый; оплачивает предприятие, заказавшее подготовку специалиста; оплачивает государство. Соответственно, и результат будет иметь разное представление. Для обучаемого это будет будущий доход в виде оплаты труда, для предприятия — доход или прибыль, для государства — налоговые отчисления в бюджет от результатов деятельности предприятия.

$$F_1 = \sum_t^N \alpha(t) z(t) / \sum_t^T \alpha(t) \Pi(t),$$

$$F_2 = \sum_t^N \alpha(t) \Delta r(t) / \sum_t^T \alpha(t) \Pi(t),$$

$$F_3 = \left( \sum_t^N \alpha(t) \Delta r(t) k_1(t) + \sum_t^N \alpha(t) z(t) k_2(t) \right) / \sum_t^T \sum_s \sum_j \alpha(t) \Pi_s x_{sj}(t),$$

где  $T$  — количество лет обучения в вузе;  $N$  — количество лет, принятых для учета результативности работы специалиста на предприятии;  $\Pi(t)$  — цена обучения в год  $t$ ;  $z(t)$  — заработная плата в год  $t$ ;  $\Delta r(t)$  — прибыль предприятия, отнесенная к результату работы специалиста;  $k_1(t)$  — налоговая ставка на прибыль предприятия;  $k_2(t)$  — налоговая ставка на заработную плату.

### **Заключение**

Представлена система математических моделей, поддерживающих оптимизацию распределения ресурсов вуза при организации образовательного процесса, ориентированного на максимизацию компетенции выпускников.

### **Благодарности**

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках выполнения исследований по проекту № 18-010-01119



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Харчина Н.Б.** Концепция создания на базе университета центра развития компетенций (на примере центра развития компетенций 1С) // Экономическая наука – хозяйственной практике. Материалы XVIII Международной научно-практической конференции. Кострома, 25–26 мая 2017. Кострома: Костромской государственный технологический университет, 2017. С. 219–223.
2. **Яковлев С.А., Прохорова Е.В.** Преемственность как условие формирования компетенций в образовательной системе «Школа-Колледж-Вуз» // Совершенствование системы подготовки и дополнительного профессионального образования кадров для агропромышленного комплекса. Материалы Национальной научно-практической конференции. Рязань, 14 дек. 2017. Ч. 2. Рязань: РГАТУ им. П.А. Костычева, 2017. С. 340–343.
3. **Стромов В.Ю., Сысоев П.В., Завьялов В.В.** «Школа компетенций» – технология формирования дополнительных компетенций у студентов классического вуза // Высшее образование в России. 2018. № 5. С. 20–29.
4. **Барабанова М.И.** Подходы к формированию компетенций цифровой экономики: базовая модель компетенций // Архитектура университетского образования: построение единого пространства знаний. Сборник трудов IV Национальной научно-методической конференции с международным участием. СПб., 30 янв. – 1 февр. 2020. Ч. 1. СПб.: СПбГЭУ, 2020. С. 18–24.
5. **Лопатин М.В., Потемкин В.К.** Профессиональные компетенции работников промышленных предприятий // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2013. № 1 ч. 2. С. 65–71.
6. **Строганова А.Н.** Теоретические основы проектирования основной образовательной программы и учебного плана вуза в условиях реализации федеральных государственных образовательных стандартов // Мир науки, культуры, образования. 2011. № 2. С. 128–133.
7. **Чупланова О.Л.** Применение компетентностного подхода при разработке системы оплаты труда. Науковедение. 2014. № 6.
8. **Соколова А.В.** Структура основных компетенций выпускника современного вуза. Анализ ГОС ВПО специальностей 230500 (СКСИТ) и 100200 «Туризм» // Молодой ученый, 2010. № 8. С. 180–184.
9. Непрерывное образование: новые реальности / Под ред. В.П. Галенко, Н.А. Лобанова. СПб.: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2020.
10. **Вертакова Ю.В., Плотников В.А.** Традиционные технологии обучения и обеспечение качества экономического образования эпохи цифровой трансформации // Управленческое консультирование. 2020. № 3. С. 54–60. DOI: 10.22394/1726-1139-2020-3-54-60
11. **Армстронг М., Бэрн А.** Управление результативностью. Система оценки результатов в действии. М.: Альпина Паблишер. 2014. 248 с.
12. **Васильев Ф.П.** Методы оптимизации. Кн. 2. М.: МЦНМО, 2011. 433 с.
13. **Пантелеев А.В.** Теория оптимизации для инженеров и экономистов. М.: Вузовская книга, 2016. 568 с.
14. **Середа С.Г., Фролов В.М.** Критерий оптимальности для набора целевых компетенций // Молодой ученый. 2016. № 9. С. 291–293.
15. **Бабкин А.В., Хватова Т.Ю.** Развитие научно-исследовательского сектора в национальной инновационной системе России // Известия Санкт-Петербургского университета экономики и финансов. 2009. № 4. С. 41–49.
16. **Щербаков В.В., Силкина Г.Ю.** Моделирование профессиональной образовательной подготовки логиста цифровой экономики // Цифровые технологии в логистике и инфраструктуре. Материалы международной конференции. СПб., 10–11 окт. 2019. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. С. 56–64.
17. **Ильин И.В., Багаева И.В.** требования к компетентностной модели выпускника университета в условиях цифровой экономики // Наука и бизнес: пути развития. 2020. № 4. С. 71–75.
18. **Малюк В.И., Радаев А.Е., Силкина Г.Ю.** Методика обоснования характеристик процесса развития промышленных предприятий с использованием средств оптимизационного моделирования // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2018. № 6. С. 195–211. DOI: 10.18721/JE.11617

19. **Гульцева О.Б., Сулоева С.Б.** Применение метода экспертных оценок для планирования трудоемкости НИОКР // Неделя науки СПбПУ. Материалы научной конференции с международным участием. СПб., 13–19 нояб. 2017. СПб.: СПбПУ, 2017. С. 32–26.

20. **Крошилин А.В., Бабкин А.В., Крошилина С.В.** Особенности построения систем поддержки принятия решений на основе нечеткой логики // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2010. № 2. С. 58–63.

21. **Майданова С.А., Ильин И.В.** Сбалансированная система показателей как основа для моделирования ИТ-архитектуры глобальной компании // Kant. 2020. № 3. С. 66–72. DOI: 10.24-923/2222-243X.2020-36.12

22. **Пищалкина И.Ю., Пищалкин Д.Н.** Риск-контроллинг в системе принятия управленческих решений // Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли. Сборник трудов научно-практической и учебной конференции. СПб, 4–6 июня 2019. Ч. 2. СПб.: СПбПУ, 2019. С. 258–263.

## REFERENCES

1. **N.B. Kharchina**, Concept of formation on Kostroma University basis a competences' development centre (in terms of competences' development centre of IC company). *Ekonomicheskaya nauka – khozyaystvennoy praktike* [Economic Science – Economic Practice]. Proceedings of the XVIII International scientific and practical conference, Kostroma, May 25–26, 2017. Kostroma, Kostromskoy gosudarstvennyy tekhnologicheskyy universitet, 2017, pp. 219–223. (rus)

2. **S.A. Yakovlev, Ye.V. Prokhorova**, Preyemstvennost kak usloviye formirovaniya kompetentsiy v obrazovatelnoy sisteme "Shkola-Kolledzh-Vuz" [Continuity as a condition for the formation of competencies in the educational system "School-College-University"]. *Sovershenstvovaniye sistemy podgotovki i dopolnitelnogo professionalnogo obrazovaniya kadrov dlya agropromyshlennogo kompleksa* [Improving the system of training and additional professional education of personnel for the agro-industrial complex]. Proceedings of the National scientific and practical conference, Ryazan, Dec. 14, 2017. Part 2. Ryazan, RGATU, 2017, pp. 340–343. (rus)

3. **V.Y. Stromov, P.V. Sysoyev, V.V. Zavyalov**, "School of competencies" as a technology for the development of students' additional competencies at classical university. *Higher Education in Russia*, 2018, no. 5, pp. 20–29. (rus)

4. **M.I. Barabanova**, Approaches to the formation of digital economy competencies: The basic model of the competencies. *Arkhitektura universitetskogo obrazovaniya: postroyeniye yedinogo prostranstva znaniy* [The architecture of university education: Building a common space of knowledge]. Proceedings of the IV National scientific and methodological conference with international participation, St. Petersburg, Jan. 30 – Feb. 1, 2020. Part 1. St. Petersburg, SPbGEU, 2020, pp. 18–24. (rus)

5. **M.V. Lopatin, V.K. Potyomkin**, Professional capacity of enterprise workers. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 2013, no. 1 part 2, pp. 65–71. (rus)

6. **A.N. Stroganova**, Theoretical foundations of design basic educational program and curriculum university in the implementation of the federal government educational standards. *Mir nauki, kultury, obrazovaniya*, 2011, no. 2, pp. 128–133. (rus)

7. **O.L. Chuplanova**, Primeneniye kompetentnostnogo podkhoda pri razrabotke sistemy oplaty truda. *Internet-zhurnal* [Application of a competence-based approach in the development of a remuneration system]. *Naukovedenie*, 2014, no. 6. (rus)

8. **A.V. Sokolova**, Struktura osnovnykh kompetentsiy vypusknika sovremennogo vuza. *Analiz GOS VPO spetsialnostey 230500 (SKSIT) i 100200 "Turizm"* [The structure of the main competencies of a graduate of a modern university. Analysis of the State Educational Institution of Higher Professional Education of specialties 230500 (SKSIT) and 100200 "Tourism"]. *Molodoy uchenyy*, 2010, no. 8, pp. 180–184. (rus)

9. **V.P. Galenko, N.A. Lobanova**, (Eds.), *Nepreryvnoe obrazovanie: Novye realnosti*. St. Petersburg, UNECON, 2020. (rus)

10. **Yu.V. Vertakova, V.A. Plotnikov**, Traditional learning technologies and ensuring the quality of economic education in the era of digital transformation. *Administrative consulting*, 2020, no. 3, pp. 54–60. DOI: 10.22394/1726-1139-2020-3-54-60

11. **M. Armstrong, A. Beron**, Upravleniye rezultativnostyu. Sistema otsenki rezultatov v deystvii [Performance management. Performance scoring system in action]. Moscow, Alpina Publisher, 2014. 248 p. (rus)
12. **F.P. Vasilyev**, Metody optimizatsii [Optimization methods]. Vol. 2. Moscow, MTsNMO, 2011. 433 p. (rus)
13. **A.V. Panteleyev**, Teoriya optimizatsii dlya inzhenerov i ekonomistov [Optimization theory for engineers and economists]. Moscow, Vuzovskaya kniga. 2016. 568 p. (rus)
14. **S.G. Sereda, V.M. Frolov**, Kriteriy optimalnosti dlya nabora tselevykh kompetentsiy [Optimality criterion for a set of target competencies]. Molodoy uchenyy, 2016, no. 9, pp. 291–293. (rus)
15. **A.V. Babkin, T.Y. Khvatova**, Development of research and development sector in the national innovation system of Russia. Izvestia SPbGEU, 2009, no. 4, pp. 41–49. (rus)
16. **V.V. Shcherbakov, G.Yu. Silkina**, Modelirovaniye professionalnoy obrazovatelnoy podgotovki logista tsifrovoy ekonomiki [Modeling professional educational training of a logistician of the digital economy]. On digital technologies in logistics and infrastructure. Proceedings of the international conference, St. Petersburg, 10–11 Oct. 2019. St. Petersburg, POLITECH-PRESS, 2019, pp. 56–64. (rus)
17. **I.V. Ilyin, I.V. Bagaeva**, Requirements to the competency model for a university graduate in the digital economy. Science and Business: Ways of Development, 2020, no. 4, pp. 71–75. (rus)
18. **V.I. Malyuk, A.E. Radayev, G.Yu. Silkina**, Procedure for determining the characteristics for development of industrial enterprises using optimization modeling tools. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 2018, no. 6, pp. 195–211. (rus). DOI: 10.18721/JE.11617
19. **O.B. Gultseva, S.B. Suloyeva**, Primeneniye metoda ekspertnykh otsenok dlya planirovaniya trudozemkosti NIOKR [Application of the method of expert assessments for planning the labor intensity of R&D]. Nedelya nauki SPbPU [SPbPU science week], St. Petersburg, Nov. 13–19, 2017. Proceedings of a scientific conference with international participation. St. Petersburg, SPbPU, 2017, pp. 32–26. (rus)
20. **A.V. Kroshilin, A.V. Babkin, S.V. Kroshilina**, The particularities of the building decision support system on base of the fuzzy logic // Computing, Telecommunications and Control, 2010, no. 2, pp. 58–63. (rus)
21. **S.A. Maidanova, I.V. Ilyin**, IT-projects investment evaluation method in an enterprise architecture context. Kant, 2020, no. 3, pp. 66–72. (rus)
22. **I.Yu. Pishchalkina, D.N. Pishchalkin**, Risk-kontrolling v sisteme prinyatiya upravlencheskikh resheniy [Risk controlling in the management decision making system]. Fundamentalnyye i prikladnyye issledovaniya v oblasti upravleniya, ekonomiki i torgovli [Fundamental and applied research in management, economics and trade]. Proceedings of scientific and practical and educational conference, St. Petersburg, June 4–6, 2019. Part 2. St. Petersburg, SPbPU, 258–263 pp. (rus)

*Статья поступила в редакцию 21.12.2020.*

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / THE AUTHORS

**ГЛУХОВ Владимир Викторович**

E-mail: office.vicerektor.me@spbstu.ru

**GLUKHOV Vladimir V.**

E-mail: office.vicerektor.me@spbstu.ru

**КАРТАВЕНКО Ольга Андреевна**

E-mail: kartavenko@compmechlab.ru

**KARTAVENKO Olga A.**

E-mail: kartavenko@compmechlab.ru

DOI: 10.18721/JE.13605  
УДК 658.512

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЯЖЕЛОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Соловейчик К.А.<sup>1</sup>, Лавров А.С.<sup>2</sup>, Никифорова А.М.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Комитет по промышленной политике, инновациям и торговле Санкт-Петербурга, Санкт-Петербург, Российская Федерация;

<sup>2</sup> ОАО «Ленполиграфмаш», Санкт-Петербург, Российская Федерация;

<sup>3</sup> ООО «Каскад технологии», Санкт-Петербург, Российская Федерация

Статья посвящена решению задачи подготовки данных для оперативного планирования операций термообработки на примере предприятий промышленности Санкт-Петербурга. Решение задачи планирования операций термообработки и, соответственно, подготовки данных для этого актуально, поскольку в редких случаях на предприятиях РФ применяется оперативное планирование. Если оно и применяется, то только для составления планового графика выполнения работ, для реализации которого требуется перестройка сложившейся организации производственного процесса. Зачастую планирование осуществляется в ручном режиме с помощью программ Microsoft Project или Microsoft Excel. Представленная в работе математическая модель имеет ряд допущений для уменьшения вычислительной сложности рассматриваемой задачи. Целью исследования является разработка модели и алгоритма оперативного-календарного планирования производственного процесса. Для решения поставленной задачи предложен алгоритм, который позволяет сформировать заказы таким образом, чтобы выполнялись необходимые ограничения и условия для их одновременной обработки. Апробация предложенного алгоритма производилась на данных, приближенных к реальным, в информационной системе 1С:MES «Оперативное управление производством» (далее 1С:MES), что позволило протестировать разработанный алгоритм на корректность и выполнение указанных ограничений. Разработанные математическая модель и алгоритм подготовки данных для планирования внедрены в 1С:MES и используются на одном из предприятий тяжелого машиностроения Санкт-Петербурга. С помощью полученного алгоритма на предприятии удалось повысить эффективность использования имеющегося производственного оборудования, в частности, термических печей. Информация о группах заготовок для выполнения операций по термообработке используется для планирования загрузки другого оборудования в цехах. Модель и алгоритм могут быть применены на других предприятиях, где используются термические печи и есть очередь из заготовок на обработку в печах. Это позволит снизить пролеживание заготовок и повысить эффективность использования складских или цеховых помещений. Направлениями дальнейшего исследования может стать изучение применимости разработанных инструментов для других технологических операций на предприятии и встраивание разработанного алгоритма в общую систему оперативно-календарного планирования производства.

**Ключевые слова:** термообработка, математическая модель, планирование производства, критерии формирования заготовок, свойства материалов

**Ссылка при цитировании:** Соловейчик К.А., Лавров А.С., Никифорова А.М. Математическая модель подготовки данных для оперативного планирования на предприятиях тяжелого машиностроения // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. Т. 13, № 6. С. 55–65. DOI: 10.18721/JE.13605

Это статья открытого доступа, распространяемая по лицензии CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

## MATHEMATICAL MODEL OF DATA PREPARATION FOR OPERATIONAL PLANNING IN HEAVY ENGINEERING ENTERPRISES

K.S. Soloveychik<sup>1</sup>, A.S. Lavrov<sup>2</sup>, A.M. Nikiforova<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Committee for industrial policy, innovation and trade of St. Petersburg,  
St. Petersburg, Russian Federation;

<sup>2</sup> JSC "Lenpoligrafmash",  
St. Petersburg, Russian Federation;

<sup>3</sup> Cascade Technologies LLC,  
St. Petersburg, Russian Federation

This article is devoted to solving the problem of preparing data for the operational planning of heat treatment operations using the example of industrial enterprises in St. Petersburg. Solving the problem of planning heat treatment operations and, accordingly, preparing data for this, is relevant, since in rare cases, operational planning is used at enterprises of the Russian Federation. But even if it is employed, it is only used for drawing up a planned schedule of work, for the implementation of which it is necessary to restructure the existing organization of the production process. Planning is often done “manually” using Microsoft Project or Microsoft Excel. The mathematical model presented in the work has a number of assumptions to reduce the computational complexity of the problem under consideration. The aim of the study is to develop a model and an algorithm for operational scheduling of the production process. To solve the problem, an algorithm is proposed that allows to form orders in such a way that the necessary restrictions and conditions for their simultaneous processing are fulfilled. The proposed algorithm was tested on realistic data in the 1C: MES “Operational production management” information system (hereinafter 1C: MES), which made it possible to test the developed algorithm for the correctness and implementation of the specified restrictions. The developed mathematical model and algorithm for preparing data for planning are implemented in 1C: MES and are used at one of the heavy engineering enterprises in St. Petersburg. With the help of the obtained algorithm, the enterprise managed to increase the efficiency of the existing production equipment, in particular, thermal furnaces. Also, the information on groups of blanks for performing heat treatment operations is used to plan the loading of other equipment in the workshops. The developed model and algorithm can be used at other enterprises with heat-treatment furnaces and queues of blanks for processing in furnaces. This will reduce the storage of blanks and increase the efficiency of the use of warehouse or workshop premises. The directions of further research can be the study of the applicability of the developed tools for other technological operations at the enterprise and the integration of the developed algorithm into the general system of operational scheduling of production.

**Keywords:** heat treatment, math model, production planning, criteria for the formation of load, material properties

**Citation:** K.S. Soloveychik, A.S. Lavrov, A.M. Nikiforova, Mathematical model of data preparation for operational planning in heavy engineering enterprises, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 13 (6) (2020) 55–65. DOI: 10.18721/JE.13605

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

### Введение

В настоящее время наблюдается тенденция повсеместного использования на машиностроительных предприятиях информационных технологий, а также переход к автоматизированным системам управления производством, основанным на данных [1–4]. Продукцией рассматриваемых машиностроительных предприятий являются полуфабрикаты из сталей со специальными свойствами. Основным методом придания металлу необходимых свойств является термическая и химико-термическая обработка. Функционирование производства определяется в том числе решениями, принимаемыми на этапе оперативно-календарного планирования. Наряду с повышением требований к принимаемым решениям, все более жесткими становятся требования



к сокращению сроков их принятия, повышению оперативности и гибкости управления [5–8]. Предприятия выполняют как коммерческие заказы на изготовление продукции, так и государственные оборонные заказы. В обоих случаях важно выполнить заказ в согласованный с заказчиком срок [9].

Одной из главных целей большинства предприятий является получение прибыли и максимально возможное увеличение ее объема. При повышении прибыли важно не ухудшить качество продукции, так как в таком случае можно потерять внушительную часть потребителей, что приведет к снижению прибыли – диаметрально противоположному результату. В данной работе рассматривается термическая обработка металла, а в рамках термической обработки изделий можно снизить себестоимость продукции путем группировки изделий при термообработке. На текущий момент на подавляющем большинстве машиностроительных предприятий наблюдается ручное планирование, основанное на знаниях и опыте сотрудников [10]. Существующий подход замедляет переход к «умным» системам управления, основанных на данных, которые являются более гибкими и надежными системами планирования и управления производством. [11].

Так как в результате работы алгоритма получаются данные, которые можно использовать при планировании производства, для его апробации и внедрения была выбрана система 1С:MES «Оперативное управление производством». В задачи данной системы входит построение оперативного плана производства и управление им.

**Целью исследования** является разработка модели и алгоритма оперативного-календарного планирования производственного процесса.

**Объектом исследования** являются участки термообработки деталей предприятий тяжелого машиностроения, **предметом** – модели и инструментальные средства составления оперативных планов их работы.

Исследование проведено на базе ОАО «Ленполиграфмаш»<sup>1</sup>.

В нашей стране и за рубежом накоплен достаточный арсенал экономико-математических моделей и методов оперативного планирования в повторяющемся производстве, но эта проблемная область остается до сих пор недостаточно изученной [12–16]. Вместе с тем имеется ряд проблем оперативно-производственного планирования с использованием информационных технологий применительно к повторяющемуся производству; эти проблемы требуют своего решения и научного обоснования [17, 18]. В связи с этим актуальным является развитие и разработка инструментов оперативно-производственного планирования, в большей степени отражающего специфику повторяющихся процессов и в полной мере использующего потенциал информационных технологий. Это обусловило выбор темы и направления исследования.

## Методы

Опираясь на аналитические данные машиностроительных предприятий, можно сделать вывод, что предприятия, которые используют садки для выполнения термообрабатываемых операций, формирует эти садки непосредственно перед посадкой деталей в печи, а не на основе данных планового отдела. Чтобы по возможности минимизировать отличия между планируемыми и фактически выполняемыми операциями, предлагается решить следующую задачу: в информационной системе имеются данные о заготовках с их техническими параметрами и технологическими процессами. Необходимо объединить заготовки в группы так, чтобы с они могли в одно время пройти операцию по термической обработке на одном оборудовании. Задача сводится к удовлетворению ограничений. Оперативное планирование осуществляется в информационной системе 1С:MES «Оперативное управление производством».

*Математическая модель подготовки данных для выполнения операций по термообработке.*

В модели приняты следующие обозначения:

<sup>1</sup> Никифорова А.М. Отчет о выполнении научно-исследовательской работы по заказу ОАО «Ленполиграфмаш». СПб, 2020. 90 с.

$z$  — индекс для заготовок;  $p$  — индекс для групп заготовок с одинаковыми параметрами «Технические условия», «Тип детали», «Марка материала»;  $s$  — индекс для групп заготовок внутри групп  $p$  со схожим сечением;  $k$  — индекс для печей.

В модели используются следующие переменные:

$G_k$  — грузоподъемность  $k$ -й печи;  $N_{zp}$  — вес  $z$ -й заготовки из группы  $p$ ;  $C_{zp}$  — сечение  $z$ -й заготовки из группы  $p$ .

