

Научно-практический
рецензируемый журнал

СТАТИСТИКА И ЭКОНОМИКА
Том 22. № 4. 2025

Учредитель:
РЭУ им. Г.В. Плеханова

Главный редактор
Виталий Григорьевич Минашкин

Зам. главного редактора
Елена Алексеевна Егорова
Павел Александрович Смелов

Ответственный редактор
Никита Дмитриевич Эпштейн

Технический редактор
Елена Ивановна Аникеева

Журнал издается с 2004 года.
Свидетельство о регистрации СМИ:

ПИ № ФС77-65889

от 27.05.16 г.

ISSN 2500-3925 (Print)

Все права на материалы,
опубликованные
в номере, принадлежат журналу
«Статистика и экономика».
Перепечатка материалов,
опубликованных в журнале, без
разрешения редакции запрещена.
При цитировании материалов ссылка
на журнал «Статистика и экономика»
обязательна.

Мнение редакции может не совпадать
с мнением авторов

Журнал включен ВАКом в перечень
периодических научных изданий.

Тираж журнала
«Статистика и экономика»
1500 экз.

Адрес редакции:
117997, г. Москва,
Стремянный пер., 36, корп. 6, офис 345
Тел.: (499) 237-83-31, (доб. 18-04)
E-mail: Smelov.PA@rea.ru
Адрес сайта: www.statecon.rea.ru

Подписной индекс журнала
в каталоге «Урал-Пресс»: 80246

© ФГБОУ ВО
«РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2025

Подписано в печать 25.08.25.
Формат 60x84 1/8. Цифровая печать.
Печ. л. 7,5. Тираж 1500 экз.
Заказ

Напечатано в ФГБОУ ВО
«РЭУ им. Г.В. Плеханова».
117997, Москва, Стремянный пер., 36

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОНОМИКА И СТАТИСТИКА ПРЕДПРИЯТИЙ

- О.А. Шихова, А.Е. Туркина, Г. Н. Суприян*
Достаточность ассортимента товаропроизводителей
как фактор обеспечения продовольственной безопасности
региона 4

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА

- В.В. Врублевская, М.В. Вельм*
Производство овощей и фруктов в Узбекистане:
потенциал для насыщения российского рынка..... 13

- А.Ю. Корнилова*
Анализ влияния потребления энергии на экономический
рост в зарубежных странах 25

СТАТИСТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЭКОНОМИКЕ

- А.А. Брызгалов*
Экономико-математическое моделирование рисков в
сервисной бизнес-модели сетевого предприятия 36

- В.А. Вишняков, Г.А. Хацкевич, Е.И. Полоско*
Комплексный анализ для оценки использования сетей
интернета вещей в учебном процессе университета
информатики и радиоэлектроники 52

Scientific and practical reviewed
journal

STATISTICS AND ECONOMICS
Vol. 22. № 4. 2025

Founder:
Plekhanov Russian University of
Economics

Editor in chief
Vitaliy G. Minashkin

Deputy editor
Elena A. Egorova
Pavel A. Smelov

Executive editor
Nikita D. Epshtein

Technical editor
Elena I. Anikeeva

Journal issues since 2004.
Mass media registration certificate:
ΦC77-65889 от 27.05.16.
ISSN 2500-3925 (Print)

All rights for materials published in the
issue belong to the journal
«Statistics and Economics».
Reprinting of articles published in the
journal, without the permission of the
publisher is prohibited.
When citing a reference to the journal
«Statistics and Economics» is obligatory.

Editorial opinion may be different from
the views of the authors

The journal is included in the list of VAK
periodic scientific publications.
Journal articles are reviewed.
The circulation of the journal
«Statistics and Economics» –
1,500 copies.

Editorial office:
117997, Moscow,
Stremyanny lane. 36, Building 6, office 345
Tel.: (499) 237-83-31 (18-04)
E-mail: Smelov.PA@rea.ru
Web: www.statecon.rea.ru

Subscription index of journal
in catalogue «Ural-Press»: 80246

© Plekhanov Russian University of
Economics, 2023

Signed to print 25.08.25.
Format 60x84 1/8. Digital printing.
Printer's sheet 7.5. 1500 copies.
Order

Printed in Plekhanov Russian University
of Economics,
Stremyanny lane. 36, Moscow, 117997,
Russia

CONTENTS

ECONOMICS AND BUSINESS STATISTICS

- Oksana A. Shikhova, Alexandra E. Turkina, Gevorg N. Suprikyan*
Sufficiency of Producers' Product Range as a Factor
in Ensuring Regional Food Security 4

ECONOMIC STATISTICS

- Veronika V. Vrublevskaya, Marina V. Velm*
Fruit and Vegetable Production in Uzbekistan:
Potential for Saturation of the Russian Market 13

- Anna Y. Kornilova*
Analysis of the Impact of Energy Consumption on the
Economic Growth in Foreign Countries 25

STATISTICAL AND MATHEMATICAL METHODS IN ECONOMICS

- Alexey A. Bryzgalov*
Economic and Mathematical Modeling of Risks in the Service
Business Model of a Network Enterprise 36

- Vladimir A. Vishnyakov, Gennadi A. Khatskevich,
Ekaterina I. Polosko*
Comprehensive Analysis to Evaluate the Use of Internet of
Things Networks in the Educational Process of the University
of Informatics and Radio Electronics 52

Редакционная коллегия

АСТАШОВА Ирина Викторовна, д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры дифференциальных уравнений, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

АРХИПОВА Марина Юрьевна, д.э.н., профессор, факультет экономических наук, Департамент статистики и анализа данных, Высшая школа экономики — национальный исследовательский университет, Москва, Россия

БАКУМЕНКО Людмила Петровна, д.э.н., профессор, заведующая кафедрой прикладной статистики и информатики, Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия

ВОЛКОВА Виолетта Николаевна, д.э.н., профессор, профессор кафедры системного анализа и управления, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербург, Россия

ГЕВОРКЯН Эдуард Аршавирович, д.ф.-м.н., профессор кафедры Высшей математики, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва, Россия

ГЛИНКИНА Светлана Павловна, д.э.н., профессор, заведующая кафедрой общей экономической теории Московской школы экономики, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

ЕЛИСЕЕВА Ирина Ильинична, д.э.н., профессор, член-корреспондент РАН, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, заведующая кафедрой статистики и эконометрики, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, г. Санкт-Петербург, Россия

ЗАРОВА Елена Викторовна, д.э.н., профессор, начальник отдела обработки и анализа статистической информации, Департамент экономической политики и развития города Москвы, руководитель Центрально-Евразийского представительства Международного статистического института, Москва, Россия

КАРМАНОВ Михаил Владимирович, д.э.н., профессор, профессор кафедры отраслевой и бизнес-статистики, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва, Россия

КУЧМАЕВА Оксана Викторовна, д.э.н., профессор, профессор кафедры народонаселения экономического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия.

КЮРКЧАН Александр Гаврилович, д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой теории вероятностей и прикладной математики, Московский технический университет связи и информатики, Москва, Россия

ЛАЙКАМ Константин Эмильевич, д.э.н., заместитель руководителя Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации, Москва, Россия

ЛУЛА Павел, доктор наук, доцент, заведующий кафедрой вычислительных систем, Краковский экономический университет, Краков, Польша

МОТОРИН Руслан Миколайович, д.э.н., профессор кафедры статистики и эконометрии, Киевский национальный торгово-экономический университет, Киев, Украина

МКХИТАРЯН Владимир Сергеевич, д.э.н., профессор, заведующий отделением статистики, анализа данных и демографии, заведующий кафедрой статистических методов, Высшая школа экономики — национальный исследовательский университет, Москва, Россия

САДОВНИКОВА Наталья Алексеевна, д.э.н., профессор, заведующая кафедрой статистики, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва, Россия

САЖИН Юрий Владимирович, д.э.н., профессор, заведующий кафедрой статистики, эконометрики и информационных технологий в управлении, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева, Саранск, Россия

УПАДХАЯ Шьям, руководитель статистического отдела ЮНИДО, Организация Объединенных Наций по промышленному развитию, Вена, Австрия

ШУВАЛОВА Елена Борисовна, д.э.н., профессор, начальник управления аттестации научных кадров, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва, Россия

Editorial Board

Irina V. ASTASHOVA, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Professor of the Differential Equations Department, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Marina Yu. ARKHIPOVA, Dr. Sci. (Economics), Professor, Faculty of Economic Sciences, Department of Statistics and Data Analysis, Higher School of Economics — National Research University, Moscow, Russia

Lyudmila P. BAKUMENKO, Dr. Sci. (Economics), Professor, Head of Applied Statistics and Informatics Department, Mari State University, Yoshkar-Ola, Russia

Violetta N. VOLKOVA, Dr. Sci. (Economics), Professor, Professor of System Analysis and Management Department, Saint Petersburg State Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia

Eduard A. GEVORKYAN, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor of the Department of Higher Mathematics, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Svetlana P. GLINKINA, Dr. Sci. (Economics), Professor, Head of the General Economic Theory Department, Moscow School of Economics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Irina I. ELISEEVA, Dr. Sci. (Economics), Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Head of Statistics and Econometrics Department, Saint-Petersburg State University of Economics, Saint-Petersburg, Russia

Elena V. ZAROVA, Dr. Sci. (Economics), Professor, Head of the Department of Processing and Analysis of Statistical Information, Department of Economic Policy and Development of Moscow, Chair of ISI Central Eurasia Outreach Committee, Moscow, Russia

Mikhail V. KARMANOV, Dr. Sci. (Economics), Professor, Professor of the Department of Industrial and Business Statistics, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Oksana V. KUCHMAEVA, Dr. Sci. (Economics), Professor, Professor of the Department of population, faculty of Economics, Moscow state University. M. V. Lomonosova, Moscow, Russia

Alexander G. KYURKCHAN, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Head of the Theory of Probability and Applied Mathematics Department, Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia

Konstantin E. LAYKAM, Dr. Sci. (Economics), Deputy Head, Federal State Statistics Service of the Russian Federation, Moscow, Russia

Pawel LULA, Dr. hab., Associate Professor, Head of the Department of Computational Systems, Cracow University of Economics, Cracow, Poland

Ruslan M. MOTORIN, Dr. Sci. (Economics), Professor of Statistics and Econometrics Department, Kiev National University of Trade and Economics, Kiev, Ukraine

Vladimir S. MKHITARYAN, Dr. Sci. (Economics), Professor, Head of the Department of Statistics, Data Analysis and Demography, Head of the Department of Statistical Methods, Higher School of Economics — National Research University, Moscow, Russia

Natalia A. SADOVNIKOVA, Dr. Sci. (Economics), Professor, Head of Statistics Department, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Yury V. SAZHIN, Dr. Sci. (Economics), Professor, Head of the Department of Statistics, Econometrics and Information Technologies in Management, Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

Shyam UPADHYAYA, Chief, UNIDO Statistics Unit, United Nations Industrial Development Organization, Vienna, Austria

Elena B. SHUVALOVA, Dr. Sci. (Economics), Professor, Head of the Department of Scientific Personnel Certification, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia



Достаточность ассортимента товаропроизводителей как фактор обеспечения продовольственной безопасности региона

В статье отражены концептуальные подходы к оценке достаточности ассортимента товаропроизводителей как важного фактора обеспечения продовольственной безопасности региона, обоснована роль собственного производства и переработки сырья его сельскохозяйственными предприятиями. Раскрыта роль сертификации качества продукции и эффективности ассортиментной политики производителей продуктов питания в решении проблемы обеспечения населения безопасными и качественными продуктами питания. Описана методика комплексной сравнительной оценки достаточности ассортимента товаропроизводителей на примере предприятий мясоперерабатывающей отрасли Вологодской области, являющихся участниками Системы добровольной сертификации «Настоящий Вологодский продукт». Представлены результаты апробации данной методики, позволившие определить роль исследуемых товаропроизводителей в обеспечении продовольственной безопасности Вологодской области.

Цель исследования. Осуществление анализа эффективности ассортиментной политики производителей продуктов питания путем оценки достаточности ассортимента местных товаропроизводителей мясоперерабатывающей отрасли и построение их рейтинга на основе оригинальной методики комплексной сравнительной оценки.

Материалы и методы. В ходе исследования использовался метод многомерной комплексной сравнительной рейтинговой оценки предприятий, основанной на системе двух категорий индикаторов: индикаторы оценки потребительского спроса на мясную продукцию и индикаторы результативности продаж товаропроизводителей этой категории продукции. Сбор информации осуществлялся на основе статистической отчетности предприятий и методом специально организованного

анкетного интернет-опроса потребителей, анализ данных выполнялся путем нормирования и обобщения результатов, статистическими методами, методом рейтинговой оценки. Для представления результатов оценки использован табличный и графический методы.

Результаты. Для каждого товаропроизводителя, включенного в выборку, оценен уровень достаточности ассортимента, сделаны выводы об эффективности ассортиментной политики, его роли в обеспечении продовольственной безопасности на региональном рынке продуктов питания.

Заключение. Реализуя комплексный подход и апробировав методику оценки достаточности ассортимента мясоперерабатывающих производителей-участников бренда «Настоящий Вологодский продукт», были выявлены сильные и слабые стороны данных предприятий, что в целом позволяет судить об эффективности ассортиментной политики на потребительском рынке в данном секторе продуктов питания, о возможностях и угрозах продовольственной безопасности региона. Исследование показало, что продукция местных сельхозтоваропроизводителей, произведенная из сертифицированного экологически чистого сырья, имеет неоспоримые конкурентные преимущества, по сравнению с ввозимой из соседних регионов и импортируемой продукцией, однако требует более грамотного подхода к структуре и широте ассортимента, чтобы гарантированно удовлетворять растущий спрос населения на безопасные продукты питания.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, ассортиментная политика, достаточность ассортимента, сравнительная оценка, рейтинг, индикатор, потребительский спрос, результативность продаж, мясоперерабатывающие предприятия, «Настоящий Вологодский продукт».

Oksana A. Shikhova, Alexandra E. Turkina, Gevorg N. Suprikyan

Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin, Vologda, Russia

Sufficiency of Producers' Product Range as a Factor in Ensuring Regional Food Security

The article presents conceptual approaches to assessing the sufficiency of producers' product range as an important factor in ensuring regional food security. It substantiates the role of domestic production and raw material processing by agricultural enterprises. The importance of product quality certification and the effectiveness of food producers' assortment policies in addressing the challenge of providing the population with safe and high-quality food products is revealed. A methodology for comprehensive comparative evaluation of the sufficiency of producers' product ranges is described, using the example of meat processing enterprises in the Vologda region participating in the voluntary certification system "True Vologda product". The results of testing this methodology are presented, which helped to determine the role of the studied producers in ensuring food security in the Vologda region.

The purpose of the research. Conducting an analysis of the effectiveness of food producers' assortment policy by assessing the

sufficiency of product range offered by local meat processing enterprises and constructing their ranking based on an original methodology for comprehensive comparative evaluation.

Materials and methods. The study employed a method of multidimensional comprehensive comparative rating evaluation of enterprises, based on a system of two categories of indicators: indicators assessing consumer demand for meat products and indicators measuring sales performance of producers of this product category. Information was collected using enterprise statistical reports and a specially organized online consumer survey. Data analysis was carried out through normalization and aggregation of results, using statistical methods and rating evaluation techniques. The results of the assessment were presented using tabular and graphical methods.

Results. For each producer included in the sample, the level of assortment sufficiency was assessed, conclusions were drawn regarding the effectiveness of their assortment policy, and their

role in ensuring food security in the regional food market was determined.

Conclusion. By applying a comprehensive approach and testing the methodology for assessing the assortment sufficiency of meat processing producers participating in the “True Vologda product” brand, the study identified the strengths and weaknesses of these enterprises. This allows an overall evaluation of the effectiveness of assortment policy in the consumer market within this food sector, as well as an assessment of the opportunities and threats to regional food security. The research showed that products from

local agricultural producers, made from certified ecologically clean raw materials, have undeniable competitive advantages compared to goods imported from neighboring regions and abroad. However, these products require a more professional approach to the structure and breadth of their assortment in order to reliably meet the growing consumer demand for safe food.

Keywords: food security, assortment policy, assortment sufficiency, comparative evaluation, rating, indicator, consumer demand, sales performance, meat processing enterprises, “True Vologda product”.

Введение

Достижение достойного уровня обеспечения продовольствием — задача, актуальная в любые времена и стоящая перед любым обществом. Изучение проблемы продовольственной безопасности основано на стыке нескольких областей знаний: науки о международных отношениях, мировой политики, глобалистики, экономической теории. Особый подход к исследованию эта проблема приобретает, когда ее рассматривают на региональном уровне [1].

В каждом регионе, в том числе и в Вологодской области, важным инструментом обеспечения продовольственной безопасности со стороны правительства является контроль качества и количества предлагаемых продуктов питания. Наиболее эффективно эта деятельность реализуется именно для собственных региональных производителей продовольственного сырья. Так в Вологодской области помимо обязательной сертификации продуктов питания [2], для местных производителей и переработчиков сырья действует Система добровольной сертификации «Настоящий Вологодский продукт», включающая проверку качества и маркировку товаров соответствующим товарным знаком [3, 4].

Сертификация продуктов питания — это утвержденная на законодательном уровне процедура, которая проводится в форме обязательного декларирования уполномоченными аккредитованными органами

сертификации, в соответствии с положениями технических регламентов Таможенного Союза (Евразийского Экономического Союза). Согласно действующему законодательству о техническом регулировании в РФ, на пищевую продукцию должно быть оформлено два обязательных документа — это протокол лабораторных испытаний и декларация о соответствии (ЕАС). Добровольную сертификацию продуктов питания производитель может провести дополнительно в национальной российской системе ГОСТ Р. Но эти формы документов не являются взаимозаменяемыми. Если предприятие решило оформить добровольный сертификат, сначала необходимо оформить протокол и декларацию о соответствии, так как они являются обязательными и первоочередными [2].

В общем смысле, достаточность ассортимента — это такое состояние товарного предложения, при котором качественно и количественно ассортимент товаропроизводителя полностью удовлетворяет потребности целевой аудитории при одновременном обеспечении эффективности его деятельности. Это баланс между шириной, глубиной, качеством, безопасностью и новизной ассортимента, который позволяет товаропроизводителю достигать своих бизнес-целей, при этом обеспечивая решение проблемы продовольственной безопасности на уровне региона [5].

Важно отметить, что «достаточность» — это не абсолютное понятие, а скорее относитель-

ное, зависящее от множества факторов, включая:

- целевую аудиторию: что нужно потребителям, которые товаропроизводитель обслуживает?

- конкурентную среду: какой с качественной и количественной точек зрения ассортимент предлагают конкуренты?

- стратегию предприятия: какие цели и задачи стоят перед товаропроизводителем?

- ресурсы предприятия: какими ресурсами (финансовыми, производственными, логистическими) располагает товаропроизводитель? [6]

Поскольку целью исследования была разработка методики оценки достаточности ассортимента товаропроизводителя, были изучены различные отечественные и зарубежные подходы к решению этой задачи. Обобщая опыт, достаточность ассортимента можно оценивать:

- 1) с точки зрения маркетинга (основные критерии: фокус на потребителя, дифференциация и позиционирование, адаптивность и динамичность) [5];

- 2) с точки зрения менеджмента (основные критерии: эффективность и прибыльность, управление запасами, контроль и аналитика) [7, 8];

- 3) с точки зрения логистики (основные критерии: бесперебойность поставок);

- 4) с точки зрения экономической теории (основные критерии: спрос и предложение, эластичность спроса, закон убывающей отдачи) [9, 10].

Методики оценки достаточности ассортимента можно

встретить в работах Котлера [5], Аакера [11]. Методики оценки достаточности ассортимента можно встретить в работах Котлера [5], Аакера [11], Ченга и Филдса [12], Гроссманна [13] и т.п.

Обобщив знания по изученным методикам, нами была разработана и апробирована собственная методика комплексной сравнительной оценки достаточности ассортимента товаропроизводителя на примере предприятий-участников Системы добровольной сертификации «Настоящий Вологодский продукт», занимающихся переработкой мяса и производством продуктов питания населению из данного вида сырья.

Концептуальные положения и описание примененных методологических подходов. Согласно рассмотренным теоретическим аспектам методологических подходов к анализу эффективности ассортиментной политики товаропроизводителя, для оценки достаточности ассортимента предлагаемой им продукции, на наш взгляд, необходимо учитывать две основных категории показателей: **показатели потребительского спроса на продукцию** и **показатели результативности продаж продукции** конкретного производителя.

Важной составляющей в оценке достаточности ассортимента и построении рейтинга товаропроизводителей является оценка потребителя. При этом она должна иметь комплексный характер, учитывать основные характеристики ассортимента производителя, отражающие именно глазами потребителя его позицию на рынке и роль в продвижении продукции. Эффективность ассортиментной политики производителя продукции может быть оценена *индикатором его достаточности ассортимента* ($I_{ДА}$), значение которого будет получаться путем агрегиро-

вания (обобщения) значений системы индикаторов по *двум проблемным блокам*:

1) *Индикаторы результативности продаж* ($I_{РП}$);

2) *Индикаторы потребительского спроса* ($I_{ПС}$).

1. Индикаторы результативности продаж — показатели, отражающие изменение (динамику) финансового результата продаваемого ассортимента продукции:

1) индикатор изменения выручки от продаж ($I_{ДИНАМИКА}$): вычисляется как коэффициент изменения выручки от продаж в текущем периоде по сравнению с предыдущим периодом:

$$K_B = \frac{V_{\text{текущ}}}{V_{\text{пред}}},$$

где $V_{\text{текущ}}$ — выручка от реализации продукции за текущий анализируемый период; $V_{\text{пред}}$ — выручка от реализации продукции за предшествующий период;

Если $K_B < 1$, то имеющийся ассортимент продукции не способствует росту финансового результата продаж, если $K_B > 1$, то имеющийся ассортимент продукции благоприятствует росту финансового результата продаж.

2) индикатор финансового результата продаж ($I_{РЕЗУЛЬТАТ}$): определяется экспертным путем как условный количественный показатель наблюдаемого изменения величины финансового результата от продаж согласно следующей классификации:

«5» — «рост прибыли» — в текущем и предыдущем периодах продажи принесли прибыль, при этом наблюдается рост прибыли от продаж;

«4» — «снижение прибыли» — в текущем и предыдущем периодах продажи принесли прибыль, при этом наблюдается снижение прибыли от продаж;

«3» — «смена убытка на прибыль» — в предыдущем периоде продажи были убыточными,

при этом в текущем периоде они принесли прибыль;

«2» — «уменьшение убытка» — в текущем и предыдущем периодах продажи были убыточными, при этом наблюдается сокращение величины убытка от продаж;

«1» — «рост убытка» — в текущем и предыдущем периодах продажи были убыточными, при этом наблюдается рост величины убытка от продаж.

Описанный выше прием оценки финансового результата продаж обусловлен затруднениями, связанными с корректностью выполнения расчетов традиционного коэффициента изменения показателя прибыли от продаж (аналогичного коэффициенту изменения выручки) в силу того, что в случае с убытком от продаж классическая формула коэффициента роста не может быть применена, приводит к некорректному результату.

Источник информации для расчета значений индикаторов данного блока — бухгалтерская и финансовая отчетность предприятий, опубликованная Федеральной службой государственной статистики РФ. В качестве альтернативного источника данной информации могут выступать отчетные документы и информация, предоставленная непосредственно руководителем предприятия (организации). Метод сбора информации — традиционный анализ документов (кабинетное исследование).