Целевая функция (1) определяет принцип формирования садок из заготовок — суммарный вес заготовок в садке до термообработки не должен превышать грузоподъемность печи, в которой они будут обрабатываться.

$$F = G_k - \sum_{z=1}^{z_i} N_{zs} \rightarrow \min. \quad (1)$$

Выражение (2) определяет способ сортировки заготовок в рамках каждой группы  $p$  для подготовки их к формированию в подгруппы  $s$ . Заготовки должны быть отсортированы таким образом, чтобы в рамках каждой группы  $p$  первой в списке была заготовка с наименьшим сечением, а последней — с наибольшим.

$$C_{z1p} \leq C_{z2p} \leq \dots \leq C_{zip}. \quad (2)$$

Ограничение (3) определяет условие формирования заготовок из групп  $p$  в группы  $s$ . Чтобы быть объединенными в одну садку, у заготовок сечение не должно отличаться более чем на 25%. Для удовлетворения этому условию сначала находим 25% от сечения первой заготовки из группы  $p$ , затем сравниваем с полученным значением разницу между сечением текущей заготовки и первой из группы.

$$C_{zip} - C_{z1p} \leq 0,25 * C_{z1p}. \quad (3)$$

Для выполнения ограничения (3) должно выполняться условие (4), т.е. ограничение (3) для рассматриваемой группы заготовок считается выполненным тогда, когда найдена заготовка, сечение которой отличается от первой из группы больше чем на 25% или если рассмотрены все заготовки из группы и превышений не найдено.

$$C_{zip} - C_{z1p} > 0,25 * C_{z1p}. \quad (4)$$

Выражение (5) определяет способ сортировки заготовок в рамках каждой подгруппы  $s$  для подготовки их к формированию в садки. Заготовки должны быть отсортированы таким образом, чтобы в рамках каждой группы  $s$  первой в списке была заготовка с наименьшим веса до термообработки, а последней — с наибольшим.

$$N_{z1s} \leq N_{z2s} \leq \dots \leq N_{zis}. \quad (5)$$

С целью снижения количества вычислений, прежде чем проверять каждую заготовку на вместимость в печь, следует проверить всю сформированную группу  $s$  на вместимость в печь. Для этого суммируются значения по весу до термообработки всех заготовок из группы  $s$ , затем сравнивается со значением грузоподъемности  $k$ -й печи. Выражение (6) описывает эту проверку.

$$\sum_{z=1}^{z_i} N_{zs} \leq G_k. \quad (6)$$

Если (6) выполняется, то все заготовки из группы  $s$  формируют одну садку. Если (6) не выполняется, то необходимо проверить на вместимость в  $k$ -ю печь первую, самую легкую, заготовку из отсортированной группы  $s$  с помощью выражения (7). Происходит проверка: можно ли вместить в рассматриваемую печь самую легкую заготовку из группы. Если нельзя, то остальные заготовки из группы в печь также нельзя разместить. Данный шаг позволит существенно уменьшить количество вычислений при неправильно заведенных в систему исходных данных.

$$N_{z1s} \leq G_k. \quad (7)$$

Если (7) не выполняется, то необходимо исключить все заготовки из группы  $s$  из рассмотрения. При выполнении (7) следует выполнить действия из выражения (8). Если самая легкая заготовка в печь помещается, то необходимо последовательно добавлять в садку легкие заготовки до тех пор, пока не будет найдено максимальное количество заготовок, по суммарному весу проходящих в печь.

$$N_{z1s} + N_{z(i+1)s} \leq G_k. \quad (8)$$

Если (8) выполняется, то необходимо прибавить вес следующей заготовки из группы  $s$  к результату, полученному в выражении (8). Если (8) не выполняется, то следует сформировать садку из группы заготовок, вес которых суммировался в (8), исключая последнюю добавленную заготовку.

### Результаты и обсуждение

Решение поставленных задач осуществлялось с применением принципов системного подхода, теории множеств, методов экономико-математического моделирования, в т. ч. и имитационного моделирования, статистического и логического анализа и эвристических алгоритмов.

Для решения поставленной задачи был разработан алгоритм (см. рис. 1).

В результате образуется перечень документов «Садка» с подходящими заготовками в рамках каждого документа. Возможно появление отдельных деталей, которые не были сформированы ни в одну садку по причине того, что они не помещаются в печь.

Если в результате выполнения алгоритма выявились детали, которые не были сформированы ни в одну группу, то необходимо определить причины и принять решения по изменению условий изготовления.

Для апробации алгоритма в 1С:MES были введены исходные данные. С целью сохранения информации, являющейся коммерческой тайной предприятия, в табл. 1 представлена переработанная информация о номенклатуре, для которой необходимо сформировать садки, и ее характеристиках.

Для выполнения процедур алгоритма в информационную систему была внесена информация о грузоподъемности термических печей – 4 тонны. На основе исходных данных был апробирован разработанный алгоритм. Результаты представлены в табл. 2.

На основе полученных групп можно сделать вывод о том, что разработанный алгоритм при правильном введении в информационную систему исходных данных работает корректно и может формировать садки для выполнения операций по термической обработке.

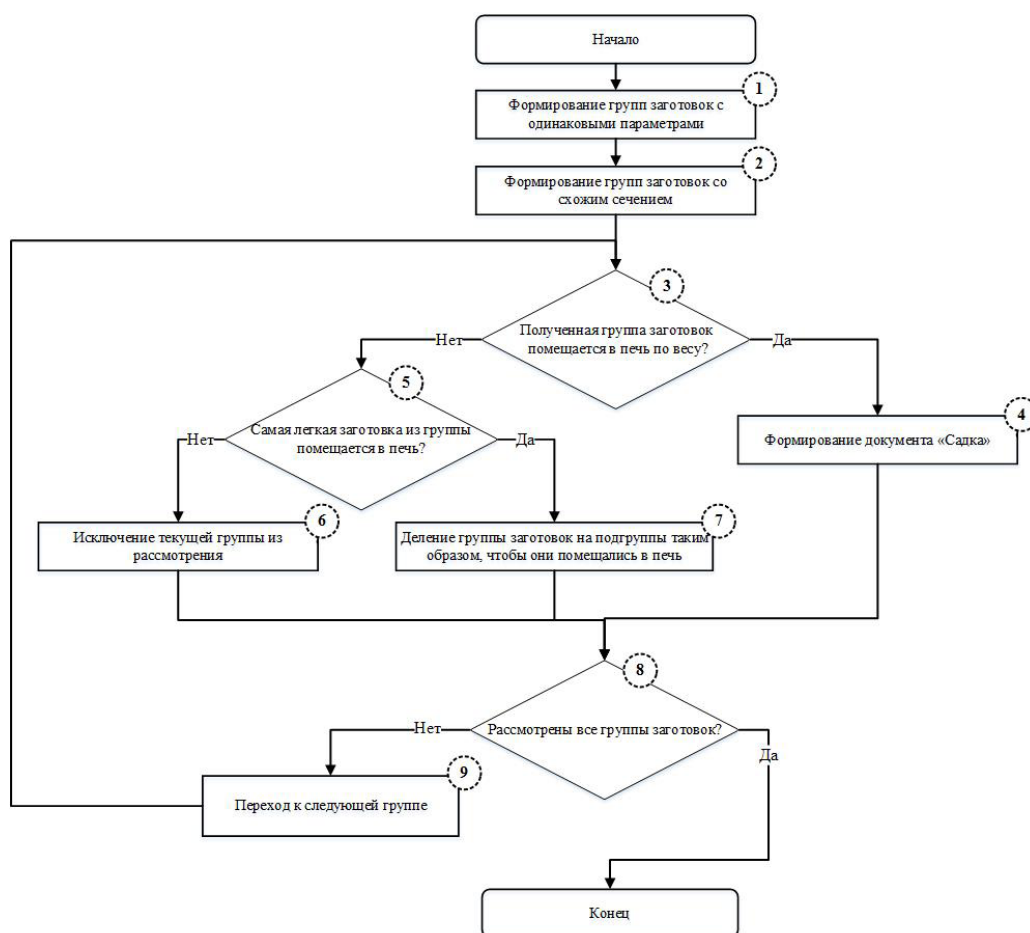


Рис. 1. Схема алгоритма формирования садок для термообработки  
 Fig. 1. Cage formation algorithm for heat treatment

**Таблица 1. Характеристики номенклатуры, формируемой в садки**  
**Table 1. Parameters of products formed in the cages**

№ детали	Тип детали	Технические условия	Марка материала	Сечение, мм	Вес перед посадкой в печь, т
1	Вал гребной	ГОСТ 25054-81	30X13	400	1,52
2	Валок	ГОСТ 25054-81	08X22Н6Т	550	0,75
3	Шайба	ГОСТ 25054-81	08X22Н6Т	300	0,5
4	Обечайка	ГОСТ 25054-81	30X13	1000	1,8
5	Ротор	ГОСТ 25054-81	08X22Н6Т	750	1,1
6	Валок	ГОСТ 25054-81	08X22Н6Т	690	0,9
7	Обечайка	ГОСТ 25054-81	30X13	1100	2,35
8	Шайба	ГОСТ 25054-81	08X22Н6Т	350	0,6
9	Вал гребной	ГОСТ 25054-81	30X13	450	1,7
10	Ротор	ГОСТ 25054-81	08X22Н6Т	950	1,25
11	Шайба	ГОСТ 25054-81	08X22Н6Т	400	0,75
12	Обечайка	ГОСТ 25054-81	30X13	1300	2,2
13	Вал гребной	ГОСТ 25054-81	30X13	430	0,98

Окончание таблицы

14	Ротор	ГОСТ 25054-81	30X13	910	1,35
15	Шайба	ГОСТ 25054-81	08X22H6T	410	0,8
16	Валок	ГОСТ 25054-81	30X13	700	1,3
17	Вал гребной	ГОСТ 25054-81	30X13	510	1,75
18	Валок	ГОСТ 25054-81	30X13	650	1,5
19	Ротор	ГОСТ 25054-81	08X22H6T	80	1,4
20	Обечайка	ГОСТ 25054-81	30X13	1200	1,85

**Таблица 2. Сформированные садки в результате выполнения алгоритма**  
**Table 2. Formed cages**

№ детали	Тип детали	Технические условия	Марка материала	Сечение, мм	Вес перед посадкой в печь, т	Вес садки, т	№ садки
13	Вал гребной	ГОСТ 25054-81	30X13	430	0,98	2,5	1
1	Вал гребной	ГОСТ 25054-81	30X13	400	1,52		
9	Вал гребной	ГОСТ 25054-81	30X13	450	1,7	3,45	2
17	Вал гребной	ГОСТ 25054-81	30X13	510	1,75		
2	Валок	ГОСТ 25054-81	08X22H6T	550	0,75	2,25	3
18	Валок	ГОСТ 25054-81	30X13	650	1,5		
6	Валок	ГОСТ 25054-81	08X22H6T	690	0,9	2,2	4
16	Валок	ГОСТ 25054-81	30X13	700	1,3		
4	Обечайка	ГОСТ 25054-81	30X13	1000	1,8	3,65	5
20	Обечайка	ГОСТ 25054-81	30X13	1200	1,85		
7	Обечайка	ГОСТ 25054-81	30X13	1100	2,35	2,35	6
12	Обечайка	ГОСТ 25054-81	30X13	1300	2,2	2,2	7
5	Ротор	ГОСТ 25054-81	08X22H6T	750	1,1	3,75	8
10	Ротор	ГОСТ 25054-81	08X22H6T	950	1,25		
19	Ротор	ГОСТ 25054-81	08X22H6T	80	1,4		
14	Ротор	ГОСТ 25054-81	30X13	910	1,35	1,35	9
3	Шайба	ГОСТ 25054-81	08X22H6T	300	0,5	1,1	10
8	Шайба	ГОСТ 25054-81	08X22H6T	350	0,6		
11	Шайба	ГОСТ 25054-81	08X22H6T	400	0,75	1,55	11
15	Шайба	ГОСТ 25054-81	08X22H6T	410	0,8		

### Заключение

Поскольку рассматриваемые предприятия изготавливают продукцию из сталей со специальными свойствами, а их получение реализуется с помощью проведения операций по термической обработке заготовок, то следует рассмотреть условия, связанные с проведением таких операций.

Для получения заданных свойств материалов важны следующие параметры:

- печь для проведения термообработки;
- режим термообработки (длительность и скорость нагрева, способ выдержки и охлаждения заготовок);
- материал заготовки и его качество;
- конфигурация и размеры заготовок.

Из перечисленных параметров можно сделать вывод – для проведения термической обработки нельзя объединять любые заготовки из тех, что есть в цехе на данный момент.

Для контроля заготовок, которые можно обрабатывать вместе, на предприятиях машиностроения используется термин «садка».

Формирование групп заготовок для проведения термической обработки позволяет сократить время изготовления продукции, снизить себестоимость продукции, увеличить срок эксплуатации оборудования, уменьшив его износ. Под оборудованием в данном случае понимаются термические печи. Также формирование садок позволяет снизить затраты на общецеховые расходы, в частности, на электричество, требуемое для нагрева печи, поддержания определенной температуры внутри нее. Так как повторно использовать печь после выполнения операции по термообработке можно только после полного ее остывания и последующего нагрева до определенной температуры (на рассматриваемых предприятиях это время исчисляется десятками часов), то экономическая выгода от формирования садок становится более очевидной.

Задача любого предприятия – поставить продукцию в сроки, обозначенные в договоре [14]. Учитывая, что в рыночных реалиях конъюнктура быстро меняется, на предприятии важно иметь достоверный план производства и возможность его оперативной корректировки.

В статье рассмотрена математическая модель и алгоритм процесса формирования групп заготовок для их последующей термической обработки в садках. Разработанный алгоритм внедрен на одном из производственных предприятий Санкт-Петербурга и прошел успешную апробацию.

В дальнейших исследованиях математическую модель планируется дополнить параметрами, которые необходимо учитывать при формировании садок, для более корректного их формирования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Левенцов В.А., Радаев А.Е., Николаевский Н.Н.** Аспекты концепции «Индустрия 4.0» в части проектирования производственных процессов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2017. № 1. С. 19–31. DOI: 10.18721/JE.10102
2. **Babkin A.V., Kuzmina S.N., Opleznina A.V., Kozlov A.V.** Selection of tools of automation of business processes of a manufacturing enterprise. 2019 International Conference Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies (IT&QM&IS), 2019, pp. 226–229. DOI: 10.1109/ITQMIS.2019.8928302
3. **Куприяновский В.П., Добрынин А.П.** и др. Трансформация промышленности в цифровой экономике – экосистема и жизненный цикл // International Journal of Open Information Technologies. 2017. № 1. С. 34–49.
4. **Wang S., Wan J., Li D., Zhang C.** Implementing smart factory of Industrie 4.0: An outlook. International Journal of Distributed Sensor Networks, 2016, no. 12–1, 3159805. DOI: 10.1155/2016/3159805
5. **Шнитин Ю.В., Левенцов В.А.** Экономические аспекты построения календарных графиков производства // Реформирование промышленности: проблемы и решения. Сборник докладов II Межрегиональной научно-практической конференции, Барнаул, 27–28 мая 2004. Барнаул: АлтГТУ, 2004. С. 220–224.
6. **Левенцов В.А., Шнитин Ю.В.** Имитационная модель составления календарных расписаний // Научно-технические ведомости СПбГТУ. 2006. № 4. С. 325–331.
7. **Коваленко К.Ю., Левенцов В.А., Шнитин Ю.В.** Динамика организационно-экономических параметров при составлении календарных расписаний работы технологических участков механического цеха // XXXV Неделя науки СПбГПУ. Материалы Всероссийской межвузовской научной конференции студентов и аспирантов. Ч. VII. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. С. 3–4.
8. **Левенцов В.А., Шнитин Ю.В.** Двухкритериальная модель составления календарных расписаний работы рабочих мест // Экономика и менеджмент современного предприятия: проблемы и перспективы. Труды IX научно-практической конференции. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. С. 203–211.



9. **Луць В.В.** Сроки в гражданских правоотношениях // Известия Высших учебных заведений. Правоведение. 1989. № 1. С. 37–43.
10. **Аркин П.А., Муханова Н.В., Овчар Б.А.** Решение задачи оперативно производственного планирования машиностроительного предприятия с помощью «жадного» и генетического алгоритмов // Организатор производства. 2018. № 26–2. С. 17–29. DOI: 10.25065/1810-4894-2018-26-2-17-29
11. **Ингеманссон А.Р.** Актуальность внедрения концепции «индустрия 4.0» в современное машиностроительное производство // Наукоемкие технологии в машиностроении. 2016. №. 7. С. 45–48.
12. **Мауэргауз Ю.Е.** Динамическое групповое планирование для многостадийного производства // Машиностроитель. 2014. № 4. С. 13–24.
13. **Соловейчик К.А., Аркин П.А.** Методические вопросы стимулирования роста глубины передела промышленной продукции субъектами Российской Федерации // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2015. № 4. С. 25–30.
14. **Аркин П.А., Соловейчик К.А., Аркина К.Г.** Реализация методологии оптимизационных подходов при разработке системы бизнес анализа и прогнозирования для машиностроительного предприятия // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2017. № 6. С. 57–67.
15. **Золотарев А.А., Венцов Н.Н., Агибалов О.И., Деева А.С.** Оптимизация распределительных процессов на основе аналитических методов и эвристических алгоритмов // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2016. № 1. С. 74–82.
16. **Aho A., Hopcroft J., Ullman J.** Data structures and algorithms. Addison-Wesley publishing company, 1983. 448 p.
17. **Аркин П.А., Муханова Н.В., Овчар Б.А.** Решение задачи оперативно-производственного планирования машиностроительного предприятия с помощью «жадного» и генетического алгоритмов // Организатор производства. 2018. № 2. С. 17–29. DOI: 10.25065/1810-4894-2018-26-2-17-29
18. **Левенцов А.Н., Левенцов В.А., Ходырев В.В.** Организационные сопротивления изменениям в условиях цифровой трансформации промышленного предприятия // Промышленная политика в цифровой экономике: проблемы и перспективы. Труды научно-практической конференции с международным участием / Под ред. А.В. Бабкина. СПб: СПбПУ, 2017. С. 420–427.
19. **Сидорин А.Б., Ликучева Л.В., Дворянкин А.М.** Методы автоматизации составления расписания занятий. Часть 2. Эвристические методы оптимизации // Известия ВолгГТУ. 2009. № 12. С. 120–123.

## REFERENCES

1. **V.A. Leventsov, A.E. Radaev, N.N. Nikolaevskiy,** The aspects of the "Industry 4.0" concept within production process design. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 2017, no. 1, pp. 19–31. (rus). DOI: 10.18721/JE.10102
2. **A.V. Babkin, S.N. Kuzmina, A.V. Oplesnina, A.V. Kozlov,** Selection of tools of automation of business processes of a manufacturing enterprise. 2019 International Conference Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies (IT&QM&IS), 2019, pp. 226–229. DOI: 10.1109/ITQMIS.2019.8928302
3. **V. Kupriyanovsky, S. Sinyagov,** et al., Industries transformation in the digital economy – the ecosystem and life cycle. International Journal of Open Information Technologies, 2017, no. 1, pp. 34–49. (rus)
4. **S. Wang, J. Wan, D. Li, C. Zhang,** Implementing smart factory of Industrie 4.0: An outlook. International Journal of Distributed Sensor Networks, 2016, no. 12–1, 3159805. DOI: 10.1155/2016/3159805
5. **Yu.V. Shnitin, V.A. Leventsov,** Ekonomicheskiye aspekty postroyeniya kalendarnykh grafikov proizvodstva [Economic aspects of building production schedules]. Reformirovaniye promyshlennosti: problemy i resheniya [Industrial reform: Problems and solutions]. Proceedings of II Interregional scientific and practical conference. Barnaul, AltGTU, 2004, pp. 220–224. (rus)
6. **V.A. Leventsov, Yu.V. Shnitin,** Imitatsionnaya model sostavleniya kalendarnykh raspisaniy [Simulation model of calendar scheduling]. Nauchno-tehnicheskiye vedomosti SPbGTU, 2006, no. 4, pp. 325–331. (rus)

7. **K.Yu. Kovalenko, V.A. Leventsov, Yu.V. Shnitin**, Dinamika organizatsionno-ekonomicheskikh parametrov pri sostavlenii kalendarnykh raspisaniy raboty tekhnologicheskikh uchastkov mekhanicheskogo tsekha [Dynamics of organizational and economic parameters in the preparation of calendar schedules for the operation of technological sections of a mechanical workshop]. XXXV Nedelya nauki SPbGPU [XXXV Science week of the SPbSPU]. Proceedings of the All-Russian scientific conference of students and postgraduates. Vol. VII. St. Petersburg, Izd-vo Politekhn. un-ta, 2007, pp. 3–4. (rus)
8. **V.A. Leventsov, Yu.V. Shnitin**, Dvukhkriterialnaya model sostavleniya kalendarnykh raspisaniy raboty rabochikh mest [Two-criterion model for compiling calendar schedules of workplaces]. Ekonomika i menedzhment sovremennogo predpriyatiya: problemy i perspektivy [Economy and management of a modern enterprise: problems and prospects]. Proceedings of the IX scientific and practical conference. St. Petersburg, Izd-vo Politekhn. un-ta, 2007, pp. 203–211. (rus)
9. **V.V. Luts**, Sroki v grazhdanskikh pravootnosheniyakh [Terms in civil legal relations]. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pravovedeniye, 1989, no. 1, pp. 37–43. (rus)
10. **P.A. Arkin, N.V. Mukhanova, B.A. Ovchar**, Solving the problem of operational-production planning of a machine-building manufacturing company with the help of greedy and genetic algorithms. Organizer of Production, 2018, no. 26–2, pp. 17–29. (rus). DOI: 10.25065/1810-4894-2018-26-2-17-29
11. **A.R. Ingemansson**, Urgency of "industry 4.0" concept introduction in modern mechanical engineering. Naukoyemkiye tekhnologii v mashinostroyenii, 2016, no. 7, pp. 45–48. (rus)
12. **Yu. Mauergauz**, Dynamic scheduling of multistage process manufacturing for make-to-order production mode. Mashinostroitel, 2014, no. 4, pp. 13–24. (rus)
13. **K.A. Soloveychik, P.A. Arkin**, Methodological issues of stimulating the growth of depth of industrial production process stages in subjects of the Russian Federation. Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta, 2015, no. 4, pp. 25–30. (rus)
14. **P.A. Arkin, K.A. Soloveychik, K.G. Arkina**, Implementation of the methodology of optimization approaches in developing the system of business analysis and forecasting for a machine-building enterprise. Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta, 2017, no. 6, pp. 57–67. (rus)
15. **A.A. Zolotarev, N.N. Ventsov, O.I. Agibalov, A.S. Deeva**, Distribution processes optimization based on analytical methods and heuristic algorithms. Journal of Science and Education of North-West Russia, 2016, no. 1, pp. 74–82. (rus)
16. **A. Aho, J. Hopcroft, J. Ullman**, Data structures and algorithms. Addison-Wesley publishing company, 1983. 448 p.
17. **P.A. Arkin, N.V. Mukhanova, B.A. Ovchar**, Solving the problem of operational-production planning of a machine-building manufacturing company with the help of greedy and genetic algorithms. Organizer of Production, 2018, no. 2, pp. 17–29. (rus). DOI: 10.25065/1810-4894-2018-26-2-17-29
18. **A.N. Leventsov, V.A. Leventsov, V.V. Khodyrev**, Organizatsionnyye soprotivleniya izmeneniyam v usloviyakh tsifrovoy transformatsii promyshlennogo predpriyatiya [Organizational resistance to change in the context of the digital transformation of an industrial enterprise]. Babkin A.V. (Ed.). Promyshlennaya politika v tsifrovoy ekonomike: problemy i perspektivy [Industrial policy in the digital economy: Problems and prospects]. Proceedings of a scientific-practical conference with international participation. St. Petersburg, SPbPU, 2017, pp. 420–427. (rus)
19. **A.B. Sidorin, L.V. Likucheva, A.M. Dvoryankin**, Metody avtomatizatsii sostavleniya raspisaniya zanyatiy. Chast 2. Evristicheskiye metody optimizatsii [Methods for automating the scheduling of classes. Part 2. Heuristic optimization methods]. Izvestiya VolGTU, 2009, no. 12, pp. 120–123. (rus)

*Статья поступила в редакцию 18.11.2020.*

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / THE AUTHORS

**СОЛОВЕЙЧИК Кирилл Александрович**

E-mail: kirill.soloveychik@gmail.com

**SOLOVEYCHIK Kirill A.**

E-mail: kirill.soloveychik@gmail.com

**ЛАВРОВ Андрей Станиславович**

E-mail: aslavrov@list.ru

**LAVROV Andrey S.**

E-mail: aslavrov@list.ru

**НИКИФОРОВА Анастасия Михайловна**

E-mail: anastasia.nikiforova2017@yandex.ru

**NIKIFOROVA Anastasiya M.**

E-mail: anastasia.nikiforova2017@yandex.ru

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2020

DOI: 10.18721/JE.13606  
УДК 330.43 : 338.14

## ОЦЕНКА РИСКОВ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА, ОСНОВАННАЯ НА СИНТЕЗЕ МЕТОДОВ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ И АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

Пупенцова С.В., Поняева И.И.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Происходящая повсеместно крупная реструктуризация бизнеса в современных условиях приводит к тому, что решение многих проблем компаний, вне зависимости от их размеров и сфер деятельности, протекает в условиях полного или частичного отсутствия информации. В таких условиях следует применять комбинированные методы оценки факторов объекта вложения инвестиций, инновационная составляющая которого предрасположена к рискованности. Отсутствие или неполнота информации предполагает нелинейный характер, что подразумевает использование математических инструментов для оценки степени влияния рисков инновационного проекта. В данной работе предложена идея синтеза методов нечетких множеств Л. Заде и метода иерархий Т. Саати, применение которых непосредственно и осуществляется в заданных условиях при заранее неустановленных данных и отсутствии информации и выражается в построении матриц парных суждений на базе экспертных оценок. В результате ранжирования рисков инновационного проекта по модернизации производственного процесса промышленного предприятия было определено и обосновано, что в число наиболее важных рисков, влияющих на ход реализации проекта, относятся производственные, рыночные и финансовые риски. Это означает, что на данные риски в аналогичных условиях первоначально следует обращать внимание при количественной оценке денежных потоков. В ходе исследования также было принято решение определить зависимость и степень влияния внешних и внутренних рисков инновационных проектов на итоговый выбор объекта инвестирования. В качестве примера рассмотрены три альтернативных вложения инвестиций в модернизацию производственного процесса промышленного предприятия. Методы экономико-математического моделирования позволили провести оценки эластичности приоритетов направления инвестиций по изменениям рисков проекта. Научная новизна исследования заключается в развитии качественных методов экспертной оценки рисков инновационно-инвестиционных проектов за счет синтеза методов Т. Саати и Л. Заде с применением анализа чувствительности, что имеет существенное значение для оценки и ранжирования влияния рисков. Описанный в работе синтез методов для оценки рисков инновационного проекта обладает общностью и может найти свое применение в анализе чувствительности рисков проектов как на промышленном предприятии, при проведении его реструктуризации и модернизации, так и в иных инновационных проектах смежных сфер экономики.

**Ключевые слова:** инновационный проект, риск, неопределенность, оценка рисков, оценка чувствительности, нечеткие множества, метод Саати, согласованность матрицы, матрицы парных суждений, эластичность

**Ссылка при цитировании:** Пупенцова С.В., Поняева И.И. Оценка рисков инновационного проекта, основанная на синтезе методов нечетких множеств и анализа иерархий // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. Т. 13, № 6. С. 66–78. DOI: 10.18721/JE.13606

Эта статья открытого доступа, распространяемая по лицензии CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

## RISK ASSESSMENT OF INNOVATIVE PROJECT BASED ON THE SYNTHESIS OF FUZZY SET METHODS AND HIERARCHY ANALYSIS

S.V. Pupentsova, I.I. Ponyaeva

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,  
St. Petersburg, Russian Federation

The large-scale business restructuring that is taking place everywhere in modern conditions leads to the fact that the solution of many problems of companies, regardless of their size and areas of activity, takes place in the conditions of complete or partial lack of information. In such circumstances, combined methods should be used to assess the factors of the investment object, the innovative component of which is predisposed to riskiness. The absence or incompleteness of information implies a non-linear nature, which implies the use of mathematical tools to assess the degree of impact of risks of an innovative project. In this paper, the idea of synthesis of fuzzy set methods and the method of hierarchies by T. Saati is proposed, the application of which is carried out directly under specified conditions with previously unknown data and lack of information and is expressed in the construction of matrices of paired judgments based on expert assessments. As a result of ranking the risks of an innovative project to modernize the production process of an industrial enterprise, it was determined and justified that the most "important" risks that affect the progress of the project include production, market and financial risks. This means that these risks in similar circumstances should be given priority when quantifying cash flows. In the course of the study, it was also decided to determine the dependence and degree of influence of external and internal risks of innovative projects on the final choice of investment object. As an example, three alternative investments in the modernization of the production process of an industrial enterprise were selected for consideration. Methods of economic and mathematical modeling allowed us to assess the elasticity of investment priorities based on changes in project risks. The scientific novelty of the research consists in the development of qualitative methods of expert risk assessment of innovative and investment projects, through the synthesis of the methods of T. Saati and L. Zade using sensitivity analysis, which is essential for assessing and ranking the impact of risks. The synthesis of methods for assessing the risks of an innovative project described in this paper has a commonality and can be used in analyzing the sensitivity of project risks both at an industrial enterprise, during its restructuring and modernization, and in other innovative projects in related areas of the economy.

**Keywords:** innovative project, risk, uncertainty, risk assessment, sensitivity assessment, fuzzy sets, Saati method, matrix consistency, paired judgment matrices, elasticity

**Citation:** S.V. Pupentsova, I.I. Ponyaeva, Risk assessment of innovative project based on the synthesis of fuzzy set methods and hierarchy analysis, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 13 (6) (2020) 66–78. DOI: 10.18721/JE.13606

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

### Введение

Происходящая повсеместно крупная реструктуризация бизнеса в современных условиях приводит к тому, что решение многих проблем компаний, вне зависимости от их размеров и сфер деятельности, протекает в условиях полного или частичного отсутствия информации. Прибегать в таких случаях к выбору объекта инвестирования лишь по финансово-экономическим показателям не является разумным решением, так как оно не подразумевает рассмотрение тех факторов, которые количественно измерить нельзя [14]. Речь идет о многочисленных факторах рисков, которые присущи любому инновационному проекту, содержащему долю неопределенности, под которой мы будем понимать как частичное отсутствие информации об условиях реализации инновационного проекта, так и непредсказуемость результатов его проведения.

При риск-анализе инновационных проектов особое значение придается оценке чувствительности проектов при колебании факторов, особенно если их не измерить количественно, а лишь качественно (например, социальные и политические факторы). Согласно существующим иссле-

дованиям, риски, в том числе инновационного характера, оцениваются через комбинированные методы. Это подразумевает то, что к традиционным количественно оцениваемым критериям проекта (ожидаемый эффект, норма доходности и т.п.) добавляются экспертно-аналитические методы [3–8, 12–17]. В таком случае задача сводится к созданию концептуальной модели иерархии рисков с дальнейшей ее информационной обработкой.

Оценить риски инновационно-инвестиционных проектов можно с помощью разных методов, выбор которых зависит как от временного промежутка и существующей информации, так и от программно-аппаратного комплекса и стадии проекта. К примеру, для проектов, включающих незавершенную стадию исследовательских разработок, лучше подходят методы Дельфи, экспертных оценок, соблюдая нормы поправки на риск [9, 15]. Методы моделирования, сценариев и дерева решений используют, например, в случае направленности проекта на доведение продукции до конкурентного первенства [17, 20]. Согласно классификационным критериям, риски можно продифференцировать и распределить по конкретным группам для установления сценариев возникновения рисков и определения подходов управления ими. В результате становится очевидным, что для более точной оценки необходимо применять как качественную оценку рисков, так и количественную.

Существующие методики анализа рисков инновационно-инвестиционных проектов носят односторонний характер – они фрагментарны и не охватывают все его стороны [3–22]. Так, отсутствует единый метод анализа рисков, который бы содержал в себе полноту и целостный логически-аналитический алгоритм, недостаточно проанализирована методика оценки чувствительности проектов при колебании факторов риска.

**Цель** данного исследования – оценка рисков инновационно-инвестиционного проекта с помощью синтеза методов нечетких множеств и анализа иерархий, что расширяет алгоритм экспертных оценок анализом чувствительности.

В качестве задач исследования выступают:

- идентификация рисков инновационно-инвестиционного проекта и построение когнитивной модели риск-анализа на примере выбора варианта инвестиций промышленного предприятия в модернизацию производственного процесса;
- ранжирование рисков и оценка направлений инвестиций промышленного предприятия в модернизацию производственного процесса с помощью построения многомерного нормированного вектора экспертных оценок;
- анализ чувствительности нормированного вектора к субъективным оценкам экспертов при ранжировании рисков и оценке их влияния на выбор инвестиций.

**Объектом** настоящего исследования являются промышленные предприятия, осуществляющие инновационно-инвестиционную деятельность; **предметом исследования** – система управления рисками промышленного предприятия в процессе инновационно-инвестиционной деятельности.

Методы исследования – метод синтеза, экспертные методы нечетких множеств Л. Заде и анализа иерархий Т. Саати, метод анализа чувствительности в оценке рисков. Экспертный и экономический подходы в данном случае позволят выстроить количественную оценку рисков через когнитивную иерархическую модель.

### **Методика исследования**

Проведя анализ существующих методов оценки риска в условиях неопределенности, для задач данного исследования выбор был остановлен на синтезе метода Т. Саати и нечетких множеств Л. Заде.

Метод анализа иерархий Саати базируется на суждении экспертов, на основании которых строится система попарных оценок критериев. Это выражает суть метода – иерархическое пред-





ставление задачи и выражении весов рассматриваемых альтернатив. При объединении мнений экспертов получается интегральный глобальный показатель – решение поставленной цели. Данный метод можно использовать в генерации с другим методом для решения слабоформализованных задач [5, 12].

Теория нечеткой логики Л. Заде, в основном, применяется в условиях полной и частичной неопределенности информации, так как содержит теорию нечетких множеств, где функция принадлежности элемента принимает значение  $[0;1]$ . Данный подход позволяет создавать экспертные системы и базы знаний, хранящие нечеткую информацию. Главное преимущество подхода в том, что при принятии решений наравне с количественными факторами учитываются и качественные, не обладающие точной числовой оценкой. В результате получается хоть и приближенный, однако эффективный метод описания поведения сложных и слабоформализованных систем. Его отличительная черта – гибкость степени точности решения к предъявляемым требованиям и предоставленной информации [16, 22].

Анализ рисков инновационно-инвестиционного проекта, основанный на синтезе представленных выше методов, начинается с этапа идентификации рисков [10]. Эксперты выбирают виды рисков, разбивая их на внешние и внутренние группы. Рассмотрим пример идентификации рисков инновационного проекта промышленного предприятия по модернизации производственного процесса. К внешним рискам отнесены политические, экологические, рыночные, социальные, инвестиционно-финансовые и институционально-правовые [8]. В группу внутренних рисков промышленного предприятия включены производственные, финансовые и риски управления проектом [18]. Под упомянутыми рисками мы будем понимать следующие явления:

- политический риск – риск возникновения ситуаций прекращения, препятствия и ограничения проектной деятельности действиями властей в результате изменения политической ситуации в стране;
- экологический риск – риск возникновения в ходе реализации проекта ситуаций, приводящих к ухудшению условий окружающей среды, ее загрязнению, созданию условий радиационной обстановки, экологической катастрофы и т.п.;
- рыночный риск – риск возможного колебания процентных ставок по национальной и иностранным валютам [4];
- социальный риск – социальная неподготовленность объекта инвестирования, что может спровоцировать напряженность в обществе, забастовки и т.п., и в результате эффект отторжения этих изменений [11];
- инвестиционно-финансовый риск – риск возможного обесценивания инвестиционного портфеля ценных бумаг (собственных и привлеченных), а также потери [3];
- институционально-правовой риск – риск негативного внешнего воздействия институциональной среды, государственных регулирующих и надзорных органов;
- производственный риск – риск возникновения сбоев в процессе производства (к примеру, в результате неудачного производственного планирования) вплоть до полной его остановки, что влечет повышение уровня брака, увеличение текущих издержек предприятия и т.д. [1];
- финансовый риск – риск от проведения операций с финансовыми активами (обслуживание задолженности по предоставленным средствам в кредит или иным займам), в результате чего снижается финансовая устойчивость предприятия или падает доходность [21];
- риск сферы управления проектом – риск возникновения ошибок на разных стадиях проектной деятельности (от прединвестиционной до ликвидационной) в результате низкого уровня менеджмента предприятия или недостаточно высокого уровня квалификации управленческого персонала, что может послужить причиной сбоев в производстве или сбыте продукции, приобретении, пуске и наладке оборудования и т.п. [19].

Учитывая специфику выбранного инновационно-инвестиционного проекта для промышленного предприятия, из рассмотренных видов риска в анализ не будут включены:

- политические – по умолчанию предполагается, что в стране стабильная политическая ситуация, на положение предприятия в ходе реализации проекта она не окажет влияния;
- экологические – инновационный проект не связан с загрязнением окружающей среды;
- институционально-правовые – инвестиции в инновационные проекты не предполагают разработки новых технологий (оборудования), требующих патентов или лицензий.

### Результаты исследования

Первым этапом анализа является построение иерархии рисков проекта. В основу когнитивной модели риск-анализа [2] будут включены четыре уровня, где на первом уровне располагается фокус-цель, на втором уровне размещены группы рисков, на третьем – шесть видов рисков, а на последнем – альтернативные вложения инвестиций [1] (рис. 1).

На втором этапе анализа определим вес (интенсивность) рисков. Для измерения интенсивности необходимо построить матрицу, где предпочтения элементов строки над элементами столбца является элементом матрицы с интервалами  $[0;1]$ . Базовый шаблон матрицы парных сравнений содержит множество сравниваемых элементов  $C_n$  и веса этих элементов  $V_n$ .

В целях упрощения хода расчетов решено использовать матрицы парных сравнений экспертов. В данной работе учитывались экспертные мнения рабочей группы проекта по модернизации производства предприятия. В группу вошли менеджер проекта, специалисты производственного и финансовых департаментов предприятия и специалист по риск-менеджменту. Для ранжирования рисков рабочая группа использовала девятибалльную шкалу относительной важности, предложенную Т. Саати [12].

Расчет по строке матрицы среднего геометрического значения и нормирование его по сумме позволит получить нормированный вес группы рисков. Так, внутренние риски имеют умеренное превосходство над внешними рисками. Поэтому эксперт поставил вес  $V_{12} = 2$ . Матрица будет обратносимметричной, следовательно, автоматически вес внешних рисков относительно внутренних равен  $V_{21} = 1/2$ . По диагонали матрицы всегда будет стоять 1. Далее риски третьего уровня сравниваются попарно в подгруппах аналогично группе рисков второго уровня (табл. 1).

Для проверки согласованности оценок эксперта рассчитывается собственное число матрицы как произведение суммы по столбцу риска  $\sum_{i=1}^n V_{ij}$  на нормированный вес  $W_j$  по формуле

$$\lambda_{\max} = \sum_{j=1}^n W_j \sum_{i=1}^n V_{ij}. \quad (1)$$

Для матрицы, приведенной в табл. 1 по внутренним рискам, собственное число равно:

$$\lambda_{\max} = 1,7 \times 0,582 + 3,33 \times 0,309 + 9 \times 0,109 = 3,004.$$

На основании собственного числа матрицы рассчитаем индекс согласованности по формуле:

$$IS = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad (2)$$

где  $n$  – ранг матрицы. При делении индекса согласованности на соответствующее число случайной согласованности (для матрицы третьего ранга равное 0,58 [6]) получим отношение согласо-

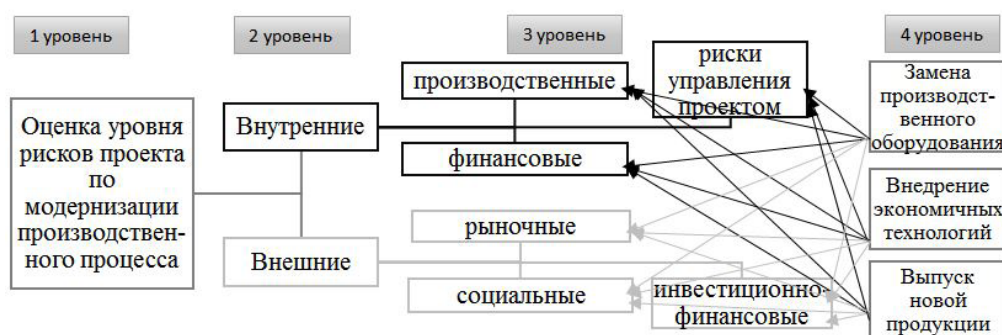


Рис. 1. Иерархия для анализа рисков проекта по модернизации производства промышленного предприятия  
 Fig. 1. Hierarchy for risk analysis of an industrial enterprise production modernization project

**Таблица 1. Ранжирование рисков 2 уровня иерархии**  
**Table 1. Risk ranking 2 levels of the hierarchy**

Варианты	Обозначение варианта	$V_1$	$V_2$	Среднее геометрическое	Нормированные веса критериев, $W_j$	
Внутренние	$V_1$	1	2	1,414	66,7% = 1,41/2,12	
Внешние	$V_2$	1/2	1	0,707	33,3% = 0,71/2,12	
Сумма по столбцам, $\sum_{i=1}^n V_{ij}$		1,50	3,00	2,121	100%	
Классификация по группам рисков						
<i>Внутренние риски</i>		$V_3$	$V_4$	$V_5$		
Производственные	$V_3$	1	2	5	2,154	58,2%
Финансовые	$V_4$	1/2	1	3	1,145	30,9%
Риск сферы управления проектом	$V_5$	1/5	1/3	1	0,405	10,9%
Сумма по столбцам, $\sum_{i=1}^n V_{ij}$		1,7	3,33	9,0	3,705	1,000
<i>Внешние риски</i>		$V_6$	$V_7$	$V_8$		
Рыночные	$V_6$	1	4	6	2,884	70,1%
Инвестиционно-финансовые	$V_7$	1/4	1	2	0,794	19,3%
Социальные	$V_8$	1/6	1/2	1	0,437	10,6%
Сумма по столбцам, $\sum_{i=1}^n V_{ij}$		1,42	5,50	9,00	4,115	1,000

ванности на уровне 0,003. Отношение согласованности должно быть меньше 10%, в противном случае оценки эксперта нуждаются в проверке. В результате расчетов отношение согласованности (ОС) проведенных оценок не превышает нормативных показателей (10%) – это значит, что результаты опроса эксперта могут быть использованы в дальнейших расчетах.

Далее можно определить коэффициенты важности рисков через установление влияния факторов третьего уровня на первый [4]. Для этого полученные собственные вектора третьего уровня выразили в виде матрицы (слева) и перемножили с вектором влияния второго уровня на первый (справа). Необходимо условие всех вычислений – соблюдение процедур нормирования коэффициентов, т.е. приведение их к безразмерным величинам (расчеты представлены в формуле 3).

$$\begin{pmatrix} 0.582 & 0 \\ 0.309 & 0 \\ 0.109 & 0 \\ 0 & 0.701 \\ 0 & 0.193 \\ 0 & 0.106 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0.667 \\ 0.333 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.388 \\ 0.206 \\ 0.073 \\ 0.234 \\ 0.064 \\ 0.035 \end{pmatrix} \quad (3)$$

В результате были получены весовые коэффициенты рисков третьего уровня и построена итоговая диаграмма количественной оценки (весов) рисков проекта по модернизации производственного процесса (рис. 2).

По рис. 2 видно, что к числу весомых значений относятся рыночные (колебание процентных ставок национальных валют), производственные (невыполнение запланированных объемов работ/недостатки планирования) и финансовые риски (осуществлением операций с финансовыми активами).

На третьем этапе анализа производится расчет парных оценок рисков проекта с учетом альтернативных вложений инвестиций, т.е. в анализ включается четвертый уровень иерархии рис. 1. Для определения коэффициентов влияния представленных рисков на выбор инвестиционного проекта были составлены и проанализированы еще шесть парных матриц уровня влияния 3 и 4 с учетом процедуры нормирования. В табл. 2 приведен свод нормированных векторов полученных матриц. Все матрицы выверены по индексу и отношению согласованности.

Итоговый вес направления инвестиций рассчитывается как средневзвешенное значение. В качестве веса выбрано расчетное значение значимости рисков, полученное на втором шаге анализа и представленное на рис. 2. Для упрощения интерпретации результатов анализа построим итоговую диаграмму сравнительного анализа рисков проекта по модернизации производственного процесса (рис. 3).

Далее, на четвертом этапе анализа, проведем анализ чувствительности полученных итоговых нормированных весов направлений инвестиций и рисков проекта к расставленным экспертом

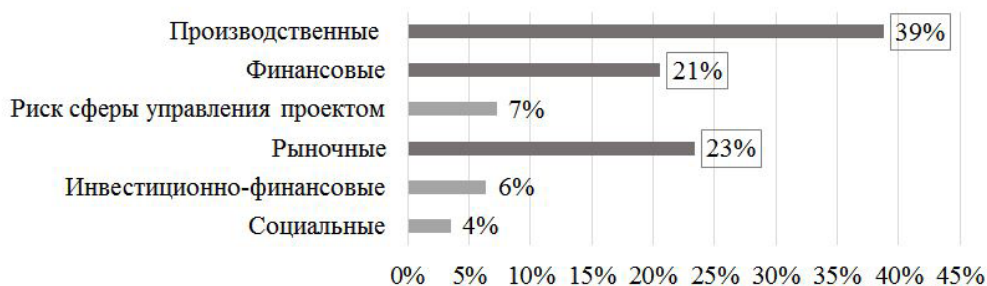


Рис. 2. Расчетные значения значимости рисков инвестиций в модернизацию производственных процессов

Fig. 2. Calculated values of the significance of investment risks in the modernization of production processes



Рис. 3. Результаты оценки вариантов инвестиций от влияния рисков проектов  
 Fig. 3. Results of assessment of investment options from the impact of project risks

**Таблица 2. Свод нормированных весов направлений инвестиций по каждому риску**  
**Table 2. Set of normalized weights of investment directions for each risk**

Риски / Направления инвестиций	Производ- ственные	Финансовые	Риск сферы управления проектом	Рыночные	Инвестиционно- финансовые	Социальные	Итоговый вес
Расчетные значения значимости рисков	<b>39%</b>	<b>21%</b>	<b>7%</b>	<b>23%</b>	<b>6%</b>	<b>4%</b>	<b>100%</b>
Замена производственного оборудования	79,3%	59,5%	8,2%	12,2%	13,1%	6,7%	<b>48%</b>
Внедрение экономичных технологий	13,1%	27,6%	31,5%	23,0%	79,3%	27,2%	<b>25%</b>
Выпуск нового продукта	7,6%	12,8%	60,3%	64,8%	7,6%	66,1%	<b>28%</b>

оценкам. В табл. 3 представлены расчеты, которые наглядным образом отражают чувствительность рисков инвестиционного проекта. Так, если бы эксперт изначально оценил значимость производственного риска в сравнении с рисками сферы управления проектом не на «5», а на «6», то был бы получен результат второго столбца табл. 3. При таком условии наибольшее изменение показал вес производственного риска (до 0,4). Или, к примеру, оценка эксперта оказалась бы не «5», а «4», итоговый вес снизился бы до 0,37 (табл. 3, столбец 3).