2. Индикаторы потребительского спроса — показатели, вычисленные по результатам обобщения анкетного опроса потребителей. Источник информации для расчета значений индикаторов данного блока — опрос потребителей. Метод сбора информации — качественный (с определением доли респондентов, давших тот или иной ответ) и количественный опросы (с применением метода шкалирования).

Система индикаторов для комплексной оценки достаточности ассортимента продукции участников бренда «Настоящий Вологодский продукт» и построения их рейтинга по данным опроса потребителей
A system of indicators for a comprehensive assessment of the sufficiency of the products' assortment of the "True Vologda product" brand participants and constructing their rating according to a consumer survey

Номер п/п	Показатель для расчета агрегированного значения индикатора	Порядковый номер и формулировка вопроса в анкете (тип вопроса и вариантов ответов)
1. Индикатор сбалансированности ассортимента (И_{БАЛАНС})		
1	Показатель широты ассортимента	5. Какие из перечисленных видов мясной продукции, реализуемой участниками бренда «НВП», Вы покупаете?
2	Показатель устойчивости ассортимента	Матрица на соответствие с многозначным выбором: производитель – вид продукции (мясо сырое; полуфабрикаты мясные; готовое мясо и деликатесы; не покупаю) 6. Какие из перечисленных видов колбасной продукции, реализуемой участниками бренда «НВП», Вы покупаете? Матрица на соответствие с многозначным выбором: производитель – вид продукции (колбаса вареная; колбаса полукопченая; колбаса сырокопченая; не покупаю) 7. Какие из перечисленных видов другой продукции, реализуемой участниками бренда «НВП», Вы покупаете? Матрица на соответствие с многозначным выбором: производитель – вид продукции (консервы из мяса; сосиски и (или) сардельки; пельмени; не покупаю)
2. Индикатор эмоциональной привлекательности ассортимента (И_{ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ})		
3	Показатель востребованности продукции	1. Мясную продукцию каких производителей, входящих в бренд «НВП», Вы предпочитаете? Варианты ответов: список производителей Многозначный выбор 2. Как часто Вы покупаете мясную продукцию участников бренда «НВП»? Матрица на соответствие с однозначным выбором: производитель – степень частоты покупки продукции (регулярно, иногда, не покупаю)
4	Показатель доступности продукции	3. В каких местах Вы чаще всего приобретаете мясную продукцию участников бренда «НВП»? Матрица на соответствие с многозначным выбором: производитель – место покупки продукции (торговый центр; магазин шаговой доступности; специализированный киоск; фирменный магазин; не покупаю товар данного производителя) 4. На сколько баллов Вы оцените доступность приобретения мясной продукции участников бренда «НВП» в Вашем населенном пункте (от минимального «1» до максимального «5»)? Шкалированная матрица на соответствие с однозначным выбором: производитель – балльная оценка уровня доступности (от минимального «1» до максимального «5», с вариантом «затрудняюсь ответить») 11. Находясь в отъезде на территории другой области или страны, совершая покупки продуктов питания, мясную продукцию каких производителей-участников бренда «НВП» Вы встречали? Варианты ответов: список производителей Многозначный выбор
3. Индикатор репутации ассортимента (И_{РЕПУТАЦИЯ})		
5	Показатель удовлетворенности качеством продукции	8. Оцените, на сколько баллов Вы удовлетворены качеством продукции участников бренда «НВП» (от минимального «1» до максимального «5») Шкалированная матрица на соответствие с однозначным выбором: производитель – балльная оценка уровня доступности (от минимального «0» до максимального «5», с вариантом «затрудняюсь ответить») 10. Продукцию какого из производителей-участников бренда «НВП» Вы посоветуете приобрести своим близким и знакомым? Варианты ответов: список производителей Многозначный выбор 12. Укажите, на упаковке товаров каких производителей мясной продукции Вы замечали товарный знак «Настоящий Вологодский продукт»? Варианты ответов: список производителей Многозначный выбор
6	Показатель ценовой удовлетворенности продукцией	9. Оцените, насколько Вы удовлетворены ценой на продукцию участников бренда «НВП» (от минимального «0» до максимального «5») Шкалированная матрица на соответствие с однозначным выбором: производитель – балльная оценка уровня доступности (от минимального «1» до максимального «5», с вариантом «затрудняюсь ответить»)
4. Индикатор известности ассортимента (И_{ИЗВЕСТНОСТЬ})		
7	Показатель распространенности рекламы продукции	13. При каких обстоятельствах Вам доводилось сталкиваться с рекламой производителей мясной продукции, входящих в бренд «НВП»? (ответы на вопрос даны в виде матрицы, и если она не полностью отображена на экране, используйте возможность прокрутки экрана, чтобы увидеть все предлагаемые варианты ответов) Матрица на соответствие с многозначным выбором: производитель – обстоятельства увиденной рекламы о нем (рекламы никогда не видел(а); в магазинах и торговых точках; уличная реклама; СМИ и Интернет; советы знакомых)

Поскольку сравнительная оценка участников осуществляется в пределах определенной товарной группы, то анкеты для опроса потребителей в целом по содержательной сущности вопросов являются однотипными, однако различаются формулировками названий товарных групп, видом исследуемой продукции (например, в работе рассмотрена будет анкета по группе товаропроизводителей мясной продукции), перечисляемыми в категориях наименованиями товаров, принадлежащих к соответствующей товарной группе, а также предложенными для выбора в вариантах ответов списками товаропроизводителей, включенных в исследование и сравнительную оценку друг с другом.

Для исследования потребительского мнения использовался анкетный опрос. В анкету были включены основные вопросы (таблица 1) и 2 вспомогательных, позволяющих определить принадлежность респондента к возрастной группе и его статус по месту проживания с целью последующей оценки структуры обследованной целевой аудитории.

Распространение анкет может быть осуществлено в электронном виде посредством Форм Google, размещением информации о целях опроса и ссылки на опросную форму (в сети Интернет в социальных сетях «ВКонтакте», «Од-

ноклассники», рассылка по электронной почте на адреса респондентов, на сайте Вологодской ГМХА). Дальнейшее распространение ссылки на опросные формы осуществляется непосредственно респондентами, принявшими участие в опросе.

В систему индикаторов этого блока включены следующие *четыре оценочных индикатора* (по направлениям анализа), представляющих собой агрегированный промежуточный результат оценки ассортимента предприятия по определенному набору показателей мнения потребителя:

- *индикатор сбалансированности ассортимента* ($I_{\text{БАЛАНС}}$);
- *индикатор эмоциональной привлекательности ассортимента* ($I_{\text{ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ}}$);
- *индикатор репутации ассортимента* ($I_{\text{РЕПУТАЦИЯ}}$);
- *индикатор известности ассортимента* ($I_{\text{ИЗВЕСТНОСТЬ}}$).

Значения индикаторов представляют собой агрегированные показатели, имеющие коэффициентное выражение, получающееся путем обобщения значений 7 частных показателей, определяемых на основе ответов респондентов на вопросы анкетного опроса потребителей, вычисляемых в соответствии с методикой их расчета, которая будет представлена далее в этом разделе.

Система индикаторов, формирующих их частных показателей, и содержания формулировок соответствующих

вопросов в анкете исследования мнения потребителей о производителях мясной продукции-участниках бренда «Настоящий Вологодский продукт» и ассортименте их продукции представлены в таблице 1.

Для каждого типа вопроса анкеты применялись разные приемы перевода полученных ответов респондентов в количественный показатель, их агрегирование с последующим нормированием, чтобы вывести коэффициент – индикатор оценки общего результата опроса по каждому предприятию [14, 15].

На основании рассмотренной выше системы индикаторов, представленной показателями двух блоков: *индикаторы результативности продаж* ($I_{\text{РП}}$) и *индикаторы потребительского спроса* ($I_{\text{ПС}}$), стало возможным осуществить глубокий и детальный сравнительный анализ достаточности ассортимента мясоперерабатывающих предприятий путем применения методики многомерной сравнительной комплексной оценки. Далее определялись классическим методом значения рейтинговых оценок для предприятий как по частным индикаторам обоих блоков, по самим блокам в отдельности, и общее значение по всей системе индикаторов [14, 15].

Качественная характеристика уровня полученной оценки достаточности ассортимента каждого предприятия осуществляется в соответствии с блоками индикаторов на основе интервальной шкалы значений полученных интегрированных уровней, представленной в таблице 2. На основе полученных результатов оценки возможно построение рейтинга и типологическая группировка предприятий по уровню достаточности ассортимента, разработка рекомендаций по корректировке ассортиментной политики с целью решения

Таблица 2 / Table 2

Интервальная шкала значений интегрированного уровня сравнительной оценки уровня достаточности ассортимента предприятий

Interval scale of values of the integrated level of comparative assessment of the sufficiency level of the assortment of enterprises

Область значений уровня	Границы интервала	Характеристика оценки уровня достаточности ассортимента предприятия
1	$85 \leq I_{\text{ДА}} \leq 100$	высокий
2	$65 \leq I_{\text{ДА}} < 85$	оптимальный
3	$45 \leq I_{\text{ДА}} < 65$	средний
4	$25 \leq I_{\text{ДА}} < 45$	ограниченный
5	$0 \leq I_{\text{ДА}} < 25$	низкий

Таблица 3 / Table 3

**Комплексная сравнительная рейтинговая оценка достаточности ассортимента предприятий
мясоперерабатывающей отрасли, являющихся участниками Системы добровольной сертификации «Настоящий
Вологодский продукт»**

**Comprehensive comparative rating assessment of the sufficiency of the assortment of meat processing enterprises
participating in the Voluntary certification system "True Vologda product"**

Предприятие	Уровень достаточности ассортимента предприятия	Комплексная оценка достаточности ассортимента ИДА		Блок 1. Индикаторы результативности продаж ИРП		Блок 2. Индикаторы потребительского спроса ИПС	
		%	ранг	%	ранг	%	ранг
СПК «Агрофирма Красная Звезда»	оптимальный	81,9	5	24,8	12	96,3	2
АО «Череповецкий мясокомбинат»	высокий	97,2	2	85,1	3	96,2	3
ЗАО ПК «Вологодские консервы»	оптимальный	82,1	4	72,3	7	82,6	5
ЗАО «Агромясопром»	высокий	93,7	3	82,1	5	93,1	4
ЗАО «Вологодский мясокомбинат»	высокий	100,0	1	83,3	4	100,0	1
ООО «Вологодский мясодел»	средний	51,3	6	100,0	1	38,9	7
СХПК «Племптица – Можайское»	низкий	20,4	8	86,9	2	7,1	8
ООО ТД «МиМП»	ограниченный	33,0	7	0,0	13	47,1	6
ООО «ЧереповецПтица»	низкий	17,7	9	77,1	6	6,8	9
СПК Сокольский мясокомбинат	низкий	14,7	10	72,3	8	4,8	10
ССППК «Кооппродукт»	низкий	0,0	13	30,5	11	0,0	13
ООО «Сытный дом»	низкий	10,7	11	57,0	9	4,6	11
ООО «Тотемский перерабатывающий завод»	низкий	6,6	12	51,2	10	1,6	12

задачи повышения ее эффективности.

Соответствие уровня интегрированной сравнительной оценки предприятия той или иной из пяти обозначенных областей характеризует уровень достаточности его ассортимента и степень проявления признаков в соответствии с выделенными блоками индикаторов и формирующих их частных показателей.

Результаты исследования. Анкетный интернет-опрос «Настоящий Вологодский продукт – Мясная продукция», проведенный посредством google-формы, позволил сформировать выборку из 500 потребителей, проживающих на территории Вологодской области.

Исследование и полученные значения комплексной сравнительной оценки показали очевидное лидерство и, согласно шкале в таблице 3, высокий уровень достаточности ассортимента для трех товаропроизводителей: ЗАО «Вологодский мясокомбинат» ($I_{\text{ДА}} = 100,0$; 1

место рейтинга), АО «Череповецкий мясокомбинат» ($I_{\text{ДА}} = 97,2$; 2 место) и ЗАО «Агромясопром» ($I_{\text{ДА}} = 93,7$; 3 место) (таблица 3).

Однако ЗАО «Вологодский мясокомбинат», имея самый высокий агрегированный показатель уровня достаточности ассортимента, проигрывает двум другим лидерам рейтинга по блоку индикаторов результативности продаж (4 место). При этом региональный потребитель дал высокую оценку мясной продукции, предлагаемой этим предприятием.

Чтобы визуализировать и детализировать полученную комплексную оценку, предлагается построение так называемой лепестковой диаграммы («ассортиментная звезда»), на лучах которой в соответствии со шкалой отображаются значения индикаторов по пяти основных направлениям оценки достаточности ассортимента (рис. 1).

Стоит отметить, что степень правильности формы «ас-

сортиментной звезды» (условное равенство длин ее лучей) и ее размах дают графическое представление об эффективности ассортиментной политики предприятия. Чем шире и правильнее по форме «звезда», тем эффективнее ассортиментная политика предприятия. В ходе исследования подобные диаграммы были построены для всех 13 товаропроизводителей. Пример «ассортиментной звезды» для одного из «аутсайдеров» рейтинга – ООО «Тотемский перерабатывающий завод» представлен на рисунке 2. Мы видим, что «звезда» имеет малую площадь размаха и два луча являются вырожденными (отсутствуют). Что указывает на слабые стороны ассортиментной политики данного предприятия – очевидно, продукция его малоизвестна покупателю и имеет низкую оценку ее качества. А это одни из самых важных показателей безопасности продуктов питания, предлагаемых товаропроизводителем.

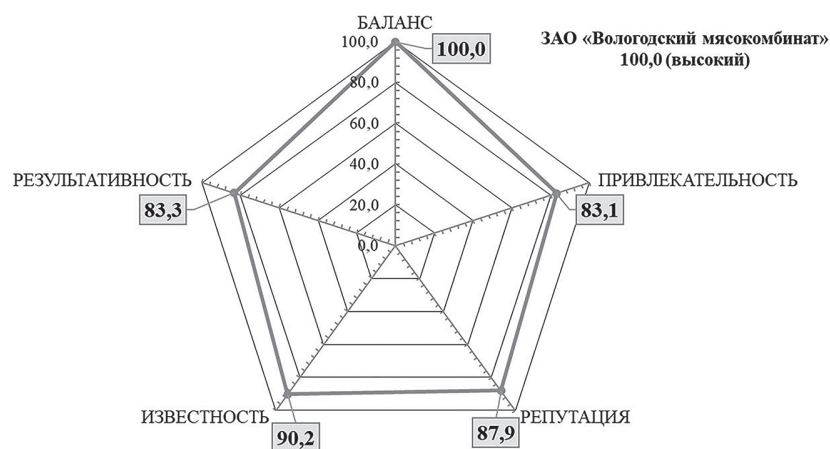


Рис. 1. Оценка уровня достаточности ассортимента ЗАО «Вологодский мясокомбинат»

Источник: составлено авторами по результатам кабинетного и маркетингового исследований

Fig. 1. Assessment of the level of the assortment sufficiency of CJSC "Vologda meat processing plant"

Source: compiled by the authors based on the results of desktop and marketing research



Рис. 2. Оценка уровня достаточности ассортимента ООО «Тотемский перерабатывающий завод»

Источник: составлено авторами по результатам кабинетного и маркетингового исследований

Fig. 2. Assessment of assortment sufficiency of LLC "Totemsky processing plant"

Source: compiled by the authors based on the results of desktop and marketing research

Получаемые в ходе применения предлагаемой методики значения комплексной оценки позволяют дать общий вывод о достаточности ассортимента, однако, для более глубокого анализа эффективности ассортиментной политики необходимо изучить и дать толкование получаемых блоковых оценок по основным пяти направлениям исследования (таблица 4).

Данные таблицы 4 показывают, что высокие показатели

блоковых оценок встречаются лишь у 7 предприятий в выборке, причем только лишь у 3 предприятий такие показатели наблюдаются по 3 блокам, у 2 предприятий по 2 блокам и еще у 2 предприятий по 1 блоку. Так ассортиментную политику АО «Череповецкий мясокомбинат» можно считать достаточно эффективной, так как его продукция хорошо известна и привлекательна, а значит высоко востребованна, у местного потребителя, при

этом имеет хорошие показатели результативности продаж. Политика работы над своим ассортиментом также эффективна и для СПК «Агрофирма Красная Звезда»: предприятие является лидером по известности и репутации своих продуктов питания у населения, имея хорошую оценку сбалансированности ассортимента, но в силу меньшего масштаба производства в сравнении с лидерами общего рейтинга, получило низкую оценку результативности продаж. Два лидера общего рейтинга ЗАО «Агромясопром» и ЗАО «Вологодский мясокомбинат» имеют высокие оценки по двум из пяти блокам, при этом показатели оценок по остальным блокам также существенно выше среднего, что указывает на эффективность их ассортиментной политики.

Половина исследованных предприятий существенно уступают по блоковым и общей оценкам. Так, например, СПК Сокольский мясокомбинат, получив низкую комплексную оценку уровня достаточности ассортимента ($I_{\text{ДА}} = 14,7$), при оптимальной результативности продаж имеет очевидно слабые места в отношении привлекательности, известности и репутации своих продуктов, предлагаемых покупателю. А значит здесь необходима работа над маркетинговой политикой предприятия и над качеством выпускаемой продукции. Также необходимо отслеживать и контролировать соблюдение качества продукции и в точках продаж, стимулировать продажи, чтобы товар не залеживался и реализовывался своевременно с учетом сроков годности.

По результатам исследования, благодаря примененной методике, были выявлены сильные и слабые стороны ассортиментной политики каждого товаропроизводителя, даны рекомендации по повышению ее эффективности.

Таблица 4 / Table 4

Блочные оценки ассортимента предприятий мясоперерабатывающей отрасли, являющихся участниками Системы добровольной сертификации «Настоящий Вологодский продукт»

Table 4. Block assessments of the assortment of meat processing enterprises that are participants in the Voluntary certification system "True Vologda Product"

Предприятие	Результативность	Баланс	Привлекательность	Репутация	Известность
СПК «Агрофирма Красная Звезда»	24,8	90,9	69,8	100,0	100,0
АО «Череповецкий мясокомбинат»	85,1	81,8	100,0	69,9	94,5
ЗАО ПК «Вологодские консервы»	72,3	100,0	69,9	35,4	93,0
ЗАО «Агромясопром»	82,1	81,8	76,3	92,1	98,3
ЗАО «Вологодский мясокомбинат»	83,3	100,0	83,1	87,9	90,2
ООО «Вологодский мясодел»	100,0	63,6	33,1	30,4	25,9
СХПК «Племптица – Можайское»	86,9	0,0	20,8	41,0	1,3
ООО ТД «МиМП»	0,0	63,6	8,2	62,9	74,3
ООО «ЧереповецПтица»	77,1	0,0	0,0	74,5	0,0
СПК Сокольский мясокомбинат	72,3	36,4	4,0	0,7	2,3
ССППК «Кооппродукт»	30,5	0,0	0,0	31,1	18,3
ООО «Сытный дом»	57,0	18,2	18,2	6,7	1,0
ООО «Тотемский перерабатывающий завод»	51,2	18,2	15,1	0,0	0,0

Заключение

Подводя итог, можно отметить, что региональные сельхозтоваропроизводители, специализирующиеся на переработке

мяса, играют важную роль в обеспечении продовольственной безопасности Вологодской области. Но, реализуемая большинством из них, ассортиментная политика, требует существен-

ной корректировки, и в первую очередь в отношении качества и рекламы предлагаемых населению продуктов питания из мяса сельскохозяйственных местного производства.

Литература

1. Селина М.Н., Шихова О.А., Барина О.И. Роль брендинга в обеспечении продовольственной безопасности региона // Маркетинг в России и за рубежом. 2020. № 3(137). С. 57–64.
2. Сертификация продуктов питания [Электрон. ресурс] // РОСПРООМТЕСТ. Режим доступа: <https://www.rosproomtest.ru/sertifikati/sertifikatsiya-produktov-pitaniya/>.
3. Настоящий Вологодский продукт [Электрон. ресурс] // Официальный портал Правительства Вологодской области. Режим доступа: https://vologda-oblast.ru/o_region/brendy/nastoyashchiy_vologodskiy_produkt/.
4. Настоящий Вологодский продукт [Электрон. ресурс] // Вологодский информационно-консультационный центр агропромышленного комплекса. Режим доступа: <https://www.xn--35-dlc7bl.xn--p1ai/?ysclid=m6slmnd7lm799173548>.
5. Котлер Ф., Келлер К. Л. Маркетинг менеджмент. СПб.: Питер, 2019. 464 с.
6. Голубков Е. П. Маркетинговые исследования: теория, методология и практика. М.: Финпресс, 2017. 576 с.
7. Друкер П. Ф. Менеджмент: задачи, обязанности, практика. М.: Вильямс, 2008. 989 с.

8. Чейз Р.Б., Джейкобс Ф.Р., Аквилано Н.Дж. Производственный и операционный менеджмент. М.: Вильямс, 2017. 1094 с.
9. Пиндайк Р., Рубинфельд Д. Микроэкономика. СПб.: Питер, 2002. 608 с.
10. Макконнелл К. Р. Экономикс: принципы, проблемы и политика. М.: ИНФРА-М, 2018. 1056 с.
11. Aaker D. A. Building strong brands. New York: Simon and Schuster, 2012. 196 с.
12. Cheng P. Y., Fildes R. The use of the demand information in inventory decision making. 2011. С. 202–211.
13. Grossman G. M. The optimal design of an industry product line. 2010. P. 723–763.
14. Шихова О.А. Методологические подходы к интегрированной оценке силы бренда на основе системы индикаторов и моделирования обобщенных результатов опроса потребителей // Статистика и Экономика. 2021. № 18(2). С. 22–33. DOI: 10.21686/2500-3925-2021-2-22-33.
15. Шихова О.А., Туркина А.Е., Мелентьева М.М. Комплексная сравнительная рейтинговая оценка предприятий мясоперерабатывающей отрасли Вологодской области // Статистика и Экономика. 2025. № 22(1). С. 26–33. DOI: 10.21686/2500-3925-2025-1-26-33.

References

1. Selina M.N., Shikhova O.A., Barinova O.I. The role of branding in ensuring food security in the region. *Marketing v Rossii i za rubezhom* = Marketing in Russia and Abroad. 2020; 3(137): 57–64. (In Russ.)
2. Food Certification [Internet]. ROSPROMTEST. Available from: <https://www.rospromtest.ru/sertifikati/sertifikaciya-produktov-pitaniya/>. (In Russ.)
3. Real Vologda product [Internet]. Ofitsial'nyy portal Pravitel'stva Vologodskoy oblasti = Official portal of the Government of the Vologda Oblast. Available from: https://vologda-oblast.ru/o_regione/brendy/nastoyashchiy_vologodskiy_produkt/. (In Russ.)
4. Real Vologda product [Internet]. Vologodskiy informatsionno-konsul'tatsionnyy tsentr agropromyshlennogo kompleksa = Vologda information and consulting center of the agro-industrial complex. Available from: <https://www.xn--35-dlc7bl.xn--p1ai/?ysclid=m6slmnd7lm799173548>. (In Russ.)
5. Kotler F., Keller K. L. *Marketing menedzhment* = Marketing management. Saint Petersburg: Piter; 2019. 464 p. (In Russ.)
6. Golubkov Ye. P. *Marketingovyye issledovaniya: teoriya, metodologiya i praktika* = Marketing research: theory, methodology and practice. Moscow: Finpress; 2017. 576 p. (In Russ.)
7. Druker P. F. *Menedzhment: zadachi, ob-yazannosti, praktika* = Management: tasks, respon-

sibilities, practice. Moscow: Williams; 2008. 989 p. (In Russ.)