В зависимости от изменения веса производственного риска происходит соответствующее изменение и вектора приоритетов вложения инвестиций. По данным табл. 3 можно оценить эластичность приоритетов направления инвестиций [7] по изменению риска (для расчета был выбран вес производственного риска). В формуле (4) представлены расчеты эластичности по трем альтернативным вложениям.

**Таблица 3. Анализ чувствительности полученных итоговых нормированных весов проекта к оценкам**  
**Table 3. Analysis of the sensitivity of the resulting normalized project weights to estimates**

Параметр	Моделирование условий рисков		
	Базовые значения при начальных условиях	Значение вектора при увеличении значения эксперта (с 5 до 6)	Значение вектора при уменьшении значения эксперта (с 5 до 4)
Производственные	0,3877	0,4000	0,3723
Финансовые	0,2066	0,2000	0,2131
Риск сферы управления проектами	0,0730	0,0667	0,0813
Рыночные	0,2337	0,2337	0,2337
Инвестиционно-финансовые	0,0643	0,0643	0,0643
Социальные	0,0354	0,0354	0,0354
<b>Вложения инвестиций</b>			
Замена производственного оборудования	0,4753	0,4810	0,4680
Внедрение экономических технологий	0,2450	0,2430	0,2476
Выпуск нового продукта	0,2796	0,2760	0,2844

$$E_1 = \frac{\frac{0.081 - 0.067}{0.388}}{\frac{0.4810 - 0.4680}{0.4753}} = 1.38;$$

$$E_2 = \frac{\frac{0.081 - 0.067}{0.388}}{\frac{0.2430 - 0.2476}{0.2450}} = -2.02; \tag{4}$$

$$E_3 = \frac{\frac{0.081 - 0.067}{0.388}}{\frac{0.2760 - 0.2844}{0.2796}} = -1.26.$$

Проведенный на четвертом этапе анализ чувствительности позволил сделать вывод, что увеличение значимости производственного риска на 1% вызовет повышение уровня первого приоритета направления инвестиций (замена оборудования) на 1,38%, снижение второго (внедрение экономических технологий) и третьего (выпуск нового продукта) приоритетов на 2,02% и 1,26%, соответственно.

**Выводы**

По своей сущности инновационность позволяет изучать реальность как недетерминированную систему, которой неподвластны традиционные правила управления. Поэтому инновации нельзя свести к направленному предписанию – ее можно только лишь спрогнозировать с учетом тенденций рынка.



В результате проведенного исследования была произведена оценка рисков инновационно-инвестиционного проекта с помощью синтеза методов нечетких множеств и анализа иерархий и получены следующие выводы:

- синтез методов, базирующийся на элементах теории нечетких множеств Л. Заде и методе иерархий Саати, позволяет использовать более функциональную и информативную форму представления мнения экспертов;
- математические средства отражения нечеткости исходной информации повышают точность результатов;
- математический подход к исследованию позволяет создать базу значимости рисков, которая соответствует основам многомерного анализа – в результате переменные были определены количественно и распределены по нормальному закону;
- в число наиболее важных рисков, влияющих на ход реализации проекта по модернизации производственного процесса промышленного предприятия, входят производственные, рыночные и финансовые риски; на данные риски в аналогичных условиях следует обращать первостепенное внимание при количественной оценке денежных потоков;
- анализ чувствительности выбора объектов инвестирования в результате колебания весовых категорий рисков разного вида позволяет проследить тенденцию к снижению или увеличению показателей, интерпретируемых непосредственно в экономических категориях.

Научная новизна исследования заключается в развитии качественных методов экспертной оценки рисков инновационно-инвестиционных проектов за счет синтеза методов Т. Саати и Л. Заде с применением анализа чувствительности, что имеет существенное значение для оценки и ранжирования влияния рисков.

Описанный в работе синтез методов для оценки рисков инновационного проекта обладает общностью и может найти свое применение при анализе чувствительности рисков проектов как на промышленном предприятии, при проведении его реструктуризации и модернизации, так и в иных инновационных проектах смежных сфер экономики. Применение его на практике позволит принимать обоснованные управленческие решения в отношении альтернатив вложения инвестиций в зависимости от текущих внешних условий в стране и внутреннего состояния предприятия.

*Направление дальнейших исследований* видится в нейросетевом моделировании чувствительности рисков инновационного проекта, обновленном на случайности выбора вариантов сочетаний уровней переменных. При больших исходных данных нейросетевое моделирование дает возможность получения нелинейных моделей практически любой сложности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Боев А.Г.** Система стратегического управления преобразованиями промышленного предприятия // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. № 1. С. 101–113. DOI: 10.18721/JE.13109
2. **Голиченко О.Г., Самоволева С.А.** Анализ и картирование рисков инновационной деятельности предприятий // Экономическая наука современной России. 2013. № 2. С. 114–127.
3. **Киреева Н.А., Пупенцова С.В.** Оценка инвестиционной привлекательности объекта недвижимости с использованием квалиметрического моделирования // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2012. № 4. С. 163–167.
4. **Мамий Е.А., Яхимович Е.С.** Современные подходы к оценке рисков инвестиционных проектов // Экономика и бизнес: теория и практика. 2018. № 5. С. 155–160.
5. **Поняева И.И.** Когнитивные системы поддержки принятия решений на основе цифровых технологий продвинутой бизнес-аналитики // Кластеризация цифровой экономики: глобальные

вызовы. Сборник трудов национальной научно-практической конференции с зарубежным участием, 18–20 июня 2020 г. / Под ред. Д.Г. Родионова, А.В. Бабкина. Т. 2. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. С. 332–338. DOI: 10.18720/IEP/2020.5/40

6. **Пупенцова С.В.** Модели и инструменты в экономической оценке инвестиций. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. 187 с.

7. **Суховольская Н.Б.** Оценка результатов анализа чувствительности инвестиционных проектов // Известия СПбГАУ. 2018. № 4. С. 185–189. DOI: 10.24411/2078-1318-2018-14185

8. **Трачук А.В., Линдер Н.В.** Инновации и производительность: эмпирическое исследование факторов, препятствующих росту методом продольного анализа // Управленческие науки. 2017. № 3. С. 43–58. DOI: 10.26794/2304-022X-2017-7-3-43-58

9. **Babordina O.A., Garanina M.P., Garanin P.A., Chirkunova E.K.** Digitalization and project management method in improving efficiency of drilling wells construction. Lecture Notes in Networks and Systems, 2021, no. 139, pp. 348–353. DOI: 10.1007/978-3-030-53277-2\_42

10. **Boris O.A., Parakhina V.N., et al.** Generating models for innovation development strategy of the industrial complex with references to its management, structure and policies. Lecture Notes in Networks and Systems, 2020, no. 73, pp. 615–625. DOI: 10.1007/978-3-030-15160-7\_62

11. **Dalevska N., Khobta V., Kwilinski A., Kravchenko S.** A model for estimating social and economic indicators of sustainable development. Entrepreneurship and Sustainability Issues, 2019, no. 6–4, pp. 1839–1860. DOI: doi.org/10.9770/jesi.2019.6.4(21)

12. **Egorova N., Sorokina Y.** Decision making model for outsourcing by analysis of hierarchies of T. Saaty under fuzzy environment. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2019, no. 874, pp. 280–289. DOI: 10.1007/978-3-030-01818-4\_28

13. **Fan C.-L.** Defect risk assessment using a hybrid machine learning method. Journal of Construction Engineering and Management, 2020, no. 146–9, 04020102, pp. 65–74. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001897

14. **Ivanov I., Lukyanova T., Orlova L.** Digitalization as a driver of innovation for industrial enterprises. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, no. 753–8, 082023, pp. 59–68. DOI: 10.1088/1757-899X/753/8/082023

15. **Jin X., Liu Q., Long H.** Impact of cost–benefit analysis on financial benefit evaluation of investment projects under back propagation neural network. Journal of Computational and Applied Mathematics, 2021, no. 384, 113172. DOI: 10.1016/j.cam.2020.113172

16. **Kuchta D., Zabor A.** Fuzzy uncertainty modelling in cost and cash flow forecasting in project. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2021, no. 1197 AISC, pp. 1206–1215. DOI: 10.1007/978-3-030-51156-2\_141

17. **Lytvynenko V., Naumov O., et al.** Dynamic bayesian networks application for evaluating the investment projects effectiveness. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2021, no. 1246 AISC, pp. 315–330. DOI: 10.1007/978-3-030-54215-3\_20

18. **Myagkova M.V., Shilkina T.E., Makarov V.A., Hairov R.R.** Financing innovative projects: Challenges, risks, and opportunities. Studies in Systems, Decision and Control, 2021, no. 316, pp. 185–195. DOI: 10.1007/978-3-030-57831-2\_20

19. **Pchelintseva I., Gordashnikova O., Goryacheva T., Vasina A.** Methodological toolbox for risk assessment of innovative projects in the context of project management quality. Quality - Access to Success, 2020, no. 21–177, pp. 92–95.

20. **Pupentsova S., Livintsova M.** Qualimetric assessment of investment attractiveness of the real estate property. Real Estate Management and Valuation, 2018, no. 26–2, pp. 5–11. DOI: 10.2478/remav-2018-0011

21. **Samis M., Steen J.** Financial evaluation of mining innovation pilot projects and the value of information. Resources Policy, 2020, no. 69, 101848. DOI: 10.1016/j.resourpol.2020.101848

22. **Samokhvalov Y.** Risk assessment of innovative projects based on fuzzy modeling. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2021, no. 1246 AISC, pp. 265–281. DOI: 10.1007/978-3-030-54215-3\_17

## REFERENCES

1. **A.G. Boev**, Strategic management system of transformation of industrial enterprises. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 2020, no. 1, pp. 101–113. (rus). DOI: 10.18721/JE.13109
2. **O.G. Golichenko, S.A. Samovoleva**, Analiz i kartirovaniye riskov innovatsionnoy deyatel'nosti predpriyatiy [Analysis and risk mapping of innovation activities of enterprises]. Economics of Contemporary Russia, 2013, no. 2, pp. 114–127. (rus)
3. **N.A. Kireeva, S.V. Pupentsova**, Evaluation of investment attractiveness of real estate property using qualimetric modeling. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 2012, no. 4, pp. 163–167. (rus)
4. **Ye.A. Mamiy, Ye.S. Yakhimovich**, Sovremennyye podkhody k otsenke riskov investitsionnykh proyektov [Modern approaches to risk assessment of investment projects]. Ekonomika i biznes: teoriya i praktika, 2018, no. 5, pp. 155–160. (rus)
5. **I.I. Ponyaeva**, Cognitive models of decision support systems based on digital business analytics technologies. Rodionov D.G., Babkin A.V. (Eds). Clustering of the digital economy: Global challenges. Works of the National research-to-practice conference with foreign participation, June 18–20, 2020. St. Petersburg, Politekhn-Press, 2020, pp. 332–338. (rus). DOI: 10.18720/IEP/2020.5/40
6. **S.V. Pupentsova**, Modeli i instrumenty v ekonomicheskoy otsenke investitsiy [Models and tools for economic assessment of investments]. St. Petersburg, Izd-vo Politekhn. un-ta, 2014. 187 p. (rus)
7. **N.B. Sukhovolskaya**, Results assessment of the sensitivity analysis in investment projects. Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University, 2018, no. 4, pp. 185–189. (rus). DOI: 10.24411/2078-1318-2018-14185
8. **A.V. Trachuk, N.V. Linder**, Innovations and productivity: The empiric study of barriers to advancement through longitudinal analysis. Management Science, 2017, no. 3, pp. 43–58. (rus). DOI: 10.26794/2304-022X-2017-7-3-43-58
9. **O.A. Babordina, M.P. Garanina, P.A. Garanin, E.K. Chirkunova**, Digitalization and project management method in improving efficiency of drilling wells construction. Lecture Notes in Networks and Systems, 2021, no. 139, pp. 348–353. DOI: 10.1007/978-3-030-53277-2\_42
10. **O.A. Boris, V.N. Parakhina, et al.**, Generating models for innovation development strategy of the industrial complex with references to its management, structure and policies. Lecture Notes in Networks and Systems, 2020, no. 73, pp. 615–625. DOI: 10.1007/978-3-030-15160-7\_62
11. **N. Dalevska, V. Khobta, A. Kwilinski, S. Kravchenko**, A model for estimating social and economic indicators of sustainable development. Entrepreneurship and Sustainability Issues, 2019, no. 6–4, pp. 1839–1860. DOI: doi.org/10.9770/jesi.2019.6.4(21)
12. **N. Egorova, Y. Sorokina**, Decision making model for outsourcing by analysis of hierarchies of T. Saaty under fuzzy environment. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2019, no. 874, pp. 280–289. DOI: 10.1007/978-3-030-01818-4\_28
13. **C.-L. Fan**, Defect risk assessment using a hybrid machine learning method. Journal of Construction Engineering and Management, 2020, no. 146–9, 04020102, pp. 65–74. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001897
14. **I. Ivanov, T. Lukyanova, L. Orlova**, Digitalization as a driver of innovation for industrial enterprises. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, no. 753–8, 082023, pp. 59–68. DOI: 10.1088/1757-899X/753/8/082023
15. **X. Jin, Q. Liu, H. Long**, Impact of cost–benefit analysis on financial benefit evaluation of investment projects under back propagation neural network. Journal of Computational and Applied Mathematics, 2021, no. 384, 113172. DOI: 10.1016/j.cam.2020.113172
16. **D. Kuchta, A. Zabor**, Fuzzy uncertainty modelling in cost and cash flow forecasting in project. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2021, no. 1197 AISC, pp. 1206–1215. DOI: 10.1007/978-3-030-51156-2\_141
17. **V. Lytvynenko, O. Naumov, et al.**, Dynamic bayesian networks application for evaluating the investment projects effectiveness. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2021, no. 1246 AISC, pp. 315–330. DOI: 10.1007/978-3-030-54215-3\_20
18. **M.V. Myagkova, T.E. Shilkina, V.A. Makarov, R.R. Hairrov**, Financing innovative projects: Challenges, risks, and opportunities. Studies in Systems, Decision and Control, 2021, no. 316, pp. 185–195. DOI: 10.1007/978-3-030-57831-2\_20

19. **I. Pchelintseva, O. Gordashnikova, T. Goryacheva, A. Vasina**, Methodological toolbox for risk assessment of innovative projects in the context of project management quality. *Quality – Access to Success*, 2020, no. 21–177, pp. 92–95.

20. **S. Pupentsova, M. Livintsova**, Qualimetric assessment of investment attractiveness of the real estate property. *Real Estate Management and Valuation*, 2018, no. 26–2, pp. 5–11. DOI: 10.2478/remav-2018-0011

21. **M. Samis, J. Steen**, Financial evaluation of mining innovation pilot projects and the value of information. *Resources Policy*, 2020, no. 69, 101848. DOI: 10.1016/j.resourpol.2020.101848

22. **Y. Samokhvalov**, Risk assessment of innovative projects based on fuzzy modeling. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2021, no. 1246 AISC, pp. 265–281. DOI: 10.1007/978-3-030-54215-3\_17

*Статья поступила в редакцию 27.10.2020.*

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / THE AUTHORS

**ПУПЕНЦОВА Светлана Валентиновна**

E-mail: pupentsova\_sv@spbstu.ru

**PUPENTSOVA Svetlana V.**

E-mail: pupentsova\_sv@spbstu.ru

**ПОНЯЕВА Ирина Игоревна**

E-mail: babochal@mail.ru

**PONYAEVA Irina I.**

E-mail: babochal@mail.ru

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2020

DOI: 10.18721/JE.13607  
УДК 65.012.123

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОСТАВЩИКОВ ПРОДУКЦИИ

**Поцулин А.Д., Сергеева И.Г., Руденко В.Д.**

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет  
информационных технологий, механики и оптики,  
Санкт-Петербург, Российская Федерация

В работе исследована проблема влияния субъективных факторов на выбор поставщика. Для принятия объективного решения по выбору поставщика продукции предлагается использовать модели машинного обучения. За счёт использования моделей машинного обучения оценка поставщиков формируется исходя из анализа результатов их деятельности, благодаря чему минимизируется влияние субъективных факторов на выбор поставщика. В рамках написания статьи проведено исследование на основе набора данных, источниками которых является информация, полученная в ходе анализа годового отчёта отдела закупок мясоперерабатывающего предприятия, а также открытая информация, опубликованная на сайте Россельхознадзора. Сформирована выборка для проведения обучения модели классификации поставщиков на надёжных и ненадёжных. Для решения задачи классификации поставщиков использованы такие методы, как логистическая регрессия и дерево принятия решений. Предложены порядковые шкалы для оценки поставщиков, по таким критериям как наличие и правильность оформления товарно-сопроводительной документации, соответствие маркировки, наличие реакций на отзывы и т. п. Это дало возможность спроектировать структуру базы данных, содержащей информацию о поставщиках. В соответствии с заданной структурой сформирована выборка для проведения обучения модели классификации поставщиков на надёжных и ненадёжных. Для решения задачи классификации поставщиков использованы такие методы, как логистическая регрессия и дерево принятия решений. С использованием метрики AUC выполнен сравнительный анализ выбранных методов. Предложенная методика может найти применение не только для оценки поставщиков пищевой продукции при условии модификации состава критериев. За счёт использования моделей машинного обучения оценка поставщиков формируется, исходя из анализа результатов их деятельности, что позволяет снизить влияние субъективных факторов. Использование полученных результатов упростит процесс выбора поставщиков, будет содействовать развитию конкуренции на товарных рынках Российской Федерации, позволит предприятиям сократить управленческие расходы и сэкономить время на осуществление поиска, оценки и выбора добросовестных поставщиков.

**Ключевые слова:** оценка поставщиков, методы оценки поставщиков, логистическая регрессия, дерево принятия решений, критерии оценки, машинное обучение

**Ссылка при цитировании:** Поцулин А.Д., Сергеева И.Г., Руденко В.Д. Использование методов машинного обучения для оценки поставщиков продукции // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. Т. 13, № 6. С. 79–90. DOI: 10.18721/JE.13607

Это статья открытого доступа, распространяемая по лицензии CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

## MACHINE LEARNING METHODS USING FOR PRODUCT SUPPLIERS EVALUATION

**A.D. Potsulin, I.G. Sergeeva, V.D. Rudenko**

St. Peterburg National Research University of Information Technologies,  
Mechanics and Optics, Saint-Petersburg, Russian Federation



The paper is dedicated to the problem of the subjective factors influence on the choice of supplier. To make an objective decision on choosing a product supplier, machine learning models applying is suggested. Due to the use of machine learning models, the evaluation of suppliers is formed based on the analysis of the results of their activities, which minimizes the influence of subjective factors on the choice of supplier. The paper presents the results of the research based on a set of data, including the information obtained during the analysis of the annual report of the purchasing department of a meat processing enterprise, as well as open information published on the Rosselkhoz nadzor (Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance of Russian Federation) official site. A sample was formed for training the model for classifying suppliers into reliable and unreliable ones. Methods such as logistic regression and decision tree are used to solve the problem of supplier classification. Ordinal scales are proposed for evaluating suppliers, based on such criteria as the availability and correctness of the design of the product accompanying documentation, compliance with labeling, the presence of reactions to reviews, etc. This made it possible to design the structure of a database containing information about suppliers. In accordance with the specified structure, a sample was formed for training the model for classifying suppliers into reliable and unreliable ones. Methods such as logistic regression and decision tree are used to solve the problem of supplier classification. A comparative analysis of the selected methods was performed using the AUC metric. Modifications of the composition criteria will allow to use the proposed method not only for evaluating the suppliers of food products. Due to machine learning models using, the evaluation of suppliers is formed based on the analysis of their performance, which reduces the influence of subjective factors. The obtained results can simplify the process of selecting suppliers, promote competition in the commodity markets of the Russian Federation, allow enterprises to reduce management costs and save time on searching, evaluating and selecting bona fide suppliers.

**Keywords:** supplier evaluation, supplier evaluation methods, logistic regression, decision tree, evaluation criteria, machine learning

**Citation:** A.D. Potsulin, I.G. Sergeeva, V.D. Rudenko, Machine learning methods using for product suppliers evaluation, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 13 (6) (2020) 79–90. DOI: 10.18721/JE.13607

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

## Введение

Управление закупками является одной из составных частей производственной цепи, где поставщик выступает основным звеном, непосредственно влияющим на качество и безопасность готового продукта. При этом процесс выбора поставщиков является критически важным, т. к. оказывает непосредственное влияние на конечное снижение затрат и прибыльность компании. Одной из основных проблем, возникающих при закупке товаров является выбор поставщика. Важность решения данной проблемы обусловлена снижением затрат, сокращением простоев в случае грамотного подхода к выбору поставщика. Поставщик должен быть надежным партнером для организации-потребителя, производить поставки точно в срок, а поставляемая им продукция соответствовать требованиям качества и безопасности при разумном соотношении цены и качества. Решение данной задачи связано с определением допустимых пределов изменения ценовых и качественных оценок товара, обеспечивающих взаимную выгоду обоим участникам обменного процесса [1].

На каждом из российских товарных рынков функционирует большое количество поставщиков, производящих схожую продукцию, следовательно, возникает сложность их выбора и идентификации. При этом методика ранжирования и отбора поставщиков с учетом их профессиональных качеств не регламентирована [2]. Организациям необходимо выстроить процесс коммуникации с поставщиками. Данный процесс включает оценку способности поставщика удовлетворять ожиданиям и требованиям к качеству и безопасности продукции [3]. Согласно требованиям стандартов ГОСТ Р ИСО 9001-2015 и ГОСТ Р ИСО 22000-2019 проведение оценки поставщиков и мониторинга результатов их деятельности является обязательными условиями для внедрения и поддержания систем менеджмента качества и безопасности пищевой продукции в организации.



Объектом настоящего исследования является процедура оценки поставщиков продукции. Предметом исследования выступает анализ возможностей и ограничений использования моделей машинного обучения при проведении оценки поставщиков продукции.

Критерии оценки и отбора поставщиков зависят от того, насколько важен в производственном или торговом процессе тот или иной продукт, материал или изделие [4–9]. На основе анализа формируется перечень конкретных поставщиков, с которыми в дальнейшем заключается соответствующий договор. Окончательный выбор поставщика осуществляется лицом, принимающим решения в отделе закупок, следовательно, на выбор оказывают влияние субъективные факторы.

Распространение технологий больших данных и искусственного интеллекта побудило исследователей рассмотреть их применение в таких аспектах исследования операций, как управление рисками цепочки поставок и выбор поставщиков [10, 11].

Использование методов машинного обучения в управлении закупками стало объектом исследования ряда ученых. В частности, Абдулла А., Барьяннис Д. и Баги И. описали и применили модель машинного обучения для выбора наиболее подходящего поставщика. В упомянутом исследовании набор данных для машинного обучения взят из практики деятельности двух нефтегазовых компаний Ливии: «Sri Oil» и «Lifeco» [11]. Харикришнакумар Р., Дэнд А., Наннапанени С. и Кришнан К. опубликовали алгоритмы контролируемого обучения (классификации), которые применяются для решения задачи оценки поставщиков, где модель обучается на основе предыдущих исторических данных, а затем тестируется на новом наборе [12]. Также Харикришнакумар Р. Наннапанени С. и Кришнан К. в своей работе предлагают использовать алгоритмы контролируемого машинного обучения, позволяющие разделить поставщиков на четыре категории: отличные, хорошие, удовлетворительные и неудовлетворительные. В их исследовании алгоритмы контролируемого обучения (классификации) применяются к задаче оценки поставщика, где модель обучается на основе предыдущих исторических данных, а затем тестируется на новом наборе [13]. В статье Кавальканте Я.М., Фраззона Э.М., Форселлини Ф. и Иванова Д. представлена гибридная методика выбора поставщиков, сочетающая моделирование и машинное обучение, способствующая повышению надежности поставки. Так, авторы рассматривают своевременную поставку как показатель надежности поставщика [14]. В работе [15] Баклушинский В.В. и Пустынникова Е.В. представили результаты составления и тестирования моделей машинного обучения, созданных в целях оценки надежности предприятий как поставщиков.

Перечисленными выше авторами были разработаны модели, позволяющие проводить оценку поставщиков и ранжировать их с учетом их качественных характеристик.

### **Цель и задачи исследования**

Целью исследования является доказательство возможности и целесообразности применения методов машинного обучения в процессе оценки и выбора поставщиков. Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач: проведение анализ существующих методов оценки и выбора поставщиков, обучение и тестирование модели оценки сформированной выборки поставщиков, оценка точности и преимуществ предлагаемой модели.

Научная новизна исследования заключается в обосновании возможностей применения методов машинного обучения (методов логистической регрессии и деревьев решений (деревьев классификации)) для оценки поставщиков продукции.

Практическая значимость работы обусловлена возможностью применения предложенной методики при проведении предприятиями оценки поставщиков продукции.

### **Методы исследования**

Для решения задачи классификации поставщиков были использованы такие алгоритмы машинного обучения, как логистическая регрессия и дерево принятия решений.

Логистическая регрессия определяет, принадлежит ли объект одному из двух классов, на основе значений функции логистической кривой [16]. Значения этой функции определены в промежутке ( $0 \leq x \leq 1$ ) и, округленные до целого числа, отражают принадлежность объекта к одному из двух классов (класс «1» характеризует поставщика как надёжного для дальнейшего сотрудничества, «0» – ненадёжный поставщик).

Дерево решений наглядно показывает, что почти каждый выбор поставщика связан с некоторой неопределенностью, а также с риском, присущим этому решению. Чтобы умело пользоваться деревом решений, специалист по закупкам обязан определить возможные варианты выбора поставщиков, критерии оценивания и варианты успеха или неудачи [17]. По типу прогнозируемой метрики дерева решений подразделяются на два разных типа: деревья классификации и деревья регрессии. Дерево решений с непрерывным прогнозируемым показателем называется деревом регрессии, в то время как деревья классификации, напротив, предсказывают дискретные показатели. Дерево классификации позволяет выстраивать классификатор, состоящий из листьев (классов), которые присваивает модель, и узлов проверки (критериев, по которым классифицируются объекты) [18]. В рамках решения задачи выбора поставщика используется бинарное дерево. Бинарное дерево принятия решений – это дерево принятия решений, из каждого узла которого выходит ровно два ребра [19].

Преимуществом метода дерева принятия решений является простота в реализации и устойчивость к выбросам. Для определения категориальных значений лучше использовать деревья решений, чем метод логистической регрессии. Также дерево принятия решений является более гибким методом, по сравнению с логистической регрессией [20–21].

### Результаты исследования

Исследование проведено на основе набора данных, источниками которых является информация, полученная в ходе анализа годового отчёта отдела закупок мясоперерабатывающего предприятия, а также открытая информация, опубликованная на сайте Россельхознадзора. В качестве критериев выбраны следующие показатели: наличие и правильность оформления товарно-проводительной документации (ТСД), соответствие маркировки, результаты текущего (входного, производственного) контроля, наличие реакций на отзывы, качество продукции, стоимость продукции (руб./кг) и срок доставки. При этом стоимость продукции (руб./кг) и срок доставки представлены в исходном наборе данных как количественные показатели. Для остальных критериев оценки поставщиков введены порядковые шкалы (табл. 1).

Основные этапы исследования [22]:

1. Формирование выборки для обучения моделей. В качестве атрибутов принята информация, полученная в ходе анализа годового отчёта отдела закупок мясоперерабатывающего предприятия а также данные лабораторного контроля, размещённые на сайте Россельхознадзора, цены, представленные в каталогах производителей мясной продукции, отзывы потребителей и ответы на них, проанализированы сайты поставщиков с целью выявления срока доставки продукции.

2. Работа с данными для приведения их к форме, пригодной для использования. Перечисленные выше данные были сведены в таблицу с помощью программного обеспечения Microsoft Office Excel.

3. Подготовка обучающей выборки из полученного на предыдущем этапе набора. В качестве выборки из таблицы извлечены данные по 100 предполагаемым поставщикам. На основании оценок по критериям, каждому поставщику присвоен статус: «1» – надёжный для дальнейшего сотрудничества, «0» – ненадёжный поставщик.

4. Преобразование таблицы Excel в CSV файл и выгрузка данных в Microsoft Azure Learning Studio.

**Таблица 1. Перечень критериев для оценки поставщиков**  
**Table 1. List of supplier evaluation criteria**

Критерии	Показатель	Оценка
Наличие и правильность оформления (ТСД)	ТСД правильно оформлена и предоставляется своевременно, в полном объёме	3
	ТСД правильно оформлена и предоставляется своевременно	2
	ТСД оформлена с нарушениями, либо предоставлена несвоевременно	1
Соответствие маркировки	Маркировка соответствует требованиям нормативной документации (НД)	3
	Маркировка частично не соответствует требованиям НД	2
	Маркировка не соответствует требованиям НД	1
Результаты текущего (входного, производственного) контроля	Продукция соответствует требованиям НД	3
	Наличие единичного несоответствия требованиям НД, отсутствие повторного несоответствия по одному и тому же показателю в течение 12 месяцев	2
	Показатели качества и безопасности поставляемой продукции не стабильные, регулярные повторные несоответствия	1
Реакция на претензию (рекламацию)	Оперативно и эффективно реагирующий на претензии, замечания, предложения	3
	Недостаточно оперативно реагирует на претензии, замечания, предложения	2
	Несвоевременно реагирует и неэффективно обрабатывает претензии, замечания, предложения	1
Качество продукции	Продукция соответствует требованиям НД. Отсутствие нареканий со стороны органов Федеральной исполнительной власти (Роспотребнадзор, Россельхознадзор)	5
	Наличие единичного несоответствия требованиям НД, отсутствие повторного несоответствия. Отсутствие нареканий со стороны органов Федеральной исполнительной власти	4
	Наличие единичного несоответствия требованиям НД. Есть замечания со стороны органов Федеральной исполнительной власти	3
	Наличие несоответствий требованиям НД. Показатели качества и безопасности поставляемой продукции не стабильные. Есть замечания со стороны органов Федеральной исполнительной власти	2
	Показатели качества и безопасности поставляемой продукции нестабильные, регулярные повторные несоответствия. Поставщик занесён в реестр «недобросовестных» поставщиков органами Федеральной исполнительной власти	1

5. Разделение выборки случайным образом с помощью блока Split Data на тренировочную и тестовую части в отношении 80/20. Тестовая выборка используется на этапе оценки точности.

6. Выбор методов машинного обучения и построение моделей.

7. Обучение моделей и оценка их точности.

После обучения модели она позволит с той или иной степенью точности классифицировать организацию-поставщика по данным критериям, в результате поставщик будет признан надёжным или ненадёжным для дальнейшего сотрудничества.

Результаты прогнозирования с помощью каждой из выбранных моделей представлены на рис. 1 и 2. Столбец «Cooperation\_decision» представляет собой фактические значения отклика, «Scored Labels» – предсказанные значения. В столбце Scored Probabilities указаны вероятности отнесения поставщика к положительному классу.

Рассчитанные вероятности отнесения элементов к тому или иному классу методом логистической регрессии по большей части принадлежат диапазону от 20 % до 60 %. Модель машинного обучения принимает решение по отнесению того или иного элемента к классу по рассчитанным вероятностям и этот параметр настраивается. По вероятностям, рассчитанным методом логистической регрессии, граница между классами размыта, т. к. трудно определить значение вероятности, которое разделяет классы. Поэтому данный метод неудобен в использовании, для более точной настройки модели требуется гораздо большая обучающая выборка данных.

Logistic regression > Score Model > Scored dataset

rows 20 columns 11

ite	Control_result_rate	Claim_reaction_rate	Cost_rub/kg	Quality_rate	Delivery_speed_days	Cooperation_decision	Scored Labels	Scored Probabilities
1	2	276	3	11	0	0	0.266985	
3	1	261	2	8	1	0	0.362953	
3	1	352	5	14	1	0	0.380772	
1	2	242	4	13	0	0	0.248531	
2	1	162	4	11	1	0	0.231548	
1	1	282	4	12	0	0	0.205721	
3	3	421	5	13	1	1	0.552209	
2	3	365	1	10	0	0	0.490855	
3	3	446	5	5	0	0	0.411533	
3	3	228	1	7	0	1	0.51079	
1	1	355	4	12	0	0	0.20181	
2	2	366	5	13	1	0	0.397864	
1	3	213	1	5	1	0	0.342641	
3	1	347	4	10	0	0	0.371507	

Рис. 1. Результаты прогнозирования, полученные с помощью метода логистической регрессии

Fig. 1. The results of forecasting via a trained logistic regression method

Decision tree > Score Model > Scored dataset

rows 20 columns 11

ite	Control_result_rate	Claim_reaction_rate	Cost_rub/kg	Quality_rate	Delivery_speed_days	Cooperation_decision	Scored Labels	Scored Probabilities
1	2	276	3	11	0	0	0	0.050498
3	1	261	2	8	1	0	0	0.006376
3	1	352	5	14	1	0	0	0.033158
1	2	242	4	13	0	0	0	0.003397
2	1	162	4	11	1	1	0	0.994783
1	1	282	4	12	0	0	0	0.001215
3	3	421	5	13	1	0	0	0.01773
2	3	365	1	10	0	1	0	0.616464
3	3	446	5	5	0	0	0	0.045969
3	3	228	1	7	0	0	0	0.001438
1	1	355	4	12	0	0	0	0.286616
2	2	366	5	13	1	0	0	0.319351
1	3	213	1	5	1	0	0	0.004925
3	1	347	4	10	0	0	0	0.00258

Рис. 2. Результаты прогнозирования путем использования дерева решений

Fig. 2. The results of forecasting applying decision tree technique

У метода дерева принятия решений вероятности для класса 0 в основном принадлежат диапазону от 0,1 % до 5 %, а для класса 1 от 50 % до 100 %. Данный метод удобнее в применении, для него легче подобрать вероятность, отделяющую классы. Поэтому для обучения и более точной настройки модели будет достаточно меньшей обучающей выборки данных

На рис. 3 представлено одно из построенных деревьев принятия решений, по которому можно оценить глубину дерева. На основе полученного дерева возможно проанализировать логику данной модели и сделать вывод о том, что с помощью модели были выявлены факторы, наиболее влияющие на принятие решения по работе с поставщиком: «Claim\_reaction\_rate», «Delivery\_speed\_days», «Cost\_rub/kg» и «Control\_result\_rate», что соответствует условиям, по которым формировались отклики в обучающей выборке.

Возможность анализа логики отнесения элементов к классам является преимуществом метода дерева принятия решений перед остальными методами, потому что можно быстро перенастроить модель под необходимые условия, по которым предприятие выбирает поставщиков.

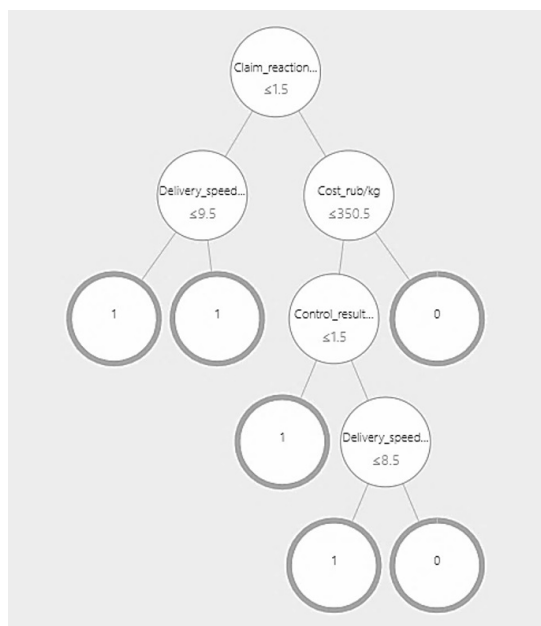
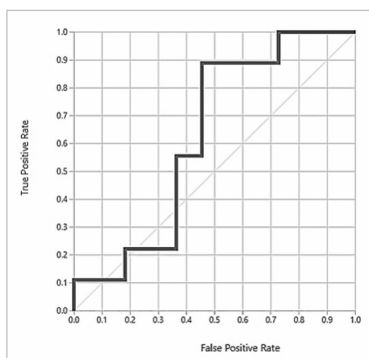


Рис. 3. Дерево принятия решений, построенное соответствующей моделью машинного обучения  
 Fig. 3. Decision tree built by the corresponding machine learning model



Reference	Prediction	
	Positive	Negative
Positive	1	1
Negative	8	10

AUC = 0.626

accuracy	precision
0.550	0.500

recall	F1 Score
0.111	0.182

Positive Label – 1                      Negative Label – 0

Рис. 4. Показатели точности обученной модели логистической регрессии  
 Fig. 4. The accuracy indicators of a trained logistic regression model

На рис. 4 представлены показатели точности метода логистической регрессии: ROC-кривая (кривая ошибок), которая показывает зависимость доли истинно положительных объектов от доли ложноположительных объектов. Для количественной оценки точности метода используется показатель AUC (англ. «area under the curve»), который рассчитывается как площадь под кривой ошибок и показывает производительность метода.

На рис. 5 представлены показатели точности метода дерева принятия решений.

Для метода логистической регрессии AUC составила 0.626, а для метода дерева принятия решений – 0.727. Отсюда следует вывод, что метод дерева принятия решений дает больше верных прогнозов, чем метод логистической регрессии.

Платформа для решения задач машинного обучения, используемая в рамках текущей работы, также рассчитывает классические параметры точности модели: accuracy, recall и precision.

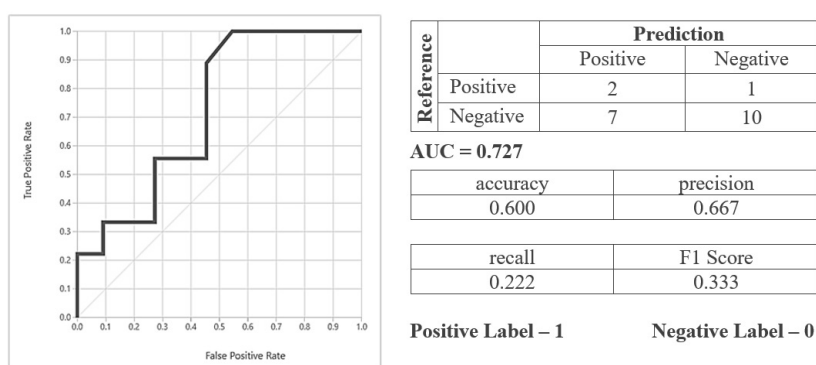


Рис. 5. Показатели точности обученной модели дерева принятия решений

Fig. 5. The accuracy indicators of a trained decision tree model

Метрика Accuracy рассчитывается по формуле 1, отражает долю правильных ответов и является общей оценкой точности для всех классов.

$$accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}, \tag{1}$$

где  $TP$  – верно определенный моделью класс 1,  $TN$  – верно определенный моделью класс 0,  $FP$  – модель ошибочно предсказала класс 1,  $FN$  – модель ошибочно предсказала класс 0.

Precision можно интерпретировать как долю объектов, которые классификатор назвал положительными, при этом являющихся действительно положительными, а recall показывает, какую долю объектов положительного класса из всех объектов нашел алгоритм [11].

Precision и recall рассчитываются по следующим формулам:

$$precision = \frac{TP}{TP + FP}, \tag{2}$$

$$recall = \frac{TP}{TP + FN}. \tag{3}$$

Из метрик *accuracy*, *precision* и *recall* для текущей задачи релевантными является *precision* и *recall*. Метод дерева принятия решений по обоим показателям имеет значения выше, чем метод логистической регрессии.

Также точность каждой метода можно оценить по полученным результатам прогноза, представленным на рис. 4 и 5.

Поскольку для решения текущей задачи приоритет имеет поиск и выбор достойных и надежных поставщиков, то следует сделать вывод, что метод дерева принятия решений дает более точный результат, выявляя большее количество подходящих поставщиков.

### Заключение

В проведенном исследовании рассматриваются возможности применения моделей машинного обучения (методов логистической регрессии и дерева решений) для оценки поставщиков продукции. После определения состава критериев для оценки поставщиков были предложены порядковые шкалы для их оценивания. Это дало возможность спроектировать структуру базы



данных, содержащей информацию о поставщиках. В соответствии с заданной структурой сформирована выборка для обучения модели проведению классификации поставщиков на надёжных и ненадёжных. Для решения задачи классификации поставщиков использованы такие методы, как логистическая регрессия и дерево принятия решений. С целью оценки точности исследуемых методов проведен их сравнительный анализ с использованием метрики AUC. В результате проведенного анализа было доказано, что метод дерева принятия решений позволяет получить более точный результат. Таким образом, за счёт использования моделей машинного обучения оценка поставщиков формируется, исходя из анализа результатов их деятельности, что дает возможность снизить влияние субъективных факторов.

*Направления дальнейших исследований* определяются универсальностью предложенной методики и возможностью ее применения не только для оценки поставщиков в пищевой отрасли, но и в других отраслях экономики при условии модификации состава критериев. Применение моделей машинного обучения для оценки и выбора поставщиков возможно для организаций любого типа. Кроме того, представленность информации о предприятиях в открытом доступе позволяет создавать различные классификаторы, применяемые для оценки поставщиков.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Яковлев А.А., Глухов В.В.** Модель взаимодействия производителей и потребителей через основные характеристики товара: полезность, качество, цена, меновая стоимость // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2018. Т. 11, № 3. С. 194–202. DOI: 10.18721/JE.11317
2. **Сергеева И.Г., Поцулин А.Д.** Совершенствование системы выбора и оценки поставщиков товаров // Modern Economy Success. 2019. № 6. С. 194–198.
3. **Федосеева У.С., Полякова Л.И.** Методология оценки поставщиков в системе менеджмента безопасности пищевой продукции // Техника и технология пищевых производств. 2015. № 2. С. 125–131.
4. **Дегтярёв Н.М., Яковлев Р.** Методические подходы к выбору и оценке поставщиков предприятия // Вестник Волжского университета им. В. Н. Татищева. 2015. С. 100–105.
5. **Еремеева Ю.В.** Управление выбором поставщиков продукции на предприятии автосервиса (на примере ООО «Пермьтранссервис») // Современное состояние, проблемы и перспективы развития отраслевой науки: материалы Всероссийской конференции с международным участием, 23–24 ноября, Москва. 2017. С. 322–326.
6. **Жамсуева Г.С.** Разработка методики работы с поставщиками в системе менеджмента качества электролампового завода // Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность: сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Томск, 25–29 мая 2015 г. : в 2 т. Томск : Изд-во ТПУ. 2015. С. 34–39.
7. **Соловейчик К.А., Левенцов В.А., Фарбер Э.М.** Модель выбора поставщика при техническом перевооружении предприятия // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2018. Т. 11, № 1. С. 199–210. DOI: 10.18721/JE.11118
8. **Сырисько Я.А., Саченок Л.И.** Использование экспертных оценок при выборе поставщика ООО «ЦАРЬ-ХЛЕБ» // Вестник молодёжной науки Калининградского государственного технического университета. 2017. С. 1–5.
9. **Шамыгин А.А., Самарина В.П., Галева Р.В.** Выбор поставщика дисковых керамических вакуум-фильтров на металлургическом предприятии // Молодежь и XXI век: материалы VII Международной молодёжной научной конференции, 21–22 февраля, Курск. 2017. С. 205–208.
10. **Sepehri S.** Supplier Selection and Relationship Management: An Application of Machine Learning Techniques // Faculty of Business Programs. 2020. 91 pp.
11. **Abdulla A., Baryannis G., Badi I.** Weighting the key features affecting supplier selection using machine learning techniques // Proceedings of the 7<sup>th</sup> International conference on Transport and Logistics. 2019. DOI: 10.20944/preprints201912.0154.v1

12. **Harikrishnakumar R., Dand S., Nannapaneni S., Krishnan K.** Supervised Machine Learning Approach for Effective Supplier Classification // 18<sup>th</sup> IEEE International Conference On Machine Learning And Applications (ICMLA). 2020. DOI: 10.1109/ICMLA.2019.00045
13. **Harikrishnakumar R., Nannapaneni S., Krishnan K.** Developing procurement strategy by applying classification algorithms for effective supplier assessment // 17<sup>th</sup> Annual Capitol Graduate Research Summit in Topeka. 2020. URL: <http://hdl.handle.net/10057/17178>.
14. **Cavalcante I.M., Frazzon E.M., Forcellinia F.A., Ivanov D.** A supervised machine learning approach to data-driven simulation of resilient supplier selection in digital manufacturing // International Journal of Information Management. 2019. Vol. 49. Pp. 86–97. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2019.03.004
15. **Баклушинский В.В., Пустынникова Е.В.** Машинное обучение как инструмент корпорации для выбора поставщиков // Вестник университета. Научный журнал на тему: Экономика и бизнес, Науки об образовании, Социологические науки, Психологические науки, Право. 2019. № 9. С. 48–53. DOI 10.26425/1816-4277-2019-9-48-53
16. **Farrelly C.M.** Topology and Geometry in Machine Learning for Logistic Regression // PsyArXiv. 2017. DOI: [psyarxiv.com/v8jgk](https://psyarxiv.com/v8jgk)
17. Выбор поставщика // The Most Valued Procurement. 2013. URL: <http://mv-procurement.com/vibor-postavchika/vy-bor-postavshhika-chast-1> (дата обращения: 20.10.2020).
18. **Nasteski V.** An overview of the supervised machine learning methods. HORIZONS.B. Vol. 4. 2017. Pp. 51–62.
19. **Попова О.Б.** Новые метод усиления интеллекта и способ представления дерева принятия решений, которые приближены к естественному интеллекту // Научные труды КУБГТУ. 2016. №1. С. 38–47.
20. **Cock M.De., Dowsley R., Horst C., Katti R., Anderson C.A.** Nascimento, Wing-Sea Poon, Truex S. Efficient and Private Scoring of Decision Trees, Support Vector Machines and Logistic Regression Models Based on Pre-Computation // IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing. 2019. Vol. 16. I. 2. Pp. 217–230. DOI: 10.1109/TDSC.2017.2679189
21. **Wilson V.H., Arun Prasad N.S., Shankharan A., Kapoor S., Rajan J.A.** Ranking of Supplier Performance Using Machine Learning Algorithm of Random Forest // International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET). 2020 11(5), 2020, pp. 298–308.
22. **Поцулин А.Д., Сергеева И.Г.** Использование моделей машинного обучения при проведении оценки поставщиков // Системный анализ в проектировании и управлении: Сборник научных трудов XXIV Междунар. науч. и учебно-практич. конф. СПб. ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020. В 3 ч. Часть 3. С. 159–165.