8. Cheyz R. B., Dzheykobs F. R., Akvilano N. Dzh. *Proizvodstvennyy i operatsionnyy menedzhment* = Production and operations management. Moscow: Williams; 2017. 1094 p. (In Russ.)

9. Pindayk R., Rubinfel'd D. *Mikroekonomika* = Microeconomics. Saint Petersburg: Piter; 2002. 608 p. (In Russ.)

10. Makkonnell K. R. *Ekonomiks: printsipy, problemy i politika* = Economics: principles, problems and policy. Moscow: INFRA-M; 2018. 1056 p. (In Russ.)

11. Aaker D. A. *Building strong brands*. New York: Simon and Schuster; 2012. 196 p.

12. Cheng P. Y., Fildes R. The use of the demand information in inventory decision making. 2011: 202–211.

13. Grossman G. M. The optimal design of an industry product line. 2010: 723–763.

14. Shikhova O.A. Methodological approaches to an integrated assessment of brand strength based on a system of indicators and modeling of generalized consumer survey results. *Statistika i Ekonomika* = Statistics and Economics. 2021; 18(2): 22–33. DOI: 10.21686/2500-3925-2021-2-22-33. (In Russ.)

15. Shikhova O.A., Turkina A.Ye., Melent'eva M.M. Comprehensive comparative rating assessment of meat processing enterprises in the Vologda Oblast. *Statistika i Ekonomika* = Statistics and Economics. 2025; 22(1): 26–33. DOI: 10.21686/2500-3925-2025-1-26-33. (In Russ.)

Сведения об авторах

Оксана Анатольевна Шихова

К.э.н., доцент кафедры экономики и управления в АПК

Вологодская государственная
молочнохозяйственная академия
имени Н.В. Верещагина, Вологда, Россия
Эл. почта: oksana-shikhova@yandex.ru

Александра Евгеньевна Туркина

Магистрант

Вологодская государственная
молочнохозяйственная академия
имени Н.В. Верещагина, Вологда, Россия
Эл. почта: Aleks.tu01@mail.ru

Геворг Нианович Суприян

Аспирант

Вологодская государственная
молочнохозяйственная академия имени
Н.В. Верещагина, Вологда, Россия
Эл. почта: suprikyan@internet.ru

Information about the authors

Oksana A. Shikhova

Cand. Sci. (Economics), Associate Professor of
the Department of Economics and Management in
Agriculture

Vologda State Dairy Academy named
after N.V. Vereshchagin, Vologda, Russia
E-mail: oksana-shikhova@yandex.ru

Alexandra E. Turkina

Master's student

Vologda State Dairy Academy named
after N.V. Vereshchagin,
Vologda, Russia
E-mail: Aleks.tu01@mail.ru

Gevorg N. Suprikyan

Graduate student

Vologda State Dairy Academy named after
N.V. Vereshchagin,
Vologda, Russia
E-mail: suprikyan@internet.ru



УДК 338.2(631.16)

DOI: <http://dx.doi.org/10.21686/2500-3925-2025-4-13-24>

В.В. Врублевская, М.В. Вельм

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
Иркутск Россия

Производство овощей и фруктов в Узбекистане: потенциал для насыщения российского рынка

Проблема обеспечения российского рынка овощами и фруктами достаточно долго является актуальной, из-за неблагоприятных природно-климатических условий России, достаточно тяжело решаемая с помощью объединения науки и огромных вложений, которых нет у сельхозтоваропроизводителей. Узбекистан, как одна из дружественных стран обладает всем необходимым для увеличения поставок плодовоовощной продукции и может обеспечить укрепление продовольственной безопасности России.

Цель исследования. Целью проводимого исследования является сравнительный анализ производства плодовоовощной продукции в Узбекистане и России в контексте оценки потенциала насыщения российского рынка плодовоовощной продукции и разработке рекомендаций по развитию их торгово-экономических отношений.

Материалы и методы. В ходе исследования используется нормативная, справочная и статистическая информация. Эмпирическую базу исследования составили данные федеральной службы государственной статистики России (Росстат), межгосударственного статистического комитета Содружества Независимых Государств (Статкомитет СНГ), Национального комитета Республики Узбекистан по статистике, публикации в открытых источниках. Объектом исследования является предложение на рынке плодовоовощной продукции в Узбекистане и России. В работе применялись статистические методы: описательной статистики, сравнительный анализ, анализ динамических рядов, монографический и другие методы исследования.

Результаты. Авторский подход в исследовании рынка плодовоовощной продукции Узбекистана и России, позволил всесторонне

проанализировать и выявить: что объемы производства в России больше, чем в Узбекистане, за счет большего количества площадей и высокого уровня урожайности, но из-за большего количества населения в России уровень производства не достаточный для обеспечения высокого уровня самообеспеченности; основными производителями в России являются хозяйства населения и сельскохозяйственные организации, что позволяет обеспечивать высокий уровень урожайности по сравнению с Узбекистаном, где основными производителями являются хозяйства населения и фермерские хозяйства в которых преобладает ручной труд; высокий уровень самообеспеченности в Узбекистане позволяет поддерживать высокий уровень потребления на душу населения овощей и фруктов и потреблять их в достаточных количествах.

Заключение. Учитывая полученные результаты, для обеспечения укрепления продовольственной безопасности России и насыщения российского рынка плодовоовощной продукцией разработаны рекомендации по основным направлениям формирования и развития торгово-экономических отношений между странами, а именно условия транспортных поставок, включая логистику, законодательство, условия хранения и распределения плодовоовощной продукции, включая создание мультимодальных торгово-логистических центров, перевалочных хабов, распределительных центров, а также укрепления и расширение торгово-экономических отношений за счет использования долгосрочных контрактов и интернет — площадок и другие.

Ключевые слова: рынок, плодовоовощная продукция, овощи, фрукты, картофель, Узбекистан, Россия, экспорт, импорт, самообеспеченность.

Veronika V. Vrublevskaya, Marina V. Velm

Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

Fruit and Vegetable Production in Uzbekistan: Potential for Saturation of the Russian Market

The problem of providing the Russian market with vegetables and fruits has been relevant for quite a long time, due to the unfavorable natural and climatic conditions of Russia, it is quite difficult to solve with the help of combining science and huge investments that agricultural producers do not have. Uzbekistan, as one of the friendly countries, has everything necessary to increase the supply of fruit and vegetable products and can ensure the strengthening of Russia's food security.

The purpose of the study. The purpose of the study is a comparative analysis of the production of fruit and vegetable products in Uzbekistan and Russia in the context of assessing the saturation potential of the Russian market of fruit and vegetable products and elaborating recommendations for the development of their trade and economic relations.

Materials and methods. The research uses normative, reference, and statistical information. The empirical base of the study was the data from the Federal State Statistics Service of Russia (Rosstat), the Interstate Statistical Committee of the Commonwealth of Independent States (CIS Statistical Committee), the National Committee of the Republic of Uzbekistan on Statistics, and publications in open sources. The object of the study is the market supply of fruit and vegetable

products in Uzbekistan and Russia. Statistical methods were used in the paper: descriptive statistics, comparative analysis, dynamic series analysis, monographic and other research methods.

Results. The author's approach to market research of fruit and vegetable products of Uzbekistan and Russia has allowed for a comprehensive analysis and identification: that production volumes in Russia are higher than in Uzbekistan, due to the larger area and high yield levels, but due to the larger population in Russia, the production level is not sufficient to ensure a high level of self-sufficiency; the main producers in Russia are households of the population and agricultural organizations, which makes it possible to ensure a high level of yield compared to Uzbekistan, where the main producers are households of the population and farms in which manual labor prevails; a high level of self-sufficiency in Uzbekistan makes it possible to maintain a high level of per capita consumption of vegetables and fruits and consume them in sufficient quantities.

Conclusion. Taking into account the results obtained, in order to strengthen Russia's food security and saturate the Russian market with fruit and vegetable products, recommendations have been elaborated on the main areas of formation and development of trade

and economic relations between the countries, namely the conditions of transport supplies, including logistics, legislation, conditions for storage and distribution of fruit and vegetable products, including the creation of multimodal trade and logistics centers, transshipment hubs, distribution centers, as well as strengthening and expanding

trade and economic relations through the use of long-term contracts and online platforms, and others.

Keywords: market, fruit and vegetable products, vegetables, fruits, potatoes, Uzbekistan, Russia, exports, imports, self-sufficiency.

1. Введение

Узбекистан, благодаря своему благоприятному климату и богатым сельскохозяйственным традициям, обладает огромным потенциалом в производстве овощей и фруктов. В последние годы страна активно развивает этот сектор, стремясь не только удовлетворить внутренний спрос, но и выйти на международные рынки. Одним из перспективных направлений является экспорт плодоовощной продукции в Россию, где наблюдается устойчивый спрос на качественные и доступные продукты. Россия в свою очередь имеет большую площадь, но не на всей территории страны существуют благоприятные условия для выращивания как фруктов, так и овощей. Фрукты и овощи, включая картофель, являются необходимыми и полезными продуктами питания. Плодоовощная продукция является главными источниками клетчатки, витаминов, ценных питательных веществ и микроэлементов, они содержат большое количество природных антиоксидантов, которые препятствуют раннему старению и развитию раковых заболеваний, укрепляют здоровье сердечно-сосудистой и нервной систем и т.д. Обеспечение населения овощами, картофелем и фруктами является одной из первоочередных задач, но не быстро решаемой за счет собственного производства из-за неблагоприятных климатических условий России, и в данной ситуации производство в Узбекистане может помочь в решении данной задачи.

2. Методика исследования

Для анализа производства овощей и фруктов в Узбекистане и определения потен-

циала для насыщения российского рынка были отобраны показатели и предложена методика, основанная на уровнях самообеспеченности населения и насыщенности рынка. Она позволяет оценить уровень воспроизводства и предложения на рынке плодоовощной продукции, а также наполненность рынка продукцией собственного производства и уровень экономической доступности плодоовощной продукции, выявить возможности роста объемов производства и импорта на российский рынок, сделать рекомендации развития.

Методика анализа, заключается в анализе совокупности объектов наблюдения Y_j ($j = 1, 2, 3 \dots m$), которыми являются сельскохозяйственные товаропроизводители плодоовощной продукции в Узбекистане и России. При этом каждый из исследуемых объектов характеризуется n признаками, а следовательно, его можно представить следующим образом: $Y_j = (x_{j1}, x_{j2}, x_{j3} \dots x_{jn})$, где x_{ji} — значение i -го признака j -го объекта. Для формирования совокупности признаков, характеризующих исследуемые объекты с точки зрения оценки уровня производства овощей и фруктов в Узбекистане и определения потенциала для насыщения российского рынка, использовались следующие показатели:

1. Валовый сбор (тонны), площади посевов (га) и урожайность овощей и фруктов, ц/га;
2. Структура производства овощей и фруктов по категориям хозяйств, %;
3. Производство и потребление овощей и фруктов на душу населения, кг.;
4. Самообеспеченность населения овощами и фруктами, %;

5. Динамика, структура и география экспорта плодоовощной продукции в Узбекистане. Доля экспорта плодоовощной продукции из Узбекистана в российском импорте.

Анализ объемов производства овощей и фруктов в Узбекистане и России требует рассмотрения нескольких ключевых показателей. Валовой сбор отражает общий объем произведенной продукции, позволяя оценить масштаб овощеводства и плодоводства в каждой стране. Площади посевов демонстрируют ресурсы, выделенные под выращивание овощей и фруктов, указывая на приоритетность данной отрасли в сельском хозяйстве. Урожайность, в свою очередь, показывает эффективность использования посевных площадей и применяемых агротехнологий. Сравнение этих показателей позволит выявить сильные и слабые стороны овощеводства в каждой стране, определить факторы, влияющие на объемы производства.

Структура производства овощей и фруктов по категориям хозяйств (сельскохозяйственные предприятия, фермерские хозяйства, хозяйства населения) важна для понимания организации отрасли и ее потенциала. В Узбекистане, где велика доля личных подсобных хозяйств, производство может быть менее ориентировано на рынок, чем в России, где преобладают крупные сельскохозяйственные предприятия. Сравнение структуры позволит выявить различия в подходах к производству, логистике и сбыту овощной продукции.

Производство и потребление овощей и фруктов на душу населения отражает доступность овощей для населения и

уровень их потребления. Сравнение этих показателей с рациональной нормой потребления позволит оценить степень обеспеченности населения и уровень экономической доступности овощей и фруктов, а также выявить необходимость в дополнительных мерах по стимулированию производства или импорта. Уровень самообеспеченности населения овощами и фруктами, рассчитываемый как отношение внутреннего производства к внутреннему потреблению, является ключевым показателем продовольственной безопасности. В экономике выделяют несколько групп самообеспеченности с интервальными параметрами:

– I группа: до 80% – находится за пределами продовольственной безопасности, страна полностью зависит от импорта;

– II группа: 80–99,9% – критическое значение продовольственной безопасности, страна нуждается в продовольственном обеспечении;

– III группа: 100–110% – страна полностью обеспечивает себя продовольственными ресурсами и использует в допустимых пределах ресурсы импорта (до 20% от общего объема потребления);

– IV группа: свыше 110% – страна полностью обеспечивает себя продовольственными ресурсами, имеет возможность реализовывать продукцию в других странах [1].

Анализ динамики, структуры и географии экспорта плодоовощной продукции в Узбекистане позволит оценить экспортный потенциал страны и ее роль на российском рынке. Динамика экспорта покажет тенденции развития экспортного направления и его влияние на экономику страны. Доля экспорта плодоовощной продукции из Узбекистана в российский импорт позволит оценить уровень внешне-торгового сотрудничества между странами.

3. Результаты и их обсуждение

Исследование производства овощей и фруктов в Узбекистане, а также потенциала для насыщения российского рынка обусловлено рядом факторов, определяющих растущую взаимосвязанность экономик России и Узбекистана, особенно в сфере агропромышленного комплекса. Во-первых, санкционное давление на Россию и переориентация торговых потоков создают благоприятные условия для расширения поставок плодоовощной продукции из дружественных стран, в частности, из Узбекистана. Российский рынок, традиционно зависящий от импорта овощей и фруктов, испытывает потребность в диверсификации поставщиков и обеспечении продовольственной безопасности.

Во-вторых, Узбекистан обладает значительным потенциалом для наращивания производства и экспорта плодоовощной продукции. Благоприятные климатические условия, наличие трудовых ресурсов и государственная поддержка сельского хозяйства создают предпосылки для удовлетворения растущего спроса на российском рынке. Однако, реализация этого потенциала требует комплексного анализа существующих проблем и перспектив развития отрасли.

В-третьих, исследование актуально с точки зрения укрепления двусторонних экономических связей между Россией и Узбекистаном. Развитие взаимовыгодного сотрудничества в сфере сельского хозяйства способствует созданию новых рабочих мест, привлечению инвестиций и повышению уровня жизни населения обеих стран.

В-четвертых, необходимо учитывать современные тенденции развития мирового рынка плодоовощной продук-

ции, такие как повышение требований к качеству и безопасности продукции, внедрение инновационных технологий в производство и логистику. Исследование должно выявить конкурентные преимущества и недостатки узбекских производителей на российском рынке, а также предложить рекомендации по повышению их конкурентоспособности.

Таким образом, всесторонний анализ потенциала Узбекистана в производстве овощей и фруктов для насыщения российского рынка является актуальной и востребованной задачей, имеющей важное практическое значение для развития агропромышленного комплекса обеих стран.

Анализ перспектив производства плодоовощной продукции в Узбекистане и ее экспортного потенциала на российский рынок, как уже отмечалось, требует комплексного подхода. Первоначально необходимо оценить текущее состояние плодоовощного сектора, объемы валовых сборов Узбекистана и России (таблица 1), включая площади под посадками, урожайность основных культур (рисунок 1), что поможет выявить за счет каких факторов осуществляется рост объемов производства.

Проведя анализ динамики объемов валового сбора овощей и фруктов за анализируемый период в Узбекистане и России, выявлено в первую очередь, что в России объем валового сбора плодоовощных культур больше, чем в Узбекистане. Во-вторых, в Узбекистане валовый сбор овощей, картофеля и фруктов имеет устойчивую тенденцию роста на протяжении всего анализируемого периода, в России же овощи и картофель имеют скачкообразную динамику, фрукты устойчивый темп роста.

Устойчивая тенденция роста объемов валового сбора плодоовощной продукции

Таблица 1 / Table 1

Валовый сбор плодовоовощной продукции в Узбекистане и России за период 2019-2023гг., млн тонн

Gross harvest of fruits and vegetables in Uzbekistan and Russia for the period 2019-2023, million tons

Страна	Валовый сбор	Годы					2023г. в % к 2019г.
		2019	2020	2021	2022	2023	
Узбекистан	Овощи	10,2	10,4	10,8	11,2	11,5	112,7
	Картофель	3,1	3,1	3,3	3,4	3,6	116,1
	Фрукты	2,7	2,8	2,8	3,0	3,1	114,8
Россия	Овощи	14,1	13,9	13,0	13,6	13,8	97,9
	Картофель	22,1	19,6	17,9	18,8	20,2	91,4
	Фрукты	3,6	4,3	4,8	5,1	5,1	141,7

в Узбекистане, как отмечает Бердиев А.Х. [2, с. 908] обеспечивается существующими природно-климатическими условиями страны, которые по-

зволяют устойчиво развивать плодовоовощное производство, что подтверждается данными официальной статистики представленной в таблице 1.

Анализируя структуру производства плодовоовощной продукции можно отметить, что наибольший объем валового сбора в Республике Узбекистан приходится на овощи (63,2%), так в 2023г. объем производства овощей в республике составил 11,5 млн тонн, что на 12,7% больше чем в 2019г. Объемы производства картофеля и фруктов, имеют примерно одинаковую долю (19,8%, 17,0% соответственно) и имеют тенденцию к росту 16,6% и 14,8% соответственно. Следует отметить, что Президент и правительство Республики Узбекистан уделяют большое внимание развитию

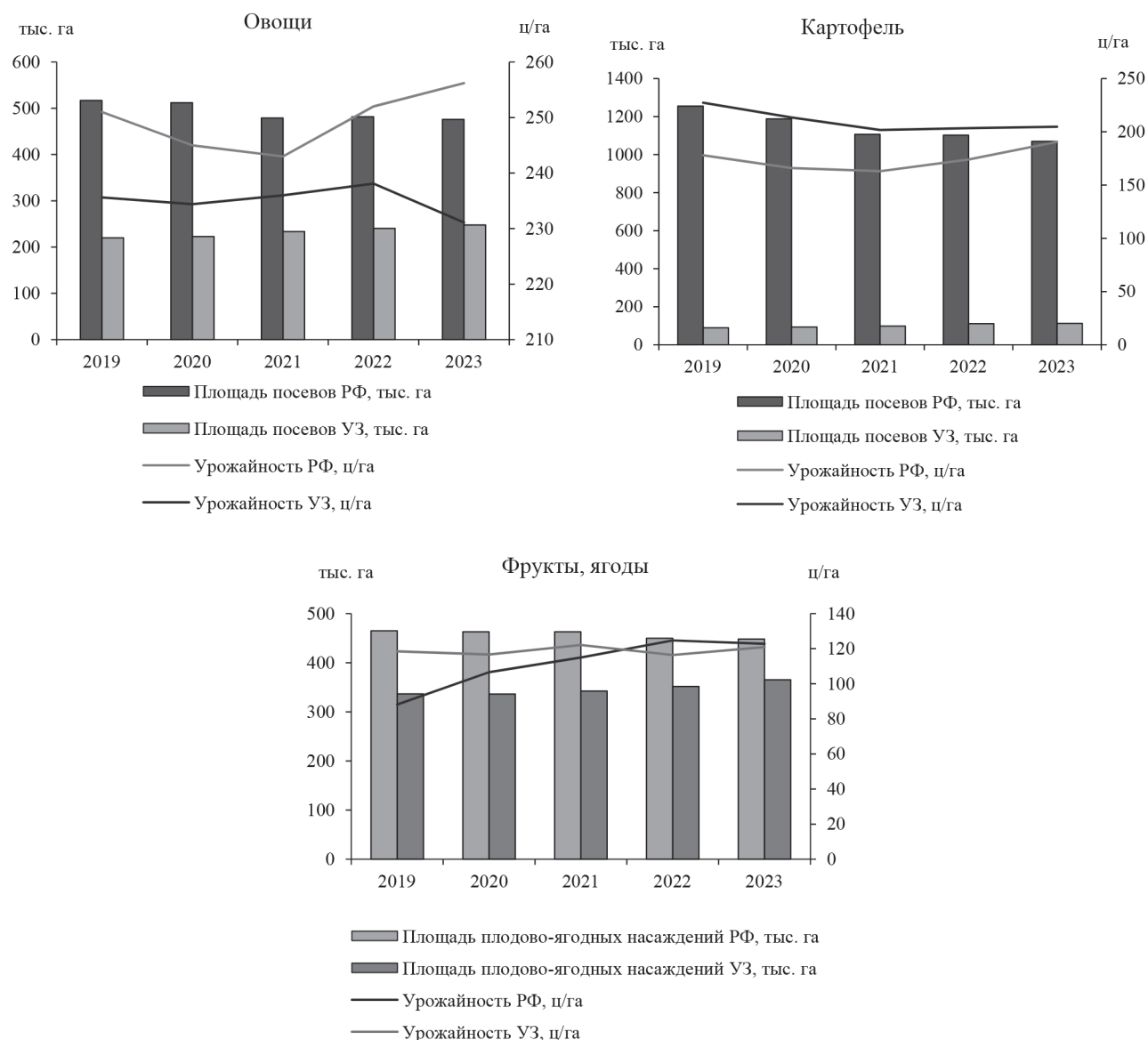


Рис. 1. Площадь и урожайность плодовоовощных культур в Узбекистане и России за период 2019-2023гг.

Fig. 1. Area and yield of fruit and vegetable crops in Uzbekistan and Russia for the period 2019-2023

плодоовощеводства как приоритетному направлению в процессе перехода отрасли к рыночным отношениям, так как значительная часть валютных доходов страны формируется за счет реализации плодоовощной продукции всеми категориями хозяйств [2, с. 908].

В России, как отмечают Дубовицкий А.А., Климентова Э.А., Григорьева Л.В. высокая зависимость от погодных условий, множество значительно различающихся по биологическим и хозяйственным признакам культур, скоропортящийся характер выращиваемой продукции значительно усложняет технологические процессы производства [7, с.149]. В результате чего, объем производства плодов и ягод имеют неоднозначную динамику, что подтверждено данными Минсельхоза России и официальным данным статистики. Так за исследуемый период валовой сбор овощей сократился на 2,7% и в 2023г. составил 13,8 млн тонн, при 14,1 млн тонн в 2019г., также меньше произвели и картофеля на 8,6%. При этом за 2019-2023гг. наблюдается тенденция роста объемов производства фруктов практически в полтора раза (на 41,7%). Данное увеличение объясняется ростом уровня урожайности с 106,6 до 122,8ц/га (рисунок 1).