## REFERENCES

1. **A.A. Yakovlev, V.V. Glukhov,** Model' vzaimodeystviya proizvoditeley i potrebiteley cherez osnovnyye kharakteristiki tovara: poleznost', kachestvo, tsena, menovaya stoimost' // Nauchno-tekhnicheskiye vedomosti SPbGPU. Ekonomicheskkiye nauki. 2018. T. 11, № 3. S. 194–202. DOI: 10.18721/JE.11317
2. **I.G. Sergeyeva, A.D. Potsulin,** Sovershenstvovaniye sistemy vybora i otsenki postavshchikov tovarov [Improving the system for selecting and evaluating suppliers of goods] // Modern Economy Success. 2019. № 6. S. 194–198.
3. **U.S. Fedoseyeva, L.I. Polyakova,** Metodologiya otsenki postavshchikov v sisteme menedzhmenta bezopasnosti pishchevoy produktsii [Methodology for evaluating suppliers in the food safety management system] // Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. 2015. № 2. С. 125–131.
4. **N.M. Degtyarev, R. Yakovlev,** Metodicheskiye podkhody k vyboru i otsenke postavshchikov predpriyatiya [Methodological approaches to the selection and evaluation of enterprise suppliers] // Vestnik Volzhskogo universiteta im. V. N. Tatishcheva. 2015. S. 100–105.
5. **Yu.V. Yeremeyeva,** Upravleniye vyborom postavshchikov produktsii na predpriyatii avtoservisa (na primere ООО «Permtransservis») [Managing the selection of product suppliers at a car service company (on the example of Permtransservice LLC)] // Sovremennoye sostoyaniye, problemy i perspektivy razvitiya otraslevoy nauki: materialy Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, 23–24 noyabrya, Moskva. 2017. S. 322–326.
6. **G.S. Zhamsuyeva,** Razrabotka metodiki raboty s postavshchikami v sisteme menedzhmenta kachestva elektrolampovogo zavoda [Development of methods for working with suppliers in the quality manage-

ment system of an electric lamp factory] // Nerazrushayushchiy kontrol: elektronnoye priborostroyeniye, tekhnologii, bezopasnost: sbornik trudov V Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh, Tomsk, 25–29 maya 2015 g. : v 2 t. Tomsk : Izd-vo TPU. 2015. S. 34–39.

7. **K.A. Soloveichik, V.A. Leventsov, E.M. Farber**, Model for choosing a supplier for the technical re-equipment of an enterprise // Scientific and technical statements of SPbSPU. Economic sciences. 2018. Vol. 11, No. 1. P. 199–210. DOI: 10.18721 / JE.11118

8. **Ya.A. Syrisko, L.I. Sachenok**, Ispolzovaniye ekspertnykh otsenok pri vybore postavshchika OOO «TsAR-KhLEB» [Use of expert assessments when choosing a supplier for TSAR-KHLEB LLC] // Vesnik molodezhnoy nauki Kaliningradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2017. C. 1–5.

9. **A.A. Shamygin, V.P. Samarina, R.V. Galeva**, Vybore postavshchika diskovykh keramicheskikh vakuum-filtrov na metallurgicheskom predpriyatii [Choosing a supplier of ceramic disk vacuum filters at a metallurgical enterprise] // Molodezh i XXI vek: materialy VII Mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchnoy konferentsii, 21-22 fevralya, Kursk. 2017. S. 205–208.

10. **S. Sepehri**, Supplier Selection and Relationship Management: An Application of Machine Learning Techniques // Faculty of Business Programs. 2020. 91 pp.

11. **A. Abdulla, G. Baryannis, I. Badi**, Weighting the key features affecting supplier selection using machine learning techniques // Proceedings of the 7<sup>th</sup> International conference on Transport and Logistics. 2019. DOI: 10.20944/preprints201912.0154.v1

12. **R. Harikrishnakumar, S. Dand, S. Nannapaneni, K. Krishnan**, Supervised Machine Learning Approach for Effective Supplier Classification // 18<sup>th</sup> IEEE International Conference On Machine Learning And Applications (ICMLA). 2020. DOI: 10.1109/ICMLA.2019.00045

13. **R. Harikrishnakumar, S. Nannapaneni, K. Krishnan**, Developing procurement strategy by applying classification algorithms for effective supplier assessment // 17<sup>th</sup> Annual Capitol Graduate Research Summit in Topeka. 2020. URL: <http://hdl.handle.net/10057/17178>.

14. **I.M. Cavalcante, E.M. Frazzon, F.A. Forcellinia, D. Ivanov**, A supervised machine learning approach to data-driven simulation of resilient supplier selection in digital manufacturing // International Journal of Information Management. 2019. Vol. 49. Pp. 86–97. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2019.03.004

15. **V.V. Baklushinskiy, Ye.V. Pustynnikova**, Mashinnoye obucheniye kak instrument korporatsii dlya vybora postavshchikov [Machine learning as a corporate tool for selecting suppliers] // Vestnik universiteta. Nauchnyy zhurnal na temu: Ekonomika i biznes, Nauki ob obrazovanii, Sotsiologicheskiye nauki, Psikhologicheskiye nauki, Pravo. 2019. № 9. S. 48–53. DOI 10.26425/1816-4277-2019-9-48-53

16. **C.M. Farrelly**, Topology and Geometry in Machine Learning for Logistic Regression // PsyArXiv. 2017. DOI: [psyarxiv.com/v8jgk](https://psyarxiv.com/v8jgk)

17. Vybore postavshchika // The Most Valued Procurement. 2013. URL: <http://mv-procurement.com/vibor-postavshchika/vybor-postavshchika-chast-1> (data obrashcheniya: 20.10.2020).

18. **V. Nasteski**, An overview of the supervised machine learning methods. HORIZONS.B. Vol. 4. 2017. p. 51–62.

19. **O.B. Popova**, Novyye metod usileniya intellekta i sposob predstavleniya dereva prinyatiya resheniy, kotoryye priblizheny k yestestvennomu intellektu [A new method for enhancing intelligence and a way to represent the decision tree that is close to natural intelligence] // Nauchnyye trudy KUBGTU. 2016. № 1. S. 38–47.

20. **M.De. Cock, R. Dowsley, C. Horst, R. Katti, C.A. Anderson**, Nascimento, Wing-Sea Poon, Truex S. Efficient and Private Scoring of Decision Trees, Support Vector Machines and Logistic Regression Models Based on Pre-Computation // IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing. 2019. Vol. 16. I. 2. pp. 217–230. DOI: 10.1109/TDSC.2017.2679189

21. **V.H. Wilson, N.S. Arun Prasad, A. Shankharan, S. Kapoor, J.A. Rajan**, Ranking of Supplier Performance Using Machine Learning Algorithm of Random Forest // International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET). 2020 11(5), 2020, pp. 298–308.

22. **A.D. Potsulin, I.G. Sergeyeva**, Ispolzovaniye modeley mashinnogo obucheniya pri provedenii otsenki postavshchikov [The use of machine learning models in the evaluation of suppliers] // Sistemnyy analiz v proyektirovanii i upravlenii: Sbornik nauchnykh trudov XXIV Mezhdunar. nauch. i uchebno-praktich. konf. SPb. POLITEKh-PRESS. 2020. V 3 ch. Chast 3. S. 159–165.

*Статья поступила в редакцию 31.10.2020.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / THE AUTHORS**

**ПОЦУЛИН Антон Дмитриевич**

E-mail: anton.potsulin@yandex.ru

**POTSULIN Anton D.**

E-mail: anton.potsulin@yandex.ru

**СЕРГЕЕВА Ирина Григорьевна**

E-mail: igsergeeva@itmo.ru

**SERGEEVA Irina G.**

E-mail: igsergeeva@itmo.ru

**РУДЕНКО Вячеслав Дмитриевич**

E-mail: sloveres@yandex.ru

**RUDENKO Vyacheslav D.**

E-mail: sloveres@yandex.ru

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2020

## ИНДИКАТОРЫ КРИМИНАЛИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ

Кудрявцев А.В.<sup>1</sup>, Бабкин А.В.<sup>2,3</sup>, Литвиненко А.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский университет МВД России,  
Санкт-Петербург, Российская Федерация;

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
Санкт-Петербург, Российская Федерация;

<sup>3</sup> Псковский государственный университет,  
Псков, Российская Федерация

В статье рассматривается вопрос изучения и детализации измеряемых количественных величин (индикаторов) криминализации экономических отношений. Одной из основных проблем противодействия криминализации экономики является объективное измерение криминализации. Объектом исследования являются индикаторы измерения криминализации экономики. Целью исследования является обоснование необходимости измерения криминализации экономики и финансово-хозяйственной деятельности коммерческих организаций (далее — ФХД КО) в их совокупности. Полученная цель достигается использованием аналитического, формально-логического методов, а также метода корреляционного анализа. Сделан вывод о том, что мониторинг, основанный на сборе и обработке объективных количественных показателей (индикаторов), должен быть приоритетным направлением механизма экономической безопасности, поскольку без такой оценки невозможно оказание эффективного противодействия криминализации экономики. Проанализирована степень изученности проблематики индикаторного измерения криминализации экономики и ФХД КО. Дана оценка мониторинга как инструмента механизма экономической безопасности. Определено место индикаторного измерения криминализации экономики при его использовании. Получен вывод о необходимости дифференцирования индикатора «уровень криминализации в сфере ФХД КО». Установлено наличие высокой корреляционной зависимости между криминализацией экономики и криминализацией ФХД КО. В качестве перспективы дальнейших исследований отмечено, что изучение феномена криминализации экономики не может сводиться только к анализу статистических данных. Их использование необходимо для проведения криминометрических исследований, целью которых является нахождение связей между криминализацией экономики и ФХД КО с другими экономическими, правовыми и социальными категориями. Полученные результаты могут быть использованы информационно-аналитическими центрами МВД РФ, а также при планировании деятельности органов внутренних дел, связанной с противодействием криминализации экономики.

**Ключевые слова:** экономика, криминализация, финансово-хозяйственная деятельность, противодействие, угроза, индикаторы, корреляционный анализ

**Ссылка при цитировании:** Кудрявцев А.В., Бабкин А.В., Литвиненко А.Н. Индикаторы криминализации экономики в системе мониторинга экономической безопасности России // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. Т. 13, № 6. С. 91–100. DOI: 10.18721/JE.13608

Это статья открытого доступа, распространяемая по лицензии CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

## INDICATORS OF CRIMINALIZATION OF THE ECONOMY IN THE RUSSIAN ECONOMIC SECURITY MONITORING SYSTEM

A.V. Kudryavtcev<sup>1</sup>, A.V. Babkin<sup>2,3</sup>, A.N. Litvinenko<sup>1</sup>



<sup>1</sup> Saint-Petersburg University of the Ministry of the Interior of the Russian Federation, Saint-Petersburg, Russian Federation;

<sup>2</sup> Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russian Federation;

<sup>3</sup> Pskov State University, Pskov, Russian Federation

The article discusses the issue of studying the measured quantitative values (indicators) of criminalization of economic relations in detail. One of the main problems of counteracting the criminalization of the economy lies in its unbiased measurement. This issue is particularly relevant in the modern world, since the need to measure the criminalization of the economy is reflected in the strategic planning documents of the Russian Federation. The purpose of the study is to justify the need to measure the criminalization of the economy and criminalization of financial and economic activities of commercial organizations (hereinafter “FEA CO”) in their entirety. The obtained goal is achieved using analytical, formal-logical methods, as well as the method of correlation analysis. The authors concluded that the monitoring based on mining and processing of objective quantitative values (indicators) should be a priority mechanism of economic security, as the lack of such evaluation makes it impossible to efficiently counteract the criminalization of the economy. The article analyzes the degree of study of the problems of indicator measurement of criminalization of the economy and FEA CO and assesses monitoring as a tool of the economic security mechanism. The authors determined the place of the indicator measurement of criminalization of the economy when using it and concluded there is a need to differentiate the indicator “level of criminalization in the field of FEA CO”. There is a high correlation between the criminalization of the economy and the criminalization of FEA CO. As a prospect for further research, it is noted that the study of the phenomenon of criminalization of the economy can not be reduced only to the analysis of the statistical data. Their use is necessary for conducting criminometric studies, the purpose of which is to find links between the criminalization of the economy and FEA CO with other economic, legal and social categories. The results obtained can find practical application in the activities of information and analytical centers of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, as well as in planning the activities of Internal Affairs bodies related to counteracting the criminalization of the economy.

**Keywords:** economy, criminalization, financial and economic activity, counteraction, threat, indicators, correlation analysis

**Citation:** A.V. Kudryavtcev, A.V. Babkin, A.N. Litvinenko, Indicators of criminalization of the economy in the Russian economic security monitoring system, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 13 (6) (2020) 91–100. DOI: 10.18721/JE.13608

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

## Введение

Экономические отношения, согласно постулатам экономической теории, представляют из себя процесс производства, распределения (перераспределения), обмена и потребления материальных благ. Однако за кажущейся простотой этой формулировки стоит сложный комплекс финансовых, хозяйственных, имущественных, производственных и других связей между субъектами экономической деятельности.

В то же время приходится констатировать тот факт, что, поскольку экономические отношения напрямую связаны с движением материальных благ, то подверженность их явлению криминализации является проблемой, требующей скорейшего разрешения. Для решения обозначенной проблемы необходимо задействовать определенные ресурсы. Логическим продолжением будет звучать вопрос, какие ресурсы и в каком количестве необходимо задействовать. Ответ кроется в объективном измерении уровня криминализации экономики и принятия управленческих решений на его основе.

Мы считаем, что в основе противодействия криминализации экономики и ее составляющих лежит мониторинг, составной частью которого является измерение криминализации с помощью



индикаторов. При производстве объективного измерения вопрос о выделении необходимых сил и средств для оказания противодействия будет решаться с точки зрения получения максимально эффективных результатов при минимуме затраченных усилий.

Необходимость измерения уровня криминализации экономики находит свое отражение в документах стратегического планирования:

- в «Стратегии национальной безопасности Российской Федерации», утвержденной Указом Президента Российской Федерации № 683 от 31 декабря 2015 г., в которой к числу угроз национальной безопасности в сфере экономики отнесена угроза криминализации хозяйственно-финансовых отношений;

- в «Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года», утвержденной Указом Президента Российской Федерации № 208 от 13 мая 2017 г., где к одной из угроз экономической безопасности отнесена угроза «высокого уровня криминализации и коррупции в экономической сфере». Кроме того, в рамках проводимого исследования необходимо отметить еще одну важную составляющую данного стратегического документа, а именно наличие в перечне индикаторов экономической безопасности индикатора «уровень преступности в сфере экономики».

Помимо признания необходимости измерения уровня криминализации экономики в стратегических документах, данная точка зрения поддерживается и ученым сообществом.

Так, ряд ученых утверждает, что объективное измерение криминализации экономики в количественных показателях, их последующая оценка с целью выявления наиболее подверженных криминализации очагов и секторов экономики являются необходимым условием для обеспечения экономической безопасности [1–3].

Таким образом, анализ документов стратегического планирования и научных трудов по выдвинутой проблематике подтверждает ее актуальность и необходимость формализации показателей, лежащих в основе индикатора «уровень преступности в сфере экономики».

*Объектом исследования* являются индикаторы измерения криминализации экономики.

*Целью исследования* является обоснование необходимости формализации индикаторов измерения уровня преступности в сфере экономики.

### **Методы исследования**

Для достижения поставленной цели были использованы аналитический и формально-логический методы, а также метод корреляционного анализа.

### **Степень изученности и проработанности проблематики индикаторного измерения криминализации экономики и ФХД КО**

Стоит констатировать тот факт, что проблема измерения криминализации экономики и ФХД КО в отечественной науке разработана слабо. В основном, исследования касались определения и формирования индикаторных показателей экономической безопасности, финансовой безопасности, национальной безопасности. Проблема криминализации экономики отнесена к разряду угроз без конкретного раскрытия проблематики, а вопрос измерения криминализации ФХД КО вообще не рассматривался.

Научным разработкам общетеоретических аспектов криминализации экономики посвящены труды Л.И. Абалкина, С.Ю. Глазьева, А.Г. Горшенкова, В.М. Егоршиной и др. [4–7].

Стоит отметить, что ряд авторов, в том числе В.В. Колесников, Ю.В. Латов, А.Н. Литвиненко [8–10], рассматривают криминализацию в экономической сфере как одну из угроз экономической безопасности с точки зрения ее взаимосвязи с другими индикаторными показателями, оказывающими влияние на криминализацию национальной экономики.

Из зарубежных авторов отметим труды американских экономистов Г. Барака, Г. Беккера, Т. Вайсмана, М. и Р. Фридменов, М. Олсона, Дж.Т. Уэлса [11–16], рассматривающих криминализацию экономики как противоправную деятельность, нарушающую правила конкуренции и права потребителей, наемных работников, акционеров и государства [17].

Как в зарубежной, так и в отечественной научной литературе отмечено, что информационно-аналитическое обеспечение системы мониторинга экономической преступности в целях обеспечения экономической безопасности является относительно новым направлением научных исследований [18–19].

### **Мониторинг как инструмент механизма экономической безопасности**

Механизм обеспечения экономической безопасности мы воспринимаем как общность целей, задач, функций, способов, методов, субъектов и объектов, призванных обеспечить надлежащий уровень национальной экономической безопасности.

«Стратегия экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года» направляет деятельность механизма обеспечения экономической безопасности в соответствии с векторами государственной политики в данном направлении.

В.К. Сенчагов рассматривает механизм обеспечения экономической безопасности как вертикальную взаимосвязь нескольких составляющих, одной из которых является мониторинг [20]. В рассматриваемом контексте мы определяем мониторинг как непрерывное наблюдение за состоянием экономической безопасности путем сопоставления числовых значений индикаторов с их пороговыми значениями.

Мониторинг, связанный со сбором и обработкой объективных количественных показателей (индикаторов) представляет собой приоритетное направление механизма экономической безопасности, поскольку без их оценки невозможно оказание эффективного противодействия криминализации экономики.

Мониторинг индикаторных показателей в данном случае мы предлагаем разграничить на следующие стадии:

- определение необходимой первичной числовой информации;
- определение критериев отбора информации и ее пороговых значений;
- сбор числовой информации, представляющей интерес для дальнейшего наблюдения;
- проверка точности поступившей числовой информации и ее качества;
- анализ имеющейся информации, ее группировка по общим признакам;
- сопоставление полученной числовой информации с установленными пороговыми значениями;
- формирование выводов.

Каждый из этапов мониторинга для достижения поставленной цели дифференцируется на ряд взаимосвязанных частных операций.

Таким образом, мониторинг является фундаментальной частью механизма обеспечения экономической безопасности.

В рамках рассмотрения индикаторов уровня криминализации экономических отношений в системе мониторинга экономической безопасности России определить измеряемые величины — показатели, которые необходимо отслеживать с помощью мониторинга, — представляется особенно актуальной проблематикой.

С учетом того, что индикатор «уровень преступности в сфере экономики» является достаточно широким, включающим в себя несколько показателей, мы предлагаем его дифференцировать. Одним из ключевых составляющих индикатора «уровень преступности в сфере экономики» является показатель «уровень преступности в сфере ФХД КО».

Данная точка зрения обосновывается имеющимися статистическими данными Федеральной налоговой службы Российской Федерации, согласно которым количество коммерческих органи-

заций в России по состоянию на 31 декабря 2019 г. составляло около 7 млн, в то время как количество некоммерческих организаций — около 600 тыс.<sup>1</sup> Кроме того, акцентирование внимания на криминализации ФХД КО мы связываем и с их вкладом в положительную динамику российской экономики, а именно их активное участие в экономической жизни страны — предоставлении рабочих мест, налоговых платежах, инвестиций в экономику и т.д. Здесь стоит отметить, что, говоря о коммерческих организациях, под данной организационно-правовой формой мы подразумеваем также и индивидуальных предпринимателей, поскольку основной целью деятельности и коммерческой организации, и индивидуального предпринимателя является получение прибыли. Очевидно, что принципы осуществления предпринимательской деятельности как коммерческими организациями, так и индивидуальными предпринимателями, схожи.

Еще одним доказательством необходимости отнесения к рассматриваемой категории «коммерческая организация» индивидуальных предпринимателей служит тот факт, что деятельность и коммерческих организаций, и индивидуальных предпринимателей регулируется в России Гражданским Кодексом РФ, Федеральным Законом № 129-ФЗ от 08.08.2001 «О государственной регистрации юридических лиц и индивидуальных предпринимателей», Федеральным законом № 209-ФЗ от 24.07.2007 «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации», Законом РФ №2300-1 от 07.02.1992 «О защите прав потребителей» и т.д., то есть они существуют в рамках единого правового поля.

На основе данных Федеральной налоговой службы России нами сформирована таблица соотношения количества коммерческих организаций, индивидуальных предпринимателей, и объема полученной ими прибыли.

Попытка оценки уровня криминализации дифференцированно коммерческих организаций и индивидуальных предпринимателей приведет к определенным трудностям, которые в имеющихся условиях будет очень непросто решить. Речь идет, прежде всего, о сложности фиксации и последующего разделения среди всего объема экономических преступлений тех из них, которые совершены в каждой организационно-правовой форме экономического субъекта.

Таким образом, очевидно, что коммерческие организации составляют ядро отечественной экономики, и неконтролируемое поражение данного сектора криминализацией может крайне негативно отразиться на политической и социально-экономической стабильности общества.

Сопоставление между собой двух показателей — уровня преступности (криминализации) в сфере экономики и уровня преступности (криминализации) в сфере ФХД КО позволит сделать определенные выводы в области мониторинга уровня экономической безопасности.

Под криминализацией в сфере экономики мы будем понимать количественный показатель уровня преступности в сфере экономики.

Под криминализацией ФХД КО мы будем понимать количественный показатель общественно-опасного социально-экономического дезорганизационного процесса, осуществляемого руководящим составом коммерческой организации, либо индивидуальным предпринимателем, осуществляющим деятельность по принципу коммерческой организации, либо руководителем организации, имеющей признаки коммерческой организации, но не зарегистрированной в установленном законом порядке. Этот процесс заключается в осуществлении имеющей признаки преступления деятельности, оказывающей деформирующее воздействие на экономическую безопасность на определенной территории и в определенный промежуток времени, с использованием находящихся в распоряжении вышеперечисленных лиц финансовых ресурсов [21].

Сопоставление двух индикаторов — криминализации экономики и криминализации ФХД КО, — позволит улучшить систему мониторинга обеспечения экономической безопасности России.

<sup>1</sup> Статистика по регистрации // Официальный сайт Федеральной налоговой службы РФ. URL: [https://www.nalog.ru/rn77/related\\_activities/statistics\\_and\\_analytics/regstats/](https://www.nalog.ru/rn77/related_activities/statistics_and_analytics/regstats/) (дата обращения: 12.09.2020)

**Таблица 1. Соотношение количества коммерческих организаций, индивидуальных предпринимателей и объема полученной ими прибыли**  
**Table 1. The ratio of the number of commercial organizations, individual entrepreneurs and the amount of profit they receive**

Год	Общее количество действующих коммерческих организаций	Объем прибыли, млн руб.	Общее количество действующих индивидуальных предпринимателей	Объем прибыли, млн руб.
2017	3 729 191	133 989 371	3 696 127	14 102 477
2018	3 520 111	154 625 428	3 325 807	15 003 800
2019	3 458 812	157 584 000	3 904 641	16 725 450

**Расчет корреляционной зависимости**

Количественные данные за 2003–2019 гг., характеризующие криминализацию экономики и криминализацию ФХД КО, сформированы в таблицу на основании статистических данных ГИАЦ МВД РФ за 2003–2019 гг.<sup>2</sup>

**Таблица 2. Соотношение показателей преступлений экономической направленности и преступлений в сфере ФХД**  
**Table 2. The ratio of indicators of economic crimes and crimes in the field of FHD**

Год	Регистрируемый показатель	
	Количество преступлений экономической направленности	Количество преступлений в сфере ФХД
2003	376 791	97 075
2004	402 359	115 160
2005	437 719	129 936
2006	489 554	137 945
2007	459 198	149 387
2008	448 832	144 248
2009	428 792	153 858
2010	276 435	100 410
2011	202 454	82 338
2012	172 975	77 124
2013	141 229	57 101
2014	107 797	37 968
2015	112 445	41 621
2016	108 754	41 570
2017	105 087	40 334
2018	109 463	42 006
2019	104 927	36 368

На основе имеющихся данных нами был рассчитан парный коэффициент корреляции, который составил  $w = 0,97$ , что показывает очень высокую силу связи между криминализацией экономики и криминализацией ФХД КО.

<sup>2</sup> Статистика Министерства внутренних дел РФ. URL: <https://мвд.рф/Deljatelnost/statistics> (дата обращения: 12.09.2020)

Рассчитанный коэффициент эластичности показывает, что при увеличении числа преступлений в сфере экономики на 1% количество преступлений в сфере ФХД КО возрастет на 0,84 %.

### **Заключение**

Таким образом, в ходе проведенного исследования нами получены следующие выводы.

1. При учете индикаторного показателя «уровень преступности в сфере экономики» целесообразно дифференцирование еще одного индикатора — «уровень преступности в сфере ФХД КО», поскольку коммерческие организации являются ядром экономики и поражение их криминализацией способно привести к непоправимым последствиям.

2. Для выявления наиболее зараженных секторов экономики необходимо осуществление постоянного мониторинга состояния уровня криминализации как в экономической сфере, так и в сфере криминализации ФХД КО. В ходе мониторинга экономической безопасности необходимо проведение анализа между количественными показателями криминализации экономики и криминализации ФХД КО.

3. Полученный результат  $w = 0,97$  подтверждают наличие высокой корреляционной зависимости между криминализацией экономики и криминализацией ФХД КО. Кроме того, рассчитанный коэффициент эластичности показал, что при увеличении числа преступлений в сфере экономики на 1% количество преступлений в сфере ФХД КО возрастет на 0,84%.

Перспективы дальнейших исследований. Изучение феномена криминализации экономики не может сводиться только к анализу статистических данных. Необходимо проведение криминометрических исследований, нахождение связей между криминализацией экономики и ФХД КО с другими экономическими, правовыми и социальными категориями. В данном случае мы считаем, что в первую очередь необходимо отработать систему измерения криминализации экономики и ФХД КО для проведения объективных прикладных исследований в области криминометрики.

Применение результатов криминометрических исследований должно являться стратегической перспективой, с включением данного метода в работу правоохранительных органов.

Однако в качестве текущей перспективы хочется отметить необходимость наращивания количества и качества научных криминометрических исследований на основе объективного сбора и обработки статистических данных о состоянии криминализации экономики и криминализации ФХД КО.

Сбор и анализ полученных данных позволит формировать базы данных по критерию «наиболее/наименее зараженный сектор экономики», что позволит сосредоточить усилия правоохранительных органов на ликвидации «очагов заражения», а также оказывать противодействие по наиболее «зараженным» направлениям.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Алифанова Е.Н., Евлахова Ю.С. Развитие системы индикаторов национальной финансовой безопасности // Финансы и кредит. 2017. № 23-29. С. 1723–1736. DOI: 10.24891/фс.23.29.1723
2. Богомолов В.А. Масштабы теневой экономики и экономическая безопасность РФ. М.: РО-АТ, 2010. 322 с.
3. Алтунян А.Г. Оценка показателей-индикаторов финансовой безопасности России // Финансовый бизнес. 2011. № 1. С. 9–16.
4. Абалкин Л.И. Экономическая безопасность России: угрозы и их отражение // Вопросы экономики. 1994. № 12. С. 4–16.
5. Глазьев С.Ю. Основы обеспечения экономической безопасности страны – альтернативный реформационный курс // Российский экономический журнал. 1997. № 1.
6. Горшенков А.Г. Экономическая безопасность и криминологический мониторинг // Вестник Нижегородской академии МВД России. 2008. № 1. С. 151–157.



7. **Егоршин В.М., Колесников В.В.** Преступность в сфере экономической деятельности. СПб.: Фонд «Университет», 2000. 273 с.
8. **Колесников В.В.** Криминальная экономика в системе экономической криминологии: понятие и структура // Криминология вчера, сегодня, завтра. 2016. № 2(41). С. 16–29.
9. **Латов Ю.В.** Экономические детерминанты преступности в зарубежных странах (обзор криминометрических исследований) // Journal of Institutional Studies. 2011. № 3–1. С. 133–149.
10. **Литвиненко А.Н., Алпатов Г.Е.** Криминализация финансовых отношений как угроза возможностям финансового обеспечения стабильного экономического роста // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Экономика и экологический менеджмент. 2016. № 3. С. 30–35.
11. **Barak G.** Crime and crime control in age of globalization: A theoretical dissection. Critical Criminology, 2001, no. 10–1, pp. 57–72.
12. **Беккер Г.** Преступление и наказание: экономический подход // Истоки. 2000. № 4. С. 28–90.
13. **Wiseman T.** U.S. shadow economies: A state-level study. Constitutional Political Economy, 2013, no. 24–4, pp. 310–335.
14. **Фридмен Р., Фридмен М.** Тирания статус-кво // Экономическая теория преступлений и наказаний. 1999. № 1. С. 99–104.
15. **Олсон М.** Рассредоточение власти и общества в переходный период. Лекарства от коррупции, распада и замедления темпов экономического роста // Экономика и математические методы. 1995. № 31–4. С. 53–81.
16. **Wells J.T.** Corporate fraud handbook: Prevention and detection. 5<sup>th</sup> ed. New Jersey, Wiley, 2017. 432 p.
17. **Криворотов В.В., Калина А.В., Подберезная М.А.** Оценка масштабов распространения теневой экономики на региональном уровне // Вестник УрФУ. Серия Экономика и управление. 2019. № 18–4. С. 540–555. DOI: 10.15826/vestnik.2019.18.4.02
18. **Батурина Е.В., Лобанов О.С.** Мониторинг экономической преступности в концепции оценки состояния экономической безопасности России // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник НИЦ корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. 2018. № 2. С. 119–128.
19. **Oneshko S., Pchenko S.** Financial monitoring of the post industry companies on the basis of risk-oriented approach. Investment Management and Financial Innovations, 2017, no. 14–1, pp. 191–199.
20. **Сенчагов В.К.** Стратегические цели и механизм обеспечения экономической безопасности // Проблемы теории и практики управления. 2009. № 3. С. 18–23.
21. **Титов В.А., Кудрявцев А.В.** Криминализация деятельности хозяйствующих субъектов: факторы пространства и времени // Журнал правовых и экономических исследований. 2018. № 1. С. 19–24.

## REFERENCES

1. **E.N. Alifanova, Yu.S. Evlakhova,** Developing a system of indicators of national financial security. Finance and Credit, 2017, no. 23–29, pp. 1723–1736. (rus). DOI: 10.24891/fc.23.29.1723
2. **V.A. Bogomolov,** Masshtaby tenevoy ekonomiki i ekonomicheskaya bezopasnost RF [The scale of the shadow economy and the economic security of the Russian Federation]. Moscow, ROAT, 2010. 322 p. (rus)
3. **A.G. Altunyan,** Otsenka pokazateley-indikatorov finansovoy bezopasnosti Rossii [Assessment of indicators-indicators of financial security of Russia]. Finansovyy biznes, 2011, no. 1, pp. 9–16. (rus)
4. **L.I. Abalkin,** Ekonomicheskaya bezopasnost Rossii: ugrozy i ikh otrazheniye [Economic security of Russia: threats and their reflection]. Voprosy ekonomiki, 1994, no. 12, pp. 4–16. (rus)
5. **S.Yu. Glazyev,** Osnovy obespecheniya ekonomicheskoy bezopasnosti strany – alternativnyy reformatsionnyy kurs [Fundamentals of ensuring the economic security of the country – An alternative reform-ation course]. Rossiyskiy ekonomicheskij zhurnal, 1997, no. 1. (rus)
6. **A.G. Gorshenkov,** Ekonomicheskaya bezopasnost i kriminologicheskij monitoring [Экономическая безопасность и криминологический мониторинг]. Vestnik Nizhegorodskoy akademii MVD Rossii, 2008, no. 1, pp. 151–157. (rus)



7. **V.M. Yegorshin, V.V. Kolesnikov**, Prestupnost v sfere ekonomicheskoy deyatel'nosti [Economic crime]. St. Petersburg, Fond Universitet, 2000. 273 p. (rus).
8. **V.V. Kolesnikov**, Criminal economy in the system of economic criminology: concept and structure. Kriminologiya vchera, segodnya, zavtra, 2016, no. 2(41), pp. 16–29. (rus)
9. **Yu.V. Latov**, Economic determinants of crime in foreign countries. (Review of criminometric researches). Journal of Institutional Studies, 2011, no. 3–1, pp. 133–149. (rus)
10. **A.N. Litvinenko, G.E. Alpatov**, Kriminalizatsiya finansovykh otnosheniy kak ugroza vozmozhnostyam finansovogo obespecheniya stabil'nogo ekonomicheskogo rosta [Criminalization of financial relations as a threat to the possibilities of financial support for stable economic growth]. Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya Ekonomika i ekologicheskii menedzhment, 2016, no. 3, pp. 30–35. (rus)
11. **G. Barak**, Crime and crime control in age of globalization: A theoretical dissection. Critical Criminology, 2001, no. 10–1, pp. 57–72.
12. **G. Bekker**, Prestupleniye i nakazaniye: ekonomicheskii podkhod [Crime and punishment: An economic approach]. Istoki, 2000, no. 4, pp. 28–90. (rus)
13. **T. Wiseman**, U.S. shadow economies: A state-level study. Constitutional Political Economy, 2013, no. 24–4, pp. 310–335.
14. **R. Fridman, M. Fridman**, Tiraniya status-kvo [Tyranny of the status quo]. Ekonomicheskaya teoriya prestupleniy i nakazaniy, 1999, no. 1, pp. 99–104. (rus)
15. **M. Olson**, Rassredotocheniye vlasti i obshchestva v perekhodnyy period. Lekarstva ot korruptsii, raspada i zamedleniya tempov ekonomicheskogo rosta [Dispersal of power and society during the transition period. Cures for corruption, decay and economic slowdown]. Ekonomika i matematicheskiye metody, 1995, no. 31–4, pp. 53–81. (rus)
16. **J.T. Wells**, Corporate fraud handbook: Prevention and detection. 5<sup>th</sup> ed. New Jersey, Wiley, 2017. 432 p.
17. **V.V. Krivorotov, A.V. Kalina, M.A. Podbereznaya**, Evaluation of the prevalence of the shadow economy at the regional level. Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and Management, 2019, no. 18–4, pp. 540–555. (rus). DOI: 10.15826/vestnik.2019.18.4.027
18. **E.V. Baturina, O.S. Lobanov**, Monitoring of economic crime in the concept of assessment of economic security of Russia. Corporate governance and innovative economic development of the North: Bulletin of the Research Center of Corporate Law, Management and Venture Capital of Syktyvkar State University, 2018, no. 2, pp. 119–128. (rus)
19. **S. Oneshko, S. Pchenko**, Financial monitoring of the post industry companies on the basis of risk-oriented approach. Investment Management and Financial Innovations, 2017, no. 14–1, pp. 191–199.
20. **V.K. Senchagov**, Strategicheskkiye tseli i mekhanizm obespecheniya ekonomicheskoy bezopasnosti [Strategic goals and mechanism for ensuring economic security]. Problemy teorii i praktiki upravleniya, 2009, no. 3, pp. 18–23. (rus)
21. **V.A. Titov, A.V. Kudryavtsev**, Criminalization of business entities operations: Space and time factors. Journal of Legal and Economic Studies, 2018, no. 1, pp. 19–24. (rus)

*Статья поступила в редакцию 14.09.2020.*

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / THE AUTHORS

**КУДРЯВЦЕВ Андрей Вадимович**

E-mail: andrei-kudravcev@yandex.ru

**KUDRYAVTSEV Andrey V.**

E-mail: andrei-kudravcev@yandex.ru

**БАБКИН Александр Васильевич**

E-mail: al-vas@mail.ru

**BABKIN Aleksandr V.**

E-mail: al-vas@mail.ru

**ЛИТВИНЕНКО Александр Николаевич**

E-mail: lanfk@mail.ru

**LITVINENKO Aleksandr N.**

E-mail: lanfk@mail.ru

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2020

## ПЕРСПЕКТИВЫ ЭМИССИИ ЦИФРОВОГО РУБЛЯ И ЕГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ В ПЛАТЕЖНОМ ОБОРОТЕ СТРАНЫ

**Пшеничников В.В.**

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,  
Воронеж, Российская Федерация

Актуальность исследования обусловлена кардинальными изменениями отношения Центральных банков разных стран к цифровым валютам. Исследуются перспективы эмиссии Банком России цифрового рубля и его функционирования в платежном обороте страны. В исследовании применен интеграционный подход, базирующийся на междисциплинарной интеграции знаний. Принята парадигма эволюционной экономики в сочетании с синкретной логикой мышления как более общей по сравнению с метафизикой и диалектикой, и теорией носителей в виде новой философской системы мировоззрения. Использованы положения теории информационной экономики, семиотики, фрактальной геометрии, эконофизики. Изучен зарубежный опыт запуска и тестирования цифровых валют. Предложена авторская трактовка понятия цифрового рубля как вида электронных денег в широком смысле. Представлено обоснование отнесения цифровых валют к отдельному виду электронной формы денег, а не к самостоятельной форме денег наравне с наличной и безналичной. Учитывая уже сложившуюся в российской теории и практике классификацию электронной формы денег по двум основным направлениям (на базе карт и на базе сетей), предложено дополнить эту классификацию еще одним направлением на базе распределенного реестра цифровых транзакций, к которому и следует отнести цифровые валюты. Обозначены причины, по которым автор ставит под сомнение необходимость и целесообразность применения цифрового рубля в офлайн-режиме помимо онлайн-режима как на этапе его создания, так и в долгосрочной перспективе. Представлено обоснование необходимости и целесообразности поэтапного введения в оборот цифрового рубля в рамках национальной платежной системы страны, вовлекая в процесс его применения отдельные сегменты субъектов денежных отношений в следующей последовательности: на первом этапе – рынки капитала и финансовых инноваций, на втором этапе – сектор государственных платежей, на третьем этапе – сегмент бизнеса, на четвертом этапе – население. Автор статьи надеется продолжить посильное участие в проекте Банка России «Цифровой рубль» в качестве независимого исследователя и эксперта.

**Ключевые слова:** денежные отношения, национальная платежная система, платежный оборот, Центральный банк, цифровая валюта, цифровая экономика

**Ссылка при цитировании:** Пшеничников В.В. Перспективы эмиссии цифрового рубля и его функционирования в платежном обороте страны // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. Т. 13, № 6. С. 101–109. DOI: 10.18721/JE.13609

Это статья открытого доступа, распространяемая по лицензии CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

## PROSPECTS OF ISSUING DIGITAL RUBLE AND ITS FUNCTIONING IN THE COUNTRY'S PAYMENT TURNOVER

**V.V. Pshenichnikov**

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,  
Voronezh, Russian Federation

The relevance of the study is due to drastic changes in the attitude of Central banks in different countries to digital currencies. The prospects of issuing digital ruble by the Bank of Russia and its

functioning in the country's payment turnover are investigated. The study uses an integration approach based on interdisciplinary integration of knowledge. The authors adopted the paradigm of evolutionary economics in combination with syncretic logic of thinking as more general in comparison with metaphysics and dialectics, and the theory of carriers in the form of a new philosophical system of worldview. The provisions of the theory of information economy, semiotics, fractal geometry, and econophysics are used. Foreign experience of launching and testing digital currencies were studied. The author proposed an interpretation of the concept of the digital ruble as a type of electronic money in a broad sense. The article provides a justification for assigning digital currencies to a separate type of electronic form of money, and not to an independent form of money on a par with cash and non-cash. Taking into account the classification of the electronic form of money already established in Russian theory and practice in two main directions (based on cards and networks), it is proposed to supplement this classification with another direction based on a distributed register of digital transactions, which should include digital currencies. The paper outlines the reasons why the author questions the necessity and expediency of using the digital ruble in offline mode in addition to online mode both at the stage of its creation and in the long-term perspective. The author presents the rationale for and feasibility of a phased introduction of the digital ruble within the framework of the national payment system. The individual segments of the subjects of monetary relations should be involved in its application in the following sequence: in the first stage, capital and financial innovation markets; in the second stage, the government payments sector; in the third stage, the business segment; in the fourth stage, the population. The author of the article hopes to continue participating in the Bank of Russia's "Digital ruble" project as an independent researcher and expert.

**Keywords:** monetary relations, national payment system, payment turnover, Central Bank, digital currency, digital economy

**Citation:** V.V. Pshenichnikov, Prospects of issuing digital ruble and its functioning in the country's payment turnover, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 13 (6) (2020) 101–109. DOI: 10.18721/JE.13609

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

## Введение

До недавнего времени большинство Централных банков экономически развитых стран (за исключением Банка Японии [10]<sup>1</sup>) крайне негативно отзывались о криптовалютах и пытались воспрепятствовать их официальному использованию в платежном обороте [2, 3, 5, 7, 12–14, 21]. Однако в текущем году их отношение к новой форме существования денег в условиях цифровизации экономики кардинально изменилось [1, 16, 20]<sup>2</sup>. В частности, авторы доклада Европейского Центрального Банка (ЕЦБ) о разработке цифрового евро назвали четыре сценария, при которых может быть выпущен цифровой евро: «повышение спроса на электронные платежи, значительное падение востребованности наличных, запуск частных цифровых валют, массовый выпуск национальных валют в цифровой форме другими Центральными банками»<sup>3</sup>.

Не остался в стороне от данной тенденции и Банк России: «Банк России нацелен на то, чтобы система денежного обращения соответствовала меняющимся потребностям граждан и бизнеса, способствовала внедрению инноваций как на финансовом рынке, так и в экономике в целом. Поэтому Банк России проводит оценку возможностей и перспектив выпуска цифровой формы российской национальной валюты — цифрового рубля»<sup>4</sup>. Необходимость эмиссии Банком

<sup>1</sup> В Японии криптовалюта стала официальным платежным средством // Росбалт. 1.04.2017. URL: <https://www.rosbalt.ru/business/2017/04/01/1603901.html> (дата обращения: 07.04.2017)

<sup>2</sup> Анатолий Аксаков: «Эксперимент с цифровым рублем может начаться уже в будущем году» // Finversia. 16.11.2020. URL: <https://www.finversia.ru/interview/anatolii-aksakov-eksperiment-s-tsifrovym-ruble-mozhet-nachatsya-uzhe-v-budushchem-godu-84797> (дата обращения: 17.11.2020); Китай рассказал об итогах тестирования цифрового юаня // РБК. 19.10.2020. URL: <https://www.rbc.ru/crypto/news/5f8d83a69a7947976d8dc9ee> (дата обращения: 23.10.2020); ЦБ Швейцарии и Банк международных расчетов протестируют цифровую валюту // РБК. 26.10.2020. URL: <https://www.rbc.ru/crypto/news/5f96ea249a79474fd5723bd9> (дата обращения: 30.10.2020)

<sup>3</sup> Доклад ЕЦБ о разработке цифрового евро. 4 условия запуска криптовалюты // РБК. 2.10.2020. URL: <https://www.rbc.ru/crypto/news/5f770c519a79470c9f50b798> (дата обращения: 09.10.2020)

<sup>4</sup> Цифровой рубль. Доклад для общественных консультаций. 13.10.2020 // Банк России. URL: [https://cbr.ru/analytics/d\\_ok/dig\\_ruble/](https://cbr.ru/analytics/d_ok/dig_ruble/) (дата обращения: 16.10.2020)



России цифрового рубля и его функционирования в рамках национальной платежной системы Российской Федерации в настоящее время непосредственно связана с реализацией «Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы», утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203, и программы «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р.

Цель исследования состоит в оценке перспектив эмиссии цифрового рубля и его функционирования в платежном обороте страны.

В соответствии с поставленной целью исследования в рамках данной статьи предпринята попытка решить следующие задачи:

1) предложить авторскую трактовку понятия цифрового рубля как вида электронной формы денег на основе обоснованной нами ранее формулировки электронных денег в широком смысле и его потенциальных характеристик, представленных Банком России;

2) опираясь на результаты проведенного нами ранее исследования процессов эволюции форм и видов денег, уточняющего, в частности, философские и эпистемологические аспекты толкования категорий «форма» и «вид», а также существующую между ними взаимосвязь и субординацию по отношению друг к другу, представить обоснование отнесения цифровых валют к отдельному виду электронной формы денег, а не к самостоятельной форме денег наравне с наличной и безналичной;

3) обозначить причины, по которым автор ставит под сомнение необходимость и целесообразность применения цифрового рубля в офлайн-режиме помимо онлайн-режима как на этапе его создания, так и в долгосрочной перспективе;

4) представить обоснование необходимости и целесообразности поэтапного введения в оборот цифрового рубля в рамках национальной платежной системы страны, вовлекая в процесс его применения отдельные сегменты субъектов денежных отношений в определенной последовательности.

*Объектом исследования* послужили проекты центральных банков ряда зарубежных стран и Банка России по выпуску и обороту цифровых валют.

## Методы

В исследовании применен интеграционный подход, базирующийся на междисциплинарной интеграции знаний: принята парадигма эволюционной экономики [9, 15] в сочетании с синкретной логикой мышления как более общей по сравнению с метафизикой и диалектикой, и теорией носителей в виде новой философской системы мировоззрения. Используются положения теории информационной экономики, семиотики, фрактальной геометрии, эконофизики.

## Результаты

Рассматривая цифровой рубль как вид электронных денег в широком смысле, считаем необходимым представить авторскую трактовку этих категорий. «Электронные деньги в широком смысле представляют собой отраженное на компьютерных носителях информационное воплощение всеобщего эквивалента» [6]. Опираясь на представленную трактовку электронных денег в широком смысле и учитывая описание характеристик цифрового рубля, предложенное Банком России в докладе «Цифровой рубль», считаем целесообразным ориентироваться на следующее определение цифрового рубля: цифровой рубль представляет собой цифровой код, отраженный на компьютерных носителях информации, воплощающий всеобщий эквивалент с аналогичными функциями наличных и безналичных денег. Введение в оборот цифрового рубля предварительно должно быть зафиксировано в нормативно-правовых актах РФ, официально закрепляющих за ним статус законного платежного средства в юрисдикции Российской Федерации, в том числе

в федеральном законе «О цифровых финансовых активах, цифровой валюте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 31.07.2020 г. № 259-ФЗ. В упомянутом федеральном законе цифровые валюты могут быть использованы в качестве платежных средств без признания за ними статуса денежных единиц.