По структуре производства плодовоовощной продукции в России наибольший удельный вес занимает картофель 51,7%, овощи 35,3% и фрукты 13,0%. Данная структура производства значительно отличается от Республики Узбекистан, что обуславливается культурой питания населения и природно-климатическими условиями. В целом на территории России, как отмечают Ветрова Л.Н. и Болтовская Ю.С. [3, с. 812] производство плодовоовощной продукции неравномерно, и за последнее время данная тенденция не меняется, на что в данном случае также

влияют природно-климатические условия страны.

В структуре производства продукции сельского хозяйства в Республике Узбекистан доля плодовоовощеводства составляет более 40%. Однако доля посевных площадей, отводимых под плодовоовощные культуры не превышает 20% от общей посевной площади [8, с. 30]. При этом анализируя данные по посевным площадям и урожайности овощных культур (рисунок 1) в Республике Узбекистан выявлено, что небольшое снижение урожайности компенсируется ростом посевных площадей и в результате обеспечивается рост валовых сборов овощей и картофеля. Рост валового производства плодово-ягодных культур в данном случае обеспечивается ростом как плодово-ягодных насаждений, так и урожайности. В России выявлена противоположная картина, а именно площадь посевов овощных культур снижается, а урожайность растет, но в данном случае необходимо отметить, что данный рост не в силах компенсировать снижение площадей и поэтому объемы валового сбора овощей и картофеля снижаются. Плодово-ягодные же культуры в России компенсируют высоким ростом урожайности небольшое снижение площадей плодово-ягодных насаждений и в целом обеспечивают рост объемов валового сбора. Дубовицкий А.А., Климентова Э.А., Григорьева Л.В. отмечают, что природно-климатические условия обуславливают особенности размещения плодово-овощной продукции в регионах России. По их мнению, площади, занимаемые под плодовоовощными и фруктовыми культурами, сосредоточены в четырех федеральных округах: Южном, Центральном, Приволжском, Северо-Кавказском. На их долю приходится 83,7% всех плодово-ягодных насаждений [7, с.150]. При этом, на другие федеральные округа,

приходится лишь 16,3% площадей. Такое размещение, прежде всего, обусловлено особенностями климата, наличием влаги и тепла.

Анализируя данные по количеству площадей, уровню урожайности и объемам валовых сборов овощных культур (таблица 1, рисунок 1), сравнивая их в разрезе стран России и Узбекистана, можно сделать вывод о том, что в России овощей производится больше, так как больше возделываемых площадей и выше уровень урожайности, по картофелю Россия значительно превышает по количеству посевных площадей и объемам валового сбора, при этом имеет уровень урожайности ниже, чем в Узбекистане, в данном случае это не является плохой тенденцией или отсталостью Узбекистана в производстве картофеля, данная тенденция основывается на пищевых привычках населения. Сравнивая Россию и Узбекистан по производству плодово-ягодных культур можно сделать вывод, что в целом страны близки к друг другу, в Узбекистане производится меньше фруктов и ягод, чем в России за счет того, что площади плодово-ягодных насаждений чуть меньше, уровень урожайности в странах колеблется и в целом близок к друг другу. Таким образом, Узбекистан обладая благоприятными природно-климатическими условиями и возможностью увеличения площадей возделывания (плодовоовощные культуры занимают всего 20% от общей посевной площади) располагает на сегодняшний день большим потенциалом производства овощей, фруктов и т.д.

Следующим шагом в методике анализа является изучение структуры производства по категориям хозяйств, что поможет определить уровень применяемых технологий и уровень механизации производства (рисунок 2).

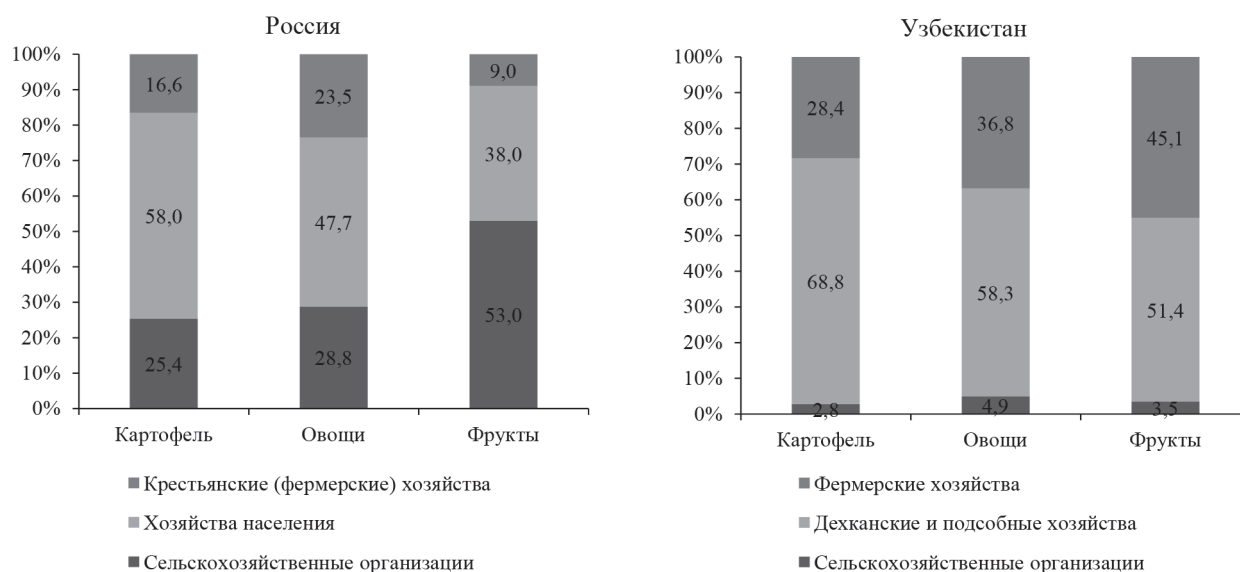


Рис. 2. Структура производства плодовоовощной продукции по категориям хозяйств в России и Узбекистане в 2023г.

Fig. 2. Structure of fruit and vegetable production by categories of farms in Russia and Uzbekistan in 2023

Анализируя структуру производства плодовоовощной продукции по категориям хозяйств выявлено, что в России доля сельскохозяйственных организаций значительно выше, чем в Узбекистане, соответственно доля хозяйств населения и крестьянских (фермерских) хозяйств в России ниже, чем в Узбекистане. В Узбекистане преобладают дехканские и подсобные хозяйства (хозяйства населения) в производстве как овощей, картофеля и фруктов, ягод, их доля больше половины. В России доля хозяйств населения в производстве картофеля больше половины, а в производстве овощей, фруктов и ягод меньше.

Седова Н.В. отмечает, что наибольшие объемы производства плодовоовощной продукции в Республики Узбекистан составляют овощи, собранные в дехканских и подсобных хозяйствах (хозяйства населения), так же отмечает, что роль фермерских хозяйств постепенно возрастает и увеличивается их доля в объемах валовых сборов [9, с 158].

От доли сельскохозяйственных организаций в объемах валового производства плодовоовощной продукции зави-

сит уровень технологичности производства, несмотря на то, что в России на большинстве территорий неблагоприятные климатические условия уровень урожайности по овощам и фруктам выше, чем в Узбекистане, что обеспечивается за счет более высокой доли сельскохозяйственных организаций. Доля хозяйств населения в объемах производства картофеля в России составляет 58,0%, то есть более половины, что уже не позволяет обеспечить урожайность выше, чем в Узбекистане, нет технологичности, высокая доля ручного труда и неблагоприятные климатические условия — это основные факторы, влияющие на данный факт.

Анализ показателей уровня производства (таблица 2) и потребления (таблица 3) на душу населения плодовоовощной продукции, позволит сравнить степень обеспеченности населения овощами, фруктами, ягодами и картофелем, что достаточно сложно сделать, сравнивая объемы валовых сборов по странам, из-за разного количества населения в странах и картина будет смазанная. Сравнив текущий уровень потребления с рациональной нормой потребления можно также оценить степень удовлетворения потребности населения в овощах, картофеле, фруктах и ягодах.

Анализируя уровень производства плодовоовощной про-

Таблица 2 / Table 2

Производство плодовоовощной продукции на душу населения в Узбекистане и России за период 2019–2023 гг., кг

Fruit and vegetable production per capita in Uzbekistan and Russia for the period 2019-2023, kg

Годы	Овощи		Картофель		Фрукты, ягоды	
	Россия	Узбекистан	Россия	Узбекистан	Россия	Узбекистан
2019	96	304,2	150	92,0	28	82,0
2020	95	301,8	134	91,0	30	81,4
2021	92	310,8	125	94,1	33	81,7
2022	93	313,1	128	96,6	35	84,1
2023	95	317,3	138	98,2	35	85,7
2023 г. в % к 2019 г.	99,0	104,3	92,0	106,7	125,0	104,5

Таблица 3 / Table 3

Потребление плодовоовощной продукции на душу населения в Узбекистане и России за период 2019-2023гг., кг
Table 3 - Per capita consumption of fruits and vegetables in Uzbekistan and Russia for the period 2019-2023, kg

Годы	Овощи		Картофель		Фрукты, ягоды	
	Россия	Узбекистан	Россия	Узбекистан	Россия	Узбекистан
2019	107	262	90,5	86,1	55,2	104
2020	107	254	87,8	87,8	62,1	104
2021	106	264	86,0	92,7	80,4	109
2022	107	279	86,8	97,0	75,9	111
2023	105	279	86,0	111,7	105,0	111
Норма потребления	140*	146**	90,0*	—	100,0*	146**
2023г. в % к 2019г.	98,1	106,5	95,0	129,7	190,2	106,7

* Рациональная норма потребления, утвержденная Приказом Министерства здравоохранения РФ от 19 августа 2016 г. № 614 «Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания».

* Rational consumption rate approved by the Order of the Ministry of Health of the Russian Federation of August 19, 2016, No. 614 "On approval of Recommendations on rational food consumption rates that meet modern healthy eating requirements".

**Рекомендации Всемирной организации здравоохранения: Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation, Geneva, 28 January – 1 February 2002: в сутки 400 гр. (овощи, фрукты), картофель не входит в эту норму.

** Recommendations of the World Health Organization: Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation, Geneva, 28 January – 1 February 2002: 400 grams per day (vegetables, fruits), potatoes are not included in this norm.

дукции на душу населения в Узбекистане и России за период 2019-2023гг. выявлено, что несмотря на высокие объемы валовых сборов в России по овощам, картофелю и фруктам, уровень производства на душу населения в Узбекистане по овощам значительно выше (в 3 раза), по фруктам в 2,5 раза, а по картофелю меньше, чем в России на 28,8%, что обусловлено культурой питания.

Анализируя уровень потребления плодовоовощной продукции на душу населения в Узбекистане и России за период 2019-2023гг., выявлено, что в Узбекистане употребляют в пищу больше как овощной, так и плодовой продукции, чем в России, что связано с рядом факторов, определяющих структуру питания и доступность свежих продуктов.

Во-первых, климатические условия Узбекистана, благоприятные для выращивания разнообразных фруктов и ово-

щей, обеспечивают круглогодичное предложение на местных рынках. Традиционное сельское хозяйство, сфокусированное на производстве плодовоовощной продукции, играет важную роль в формировании пищевых привычек населения. В России же, более суровый климат и короткий вегетационный период ограничивают возможности местного производства, особенно в зимнее время.

Во-вторых, культурные особенности и традиции питания оказывают значительное влияние. В узбекской кухне овощи и фрукты являются неотъемлемой частью многих блюд, включая плов, лагман, базамджан, шурпа, дамляма, нарханги, басма и разнообразные салаты. Употребление свежих овощей и фруктов считается важным для здоровья и благополучия. В России, несмотря на растущую популярность здорового питания, предпочте-

ние часто отдается более калорийным и мясным блюдам.

В-третьих, экономическая доступность плодовоовощной продукции играет немаловажную роль. В Узбекистане, благодаря местному производству, цены на свежие фрукты и овощи относительно невысокие, что делает их доступными для широких слоев населения. В России же, импорт фруктов и овощей, особенно в зимний период, может приводить к удорожанию продукции и снижению ее доступности для некоторых групп населения, что видно из данных анализа, при этом экономическая доступность овощей в России (2023г.) составляет 75%, картофеля 95,6%, фруктов 105%. Также необходимо отметить, что экономическая доступность фруктов в России только в 2023г. достигла 105%, на протяжении периода 2019-2022гг. в среднем она составляла 55-80%.

Анализируя потребление овощей, картофеля и фруктов в России не выявлено однозначной тенденции. Наблюдается тенденция снижения потребления овощей и картофеля. В среднем, потребление овощей составляет около 106,4кг на душу населения в год, что на 24% меньше рекомендованных Министерством здравоохранения норм, что также отмечает Данилов Р.В. [6, с. 103]. На потребление картофеля и фруктов приходится в среднем 97,1кг и 75,7кг соответственно, что так же ниже рекомендуемых норм потребления. Седова Н.В. отмечает, что по оценкам отечественных специалистов, на протяжении уже многих десятков лет структура питания не соответствует научно-обоснованным нормативам. Так в шести из восьми федеральных округов России, кроме Северо-Кавказского и Южного, потребление овощей и фруктов ниже рекомендуемого уровня [9, с. 156; 5].

Уровень потребления овощей и фруктов в Республике

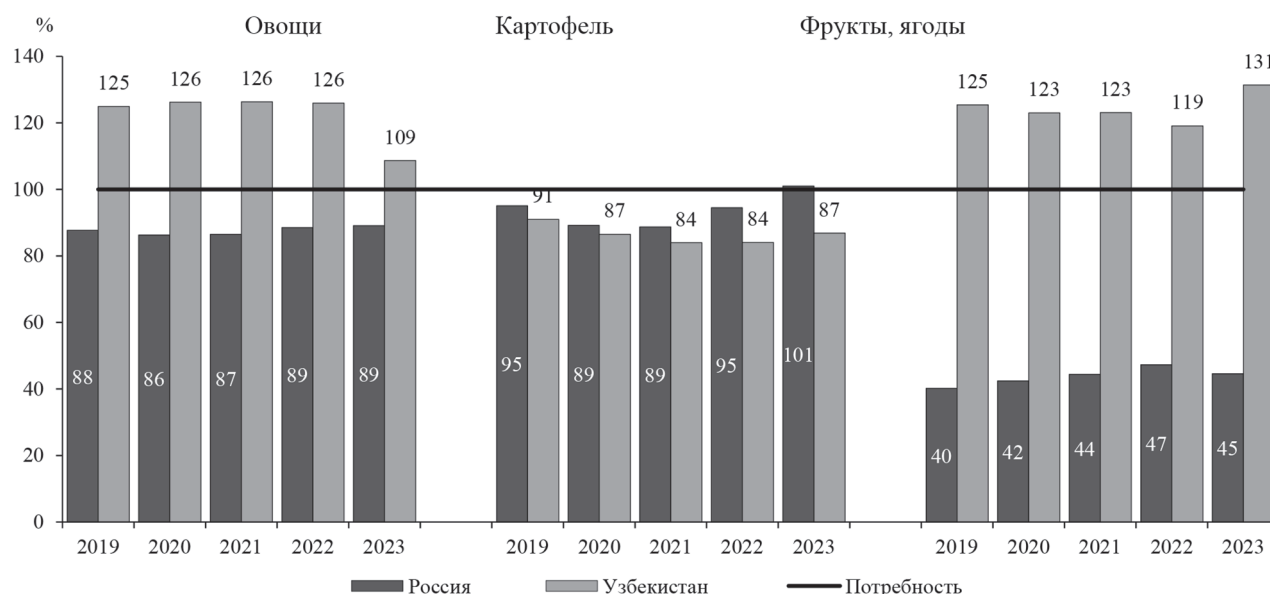


Рис. 3. Самообеспеченность населения плодовоовощной продукцией в Узбекистане и России за период 2019–2023 гг.

Fig. 3. Self-sufficiency of the population with fruits and vegetables in Uzbekistan and Russia for the period 2019–2023

Узбекистан значительно отличается от уровня потребления в России. За анализируемый период наблюдается увеличение объемов потребления плодовоовощной продукции. Так, в 2019г. жители страны потребляли 262 кг овощей, 86 кг картофеля и 104 кг фруктов, а в 2023г. потребление данных видов плодовоовощной продукции на душу населения уже составило 279 кг, 111,7 кг и 111 кг соответственно.

Таким образом, более высокое потребление плодовоовощной продукции в Узбекистане является результатом комбинации благоприятных климатических условий, культурных традиций и экономической доступности, формирующих более растительно-ориентированный рацион питания по сравнению с Россией.

Уровень самообеспеченности населения овощами, картофелем и фруктами в сравнении по странам (рисунок 3) позволит оценить потенциал для развития сельскохозяйственного сектора в обеих странах, а также возможности для импорта и экспорта (таблицы 4 и 5).

Анализируя уровень самообеспеченности населения плодовоовощной продукцией в Узбекистане и России за период 2019–2023 гг. выявлено, что Россия (2023 г.) самообеспечена картофелем, овощами 101% и 90% соответственно, что относит ее к III и II группам по самообеспеченности, а фруктами всего лишь на 45% (I группа), Узбекистан же самообеспечен овощами на 109% (III группа), картофелем на 87% (II группа) и фруктами на 131% (IV группа), в данном случае необходимо отметить,

что в 2019–2022гг. Узбекистан был полностью обеспечен овощами и относился к IV группе.

Таким образом, оценивая обеспеченность населения [4, с.46] в странах, можно с уверенностью утверждать, что Узбекистан может поставлять в Россию овощи и фрукты, кроме картофеля, потому что Россия самообеспечена картофелем больше чем Узбекистан, но для развития этого направления Узбекистану необходимо наращивание объемов производства.

Таблица 4 / Table 4

Динамика и структура экспорта плодовоовощной продукции в Республике Узбекистан за 2021–2023 гг.
Dynamics and structure of exports of fruits and vegetables in the Republic of Uzbekistan for 2021–2023

Показатель	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.		2023 г. в % к 2019 г.
	млн долл. США	млн долл. США	млн долл. США	млн долл. США	млн долл. США	%	
Овощи	471,3	400,0	422,0	489,0	563,4	47,7	119,5
Плоды, ягоды	406,8	353,9	280,6	291,6	363,9	30,8	89,5
Виноград	233,7	188,3	208,5	280,1	155,1	13,1	66,4
Арахис	14,4	16,5	23,5	26,2	58,4	4,9	405,6
Бахча продовольственная	13,1	35,6	22,7	37,2	40,0	3,4	305,3
Итого	1139,3	994,3	957,3	1124,1	1180,8	100	103,6

Таблица 5 / Table 5

География экспорта плодовоовощной продукции в Республике Узбекистан в 2023 г.**Geography of exports of fruits and vegetables in the Republic of Uzbekistan in 2023**

Страна	Объем экспорта в натуральных единицах		Объем экспорта в стоимостном выражении	
	тыс. тонн	%	млн. долл. США	%
Россия	611,4	34,8	437,4	37,0
Пакистан	68,5	3,9	197,6	16,7
Китай	185,1	10,5	144,9	12,3
Казахстан	486,3	27,7	121,2	10,3
Кыргызстан	191,9	10,9	71,2	6,0
Турция	25,5	1,5	38,6	3,3
Афганистан	37,8	2,2	29,5	2,5
Иран	15,9	0,9	19,9	1,7
Беларусь	19,5	1,1	16,5	1,4
Азербайджан	8,1	0,5	13,2	1,1
Ирак	14,6	0,8	10,3	0,9
ОАЭ	6,5	0,4	8,6	0,7
Грузия	12,2	0,7	8,3	0,7
Украина	11,2	0,6	8,1	0,7
Латвия	13,9	0,8	7,1	0,6
Другие страны	49,2	2,8	48,3	4,1
Итого	1757,6	100,0	1180,8	100

Как отмечают Дурманов А.Ш. и Хидирова М.Х. за последние 20 лет мировое потребление овощей и фруктов растет в среднем на 5–7% в год. Узбекистан не только обеспечивает потребности своего населения, но и экспортирует сельскохозяйственную продукцию, а также обладает большим потенциалом в этой сфере [8]. Так за анализируемый период объем экспорта увеличился на 3,6%. Наибольший рост отмечался по таким видам продукции как овощи – 19,5%, арахиса в 4 раза и бахчи продовольственной в 3 раза. При этом отмечается снижение объемов экспорта по таким видам как плоды, ягоды и виноград.

Анализируя географию экспорта плодовоовощной продукции Узбекистана можно отметить, основываясь на данных по объему экспорта в натуральном выражении, что наибольший объем экспорта осуществляется в Россию (34,8%), Казахстан (27,7%), Кыргызстан (10,9%). В свою

очередь основываясь на данных по объему экспорта в стоимостном выражении, что наибольший объем экспорта осуществляется в Россию – 37,0%, Пакистан – 16,7% и Китай – 12,3%. В данном случае разница в стоимостном и натуральном выражении образуется из-за территориального размещения государств, то есть в основном цена увеличивается за счет доставки.

И последний показатель в представленной методике это

доля экспорта плодовоовощной продукции из Узбекистана в российском импорте, который рассчитан исходя из натуральных объемов импорта и экспорта стран, для исключения влияния фактора инфляции (рисунок 4).

Анализируя динамику показателя доли экспорта плодовоовощной продукции из Узбекистана в российском импорте с уверенностью можно отметить, что уровень внешнеэкономического сотрудничества между странами растет.

4. Выводы и заключение

Негативные процессы в производстве и на рынке плодовоовощной продукции России, связанные с ростом цен, санкциями, особенностями природно-климатических условий, не дающих возможность для производства продукции в промышленных масштабах на территории страны предопределили нацеленность на импорт продукции с других стран.

Сельское хозяйство Узбекистана представляет собой сложную систему, включающую традиционные аграрные методы, имеющие глубокие исторические корни и современные технологии. Сочетание уникальных климатических, почвенных условий и современных агротехнических методов в Узбекистане позволяет производить широкий



Рис. 4. Доля экспорта плодовоовощной продукции из Узбекистана в российском импорте (* предварительные данные)

Fig. 4. Share of exports of fruits and vegetables from Uzbekistan in Russian imports (* preliminary data)

ассортимент высококачественной продукции.

Комплексное изучение региональных особенностей производства плодоовощной продукции в Узбекистане, и проведенный анализ уровня ее производства, потребления и самообеспеченности в стране позволил сделать вывод о том, что Узбекистан обладает значительным потенциалом для производства и экспорта плодоовощной продукции, что во многом соответствует потребностям российского рынка.

Проведя сравнительный анализ динамики объемов валового сбора овощей и фруктов Узбекистане и России, прослеживается тенденция того, что в России объем валового сбора плодовоовощных культур гораздо больше, чем в Узбекистане, однако уровень потребления плодовоовощной продукции на душу населения в России гораздо ниже. Основными производителями в России являются хозяйства населения и сельскохозяйственные организации, в Узбекистане дехканские и подсобные хозяйства (хозяйства населения) и фермерские хозяйства. В данном случае в Узбекистане плодовоовощная продукция является более трудоемкой, так как присутствует большая доля ручного труда.

По структуре производства плодовоовощной продукции в России наибольший удельный вес занимает картофель 51,7%, овощи 35,3% и фрукты 13,0%. Данная структура производства значительно отличается от Республики Узбекистан, что обуславливается культурой питания населения и природно-климатическими условиями. Анализируя уровень потребления плодовоовощной продукции на душу населения в Узбекистане и России за период 2019–2023 гг., выявлено, что в Узбекистане употребляют в пищу больше овощей и фруктов, чем в России, что связано с такими факторами

как благоприятные климатические условия Узбекистана для выращивания разнообразной плодовоовощной продукции, культурными особенностями и традициями питания, а также экономической доступностью овощей и фруктов продукции.

Несмотря на рост самообеспеченности по основным видам овощей, Россия остается зависимой от импорта в зимне-весенний период, тогда как Узбекистан может поставлять ранние сорта уже в июне. Кроме того, следует отметить, что после введения санкций Россия увеличила закупки плодовоовощной продукции из дружественных стран. Основными видами плодовоовощной продукции, востребованной в России и ввозимыми из Узбекистана являются фрукты (виноград, персики, черешня, абрикосы и др.), ягоды (клубника) и овощи (помидоры, огурцы, перец, баклажаны, капуста, морковь и др.), импорт которых увеличивается. Проанализировав уровень самообеспеченности населения в странах определено, что Узбекистан может поставлять в Россию овощи и фрукты, кроме картофеля, потому что Россия самообеспечена картофелем больше чем Узбекистан, для развития этого направления Узбекистану необходимо наращивание объемов производства.

Заключение

Проведенный выше анализ уровня самообеспеченности населения в России и Узбекистане, позволяет сделать вывод о том, что Узбекистан может значительно нарастить поставки плодовоовощной продукции в Россию, особенно в сегментах свежих овощей и фруктов. Однако для устойчивого роста нужно решать логистические и фитосанитарные вопросы, а также активно продвигать бренд узбекской продукции, с этой целью необходимо:

1. Создание мультимодальных торгово-логистических центров вблизи центров производства плодовоовощной продукции для оптимизации логистики. При этом, выгодными локациями являются: Пап (Наманганская область), Шурчи (Сурхандарьинская область), Чингельди (Ташкентская область), Хозарасп (Хорезмская область). Кроме того, торгово-логистические центры должны выполнять полный цикл операций по хранению, обработке и транспортировке грузов, включая экспедирование, обслуживание транспорта и контейнеров, погрузку и разгрузку груза, а также информационные, финансовые и страховые услуги.

2. Создание перевалочных хабов в приграничных регионах (Астрахань, Оренбург). Открытие распределительных центров в ключевых городах России (Москва, Казань, Екатеринбург) для ускорения дистрибуции;

3. Увеличение железнодорожных поставок через Казахстан, для снижения зависимости от автотранспорта и увеличения объемов поставок;

4. Внедрение технологии шоковой заморозки для обеспечения круглогодичного экспорта, а также использование рефрижераторных контейнеров для сохранения качества продукции;

5. Внедрение «зеленых коридоров» для ускоренного оформления скоропортящихся грузов;

6. Выстраивание долгосрочных экономических отношений и расширение каналов поставок, а именно заключение прямых контрактов между производителями и ритейлом по средствам участия в выставках «Продэкспо» г. Москва; расширение договорной базы по средствам подписания долгосрочных контрактов между российскими сетями, такими как X5 Group, Магнит, Лента и узбекскими поставщиками для углубления торгово-экономического сотрудничества;

стимулирование поставок экологически чистой продукции, что востребовано в премиальном сегменте России;

7. Стимулирование российского бизнеса к вложениям в узбекские тепличные комплексы и хранилища, которые позволят увеличивать объемы производства продукции с учетом предпочтений российских потребителей;

8. Проработка совместного законодательства для защиты российских и узбекских сельскохозяйственных производителей;

9. Развитие электронных торговых площадок — интегра-

ция узбекских поставщиков на российские B2B-платформы (например, СберМаркет, Яндекс.Лавка, Wildberries Food) для прямых поставок.

Таким образом, сотрудничество между Российской Федерацией и Республикой Узбекистан в аграрной сфере представляет собой стратегически значимое направление, имеющее важное значение для обеих стран. Перспективы дальнейшего углубления сотрудничества между Россией и Узбекистаном в области поставок плодоовощной продукции, представляются весьма опти-

мистичными. В условиях глобальных вызовов, связанных с ростом населения, изменениями природно-климатических условий и необходимостью обеспечения продовольственной безопасности населения, взаимодействие в этой сфере приобретает особую актуальность и стратегическую значимость, а перечисленные выше рекомендации помогут увеличить объем и стабильность поставок узбекской плодоовощной продукции в Россию, а также улучшить ее конкурентоспособность на российском рынке.

Литература

1. Tyapkina, M.F., Vrublevskaya V.V., & Samarukha V.I. Assessment of reproduction of agricultural products // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. (Krasnoyarsk, 20–22 июня 2019). Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. Т. 315. DOI: 10.1088/1755-1315/315/2/022092.

2. Бердиев А.Х. Перспективы формирования кооперативных отношений в области производства и реализации плодоовощной продукции // Экономика и социум. 2023. № 12(115)-1. С. 980–987.

3. Болтовская Ю.С., Ветрова Л.Н. Характеристика и перспективы развития рынка плодоовощной продукции в России // Экономика и социум. 2014. № 4–1(13). С. 810–814.

4. Вельм М.В. Некоторые проблемы заготовок и реализации пищевых ресурсов леса в Иркутской области // Известия Иркутской государственной экономической академии. 2009. № 2. С. 45–47.

5. Врублевская В.В. Анализ воспроизводства

и агропродовольственного рынка растениеводства в условиях продовольственной независимости региона // Статистика и Экономика. 2023. № 20(4). С.32–43. DOI: 10.21686/2500-3925-2023-4-32-43.

6. Данилов Р.В. 2021 год — международный год овощей и фруктов // Наука без границ. 2021. № 4(56). С. 101–108.

7. Дубовицкий А.А., Климентова Э.А., Григорьева Л.В. Анализ современного состояния и перспективы развития овощеводства России в контексте совершенствования общественного разделения труда // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023 Т. 16. № 4(79). С. 147–162. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_4_147-162.

8. Дурманов А.Ш, Хидирова М.Х. Меры по увеличению объемов экспорта плодоовощной продукции // Economics. 2017. № 9(30). С. 30–34.

9. Седова Н.В. Анализ потенциала производства плодоовощной продукции в РФ // Никитинские чтения. 2017. № 22. С. 156–158.

References

1. Tyapkina, M.F., Vrublevskaya V.V., & Samarukha V.I. Assessment of reproduction of agricultural products. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. (Krasnoyarsk, June 20–22, 2019). Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited; 2019: 315. DOI: 10.1088/1755-1315/315/2/022092. (In Russ.)

2. Berdiyev A.KH. Prospects for the Formation of Cooperative Relations in the Field of Production and Sale of Fruit and Vegetable Products. *Ekonomika i sotsium = Economy and Society*. 2023; 12(115)-1: 980-987. (In Russ.)

3. Boltovskaya Yu.S., Vetrova L.N. Characteristics and Prospects for the Development of the Fruit and Vegetable Market in Russia. *Ekonomika i sot-*

sium = Economy and Society. 2014; 4-1(13): 810-814. (In Russ.)

4. Vel'm M.V. Some Problems of Harvesting and Sale of Forest Food Resources in the Irkutsk Region. *Izvestiya Irkutskoy gosudarstvennoy ekonomicheskoy akademii = Bulletin of the Irkutsk State University of Economics*. 2009; 2: 45-47. (In Russ.)

5. Vrublevskaya V.V. Analysis of Reproduction and the Agro-Food Market for Plant Growing in the Context of Food Independence of the Region. *Statistika i Ekonomika = Statistics and Economy*. 2023; 20(4): 32-43. DOI: 10.21686/2500-3925-2023-4-32-43. (In Russ.)

6. Danilov R.V. 2021 — the international year of vegetables and fruits. *Nauka bez granits = Science without borders*. 2021; 4(56): 101-108. (In Russ.)

7. Dubovitskiy A.A., Klimentova E.A., Grigor'yeva L.V. Analysis of the current state and prospects for the development of vegetable growing in Russia in the context of improving the social division of labor. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. 2023; 16; 4(79): 147–162. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_4_147–162. (In Russ.)

8. Durmanov A.SH, Khidirova M.KH. Measures to increase the volume of exports of fruit and vegetable products. Economics. 2017; 9(30): 30–34. (In Russ.)

9. Sedova N.V. Analysis of the potential for production of fruit and vegetable products in the Russian Federation. Nikonovskiye chteniya = Nikonovskie readings. 2017; 22: 156–158. (In Russ.)

Сведения об авторах

Вероника Викторовна Врублевская

К.э.н., старший преподаватель

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
Иркутск Россия

Эл. почта: v.v.v.3650@mail.ru

Марина Владимировна Вельм

К.э.н., доцент

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
Иркутск Россия

E-mail: mvelm@yandex.ru

Information about the authors

Veronika V. Vrublevskaya

Cand. Sci. (Economics), Senior Lecturer

Irkutsk State Agrarian University
named after A.A. Ezhevsky,
Irkutsk Russia

E-mail: v.v.v.3650@mail.ru

Marina V. Velm

Cand. Sci. (Economics), Associate Professor

Irkutsk State Agrarian University
named after A.A. Ezhevsky,
Irkutsk Russia

E-mail: mvelm@yandex.ru



УДК 338.2(631.16)

DOI: <http://dx.doi.org/10.21686/2500-3925-2025-4-25-35>

А.Ю. Корнилова

Meterstartup.ru, Москва, Россия

Анализ влияния потребления энергии на экономический рост в зарубежных странах

Цель исследования. Основной целью данного исследования является изучение долгосрочной взаимосвязи между потреблением энергии и экономическим ростом (в расчете на душу населения) в зарубежных странах с использованием статистических методов. Выявление характера взаимосвязи между потреблением энергии и экономическим ростом дает представление о группе стран, которые способны сокращать потребление энергии в долгосрочной перспективе, и, следовательно, повышать энергоэффективность.

Методы исследования. Методологию исследования составляют тест Шапиро-Уилка на нормальное распределение, метод Бокса-Коха нормализации данных и множественный регрессионный анализ. Информационную базу исследования формируют статистические данные международных организаций: Energy Institute, World Bank, World Steel Association, FAO за период 2000-2019 гг. Преобразование данных с помощью метода Бокса-Коха позволило увеличить количество наблюдений и провести регрессионный анализ на основе нормализованных данных в странах из различных регионах мира: Южная и Центральная Америка, Ближний Восток, Европа, СНГ, Африка, Австралия и Юго-Восточная Азия. На основе регрессионного анализа была построена модель множественной регрессии взаимосвязи между потреблением энергии, стали, сельскохозяйственных культур и экономическим ростом.

Результаты. Результатом исследования выступает разнонаправленное воздействие потребления энергии на поддержание экономического роста. Возможной причиной различного

характера воздействия внутреннего потребления энергии является тип экономической системы. Большинство оценок свидетельствует об отсутствии влияния между показателями и относятся к странам, имеющим значительную долю сектора услуг в ВВП. В зарубежных странах аграрно-индустриального и индустриального типа, которые расположены преимущественно в Азии, Северо-Восточной Европе, Северной Африке и Ближнем Востоке, наблюдается положительная взаимосвязь. Для некоторых стран сервисного типа, находящихся в Европе, обнаружена обратная взаимосвязь между потреблением энергии и экономическим ростом. Таким образом, они демонстрируют способность сокращать потребление энергии и поддерживать экономический рост, повышая энергоэффективность экономики.

Заключение. Изменение в структуре экономического выпуска стран в пользу оказания услуг может способствовать тому, что экономика данных стран будет менее зависима от волатильности поставок энергии. Переход к сервисному типу экономики может способствовать повышению энергоемкости ВВП. Тем не менее, существуют и иные факторы, влияющие на потребление энергии, предположительно, институциональные и научно-технические, которые определяют взаимосвязь между потреблением энергии и экономическим ростом.

Ключевые слова: потребление энергии, экономический рост, энергоэффективность, регрессионный анализ, преобразование Бокса-Коха, экономика услуг.

Anna Y. Kornilova

Meterstartup.ru, Moscow, Russia

Analysis of the Impact of Energy Consumption on the Economic Growth in Foreign Countries

Purpose of study. The main purpose of this study is to investigate the long-term relationship between energy consumption and economic growth (per capita) in foreign countries using statistical methods. The identification of the relationship between energy consumption and economic growth provides an indication of a group of countries that are able to reduce energy consumption in the long term, and thus improve energy efficiency.

Research methods. The research methodology consists of the Shapiro-Wilk test for normal distribution, a Box-Koch method for normalization of data and multiple regression analysis. The research database is formed by statistical data of international organizations: Energy Institute, World Bank, World Steel Association, FAO for the period 2000-2019. The transformation of data using the Box-Koch method allowed to increase the number of observations and conduct regression analysis based on normalized data in countries from different regions of the world: South and Central America, Middle East, Europe, CIS, Africa, Australia and Southeast Asia. Based on regression analysis, a model of the multiple regression relationship between energy consumption, steel, agricultural crops and economic growth was constructed.

Results. The result of the study is a multidirectional impact of energy consumption on maintaining the economic growth. The type

of economic system is a possible reason for the different nature of the impact on domestic energy consumption. Most of the estimates show a lack of impact between indexes and refer to countries with a significant share of services in GDP. In the overseas agrarian-industrial and industrial countries, which are predominantly located in Asia, North-East Europe, North Africa and the Middle East, there is a positive relationship. For some service-oriented countries in Europe, an inverse relationship between energy consumption and economic growth has been observed. Thus, they demonstrate the ability to reduce energy consumption and maintain economic growth by improving the energy efficiency of their economies.

Conclusion. A shift in the structure of countries' economic output to services may contribute to making the economies of these countries less dependent on the volatility of energy supplies. The transition to a service-based economy may contribute to an increase in the energy intensity of GDP. However, there are other factors influencing energy consumption, presumably institutional and scientific-technical, which determine the relationship between energy consumption and economic growth.

Keywords: energy consumption, economic growth, energy efficiency, regression analysis, Box-Koch transformation, service economy.

Введение

Вторая половина двадцатого века сопровождалась активным потреблением энергии. Возникшие кризисы на рынке углеводородов вызвали интерес к исследованию энергии как фактора производства, стимулирующего экономический рост. Интерес современных исследователей также вызывала тема смягчения конфликта между целями роста экономики и качеством окружающей среды. Для западных стран политика повышения энергоэффективности представляется решением проблемы объединения целей стабильного экономического роста и качества окружающей среды.

В России повышение энергоэффективности утверждено на уровне государственных программ, сформирована значительная законодательная база в области повышения энергетической эффективности. Однако поставленная в 2008 году ключевая цель государственной политики в области энергетической эффективности к 2020 году не была достигнута, снижение энергоемкости валового внутреннего продукта Российской Федерации составило 15 процентов [1]. Россия в последние годы находится на пути адаптации к санкционному давлению со стороны западных стран. Поэтому лучший западный опыт в области энергоэффективности нужно анализировать и внедрять не стихийно, а сознательно, с учетом особенностей исторического пути России, потенциала и системных проблем, а также текущих экономических условий.

Исследование характера влияния потребления энергии на экономический рост в зарубежных странах представляет собой актуальную задачу в экономической науке, поскольку существует неопределенность в отношении возможности одновременного экономического развития и снижения потре-

бления энергии в длительной перспективе. Одной из причин отсутствия однозначного мнения в академической среде относительно влияния потребления энергии является часто используемая методология исследования - тест Грейнджера, который методологически не показывает наличие причинно-следственной связи. Использование теста Грейнджера [2, 3, 4, 5, 6, 7 и др.] не дает полного понимания природы взаимосвязи между переменными: энергопотреблением и экономическим развитием, а исследований на основе регрессионного анализа мало [8, 9]. Исследователи объясняют использование предпосылке о причинности вместо регрессионного анализа тем, что для моделей множественной регрессии с участием переменной - энергии достаточно сложно подобрать факторы, не коррелирующие с энергетическими ресурсами, следовательно, избежать мультиколлинеарности модели.

Основной целью данного исследования является изучение долгосрочной взаимосвязи между потреблением энергии и экономическим ростом (в расчете на душу населения) в зарубежных странах, с использованием данных за период 2000-2019 гг. и статистических методов, включающих нормализацию данных с помощью метода Бокса-Коха и множественный регрессионный анализ. Выявление характера взаимосвязи между потреблением энергии и экономическим ростом дает представление о способности растущих экономик отдельных стран сокращать потребление энергии в долгосрочной перспективе, и, следовательно, повышать энергоэффективность.

Оценки, представленные в настоящем исследовании, потенциально полезны для государственного регулирования в области энергоэффективности и энергосбережения, особенно

в странах, которые ставят цели повышения энергоэффективности и быстрого экономического роста.

Методы исследования

В ходе исследования были использованы были использованы статистические методы:

- проверки нормальности распределенных данных Шапиро – Уилка;
- трансформации ненормально распределенных данных в нормально распределенные - преобразование Бокса-Коха;
- множественного регрессионного анализа.

В основу уравнения регрессии принята модель затраты-выпуск. Для использования модели «затраты-выпуск» в том виде, который изначально был представлен В.В. Леонтьевым, существуют ограничения в статистической информации по отраслям, об объемах производства продуктов в большинстве стран мира. В качестве независимых переменных регрессионного анализа выступают потребление энергии, стали и сельскохозяйственных культур (зерновые культуры за исключением производства пива, сахарные культуры, фруктовые культуры за исключением вина, мясное производство, молочное производство, производство рыбы и морепродуктов). Модель Леонтьева можно представить в виде:

$$GBP = FFP \times (E - A), \quad (1)$$

где GBP – выпуск конечной продукции (ВВП); FFP – совокупный выпуск ресурсов для всех отраслей,

Для анализа влияния потребления энергии используется часть модели:

$$GBP = FEC \times (E - A) + NX(E - A), \quad (2)$$

где GBP – ВВП (выпуск конечной продукции); FEC – итоговое потребление энергии; NX – чистый экспорт энергии; E , A – матричные коэффициенты.

Для исследования характера влияния потребления энергии на экономический рост важен учет аспекта потребительского спроса, который модель Леонтьева, демонстрирующая структурные взаимосвязи между отраслями, не дает. Поэтому для влияния потребления энергии на ВВП она может быть использована лишь в обобщенном виде: соотношений выпуска конечной продукции и итогового потребления факторов внутри страны. Для учета потребительского спроса все факторы преобразованы в расчете на душу населения.

Для оценки влияния энергии на рост экономики y_i в работе использован метод множественной линейной регрессии (MLR) и построена исследовательская модель вида:

$$y_i = \alpha + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + \beta_4 x_{4i} + \beta_5 x_{5i} + \beta_6 x_{6i} + \beta_7 x_{7i} + \beta_8 x_{8i} + \varepsilon_i \quad (3)$$

где x_{1i} — потребление энергии; где x_{2i} — потребление сырой стали; x_{3i} — потребление злаков; x_{4i} — потребление сахара; x_{5i} — потребление фруктов; x_{6i} — потребление мяса; x_{7i} — потребление молока; x_{8i} — потребление рыбы и морепродуктов; α и $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7, \beta_8$ — оценочные значения; ε_i — остатки, i — период времени.

Данные о переменных модели получены из следующих источников:

- международная энергетическая статистика (Energy Institute) — потребление энергии (PJ) [10];
- показатели мирового развития (WDI), опубликованных Всемирным банком (World Bank) — ВВП (в национальной валюте) [11];
- потребления сырой стали на душу населения (World Steel Association) [12],
- международная продовольственная статистика (Продовольственная и сельскохозяйственная Организация Объединенных Наций (FAO)) — объем внутренних

поставок сельскохозяйственных культур (кг) [13].

Анализ охватывает период с 2000 по 2019 гг. (в зависимости от доступности данных, а также их корректного использования). Все переменные выражены в расчете на душу населения.

Нормализация данных

Ограничением исследования является набор данных по всем видам сельхозкультур. Отсутствуют данные об овощных культурах по рассматриваемому периоду, хотя, предположительно, они составляют основу потребления, в особенности в бедных странах. Другим ограничением исследования является отсутствие нормализованных данных. Поскольку период наблюдений является достаточно коротким (20 лет), то данные были проверены на нормальное распределение с помощью метода Шапиро-Уилка (таблица 1) и программного продукта JASP. Среди наблюдений страны, для которых не требуется нормализации в отношении данных о главных исследуемых параметрах — потреблении энергии и ВВП, всего 27 из 66.

Для нормализации данных было использовано преобразование Бокс-Кокса. При данном методе выбирается константа m , которая может быть любым положительным или отрицательным действительным числом (т.е. не нулем). Затем исходная переменная X преобразуется в преобразованную переменную X_T по формуле [14] (4):

$$X_T = \frac{X^m - 1}{m} \quad (4)$$

Результаты преобразования Бокс-Кокса с помощью программного продукта NCSS представлены в таблице 2: оценки m для сельхозпродукции, стали, энергии и ВВП для 18 стран. Не весь набор данных по сельхозкультурам в

ходе исследования был нормализован, т.к. на потребление отдельных культур влияют не только экономические, но и климатические, географические факторы, а также потребительские предпочтения, и разброс значений имеет большую амплитуду в диапазоне 20 лет. В регрессионном анализе использованы только значения, которые либо получены в результате нормализации, либо изначально являлись нормально распределенными.

Регрессионный анализ

На основе нормально распределенных данных был проведен регрессионный анализ с помощью программного продукта JASP. Результаты регрессионного анализа и оценки VIF до (в случае, если она присутствовала) и после устранения мультиколлинеарности для остальных стран представлены в таблице 3. Оценки показывают, что уравнение регрессии адекватно для 41 стран из 44, на данный вид модели приходится более 85% дисперсии результатов ($R^2 > 0,9$). Для Арабских Эмиратов и Словении требуется улучшение модели ($R^2 = 0,68$ и $R^2 < 0,6$ соответственно). Оценка коэффициента детерминации не значима для Перу (F -критерий Фишера меньше нормативного). Оценки стандартизированного коэффициента регрессии следующие:

В 6 наблюдениях между переменными уравнения регрессии выявлена мультиколлинеарность, которую невозможно устранить исключением (Китай, Индия, Индонезия, Чили, Беларусь, Малайзия).

Для таких стран характерна доля производственного сектора (промышленности и сельского хозяйства) в ВВП более 35%, их можно условно отнести к индустриальному и аграрно-индустриальному типу.