Банк России рассматривает цифровой рубль как еще одну новую форму российской национальной валюты помимо функционирующих наличной и безналичной форм российского рубля. Опираясь на результаты проведенного нами исследования процессов эволюции форм и видов денег, уточняющих, в частности, философские и эпистемологические аспекты толкования категорий «форма» и «вид», а также существующую между ними взаимосвязь и субординацию по отношению друг к другу, мы предлагаем различать по способу существования три формы денег: наличную, безналичную и электронную [6]. В свою очередь, цифровую валюту мы склонны рассматривать как вид электронной формы денег. При этом в российской теории и практике уже сложилась классификация электронной формы денег по следующим двум основным направлениям: 1) на базе карт, 2) на базе сетей. Нами было предложено дополнить эту классификацию еще одним направлением – 3) на базе распределенного реестра цифровых транзакций, к которому и следует отнести, по нашему мнению, цифровые валюты.

На этапе создания цифрового рубля, а, возможно, и в долгосрочной перспективе целесообразность его применения в офлайн-режиме помимо онлайн-режима представляется нам излишней по следующим причинам (цитаты – из доклада «Цифровой рубль»):

- во-первых, «возможность осуществления расчетов в офлайн-режиме потребует проведения серьезных исследований и разработки технологий и решений, позволяющих осуществлять такие расчеты без доступа к сети Интернет», что повлечет за собой необходимость осуществления соответствующих затрат времени, труда и финансов;

- во-вторых, «... Россия находится в числе стран с наибольшим уровнем проникновения мобильной связи», что «... при условии полного покрытия Интернетом всей территории страны и доступа к нему каждого гражданина» ставит под вопрос необходимость и целесообразность упомянутых выше затрат времени, труда и финансов;

- в-третьих, совокупность рисков и соответствующих ограничений в целях их снижения при применении цифрового рубля в офлайн-режиме влекут за собой превращение цифрового рубля, применяемого в офлайн-режиме, в суррогат цифрового рубля, применяемого в онлайн-режиме, что в целом может негативно отразиться на статусе цифрового рубля как самостоятельной формы денег и законного платежного средства.

Введение в оборот цифрового рубля в рамках национальной платежной системы РФ целесообразно осуществлять, по нашему мнению, поэтапно, вовлекая в процесс его применения отдельные сегменты субъектов денежных отношений в следующей последовательности: на первом этапе – рынки капитала и финансовых инноваций; на втором этапе – сектор государственных платежей, на третьем этапе – сегмент бизнеса, на четвертом этапе – население. В качестве обоснования предлагаемой последовательности поэтапного введения в оборот цифрового рубля в рамках национальной платежной системы РФ служат следующие обстоятельства:

- во-первых, процедуры эмиссии и оборота цифрового рубля как новой формы денег предполагают внедрение и применение новых технологических решений [8, 11, 18], которые ранее не использовались контрагентами денежного оборота, что порождает достаточно высокую степень самых разнообразных неопределенностей и рисков [4, 17] для широких масс пользователей цифрового рубля;

- во-вторых, в целях предупреждения и минимизации упомянутых выше неопределенностей и рисков целесообразно первоначально апробировать новые технологии в сфере платежного оборота, допустив к ним сначала только профессиональных участников рынков капитала и финансовых инноваций (как юридических, так и физических лиц), а уже после отработки всех процедур





и регламентов эмиссии и оборота цифрового рубля с их помощью распространить эту практику на всех остальных участников денежных отношений.

В этой связи представляется, что первый этап введения в оборот цифрового рубля может оказаться самым продолжительным по времени и при определенных условиях может охватить собой на определенной стадии второй этап. При этом третий и четвертый этапы введения в оборот цифрового рубля могли бы оказаться самыми непродолжительными по времени и, возможно, объединены в один этап.

### **Обсуждение результатов**

Вопрос о цифровом рубле как существенном факторе, который может повлиять на условия проведения денежно-кредитной политики, необходимо рассматривать, по нашему мнению, принимая во внимание более глобальные трансформации современного мира, включая денежно-кредитную и банковскую сферы, которые уже в обозримом будущем могут привести к смене существующей парадигмы денежно-кредитной политики. В частности, имеются в виду такие явления: практика применения номинальных отрицательных процентных ставок; формирование новой модели банковского бизнеса как интегратора ценностей в цифровом пространстве; развитие платежных систем, основанных на применении электронных денег, и отделение платежных услуг от остальных банковских операций; появление новых форм финансового посредничества на площадках цифровых платформ [6, 8].

Если попытаться оценить влияние введения в оборот цифрового рубля на условия проведения денежно-кредитной политики в рамках ее существующей парадигмы, то хотелось бы привести сначала достаточно знаковый, по нашему мнению, пример, за которым мы не просто пристально следим на протяжении 2019 и 2020 гг., но и являемся его непосредственным участником. Речь пойдет о внедрении безналичной оплаты проезда в общественном транспорте г. Воронежа. С одной стороны, автор данного исследования как житель г. Воронежа постоянно пользуется услугами городского общественного транспорта, с другой стороны, с 2011 г. в составе экспертной рабочей группы №9 «Развитие финансового и банковского сектора», созданной в соответствии с распоряжением Правительства Воронежской области «О создании региональных экспертных групп» № 427-р от 17 июня 2011 г., принимал участие сначала в подготовке предложений в «Стратегию России 2020» и по актуализации «Стратегии социально-экономического развития Воронежской области на долгосрочную перспективу до 2020 года», а затем осуществлял оценку достигнутых результатов.

Процесс оснащения всего общественного транспорта г. Воронежа устройствами для безналичной оплаты проезда протекал по-разному. Если крупные таксомоторные парки и автотранспортные предприятия с парком автобусов большой вместимости ввели у себя возможность безналичной оплаты проезда достаточно быстро и без особых проблем, то частные владельцы маршрутных такси малой и средней вместимости вводили у себя возможность безналичной оплаты проезда гораздо дольше и с меньшим энтузиазмом по целому ряду причин. Стимулом, подтолкнувшим частных перевозчиков, которые преобладают на рынке городского общественного транспорта, к созданию условий для безналичной оплаты проезда послужил возросший спрос со стороны пассажиров на безналичную форму оплаты: сначала с 28 октября 2019 г., когда стоимость проезда в общественном транспорте была повышена с 17 руб. за поездку до 21 руб. при безналичной оплате проезда и до 23 руб. при оплате наличными деньгами, а потом с 1 сентября 2020 г., когда была введена возможность для пассажиров оплачивать проезд банковской картой МИР по цене поездки 17 руб., а для перевозчиков предусмотрена компенсация из бюджетных средств образующейся разницы между стоимостью поездки, оплаченной банковской картой МИР, и стоимостью поездки, оплаченной банковскими картами других платежных систем до конца 2020 г. Предварительные результаты описанного выше стимула следующие: в начале октября 2019 г. в около

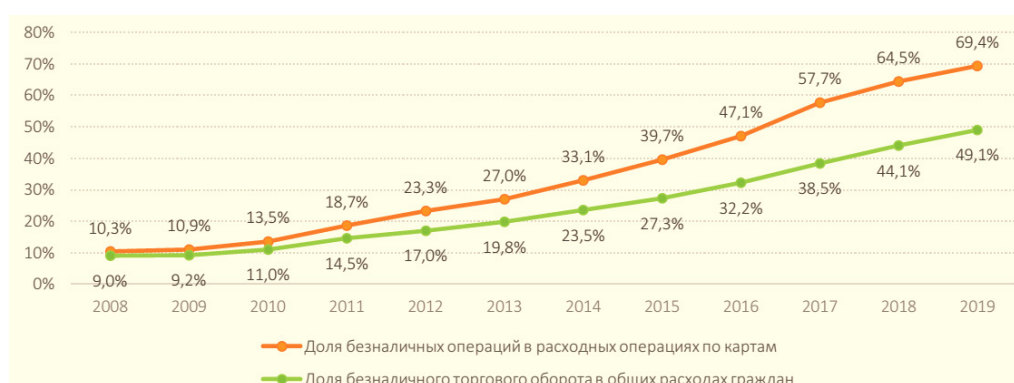


Рис. 1. Динамика доли безналичных операций в России  
 Fig. 1. Dynamics of the share of non-cash transactions in Russia

70% платежей за поездку приходилось на наличные, около 30% – на безналичную оплату, а на начало октября 2020 г. соотношение изменилось зеркально – около 30% наличных денег и около 70% безналичных. Приведенный пример полностью вписывается в общую тенденцию роста доли безналичных операций в России (рис. 1)<sup>5</sup>.

Данные рис. 1 показывают, что за последнее десятилетие доля безналичных операций в России неуклонно и интенсивно растет. В частности, рост наблюдается как доли безналичного торгового оборота в общих расходах граждан, которая за рассматриваемый период времени увеличилась более чем в 5 раз – с 9,0% до 49,1%, так и доли безналичных операций в расходных операциях по картам, которая за тот же период времени увеличилась почти в 7 раз – с 10,3% до 69,4%. Приведенные статистические данные свидетельствуют о том, что значительную роль в увеличении доли безналичных операций в России играет практика применения населением банковских карт при проведении безналичных расчетов и платежей.

Опираясь на приведенный пример и статистику по динамике доли безналичных операций в России, можно предположить о следующем возможном влиянии введения в оборот цифрового рубля на структуру денежной массы и платежного оборота и, как следствие, на условия проведения денежно-кредитной политики в рамках ее существующей парадигмы. Введение цифрового рубля как новой формы денег приведет к изменению структуры денежной массы, находящейся в обращении и, прежде всего, к сокращению доли наличной формы денег как в структуре денежной массы, находящейся в обращении, так и в структуре платежного оборота. Сокращение доли наличной формы денег в структуре денежной массы, находящейся в обращении, и в структуре платежного оборота, в свою очередь, приведет не только к сокращению издержек налично-денежного обращения, но и, что еще более важно с точки зрения денежно-кредитной политики, к сокращению времени на проведение денежных расчетов и платежей за счет уменьшения объема наличной формы денег и соответствующего сокращения времени, затрачиваемого на физическое перемещение в пространстве вещественных носителей всеобщего эквивалента от плательщика к получателю денег. В свою очередь, это приведет в долгосрочной перспективе к увеличению скорости оборота денег, которая относится к числу значимых факторов, формирующих совокупный спрос на деньги в экономике.

### Заключение

По итогам проведенного исследования были получены следующие результаты.

1. Предложена авторская трактовка понятия цифрового рубля как вида электронной формы денег на основе обоснованной нами ранее формулировки электронных денег в широком смысле

<sup>5</sup> Рейтинг безналичных городов и регионов. I квартал 2020 г. // Сбер Индекс. 8.04.2020. URL: <https://www.sberindex.ru/ru/researches/reiting-beznalichnykh-gorodov-i-regionov-i-kvartal-2020-g>(дата обращения: 20.11.2020)



и его потенциальных характеристик, представленных Банком России. Цифровой рубль представляет собой цифровой код, отраженный на компьютерных носителях информации, воплощающий всеобщий эквивалент с аналогичными функциями наличных и безналичных денег.

2. Опираясь на результаты проведенного нами ранее исследования процессов эволюции форм и видов денег, уточняющего, в частности, философские и эпистемологические аспекты толкования категорий «форма» и «вид», а также существующую между ними взаимосвязь и субординацию по отношению друг к другу, представлено обоснование отнесения цифровых валют к отдельному виду электронной формы денег, а не к самостоятельной форме денег наравне с наличной и безналичной. Учитывая уже сложившуюся в российской теории и практике классификацию электронной формы денег по следующим двум основным направлениям: 1) на базе карт, 2) на базе сетей, – предложено дополнить эту классификацию еще одним направлением – 3) на базе распределенного реестра цифровых транзакций, к которому и следует отнести цифровые валюты.

3. Обозначены причины, по которым автор ставит под сомнение необходимость и целесообразность применения цифрового рубля в офлайн-режиме помимо онлайн-режима как на этапе его создания, так и в долгосрочной перспективе.

4. Представлено обоснование необходимости и целесообразности поэтапного введения в оборот цифрового рубля в рамках национальной платежной системы страны, вовлекая в процесс его применения отдельные сегменты субъектов денежных отношений в следующей последовательности: на первом этапе – рынки капитала и финансовых инноваций, на втором этапе – сектор государственных платежей, на третьем этапе – сегмент бизнеса; на четвертом этапе – население.

Необходимость и возможность эмиссии Банком России цифрового рубля и его полноценное функционирование в рамках национальной платежной системы страны следует рассматривать как адекватный ответ на стремительно меняющуюся объективную реальность формирующегося информационного общества, опирающегося на формат цифровой экономики. Представленный в октябре 2020 г. Банком России доклад для общественных консультаций «Цифровой рубль» предполагает семь этапов от идеи до реализации цифрового рубля: 1-й этап заключался в подготовке и публикации доклада для общественных консультаций; 2-й этап – проведение общественных консультаций, в рамках которого рабочая группа по цифровому рублю Банка России принимала и обрабатывала замечания и предложения; на 3-м этапе предполагается разработка концепции цифрового рубля; на 4-м этапе – разработка платформы цифрового рубля; на 5-ом этапе – пилотирование цифрового рубля на ограниченном круге пользователей; на 6-ом этапе – анализ результатов пилотирования; на 7-ом этапе – принятие решения о целесообразности и этапности запуска цифрового рубля. Автор данной статьи надеется продолжить посильное участие в данном проекте, начиная со 2-го этапа в качестве независимого исследователя и эксперта.

### **Направления дальнейших исследований**

Наши дальнейшие исследования цифровых валют будут направлены на изучение и обобщение опыта зарубежных стран по внедрению этих валют в платежный оборот; сопоставление результатов этого опыта с результатами пилотирования цифрового рубля на ограниченном круге пользователей; дальнейшее развитие теории денег с учетом опыта эмиссии и оборота цифровых валют как вида электронной формы денег.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. **Бурлачков В.К.** Денежные механизмы глобальной и национальных экономик. М.: Ленанд, 2019. 256 с.
2. **Коробейникова О.М., Буркальцева Д.Д., Тюлин А.С.** Эволюция электронных денег // Научный вестник: Финансы, банки, инвестиции. 2017. № 2. С. 73–79.

3. **Кочергин Д.А.** Место и роль виртуальных валют в современной платежной системе // Вестник СПбГУ. Экономика. 2017. № 1. С. 119–140. DOI: 10.21638/11701/spbu05.2017.107
4. **Попова Е.М., Бандурко С.А.** Анализ финансовых рисков в криптоэкономике с учетом информационного влияния // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2017. № 6. С. 36–40.
5. **Поппер Н.** Цифровое золото. Невероятная история Биткойна или о том, как идеалисты и бизнесмены изобретают деньги заново. М.: Вильямс, 2016. 350 с.
6. **Пшеничников В.В.** Эволюция форм и видов денег: от раковин каури до криптовалют. Воронеж: Воронежский ГАУ, 2019. 175 с.
7. **Симановский А.Ю.** К вопросу об экономической природе криптовалюты // Вопросы экономики. 2018. № 9. С. 132–142. DOI: 10.32609/0042-8736-2018-9-132-142
8. **Скиннер К.** ValueWeb. Как финтех-компании используют блокчейн и мобильные технологии для создания интернета ценностей. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2018. 416 с.
9. **Сухарев О.С.** Эволюционная экономическая теория институтов и технологий. Проблемы моделирования. М.: Ленанд, 2017. 139 с.
10. **Инуи Т., Обаева С.А., Поварков Р.С., Плотников А.А.** Текущее развитие систем электронных денег и их инфраструктуры в Японии // Деньги и кредит. 2011. № 4. С. 9–17.
11. Цифровая трансформация экономики и промышленности: проблемы и перспективы / Под ред. А.В. Бабкина. СПб.: Изд-во Политехн. унта, 2017. 807 с.
12. **Ali R., Barrdear J., Clews R., Southgate J.** The economics of digital currencies. Bank of England Quarterly Bulletin, 2014, no. 54–3, pp. 276–286.
13. **Anthanassiou P., Mas-Guix N.** Electronic money institutions. Current trends, regulatory issues, and prospects. European Central Bank Legal Working Paper Series, 2008, no. 7. 48 p.
14. **Fung B., Halaburda H.** Understanding platform-based digital currencies. Bank of Canada Review, Spring 2014, pp. 12–20.
15. **Latzer M., Schmitz S.W.** Carl Menger and the evolution of payments systems. From barter to electronic money. Edward Elgar Pub, 2002. 224 p.
16. **Siang Kok L.** Singapore Electronic Legal Tender (SELT) – A proposed concept. The future of money. Paris, OECD Publications, 2002, pp. 147–155.
17. **Norman B., Brierley P.** et al. A risk-based methodology for payment systems oversight. Financial stability paper, 2009, no. 6. 14 p.
18. **Pshenichnikov V.V., Babkin A.V.** Digital money as a product of the development of information and telecommunication technologies, 2017 International Conference Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies (IT&QM&IS), St. Petersburg, 2017, pp. 267–273. DOI: 10.1109/ITMQIS.2017.8085808
19. **Singh S.** Impersonalisation of electronic money: implications for bank marketing. International Journal of Bank Marketing, 2004, no. 22–7, pp. 504–521. DOI: 10.1108/02652320410567926
20. **Van Hove L.** Making electronic money legal tender: pros & cons. Economics of the Future: Celebrating, 2003, no. 100, pp. 17–19.
21. **Werner R.** Can banks individually create money out of nothing? – The theories and the empirical evidence. International Review of Financial Analysis, 2014, no. 36, pp. 1–19. DOI: 10.1016/j.irfa.2014.07.015

## REFERENCES

1. **V.K. Burlachkov,** Denezhnyye mekhanizmy globalnoy i natsionalnykh ekonomik [Monetary mechanisms of the global and national economies]. Moscow, Lenand, 2019. 256 p. (rus)
2. **O.M. Korobeynikova, D.D. Burkaltseva, A.S. Tyulin,** Evolyutsiya elektronnykh deneg [Evolution of electronic money]. Scientific Bulletin: Finance, Banking, Investment, 2017, no. 26, pp. 73–79. (rus)
3. **D.A. Kochergin,** The roles of virtual currencies in the modern payment system. St Petersburg University Journal of Economic Studies, 2017, no. 1, pp. 119–140. (rus). DOI: 10.21638/11701/spbu05.2017.107
4. **E.M. Popova, S.A. Bandurko,** Analysis of financial risks in crypto-economics taking into account information influence. Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta, 2017, no. 6, pp. 36–40. (rus)



5. **N. Popper**, Tsifrovoye zoloto. Neveroyatnaya istoriya Bitkoyna ili o tom, kak idealisty i biznesmeny izobretayut dengi zanovo [Digital gold. Bitcoin's incredible story or how idealists and businessmen reinvent money]. Moscow, Vilyams, 2016. 350 p. (rus)
6. **V.V. Pshenichnikov**, Evolyutsiya form i vidov deneg: ot rakovin kauri do kriptovalyut: monografiya [Evolution of forms and types of money: from cowrie shells to cryptocurrencies]. Voronezh, Voronezhskiy GAU, 2019. 175 p. (rus)
7. **A.Yu. Simanovskiy**, On the issue of crypto-currency economic nature. Voprosy Ekonomiki, 2018, no. 9, pp. 132–142. (rus). DOI: 10.32609/0042-8736-2018-9-132-142
8. **K. Skinner**, ValueWeb. Kak fintekh-kompanii ispolzuyut blokcheyn i mobilnyye tekhnologii dlya sozdaniya interneta tsennostey [ValueWeb. How fintech companies are using blockchain and mobile technologies to create an Internet of value]. Moscow, Ivanov i Ferber, 2018. 416 p. (rus)
9. **O.S. Sukharev**, Evolyutsionnaya ekonomicheskaya teoriya institutov i tekhnologiy. Problemy modelirovaniya [Evolutionary economic theory of institutions and technologies. Modeling problems]. Moscow, Lenand, 2017. 139 p. (rus)
10. **I. Taidzhi, S.A. Obayeva, R.S. Povarkov, A.A. Plotnikov**, Recent development of electronic money systems and their infrastructures in Japan. Money & Finance, 2011, no. 4, pp. 9–17.
11. **A.V. Babkin**, Tsifrovaya transformatsiya ekonomiki i promyshlennosti: problemy i perspektivy [Digital transformation of the economy and industry: problems and prospects]. St. Petersburg, Izd-vo Politekhn. unta, 2017. 807 p. (rus)
12. **R. Ali, J. Barrdear, R. Clews, J. Southgate**, The economics of digital currencies. Bank of England Quarterly Bulletin, 2014, no. 54–3, pp. 276–286.
13. **P. Anthanassiou, N. Mas-Guix**, Electronic money institutions. Current trends, regulatory issues, and prospects. European Central Bank Legal Working Paper Series, 2008, no 7. 48 p.
14. **B. Fung, H. Halaburda**, Understanding platform-based digital currencies. Bank of Canada Review, Spring 2014, pp. 12–20.
15. **M. Latzer, S.W. Schmitz**, Carl Menger and the evolution of payments systems. From barter to electronic money. Edward Elgar Pub, 2002. 224 p.
16. **L. Siang Kok**, Singapore Electronic Legal Tender (SELT) – A proposed concept. The future of money. Paris, OECD Publications, 2002, pp. 147–155.
17. **B. Norman, P. Brierley**, et al., A risk-based methodology for payment systems oversight. Financial stability paper, 2009, no. 6. 14 p.
18. **V.V. Pshenichnikov, A.V. Babkin**, Digital money as a product of the development of information and telecommunication technologies, 2017 International Conference Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies (IT&QM&IS), St. Petersburg, 2017, pp. 267–273. DOI: 10.1109/ITMQIS.2017.8085808
19. **S. Singh**, Impersonalisation of electronic money: implications for bank marketing. International Journal of Bank Marketing, 2004, no. 22–7, pp. 504–521. DOI: 10.1108/02652320410567926
20. **L. Van Hove**, Making electronic money legal tender: pros & cons. Economics of the Future: Celebrating, 2003, no. 100, pp. 17–19.
21. **R. Werner**, Can banks individually create money out of nothing? – The theories and the empirical evidence. International Review of Financial Analysis, 2014, no. 36, pp. 1–19. DOI: 10.1016/j.irfa.2014.07.015

*Статья поступила в редакцию 30.11.2020.*

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / THE AUTHOR

**ПШЕНИЧНИКОВ Владислав Владимирович**

E-mail: wladwp@yandex.ru

**PSHENICHNIKOV Vladislav V.**

E-mail: wladwp@yandex.ru



Научное издание

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ВЕДОМОСТИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**ST. PETERSBURG STATE POLYTECHNICAL UNIVERSITY JOURNAL. ECONOMICS**

**Том 13, № 6, 2020**

Учредитель – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере информационных технологий и массовых коммуникаций  
(Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-52146 от 11 декабря 2012 г.

Р е д а к ц и я

д-р экон. наук, профессор *В.В. Глухов* – председатель редколлегии,  
д-р экон. наук, профессор *А.В. Бабкин* – зам. председателя редколлегии,  
*А.А. Родионова* – секретарь редакции

Телефон редакции 8(812)297–18–21

E-mail: [economy@spbstu.ru](mailto:economy@spbstu.ru)

Компьютерная верстка *А.А. Кононовой*