В процессе регрессионного анализа была обнаружена существенная мультиколлинеар-

Тест Шапиро-Уилка
The Shapiro-Wilk test

Страна	Статистическая оценка W								
	Зерно	Сахар	Фрукты	Мясо	Молоко	Рыба, морепродукты	Энергия	Сталь	ВВП
Северная Америка									
Канада	0,947	0,916	0,976	0,894*	0,979	0,841**	0,937	0,984	0,958
Мексика	0,975	0,929	0,933	0,976	0,799***	0,932	0,903*	0,935	0,947
США	0,956	0,949	0,787***	0,931	0,736***	0,96	0,863**	0,962	0,969
Южная и Центральная Америка									
Аргентина	0,781***	0,922	0,914	0,952	0,925	0,883*	0,907	0,907	0,719***
Бразилия	0,914	0,777***	0,95	0,896*	0,9*	0,896*	0,881*	0,891*	0,924
Чили	0,895*	0,904	0,909	0,934	0,952	0,915	0,958	0,955	0,934
Колумбия	0,906	0,95	0,867**	0,929	0,96	0,911	0,9*	0,964	0,942
Эквадор	0,976	0,954	0,954	0,923	0,977	0,937	0,897*	0,945	0,892***
Перу	0,877*	0,955	0,923	0,928	0,872*	0,586***	0,871*	0,895*	0,916
Тринидад и Тобаго	0,909	0,962	0,89*	0,946	0,927	н/д	0,882*	0,705***	0,895***
Европа									
Австрия	0,865**	0,936	0,933	0,963	0,873	0,827**	0,94	0,936	0,961
Болгария	0,849**	н/д	0,975	0,954	0,869	0,938	0,926	0,94	0,959
Хорватия	0,97	0,944	0,937	0,952	0,939	0,897*	0,93	0,961	0,941
Кипр	0,936	н/д	0,964	0,945	0,945	0,85	0,905	0,95	0,955
Чехия	0,936	0,953	0,981	0,958	0,915	0,967	0,948	0,912	0,969
Дания	0,96	0,954	0,957	0,827	0,855**	0,782***	0,914	0,923	0,964
Эстония	0,951	н/д	0,859**	0,941	0,955	0,939	0,939	0,921	0,97
Финляндия	0,956	0,861**	0,895*	0,949	0,789***	0,952	0,915	0,979	0,968
Франция	0,968	0,912	0,969	0,907	0,888*	0,96	0,885*	0,952	0,969
Германия	0,971	0,98	0,912	0,937	0,715***	0,947	0,942	0,885	0,932
Греция	0,954	0,868*	0,944	0,896	0,937	0,917	0,916	0,859	0,945
Венгрия	0,822	0,821	0,946	0,976	0,948	0,724***	0,955	0,932	0,975
Исландия	0,826**	н/д	0,929	0,956	0,848**	0,942	0,764***	0,86**	0,946
Ирландия	0,851**	0,717***	0,92	0,917	0,755***	0,815***	0,868*	0,903*	0,859***
Италия	0,972	0,792	0,978	0,839**	0,948	0,925	0,88	0,935	0,942
Латвия	0,869*	н/д	0,938	0,874*	0,968	0,936	0,953	0,959	0,951
Литва	0,827**	0,962	0,931	0,805***	0,889*	0,976	0,899*	0,934	0,959
Нидерланды	0,914	0,953	0,855**	0,925	0,816**	0,914	0,947	0,953	0,964
Северная Македония	0,955	0,753***	0,926	0,828**	0,904*	н/д	0,965	0,916	0,94
Норвегия	0,689	н/д	0,957	0,885	0,94	0,979	0,926	0,935	0,91
Польша	0,918	0,978	0,848**	0,874	0,858	0,967	0,96	0,951	0,952
Португалия	0,863***	н/д	0,975	0,918	0,779***	0,862***	0,924	0,904***	0,97
Румыния	0,973	0,884***	0,927	0,929	0,951	0,939	0,921	0,941	0,965
Словакия	0,967	0,984	0,984	0,931	0,807***	0,904***	0,904***	0,947	0,948
Словения	0,955	0,875	0,913	0,897***	0,926	н/д	0,97	0,971	0,954
Испания	0,946	0,866***	0,965	0,902***	0,971	0,899***	0,888***	0,852***	0,944
Швеция	0,911	0,949	0,972	0,959	0,956	0,93	0,923	0,974	0,969
Швейцария	0,903***	0,977	0,885***	0,915	0,96	0,956	0,966	0,876***	0,809***
Турция	0,848***	0,954	0,973	0,883***	0,926	0,87***	0,955	0,952	0,919
Великобритания	0,813***	0,972	0,889***	0,965	0,751***	0,926	0,876***	0,897***	0,974
Страны СНГ									
Азербайджан	0,911	0,913	0,961	0,873	0,925	н/д	0,984	0,956	0,905
Казахстан	0,976	0,927	0,895***	0,816***	0,879***	0,944	0,923	0,877***	0,919
Беларусь	0,964	0,875***	0,938	0,884***	0,853***	0,914	0,942	0,934	0,826***
Ближний Восток									
Иран	0,971	0,903***	0,926	0,95	0,934	0,906	0,918	0,941	0,875***
Израиль	0,971	н/д	0,912	0,975	0,961	0,943	0,906	0,926	0,918
Оман	0,817***	0,795***	0,892***	0,923	0,795***	0,912	0,85***	0,907	0,903***
Саудовская Аравия	0,981	н/д	0,969	0,987	0,964	0,895***	0,95	0,965	0,893***

Страна	Статистическая оценка W								
	Зерно	Сахар	Фрукты	Мясо	Молоко	Рыба, морепродукты	Энергия	Сталь	ВВП
Арабские Эмираты	0,975	н/д	0,87***	0,961	0,956	0,865***	0,926	0,862***	0,861***
Африка									
Алжир	0,899***	н/д	0,902***	0,955	0,938	0,896***	0,926	0,941	0,895***
Египет	0,943	0,96	0,949	0,948	0,934	0,934	0,883***	0,94	0,842***
Марокко	0,896	0,967	0,941	0,869	0,902	0,927	0,943	0,928	0,948
Австралия, Новая Зеландия и Юго-Восточная Азия									
Австралия	0,951	0,936	0,983	0,957	0,813***	0,968	0,965	0,931	0,934
Бангладеш	0,654***	0,939	0,82***	0,946	0,899***	0,925	0,931	0,78***	0,853***
Китай	0,808***	0,965	0,913	0,874***	0,898***	0,924	0,919	0,94	0,922
Индия	0,723***	0,918	0,915	0,904***	0,918	0,87***	0,929	0,924	0,905
Индонезия	0,859***	0,91	0,853***	0,843***	0,854***	0,852***	0,97	0,889***	0,918
Япония	0,885***	0,95	0,954	0,946	0,813***	0,92	0,834***	0,931	0,961
Малайзия	0,952	0,875***	0,834	0,939	0,706***	0,962	0,924	0,968	0,944
Новая Зеландия	0,901***	н/д	0,982	0,897***	0,758***	0,955	0,837***	0,897***	0,969
Пакистан	0,881***	0,945	0,909	0,88***	0,785***	0,888***	0,945	0,815***	0,9***
Филиппины	0,803***	0,913	0,88***	0,954	0,824***	0,938	0,782***	0,817***	0,944
Тайланд	0,76***	0,986	0,941	0,967	0,854***	0,958	0,932	0,909	0,888***
Южная Корея	0,837***	н/д	0,971	0,948	0,849***	0,904***	0,903***	0,951	0,954
Шри Ланка	0,696***	0,932	0,928	0,805***	0,871***	0,947	0,879***	0,912	0,896***
Вьетнам	0,76***	0,986	0,941	0,967	0,854**	0,958	0,932	0,909	0,888***

Примечание:

* p < ,05

** p < 0,01

*** p < 0,001

Таблица 2 / Table 2

Оценки m преобразования Бокса-Коха
 m -estimates of the Box-Koch transformation

Страна	Значение m								
	Зерно	Сахар	Фрукты	Мясо	Молоко	Рыба, морепродукты	Энергия	Сталь	ВВП
Южная и Центральная Америка									
Перу	-1.44	3.11	1.57	0.91	-1.71	1	0.87	1.26	0.68
Европа									
Финляндия	2.364	-0.427	-1.771	5	н/д	0.107	-0.742	2.364	-0.5
Франция	н/д	2	-1	-2	4	-4	0.541	-0.35	1.846
Литва	5	1.74	-0.949	5	-1.945	1.157	-1	0.827	0.526
Северная Македония	1.662	н/д	3.044	0.09	1.45	н/д	1.302	0.395	0.247
Норвегия	-5	н/д	3.186	5	-5	0.06	-5	-0.673	1.803
Турция	-5	-5	3	-0.14	0.225	-1.975	0.981	1.693	0.119
Казахстан	1.249	н/д	н/д	1	2	-0.15	1.347	1.755	0.353
Беларусь	1.161	1.957	1.645	2.055	-1.775	2.124	3.25	1.504	0.123
Ближний Восток									
Иран	н/д	1	1.138	2.329	0.321	0.49	0.321	1.579	5
Саудовская Аравия	1.767	н/д	1.488	0.576	1.247	2.687	1.847	0.627	-0.5
Арабские Эмираты	0.205	н/д	-0.536	-0.082	0.27	-5	-0.302	-1	6
Африка									
Египет	-0.292	н/д	-1.432	1.674	1.449	-0.85	4	1.69	-0.198
Австралия и Юго-Восточная Азия									
Китай	-5	-2.5	0.992	2.912	1	0.824	1.612	0.947	0.262
Пакистан	н/д	-0.856	-0.925	-1.611	-5	-2.572	1.056	5	2
Тайланд	5	-0.14	-0.426	-5	-5	-0.222	1.772	1.396	0.609
Южная Корея	-5	н/д	-1.527	-0.389	-5	0.343	2.851	3.236	0.658
Шри Ланка	н/д	0.758	-3.067	-2.378	-1.634	-0.217	-1.356	0.311	0.207
Вьетнам	-2.036	0.751	2.017	0.93	-0.435	1.074	-0.038	1	0.183

Таблица 3 / Table 3

Оценки стандартизированного коэффициента регрессии
Estimates of the standardized regression coefficient

Страна	Статистическая оценка коэффициента регрессии										VIF							F-критерий Фишера/R ²
	Зерно	Сахар	Фрукты	Мясо	Молоко	Рыба, морепродукты	Энергия	Сталь	Зерно	Сахар	Фрукты	Мясо	Молоко	Рыба, морепродукты	Энергия	Сталь		
Южная и Центральная Америка																		
Чили	-	0.029	0.288**	0.794**	-0.026	0.034	-	-0.06	-	1.99	4.91	8.16	1.4	1.28	-	2.48	178.037*** 0.988	
Перу	-0.028	-0.048	0.083	0.66**	-0.019	-0.02	0.246	0.103	96.97	2.11	9.23	99.59	46.32	2.05	64.48	15.56	401.034 0.997	
Страны СНГ																		
Беларусь	-	-	0.464**	-	0.194*	-0.39**	-	0.19	-	-	4.34	-	3.05	2.85	-	2.98	71.781*** 0.96	
Казахстан	-0.215*	0.027	-	-	0.22	-	0.729**	-0.08	1.52	1.59	-	-	3	-	4.8	3.36	30.257*** 0.915	
Европа																		
Австрия	-	-0.168	-0.136	-0.603**	-0.334	-	-0.527**	-0.058	-	1.3	2.84	1.97	3.56	-	2.12	1.44	12.561*** 0.853	
Болгария	-	-	0.107	0.498**	0.086	0.479**	0.048	0.19	-	-	1.48	1.86	1.92	1.41	2.75	2.37	9.87*** 0.82	
Хорватия	0.044	0.066	0.005	0.954**	-	-	-0.047	0.086	1.96	1.64	3.09	2.82	-	-	2.9	2.28	96.449*** 0.978	
Кипр	-0.243	-	-0.633**	-	-0.176	-0.4*	-0.079	0.571*	1.39	-	4.28	-	2.6	3.03	8.24	5.23	13.829*** 0.865	
Чехия	-0.222	0.124	0.253	0.164	0.071	-0.243	-0.308	0.322	2.34	1.35	3.26	5.49	5.9	6.75	7.11	5.27	17.958*** 0.929	
Дания	0.071	-0.384**	-0.035	0.041	-	-	-0.761**	0.09	2.44	2.26	1.32	1.15	-	-	4.59	2.16	23.433*** 0.915	
Эстония	-0.122	-	-	0.166	0.49**	0.189	0.552**	0.071	1.67	-	-	1.12	1.26	1.21	1.67	1.46	20.009*** 0.902	
Финляндия	0.028	0.153	-0.274	-0.281	-	0.326*	0.09	-0.031	1.29	6.66	3.54	4	-	2.86	5.13	1.61	20.604*** 0.923	
Франция	-	-	0.002	-	-0.209*	-0.149	-1.139**	0.293	-	-	2.1	-	1.77	1.67	5.2	4.06	35.838*** 0.928	
Германия	-0.01	-0.109	-0.186*	-0.44**	-	-0.23*	-0.938**	0.431**	3.55	1.67	1.43	2.09	-	1.58	4.56	1.17	34.549*** 0.953	
Греция	-0.382*	-	-0.174	-0.639**	0.093	0.061	1.093**	-	1.86	-	3.57	2.5	2.36	1.6	3.66	-	13.309*** 0.86	

Продолжение табл. 3

Страна	Статистическая оценка коэффициента регрессии								VIF							F-критерий Фишера/R ²		
	Зерно	Сахар	Фрукты	Мясо	Молоко	Рыба, морепродукты	Энергия	Сталь	Зерно	Сахар	Фрукты	Мясо	Молоко	Рыба, морепродукты	Энергия		Сталь	
Венгрия	0.251	-0.376	0.169	-0.347	0.18	-	-0.015	0.34	2.88	2.9	2.96	2.94	3.67	-	2.86	3.39	7.182*** 0.807	
Италия	0.221	-0.721**	0.068	-	-0.166	0.226	0.152	-	1.45	3.45	2	-	2.17	1.8	3.98	-	8.582*** 0.798	
Латвия	-	-	0.203	-	-0.014	0.468	0.401	0.078	-	-	1.29	-	1.71	4.15	3.84	1.29	10.88*** 0.795	
Литва	0.09	-0.029	-0.237	-	-	-0.06	-0.185	0.887**	1.94	2.36	1.53	-	-	1.74	1.7	1.86	9.482*** 0.814	
Нидерланды	0.996**	-0.143	-	-0.075	-	0.03	0.119	0.109	4.23	2.12	-	2.96	-	5.57	5.5	1.63	30.904*** 0.925	
Северная Македония	0.109	-	-0.148	-0.019	-	-	0.18	-0.128	1.49	-	1.74	2.22	2.31	-	2.48	2.69	49.711*** 0.958	
Норвегия	0.025	-	-0.059	-	-	-0.134	0.456**	0.299	2.77	-	4.19	5.71	-	2.27	2.8	4.47	26.355*** 0.924	
Польша	0.085	-0.099	-	0.104	0.493**	0.085	0.572**	-0.085	1.14	1.47	-	7.8	3.56	3.87	3.66	7.41	37.03*** 0.956	
Румыния	-0.085	-	0.377*	0.22	0.059	0.129	-0.593**	0.493**	3.02	-	2.83	2.65	3.59	1.85	2.47	2.3	17.376*** 0.91	
Словакия	0.088	0.001	0.237*	-	-	-	-0.71**	0.41**	1.14	1.14	1.19	-	-	-	1.43	1.5	29.67*** 0.872	
Словения	0.033	-	-0.334	-0.621	-0.173	-	0.2	0.284	2.67	-	2.79	5.5	1.89	-	3.79	1.31	4.743*** 0.542	
Швеция	-0.14	-0.36*	-0.005	-0.189	-0.21	-0.05	-0.537**	0.102	2.12	2.39	7.16	5.32	2.01	2.87	4.16	3.32	18.334*** 0.919	
Турция	-	0.063	-0.038	-	-	-0.065	1.055**	-	-	1.3	4.41	-	-	1.64	4.78	-	68.76*** 0.948	
Ближний Восток																		
Иран	-	-	0.019	0.032	-0.06	0.179**	0.866**	-0.035	-	-	4.36	6.67	2.15	3.75	6.48	4.93	256.924*** 0.992	
Израиль	-0.221*	-	-0.194*	0.174*	-0.188	-0.087	-0.231*	0.733**	2.44	-	1.92	1.86	3.12	1.77	2.74	4.59	2.978* 0.961	
Саудовская Аравия	-	-	-0.033	-0.19	-0.206	0.251	0.79*	0.112	-	-	1.63	2.5	2.89	4.52	9.01	5.14	11.833*** 0.845	
Арабские Эмираты	0.35	-	-0.488	0.137	0.257	0.353	0.076	0.27	1.11	-	3.53	2.7	2.95	3.14	3.77	2.31	3.582* 0.676	

Окончание табл. 3

Страна	Статистическая оценка коэффициента регрессии								VIF							F-критерий Фишера/R ²	
	Зерно	Сахар	Фрукты	Мясо	Молоко	Рыба, морепродукты	Энергия	Сталь	Зерно	Сахар	Фрукты	Мясо	Молоко	Рыба, морепродукты	Энергия		Сталь
Африка																	
Египет	-	-	0.019	0.032	-0.06	0.179**	0.866**	-0.035	-	-	4.36	6.67	2.15	3.75	6.48	4.93	30.027*** 0.915
Марокко	0.219*	-0.035	-	-	-	0.017	0.665**	0.126	5.78	2.34	-	-	-	1.58	7.2	4.18	128.221*** 0.979
Австралия и Юго-Восточная Азия																	
Австралия	0.24	-0.397*	-0.115	0.055	-	0.282	-0.203	-0.461*	1.65	2.27	2.91	1.2	-	2.1	4.55	3.63	15.702*** 0.902
Китай	-	-	0.523	-0.015	-0.142	0.073	0.612*	-0.057	-	-	198.28	79.9	26.67	50.96	177.45	60.32	13.829*** 0.996
Индия	-	0.002	-0.236	-	-	-	1.056**	-0.421	-	1.1	48.97	-	31.63	-	251.96	161.42	450.764* 0.994
Индонезия	-	0.447	0.447	-0.123	0.292*	-	0.231	0.157	-	-	52.35	12.39	20.01	-	17.23	11.73	228.445*** 0.988
Малайзия	-0.078	-	-0.171	0.974**	-	-0.053	-	-0.141	4.32	-	2.09	9.74	-	1.65	-	3	43.439*** 0.939
Пакистан	-	0.03	0.054	0.968**	-	-0.13	-0.133	-	-	1.34	2.22	4.69	-	3.09	4.17	-	90.179*** 0.97
Тайланд	-	0.211	-0.44*	0.067	-0.07	-0.079	0.403	-	-	3.99	4.87	2.56	7.53	3.88	7.18	-	31.214*** 0.935
Южная Корея	-0.031	-	-0.011	-	-0.016	0.068	0.984**	-0.038	5.15	-	1.57	-	6.39	1.43	4.73	2.68	88.936*** 0.965
Шри Ланка	-	-0.227	-	-0.038	-0.178	0.221	0.789**	-	-	3.27	-	2.99	8.06	3.62	9.32	-	54.5*** 0.951
Вьетнам	-	-0.109*	-0.086	0.133*	-	-	1.045**	-	-	2.78	6.98	4.1	-	-	6.98	-	282.46*** 0.986

Примечание:
* p < ,05
** p < 0,01
*** p < 0,001

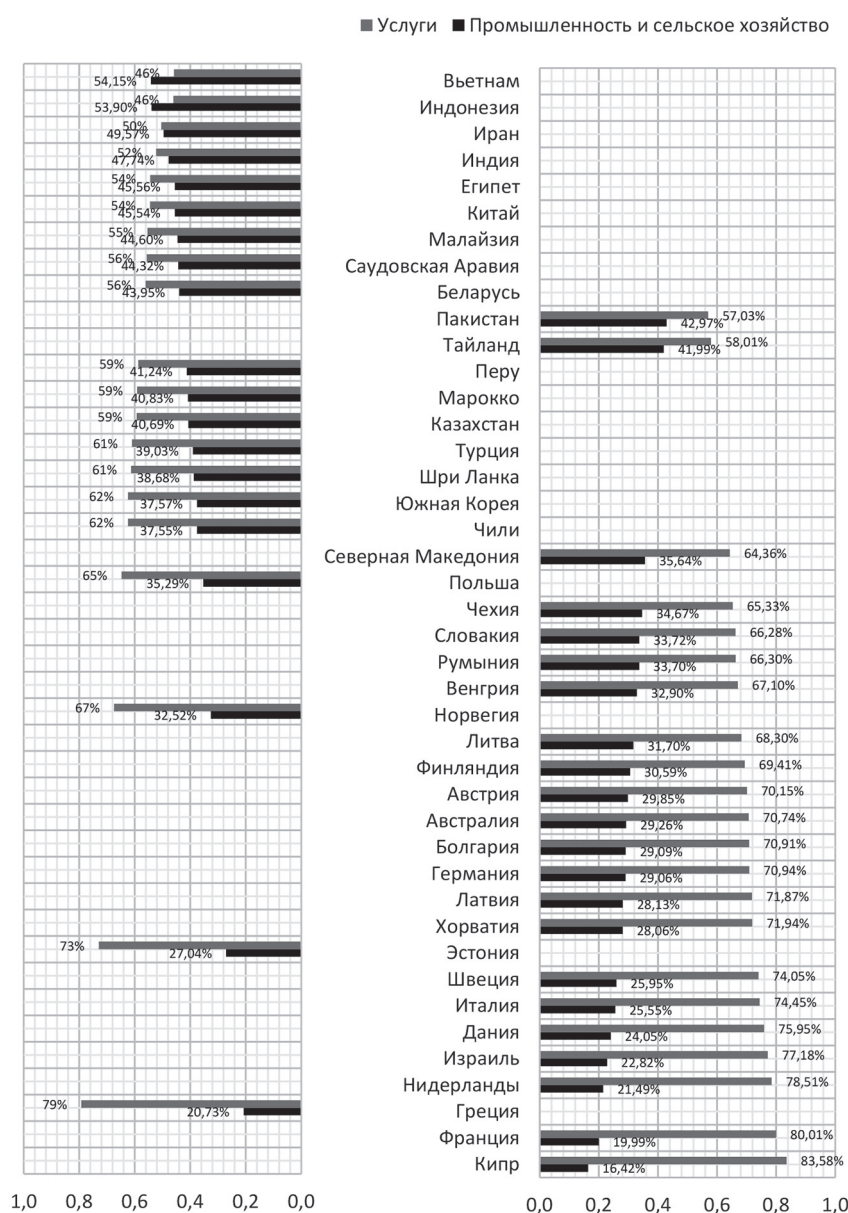
ность ($VIF > 10$) между всеми переменными для Перу, Китая, Индии и Индонезии. Для данных наблюдений невозможно устранить мультиколлинеарность путем исключения некоторых факторов. Возможной причиной этого явления является то, что для таких стран, где активно развивается сельское хозяйство, потребление продукции сельского хозяйства является поддерживающим фактором для активного использования энергии.

В отдельной группе стран (Чили, Беларусь, Малайзия), где выявлена мультиколлинеарность между отдельными переменными модели и энергией, она может быть исключена устранением фактора энергии из анализа. Предположительно, внутреннее потребление продукции сельского хозяйства в данных странах является не только стимулом использования энергии, но и фактором, поддерживающим экономический рост.

Страны, в которых потребление энергии положительно влияет на экономический рост, сосредоточены в Азии, Северной Африке и Ближнем Востоке, Северо-Восточной Европе. Положительная взаимосвязь наблюдается в 13 наблюдениях (Польша, Эстония, Греция, Норвегия, Турция, Казахстан, Иран, Саудовская Аравия, Египет, Марокко, Южная Корея, Шри Ланка, Вьетнам).

Предположительно, потребление энергии поддерживает экономический рост в странах индустриального типа. Потребление положительно влияет на экономический рост как в странах с высокой долей ВДС добычи углеводородов в ВВП (Норвегия, Иран, Казахстан, Саудовская Аравия), так и в тех странах, где существует недостаток ресурсов (Вьетнам, Южная Корея, Марокко). Тем не менее, именно в странах Азии наблюдаются заметные темпы роста, а также активно развивается промышленность.

Доля промышленности и сельского хозяйства в ВВП у обозначенных стран представлена на рис.1 — более 35%



Источник: рассчитано автором по данным Всемирного Банка

Source: calculated by the author using the World Bank data

Рис. 1. Доля секторов экономики в ВВП (в национальной валюте) в странах мира за 2020 г., в процентах

Fig. 1. The share of economic sectors in GDP (in national currency) in the countries of the world in 2020, %

(кроме Норвегии, Эстонии, Греции). Их также условно можно отнести к индустриальному и аграрно-индустриальному типу.

Отрицательная взаимосвязь выявлена в 8 наблюдениях (Австрия, Дания, Франция, Германия, Румыния, Словакия, Швеция, Израиль).

Доля сфера услуг у данных стран Европы значительна — 64-84% (кроме Словакии). Следует отметить, что для таких стран характерна незначитель-

ная доля сельского хозяйства в ВВП (1-4%).

Для остальных 14 наблюдений коэффициент регрессии оказался не значим (Болгария, Хорватия, Чехия, Венгрия, Италия, Литва, Латвия, Нидерланды, Северная Македония, Австралия, Пакистан, Тайланд, Кипр, Финляндия).

Доля сектора услуг в ВВП у данных стран — более 65% (кроме Пакистана, Тайланда и Северной Македонии), их условно можно отнести к стра-

нам экономики услуг — сервисного типа.

Для ряда таких стран более значимыми показателями, по сравнению с потреблением энергии, явились потребление продукции сельского хозяйства (Австралия, Италия, Болгария, Хорватия, Кипр). Несмотря на то, что доля сельского хозяйства в ВВП данных стран невелика (не более 5%), но в экономический стран рост в данных стран может вносить ресторанный бизнес и пищевая промышленность, что объясняет положительное влияние внутреннего спроса на продукты продовольствия на поддержание экономического развития в этих странах.

Обсуждение результатов исследования

Необходимо отметить, что структура потребления продовольствия может быть, как положительно, так и отрицательно взаимосвязана с экономическим ростом. Однако причиной различного характера таких оценок являются: смена предпочтений, замещение одной группы продуктов другой в случае изменения цен и т.д. Здесь требуется более глубокий анализ, который выходит за рамки настоящего исследования.

В мире наблюдается активный переход к постиндустриальной экономике, где сфера услуг играет ведущую роль. В левой части на рис. 1 показаны доли секторов экономики для стран с выявленной положительной взаимосвязью и мультиколлинеарностью между факторами, справа — отрицательной взаимосвязью либо ее отсутствием в порядке возрастания доли услуг в ВВП.

Несмотря на отдельные исключения, можно проследить закономерность: для стран с высокой долей услуг в ВВП (сервисного типа) более характерна отрицательная взаимосвязь между показателями либо ее отсутствие, чем для тех стран, у которых наблюдается положительная взаимосвязь, либо обнаружена мультиколлинеарность между факторами модели, сфера услуг не так значительна (страны индустриального и аграрно-индустриального типа). Причем наличие мультиколлинеарности не исключает возможности положительного влияния энергии на поддержание экономического роста, но это не может быть доказано с помощью настоящей модели исследования.

В странах, у которых не выявлена существенная взаимосвязь между потреблением энергии и экономическим ростом, активно развивается сфера услуг, в т.ч. ИТ, как и в странах с отрицательной взаимосвязью. Однако для поддержания экономики таких стран более важную роль играет потребление продовольствия. Двойственность оценок говорит о том, что существуют иные факторы, кроме структуры выпуска, которые могут определять характер взаимосвязи. Такими факторами могут быть институциональная среда и инновации в области энергоэффективности.

Заключение

В настоящем исследовании была проведен анализ долгосрочной взаимосвязи между потреблением энергии и экономическим ростом (в расчете на душу населения) в зарубежных странах. Поскольку

большинство оценок говорят об отсутствии взаимосвязи между параметрами, то можно говорить о неоднозначной направленности влияния потребления энергии на ВВП. Возможной причиной различного характера влияния внутреннего потребления энергии является тип экономической системы.

Потребительский спрос на энергию внутри страны играет роль в поддержании экономического роста в ряде зарубежных стран мира аграрно-индустриального и индустриального типа, которые находятся в Азии, Северной Африке и Ближнем Востоке, Северо-Восточной Европе.

Изменение в структуре экономического выпуска стран в пользу оказания услуг может способствовать тому, что экономика данных стран будет менее зависима от волатильности поставок энергии. Тем не менее, неочевидность результатов для разных типов экономик говорит о том, существуют иные факторы, кроме структуры экономического выпуска, которые также детерминируют характер взаимосвязи между потреблением энергии и экономическим ростом. Для некоторых стран сервисного типа, находящихся в Европе, обнаружена обратная взаимосвязь между потреблением энергии и экономическим ростом либо ее не обнаружено.

Таким образом, отдельные страны сервисного типа, для которых потребление и экономический рост обратно взаимосвязаны, демонстрируют способность сокращать потребление энергии и поддерживать экономический рост, повышая энергоэффективность экономики.

Литература

1. Об утверждении комплексной государственной программы Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности». Постановление Правительства РФ от 9 сентября 2023 г. № 1473.
2. Karanfil F. Energy consumption and economic growth revisited: Does the size of unrecorded economy matter? // Energy Policy.

Elsevier. 2008. № 36(8). С. 3019–3025. DOI: 10.1016/j.enpol.2008.04.002.

3. Lee Ch.-Ch., Chang Ch.-P. Energy consumption and economic growth in Asian economies: A more comprehensive analysis using panel data // Resource and Energy Economics. 2008. Т. 30. № 1. С. 50–65.

4. Gozgor G., Chi K. M. L., Zhou L. Energy consumption and economic growth: New evidence

from the OECD countries // *Energy*. Elsevier. 2018. T. 153(C). С. 27–34.

5. Thapa-Parajuli R., Aryal S., Alharthi M., Paudel R.C. Energy consumption, export performance and economic growth in alandlocked developing country: The case of Nepal // *AIMS Energy*. 2021. № 9(3). С. 516–533. DOI: 10.3934/energy.2021025.

6. Ajmi A.N., Inglesi-Lotz R. Biomass energy consumption and economic growth nexus in OECD countries: A panel analysis // *Renewable Energy*. 2020. № 162. С. 1649–1654.

7. Magazzino C., Mele M., Schneider N., Vallet G. The relationship between nuclear energy consumption and economic growth: evidence from Switzerland // *Environmental Research Letters*. 2020. № 15(9). С. 0940a5.

8. Shojae A., Seyedin S.H. Relationship between energy consumption and economic growth in Europe area // *J. Multidiscip. Eng. Sci. Technol. (JMEST)*. 2021. № 8(6). С. 14114–14125.

9. Корнилова А. Ю. Взаимосвязь потребления энергии и ВВП в странах мира // *Экономическая наука современной России*. 2024. № 2(105). С. 83–100. DOI: 10.33293/1609-1442-2024-2(105)-83-100.

10. Statistical Review of World Energy. Energy Institute [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.energyinst.org/statistical-review>.

11. World Development Indicators World Bank [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>.

12. World Steel Yearbook (1990–2019). Web archive [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20120701061319/http://worldsteel.org/statistics/statistics-archive/yearbook-archive.html>.

13. Food balances [Электрон. ресурс] // FAOSTAT. Режим доступа: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS>.

14. Kenny D. *Methodology in the Social Sciences*. New York: The Guilford Press, 2019. 373 с.

References

1. Ob utverzhdenii kompleksnoy gosudarstvennoy programmy Rossiyskoy Federatsii «Energoberezheniye i povysheniye energeticheskoy effektivnosti». Postanovleniye Pravitel'stva RF ot 9 sentyabrya 2023 g. № 1473 = On approval of the comprehensive state program of the Russian Federation “Energy saving and increasing energy efficiency”. Resolution of the Government of the Russian Federation of September 9, 2023 No. 1473. (In Russ.)

2. Karanfil F. Energy consumption and economic growth revisited: Does the size of unrecorded economy matter? *Energy Policy*. Elsevier. 2008; 36(8): 3019–3025. DOI: 10.1016/j.enpol.2008.04.002.

3. Lee Ch.-Ch., Chang Ch.-P. Energy consumption and economic growth in Asian economies: A more comprehensive analysis using panel data. *Resource and Energy Economics*. 2008; 30; 1: 50–65.

4. Gozgor G., Chi K. M. L., Zhou L. Energy consumption and economic growth: New evidence from the OECD countries. *Energy*. Elsevier. 2018; 153(C): 27–34.

5. Thapa-Parajuli R., Aryal S., Alharthi M., Paudel R.C. Energy consumption, export performance and economic growth in alandlocked developing country: The case of Nepal. *AIMS Energy*. 2021; 9(3): 516–533. DOI: 10.3934/energy.2021025.

6. Ajmi A.N., Inglesi-Lotz R. Biomass energy consumption and economic growth nexus in OECD countries: A panel analysis. *Renewable Energy*. 2020; 162: 1649–1654.

7. Magazzino C., Mele M., Schneider N., Vallet G. The relationship between nuclear energy consumption and economic growth: evidence from Switzerland. *Environmental Research Letters*. 2020; 15(9): 0940a5.

8. Shojae A., Seyedin S.H. Relationship between energy consumption and economic growth in Europe area. *J. Multidiscip. Eng. Sci. Technol. (JMEST)*. 2021; 8(6): 14114–14125.

9. Kornilova A. Yu. Relationship between energy consumption and GDP in countries of the world. *Ekonomicheskaya nauka sovremennoy Rossii = Economic Science of Modern Russia*. 2024; 2(105): 83–100. DOI: 10.33293/1609-1442-2024-2(105)-83-100. (In Russ.)

10. Statistical Review of World Energy. Energy Institute [Internet]. Available from: <https://www.energyinst.org/statistical-review>.

11. World Development Indicators World Bank [Internet]. Available from: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>.

12. World Steel Yearbook (1990–2019). Web archive [Internet]. Available from: <https://web.archive.org/web/20120701061319/http://worldsteel.org/statistics/statistics-archive/yearbook-archive.html>.

13. Food balances [Internet]. FAOSTAT. Available from: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS>.

14. Kenny D. *Methodology in the Social Sciences*. New York: The Guilford Press, 2019. 373 p.

Сведения об авторе

Анна Юрьевна Корнилова

К.э.н. эксперт

Meterstartup.ru, Москва, Россия

E-mail: pgmcjd@yandex.ru

Information about the author

Anna Y. Kornilova

Cand. Sci. (Economics), expert

Meterstartup.ru, Moscow, Russia

E-mail: pgmcjd@yandex.ru



УДК 519.86

DOI: <http://dx.doi.org/10.21686/2500-3925-2025-4-36-51>

А.А. Брызгалов

Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова,
Москва, Россия

Экономико-математическое моделирование рисков в сервисной бизнес-модели сетевого предприятия

Целью работы является разработка экономико-математической модели оценки рисков в сервисной бизнес-модели сетевого предприятия, способной формализовать влияние разнообразных факторов риска на устойчивость сетевой структуры и вырабатывать эффективные стратегии управления ими.

Материалы и методы. В работе применены стохастические методы, методы оптимизации, теория графов, системная динамика. Алгоритм моделирования включает этапы идентификации рисков, формализации параметров, анализа каскадных эффектов, оценки сетевой структуры и оптимизации стратегии управления. В качестве эмпирической базы использован пример IoT-платформы MindSphere и экосистемы её участников.

Результаты. Разработан комплексный подход к количественной оценке рисков в цифровых экосистемах на основе каскадного анализа, оценки центральности узлов экосистемы и моделирования ущерба. Комплексный подход к количественной оценке рисков предусматривает интеграцию методов, позволяющих не только измерить вероятность и потенциальный ущерб отдельных угроз, но и учесть их взаимосвязи, динамику развития и влияние на структуру сервисной бизнес-модели сетевого предприятия.

Такой подход обеспечивает не только расчет ожидаемых потерь, но и выявление критических точек системы, разработку превентивных мер и визуализацию результатов для принятия обоснованных решений, что особенно важно для сложной экосистемы, где риски усиливаются за счет взаимозависимости ее участников.

Заключение. Разработанная модель позволяет количественно оценивать взаимосвязанные риски в сервисных бизнес-моделях, учитывать сетевую взаимосвязь рисков и структурные уязвимости экосистем. Это обеспечивает обоснованное принятие решений при управлении устойчивостью сетевой структуры. Результаты имеют практическое значение для промышленности, активно внедряющей IoT и облачные решения.

Ключевые слова: экономико-математическое моделирование; сервисные бизнес-модели; сетевые предприятия; управление рисками; каскадные эффекты; системная динамика; теория графов; центральность узлов; метод Монте-Карло; стохастическая оптимизация; устойчивость сети; цифровая экосистема; IoT-платформы

Alexey A. Bryzgalov

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Economic and Mathematical Modeling of Risks in the Service Business Model of a Network Enterprise

The aim of the research is to develop an economic and mathematical model of risk assessment in the service business model of a network enterprise, capable of formalizing the impact of various risk factors on the stability of the network structure and developing effective strategies for managing them.

Materials and methods. The paper uses stochastic methods, optimization methods, graph theory, and system dynamics. The modeling algorithm includes the stages of risk identification, parameter formalization, cascade effects analysis, network structure assessment, and management strategy optimization. The example of the MindSphere IoT-platform and the ecosystem of its participants is used as an empirical base.

Results. A comprehensive approach to quantitative risk assessment in digital ecosystems has been developed based on cascade analysis, assessment of the centrality of ecosystem nodes, and damage modeling. A comprehensive approach to quantitative risk assessment involves the integration of methods that allow not only to measure the probability and potential damage of individual threats, but also consider their interrelationships, development dynamics and impact on the structure

of the service business model of a network enterprise. This approach provides not only the calculation of expected losses, but also the identification of critical points of the system, the development of preventive measures and visualization of the results for informed decision-making, which is especially important for a complex ecosystem where risks are increased due to the interdependence of its participants.

Conclusion. The developed model allows quantifying interrelated risks in service business models, taking into account the network interconnection of risks and structural vulnerabilities of ecosystems. This ensures informed decision-making when managing the stability of the network structure. The results are of practical importance for the industry, which is actively implementing IoT and cloud solutions.

Keywords: economic and mathematical modeling; service business models; network enterprises; risk management; cascading effects; system dynamics; graph theory; node centrality; Monte Carlo method; stochastic optimization; network stability; digital ecosystem; IoT platforms.

Введение

Современные сервисные бизнес-модели сетевых предприятий, особенно в условиях цифровой экономики, сталкиваются с беспрецедентным уровнем неопределённости и усложнённой природой рисков [1]. В отличие от традиционных линейных бизнес-структур, где угрозы зачастую локализованы и поддаются классическим методам управления, сервисные модели формируются на принципах сетевого взаимодействия, что радикально меняет характер и динамику рисков.

Сервисная бизнес-модель — это способ создания и доставки ценности, основанный преимущественно на услугах, предоставляемых цифровыми платформами. Она ориентирована не на владение активами, а на координацию их использования в рамках экосистемы. Классические работы Остервальдера А. и Пинье И. определили базовые компоненты бизнес-моделей, однако в контексте сетевых предприятий акцент смещается на взаимодействие множества участников и совместное создание ценности [2]. Исследования Li и др. подчеркивают, что цифровые платформы трансформируют цепочки создания стоимости, формируя распределённые системы с высокой взаимозависимостью партнёров [3]. Её ключевыми характеристиками являются:

1. Центральная роль цифровой платформы, которая выступает инфраструктурной основой для обмена данными, услугами и ресурсами (например, IoT-платформа MindSphere).

2. Мультиагентность — участие разнородных субъектов (разработчики, поставщики оборудования, клиенты, интеграторы), каждый из которых вносит вклад в формирование конечной ценности.

3. Взаимозависимость участников сетевой структуры, в ко-

торой сбой или риски одного элемента сети могут вызвать каскадные последствия для всей системы.

Специфика сервисной ориентации сетевого предприятия проявляется в том, что ключевым продуктом выступают не материальные товары, а цифровые услуги и решения, такие как прогнозная аналитика, удаленный мониторинг оборудования или оптимизация производственных процессов.

Сервисные бизнес-модели сетевого предприятия функционируют в условиях высокой динамики, где ключевую роль играют нематериальные активы, распределённые взаимодействия и технологическая изменчивость. Работы Паркера и др. подробно рассматривают природу сетевых эффектов и стратегии монетизации платформенных моделей. [4] Успех подобных моделей, как показано в [5], зависит от интеграции оборудования, данных и приложений, что, в свою очередь, создаёт новые уязвимости, связанные с координацией и управлением взаимодействием. Проблемы организации цифровых платформ и технологической интеграции рассмотрены в отечественных источниках [6], [7], где подчеркивается значимость сочетания IoT-решений и облачных сервисов.

Ключевая особенность рисков в таких моделях — их системная взаимозависимость. Угрозы усиливаются за счёт сложной сетевой архитектуры взаимодействий: сбой одного компонента может вызвать каскадные эффекты [8]. Помимо технических аспектов, значимыми становятся регуляторные и поведенческие риски. В отличие от традиционных подходов (COSO ERM, ISO 31000) [9], которые фокусируются на внутренних угрозах, платформенные структуры сталкиваются с внешними факторами на стыке взаимодействий. Ис-

следования Л.В. Санковой и Ф.И. Мирзабалаевой, предлагают классификацию рисков в платформенной экономике (технические, рыночные, регуляторные), а Радайкин А.Г. и др. выделяют «риски экосистем», включая зависимость от сторонних API и облачных решений [10], [11].

Для IoT-платформ работы [12], [13], [14] подчёркивают значимость киберрисков, особенно связанных с передачей данных между устройствами и облачными платформами. Однако вопросы синергии различных типов рисков — технических, регуляторных, операционных — остаются недостаточно изученными. В работе [15] анализируются финансовые и операционные угрозы, однако многие подходы рассматривают изолированные риски, игнорируя их каскадные последствия, например: как сбой облачного компонента приводит к кибератакам, а те — к штрафным санкциям за утечку персональных данных.

Кроме того, в такой среде риски обладают высокой латентностью: они скрыты в архитектуре платформы, зависимостях от поставщиков и пользовательском поведении. В условиях высокой скорости изменений классические модели оценки (например, VaR, [16]) теряют эффективность, поскольку не учитывают сетевые и нелинейные эффекты. Это усиливает потребность в современных методах анализа, способных отразить динамику, распределённость и неопределённость угрозы.

В качестве ответа на эти вызовы используется адаптированный подход системной динамики [17], позволяющие смоделировать развитие рисков во времени и учитывать обратные связи между событиями. Сетевой анализ, базирующийся на теории графов [18], применяется для выявления узлов с наибольшей уязвимо-

стью и оценки устойчивости платформ. В частности, работа [19] предлагает модель анализа цифровой платформы на основе центральности узлов, однако её применимость к много-агентным сервисным моделям, где задействованы интеграторы, провайдеры и заказчики, требует дополнительного изучения [20].

Российские исследования [21], [22] предлагают использовать многокритериальный анализ для оценки и выбора стратегий управления рисками. Однако их адаптация к реальности IoT-экосистем, где технические сбои сочетаются с нормативными ограничениями, пока остаётся открытым направлением для исследований.

Проведенный анализ исследований обуславливает потребность в разработке комплексного подхода моделирования оценки рисков в сервисной бизнес-модели сетевого предприятия, учитывающего: сетевые взаимосвязи между участниками; эволюцию и динамику рисков; стохастическую природу цифровых экосистем; интеграцию различных типов угроз в рамках единой модели.

Исследование автора направлено на экономико-математическом моделировании оценки рисков, адаптированной к условиям сервисных бизнес-моделей сетевых предприятий. Она основывается на причинно-следственном анализе рисков и применяет набор взаимодополняющих методов: сетевой анализ для выявления структурных уязвимостей, системную динамику для оценки развития рисков во времени и вероятностные методы для анализа неопределённости. Такой подход позволит перейти от реактивного управления к проактивной стратегии, обеспечивающей устойчивость и адаптивность бизнеса в цифровой среде.

Обоснование выбора методов и последовательности алгоритма экономико-математического моделирования рисков

Пусть сервисное сетевое предприятие функционирует в условиях неопределённости, где различные виды рисков могут проявляться с определенной вероятностью и вызывать ущерб различной степени. Требуется:

1. Разработать систему количественной оценки рисков.

2. Определить зависимость между различными видами рисков.

3. Разработать оптимизационную модель управления рисками, минимизирующую суммарные потери.

Модель должна учитывать как отдельные риски, так и их совокупное влияние на устойчивость сервисной бизнес-модели.

Для количественной оценки рисков сервисной бизнес-модели сетевого предприятия необходим выбор адекватного математического аппарата, который позволит учитывать вероятностную природу рисков, их взаимосвязь, а также прогнозировать возможные последствия их реализации.

Экономико-математическое моделирование рисков в сетевых бизнес-моделях требует системного подхода, учитывающего их распределенную природу, взаимозависимость участников и нелинейность во времени возникающих угроз. Предлагаемый алгоритм объединяет методы, которые последовательно решают задачи моделирования оценки рисков, обеспечивая комплексный анализ даже в условиях высокой неопределённости. Ниже представлена методика моделирования оценки рисков, которая отражает естественный путь анализа, включая логику перехода от идентификации угроз к их ко-

личественной оценке и практическому управлению:

1. Идентификация ключевых рисков → Без нее модель не имеет предмета анализа.

2. Формализация параметров рисков → Превращает качественные угрозы в количественные параметры, делая их пригодными для математического анализа.

3. Построение матрицы влияния → Определяет причинно-следственные связи между рисками, что необходимо для последующего анализа каскадных эффектов.

4. Расчет каскадных эффектов → Ядро модели, объясняющее механизм усиления ущерба в сетевых структурах.

5. Динамическое моделирование роста ущерба → Дополняет анализ каскадов временным измерением, показывая, как ущерб накапливается и распространяется в системе.

6. Анализ центральности узлов → Выявляет ключевые узлы сети, где управление рисками дает максимальный эффект.

7. Вероятностная оценка ущерба методом Монте-Карло → Добавляет в анализ стохастичность, отражающую реальную неопределённость.

8. Оптимизация управления рисками → Превращает результаты анализа в практические управленческие решения.

Каждый метод дополняет предыдущий: матрица влияния питает графы каскадов, системная динамика уточняет расчеты Монте-Карло, а теория графов задает приоритеты для оптимизации. Такой синтез методов позволяет преодолеть ограничения классических подходов и предложить решение, адекватное сложности сетевых сервисных бизнес-моделей.

Первый этап - Последовательность начинается с идентификации ключевых рисков, поскольку без четкого понимания угроз, специфичных для

Источники данных и формулы для количественной оценки

Data sources and formulas for quantification

Параметр	Источник данных
P_j – вероятность осуществления риска	- Статистика прошлых инцидентов. - Экспертные оценки. - Отраслевые отчеты (Gartner, McKinsey и др.).
U_j – ущерб от осуществления риска	- Финансовая отчетность компаний (потери клиентов, штрафы). - Оценка операционных потерь. - Репутационные издержки.
T_j – время воздействия риска	- Среднее время восстановления (MTTR) из отчетов инцидентов. - SLA участников сетевого предприятия. - Экспертные оценки интеграторов.

сетевой структуры, дальнейшее моделирование теряет смысл. В данном случае важно выделить не просто отдельные риски, а те из них, которые способны инициировать цепные реакции [23]. Например, в экосистеме могут быть критичны риски сбоев облачных провайдеров и кибератак, так как они затрагивают всех участников. Этот этап опирается на экспертные интервью, исторические данные и мозговые штурмы, что позволяет избежать субъективности и сосредоточиться на реально значимых угрозах. В результате идентификации ключевых рисков формируется список рисков $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$.

Второй этап – Формализация параметров рисков – переводит качественные оценки в количественные метрики: вероятность, ущерб, время восстановления. Каждый идентифицированный риск описывается кортежем – $r_j = \langle P_j, U_j, T_j \rangle$. Для того, чтобы получить значение элементов по каждому риску необходимо определить источники данных, а также рассчитать по формуле значение показателя. Без этого невозможно перейти к математическому моделированию. Предложенные варианты источников данных и формула расчета параметров рисков представлены в таблице 1 [14].

Третий этап – Построение матрицы влияния. Для оценки взаимосвязей между рисками в сетевой сервисной бизнес-модели применяется матрица влияния, элементы которой представляют собой коэффициенты c_{jk} , отражающие степень воздействия риска r_j на риск r_k . Например, сбой облачного провайдера может повысить вероятность кибератаки на API платформы. Таким образом, этап становится ключевым для анализа каскадных эффектов. Коэффициенты c_{jk} принимают значения в диапазоне $[0,1]$, где: $c_{jk} = 0$ означает отсутствие влияния (риски независимы), $c_{jk} = 1$ соответству-

ет полной зависимости (реализация r_j с необходимостью влечёт наступление r_k).

При наличии достаточного объема наблюдений коэффициенты c_{jk} могут интерпретироваться как эмпирические оценки условных вероятностей $P(r_k|r_j)$. Это приближает модель к формализму байесовских сетей, в которых узлы представляют вероятностные события (риски), а направленные связи отражают условные зависимости между ними. Таким образом, даже в условиях ограниченной информации модель использует байесовскую логику, в рамках которой априорная вероятность одного события корректируется с учётом наступления другого [24].

Коэффициенты c_{jk} могут быть определены одним из следующих способов:

1. На основе исторических данных как отношение Qs – число зафиксированных случаев наступления риска r_k после риска r_j , к Qv – общее количество случаев реализации риска r_j . Такой подход обеспечивает наибольшую объективность, но требует обширной базы наблюдаемых инцидентов.

2. С использованием статистического анализа применяя регрессионные или корреляционные модели, выявляющих статистически значимые связи между рисками. Это позволяет учесть скрытые зависимости и уточнить оценки влияния.

3. Экспертная оценка, где итоговое значение определя-

ется как среднее арифметическое оценок всех экспертов:

Включение матрицы влияния в модель принципиально важно, поскольку без учёта взаимосвязей между рисками невозможно корректно оценить каскадные эффекты, что может привести к существенной недооценке потенциальных угроз для сетевого предприятия.

Четвертый этап – Расчет каскадных эффектов. Следующим этапом анализа является определение цепной реакции рисков в рамках каскадной структуры. В такой структуре узлы представляют отдельные риски, а направленные рёбра – связи между ними, определяемые коэффициентами влияния c_{jk} . На этой основе производится расчёт вероятности реализации каскада и возможного ущерба.

Используемая структура расчёта аналогична байесовской сети: каждый элемент цепи зависит от предыдущего, и общая вероятность каскада приближённо вычисляется через произведение условных зависимостей между рисками. Хотя точные значения $P(r_k|r_j)$ заменить невозможно без полной статистики, коэффициенты c_{jk} позволяют приближённо использовать формулу произведения Байеса для оценки вероятности цепочки:

$$P_{\text{каскад}} = P_1 \cdot \prod_{i=1}^{n-1} c_{i,i+1}. \quad (1)$$

где P_1 – базовая вероятность начального риска (r_1); $c_{i,i+1}$ –

коэффициент влияния последовательными рисками в каскаде. Ущерб от каскада рассчитывается как:

$$U_{\text{каскад}} = \sum_{i=1}^n \left(U_i \cdot T_i \cdot \prod_{j=1}^{i-1} c_{j,j+1} \right), \quad (2)$$

где U_i — потенциальный ущерб от риска r_i ; T_i — продолжительность воздействия риска r_i ; $c_{j,j+1}$ — коэффициент влияния риска r_j на ущерб r_{j+1} .

Этот этап особенно важен для сетевых моделей, где центральные узлы (например, облачные провайдеры) обладают максимальной разрушительной силой, а также, даже маловероятные сценарии могут привести к катастрофическим потерям.

Пятый этап — Динамическое моделирование роста ущерба — учитывает временное измерение через системную динамику, моделирующую сложные системы с обратными связями, задержками и нелинейностями с помощью дифференциальных уравнений. Для сетевых предприятий с каскадными рисками метод позволяет:

- Учесть взаимозависимость участников.
- Смоделировать эмерджентные эффекты, возникающие из-за сетевой структуры.

- Прогнозировать ущерб в условиях неопределенности и стохастических воздействий.

Дифференциальное уравнение описывает баланс между накоплением ущерба и его снижением:

$$\frac{dU}{dt} = \alpha \times S(t) - \beta \times U(t), \quad (3)$$

где α — коэффициент роста ущерба, отражающий долю потенциальных потерь; β — коэффициент восстановления, характеризующий скорость устранения последствий; $U(t)$ — совокупный ущерб в момент времени t ; $S(t)$ — интенсивность каскада рисков, зависящая от времени и структуры взаимодействий.

Интенсивность каскадов рисков $S(t) = P_{\text{каскад}} \cdot I(t)$, где $P_{\text{каскад}}$ — вероятность каскада рисков; $I(t)$ — функция усиления ущерба, описывающая нелинейные эффекты (линейный, экспоненциальный или сигмоидный рост) и калибруемая эмпирическими данными или экспертными оценками.

Данные для α и β могут быть получены из экспертных оценок или исторических данных. α — отношение фактического ущерба к максимально возможному, а β — обратное среднее значение времени восстановления или отношение скорости восстановления к текущему ущербу.

Накопленный ущерб на различных фазах каскада рассчитывается методом Эйлера. Для обеспечения непрерывности ущерба между фазами начальное значение ущерба для текущей фазы берется как конечное значение предыдущей фазы. При расчете динамики внутри фазы используется прошедшее время $(t - t_0)$, что позволяет применять фазово-зависимые параметры и функции, сохраняя общий временной масштаб.

Шестой этап — анализ центральности узлов. На этом этапе применяется теория графов для анализа устойчивости и уязвимостей сетевых бизнес-моделей. Устойчивость здесь — это способность системы сохранять функциональность при сбоях или атаках, и зависит не только от характеристик узлов, но и от их позиции в структуре взаимодействий.

Сетевое предприятие представляется ориентированным графом $G = (V, E)$, где:

- $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ — узлы (участники: AWS, интеграторы, клиенты и т.д.),
- $E = \{(v_i, v_j) | v_i \rightarrow v_j\}$ — ребра, отражающие направленные взаимодействия.

Для оценки значимости узлов рассчитываются следующие метрики центральности:

Центральность по посредничеству $C_B(v)$: показывает, как часто узел участвует в кратчайших путях между другими. Узлы с высокой C_B контролируют потоки данных и рисков. Например, интеграторы, связывающие разработчиков и клиентов.

Степень центральности $C_D(v)$: число прямых связей узла. Высокая степень говорит о сильной вовлеченности. Например, облачный провайдер, взаимодействующий со всеми участниками.

Центральность по близости $C_C(v)$: обратная сумма расстояний до других узлов. Характеризует скорость распространения рисков. Например, клиенты имеют низкую C_C , так как зависят от цепочек взаимодействий.

Центральность по собственному вектору $C_E(v)$: учитывает влияние не только самого узла, но и его связей с другими значимыми участниками. Например, разработчик платформы, связанный с ключевыми узлами.

Для оценки вклада узла в общий ущерб используется:

$$U_{\text{вклад}}(v) = \frac{C_B(v)}{\sum_{i=1}^n C_B(v_i)} \cdot U_{\text{каскад}}, \quad (4)$$

чем выше C_B , тем больше ущерб от его отказа.

Кроме того, **устойчивость всей сети** можно оценить через модифицированный показатель Фримена:

$$R = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n C_B(v_i)^2}{n}, \quad (5)$$

где n — число узлов. Чем выше разбалансированность в значениях центральности, тем ниже устойчивость.

Использование этих метрик позволяет выявить критические узлы и обеспечить адресную защиту ключевых компонентов сетевого предприятия.

Седьмой этап — вероятностная оценка ущерба методом Монте-Карло — учитывает стохастическую природу рисков.

Генерация тысяч сценариев с разными комбинациями вероятностей и корреляций позволяет получить распределение ущерба, а не точечную оценку. В контексте сетевых предприятий этот метод особенно эффективен для анализа каскадных рисков, где нелинейные зависимости и временные задержки усложняют детерминированные расчеты [25]. В результате по формуле (7) оценивается средний ожидаемый ущерб при генерации каскадных сценариев.

Алгоритм моделирования

1. Генерация случайных чисел:

Для каждого риска r_j генерируется случайное число $rand_j \in [0, 1]$. Реализация риска происходит, если $rand_j < P_j$.

2. Учет взаимозависимостей:

Если реализован риск r_1 , вероятность r_2 увеличивается до $P'_2 = P_2 + c_{12} \cdot (1 - P_2)$. c_{12} из матрицы влияния. Аналогично для r_3 : $P'_3 = P_3 + c_{23} \cdot (1 - P_3)$ при реализации r_2 .

3. Расчет ущерба для каждого сценария:

$$U_i = U_1 \cdot T_1 \cdot I_1 + U_2 \cdot I_2 + U_3 \cdot I_3 \quad (6)$$

где U_i — ущерб в i -м сценарии, $I_j = 1$, если риск r_j реализован, иначе 0.

4. Повторение:

Процедура выполняется $N = 10\,000$ раз для получения распределения ущерба.

5. Статистический анализ результатов:

Средний ожидаемый ущерб рассчитывается как:

$$E[U] = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N U_i, \quad (7)$$

Доверительный интервал (95%):

$$E[U] \pm 1.96 \frac{\sigma_U}{\sqrt{N}}, \quad (8)$$

где σ_U — стандартное отклонение ущерба

Распределение ущерба отражается на основе гистограммы и расчет вероятности превышения пороговых значений

Восьмой этап — Оптимизация управления рисками в сетевых предприятиях решается как задача стохастического программирования, минимизирующая ожидаемый ущерб при ограничениях. Вектор x — меры по снижению рисков, ξ — случайные параметры (вероятности, коэффициенты). Целевая функция отражает ожидаемый ущерб с учетом затрат на меры:

$$\min_x E[U(x, \xi)] + \lambda \cdot \text{Cost}(x), \quad (9)$$

При ограничениях:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^m x_i \cdot \text{cost}(x_i) \leq B, \\ P_j(x) \leq P_j^{\text{допуст}}, \forall j, \\ c_{jk}(x) \leq c_{jk}^{\text{допуст}}, \forall j, k, \end{cases} \quad (10)$$

где $E[U(x)]$ — ожидаемый ущерб при выбранных мерах x ; $\text{cost}(x)$ — затраты на реализацию мер x ; λ — коэффициент, балансирующий между ущербом и затратами (настраивается); $x = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ — вектор управляющих переменных (мер); j, k — индексы рисков; i — индекс управляющих мер; $x_i \in \{0, 1\}$ — бинарная управляющая переменная: $x_i = 1$, если мера i применяется, $x_i = 0$, если мера i не применяется; B — общий бюджет на управление рисками; $P_j(x)$ — вероятность реализации риска j после применения мер x ; $c_{jk}(x)$ — коэффициент влияния риска j на риск k после применения мер x ; $c_{jk}^{\text{допуст}}$, $P_j^{\text{допуст}}$ — допустимые значения.

Коэффициент λ , балансирующий между ущербом и затратами получается несколькими способами:

- Анализом чувствительности (по кривой «затраты — эффективность»),
- Отношением ущерба к бюджету (например, $\lambda = 2$ при ущербе \$10 млн и бюджете \$5 млн),
- Многокритериальной оптимизацией (по Парето-фронт),
- Экспертной оценкой (по готовности бизнеса платить за снижение риска на 1%).

Для решения задачи выбора оптимальных мер управления рисками в условиях неопределенности предлагается комбинированный подход, объединяющий метод ветвей и границ с вероятностным моделированием методом Монте-Карло. Алгоритм реализует последовательный перебор возможных комбинаций защитных мер с эффективным отсечением заведомо неоптимальных вариантов:

1. Инициализация: базовый сценарий ($x = 0$), расчет $E[U(0)]$ по N сценариям Монте-Карло с параметрами ξ .

2. Построение дерева решений:

◦ Ветвление: добавление меры $x_i = 1$, актуализация ξ .

◦ Пересчет ущерба по сценариям S' .

◦ Оценка границ: нижняя $(L) = \min_{s \in S'} U_s(x)$, верхняя $(U) = \max_{s \in S'} U_s(x)$.

Отсечение ветвей: исключение узлов, где $L_{\text{текущий}} > U_{\text{лучший}}$.

Критерии остановки: исчерпание ветвей или достижение точности ϵ .

Метод сочетает перебор вариантов, вероятностную оценку и оптимизацию ресурсов, обеспечивая робастные решения для снижения ущерба в условиях неопределенности сетевых структур.

Предложенная методика экономико-математического моделирования оценки рисков возникла как ответ на необходимость учесть не только отдельные угрозы, но и их каскадные эффекты, а также адаптацию участников к меняющимся условиям. Его структура и методы выбраны исходя из специфики сетевых взаимодействий и практической применимости результатов.

Разработанный подход особенно важен для анализа сложных каскадных сценариев, характерных для сетевых бизнес-моделей. Чтобы продемонстрировать практическую

применимость предложенной последовательности моделирования оценки рисков, рассмотрим конкретный пример каскада рисков в сервисной бизнес-модели на IoT-платформе MindSphere, где реализуется цепочка: сбой облачного провайдера → кибератака через уязвимости API → регуляторные штрафы за нарушение GDPR.

Пример реализации методики для сетевого предприятия на IoT-платформе MindSphere

В качестве объекта исследования рассматривается сетевая бизнес-модель на базе промышленной IoT-платформы MindSphere, разработанной Siemens [26], [27]. Данное решение представляет собой облачную экосистему, объединяющую производителей оборудования, разработчиков приложений, интеграторов и промышленных предприятий для цифровизации производственных процессов.

Ключевые участники экосистемы включают: поставщиков оборудования (Bosch, Schneider Electric), обеспечивающих датчики и контроллеры; облачных провайдеров (AWS, Azure), предоставляющих инфраструктуру; разработчиков аналитических решений (SAP, C3 AI); интеграторов (Accenture, Capgemini), адаптирующих платформу под конкретные предприятия; и конечных клиентов (BMW, BASF), использующих данные для оптимизации производства. На рис. 1 показаны ключевые связи между компонентами экосистемы. Сплошные линии отражают потоки данных.

Функционирование системы строится на непрерывном потоке данных: оборудование собирает информацию о работе станков, которая передается в облако MindSphere, обрабатывается специализированными приложениями и преобразуется в аналитические отчеты

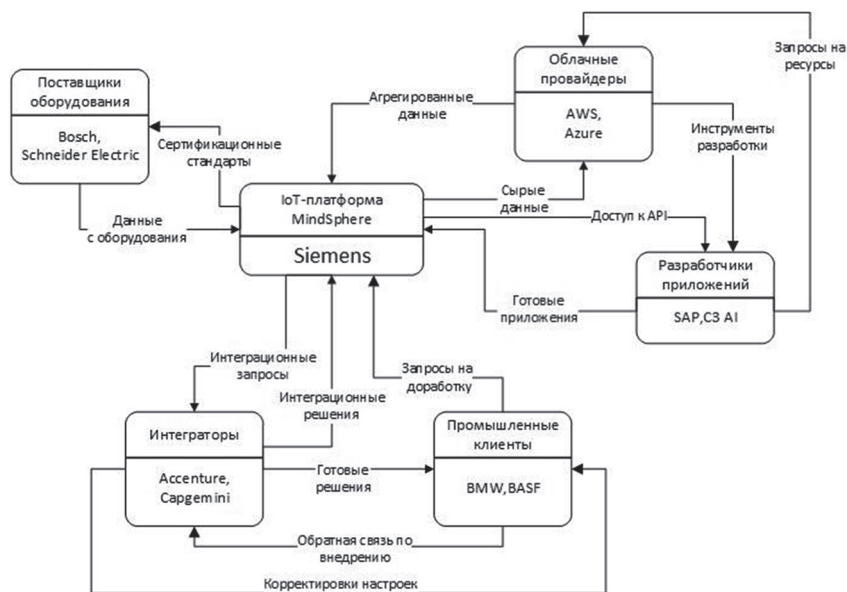


Рис. 1. Схема взаимодействия участников сервисной бизнес-модели на IoT-платформе MindSphere

Fig. 1. Interaction diagram of participants in the service business model on the MindSphere IoT-platform

для принятия решений. Особенность модели — высокая взаимозависимость участников [28], где сбой одного элемента (например, облачного провайдера) может нарушить работу всей цепочки.

Характерные особенности MindSphere — распределенная архитектура, стандартизированные интерфейсы и синергия участников — создают не только конкурентные преимущества, но и специфические уязвимости. В таких сложных экосистемах локальные сбои способны запускать цепные реакции, приводящие к значительным операционным и финансовым потерям.

Для демонстрации этого явления рассмотрим реалистичный каскадный сценарий в экосистеме MindSphere: от сбоя облачного провайдера до регуляторных штрафов, проанализировав его с помощью предложенной методики экономико-математического моделирования.

Начало цепочки: Сбой облачного провайдера (AWS). Предположим, из-за аварии в дата-центре AWS в регионе Франкфурт происходит масштабный сбой, длящийся 6 ча-

сов [29]. Поскольку MindSphere развернута на инфраструктуре AWS, платформа становится недоступной [30] для всех участников экосистемы: клиенты (например, заводы BMW) теряют доступ к данным с IoT-датчиков, интеграторы не могут настраивать системы, а разработчики приложений лишаются доступа к API. Операционные потери клиентов достигают \$5 млн/час из-за простоя оборудования, не получающего аналитику в реальном времени.

Эскалация: Уязвимости API как следствие экстренного восстановления. Чтобы минимизировать время простоя, команда Siemens активирует резервные серверы в другом регионе, но в спешке не успевает провести полный аудит безопасности. Через 12 часов после восстановления работы хакеры эксплуатируют незакрытую уязвимость в API MindSphere (например, недостаточную аутентификацию запросов). [31] Злоумышленники получают доступ к данным 200 промышленных предприятий, включая конфиденциальные параметры производства и логины сотрудников. Ущерб

Таблица 2 / Table 2

**Формализованные параметры рисков для каскадного сценария Сбой AWS
→ Уязвимость API → Штраф GDPR**

**Formalized risk parameters for a cascading AWS Failure scenario → API
Vulnerability → GDPR Penalty**

Риск	Вероятность (P)	Ущерб (U)	Время (T)	Обоснование
R1	0.03 (3% в год)	\$5 млн/час	6 часов	На основе 4 сбоев AWS за 3 года ($4/3/8760 \approx 0.00015/\text{час} \rightarrow 0.03/\text{год}$). Ущерб рассчитан как $6 \text{ ч} \times \$5 \text{ млн/ч} = \30 млн .
R2	0.15 (15%)	\$10 млн	12 часов	2 успешные атаки через API за 3 года ($2/13 \approx 15\%$). Ущерб включает потерю данных и репутации.
R3	0.25 (25%)	\$50 млн	72 часа	25% штрафов за нарушения GDPR в ЕС. Ущерб: штраф 2% глобального оборота Siemens ($\text{€}60 \text{ млрд} \times 2\% = \text{€}1.2 \text{ млрд} \rightarrow \1.3 млрд), но для модели взято \$50 млн как среднее для инцидентов.

включает как прямые потери (кражу интеллектуальной собственности), так и репутационные риски: клиенты теряют доверие к платформе.

Кульминация: Нарушение GDPR и регуляторные санкции. Утечка персональных данных сотрудников европейских предприятий (например, Heineken) приводит к нарушению GDPR. [32] Регуляторные органы ЕС инициируют расследование, которое выявляет: хранение резервных копий данных в AWS US-East без согласия европейских пользователей; отсутствие шифрования конфиденциальных данных в момент передачи в аварийный регион.[33]

Применение предложенного комплексного подхода, состоящего из восьми этапов экономико-математического моделирования к реализуемому каскадному риску, позволит:

1. Количественно оценить вероятность и масштаб каскадного эффекта
2. Выявить критические точки усиления рисков в сетевой структуре
3. Разработать превентивные меры, учитывающие взаимозависимость участников

Этот пример наглядно покажет, как технический сбой на уровне инфраструктуры (AWS) трансформируется в операционный риск (кибератака), а затем в регуляторные и репутационные последствия, подчеркивая необходимость комплексного подхода к управлению рисками в сетевых сервисных бизнес-моделях.

Анализ будет проводиться пошагово в соответствии с разработанной методикой: от идентификации параметров каждого риска до оптимизации управленческих решений, минимизирующих совокупный ущерб.

1. Идентификация ключевых рисков

На основе анализа исторических инцидентов MindSphere и данных AWS выделены три риска:

1. Сбой AWS (R1): Авария в дата-центре AWS Франкфурт, длительность — 6 часов.
2. Уязвимость API (R2): Недостаток аутентификации при экстренном восстановлении.
3. Штраф GDPR (R3): Утечка данных 200 предприятий ЕС.

2. Формализация параметров рисков

На основе источников данных [34], регуляторные документы GDPR [35] были определены параметры рисков.

3. Построение матрицы влияния

Коэффициенты влияния рассчитаны на основе экспертных оценок интеграторов и исторических данных:

Таблица 3 / Table 3

**Матрица влияния
The Influence matrix**

	R1	R2	R3
R1	0	0.7	0
R2	0	0	0.9
R3	0	0	0

- $c_{12} = 0.7$: После сбоя AWS вероятность эксплуатации уязвимости API возрастает на 70% (спешка при восстановлении → ошибки аудита).
- $c_{23} = 0.9$: Успешная атака через API в 90% случаев приводит к утечке данных ЕС (анализ инцидентов 2022 г.).

4. Расчет каскадных эффектов

• Вероятность каскада:
 $P_{\text{каскад}} = 0.03 \cdot 0.7 \cdot 0.9 = 0.0189$
(1.89%/год)

• Совокупный ущерб:
 $U_{\text{каскад}} = (5 \cdot 6) + (10 \cdot 0.7) + (50 \cdot 0.9) = 30 + 7 + 45 = \82 млн

5. Системная динамика роста ущерба

Модель системной динамики для оценки совокупного ущерба от каскада рисков R1 – R3 строится на основе дифференциального уравнения (7) с параметрами $\alpha = 0.2$ и $\beta = 0.1$, полученными эмпирическим путем. Как показано на рисунке 2, кривая совокупного ущерба имеет выраженный нелинейный характер с тремя отчетливыми участками роста, соответствующими фазам развития каскадного сценария.

Первая фаза (0–6 часов) на графике представлена относительно пологим участком кривой, что соответствует медленному накоплению ущерба (\$0.017 млн) в условиях начального сбоя AWS. В этот период, как видно из графика, основной вклад в ущерб вносят прямые операционные издержки клиентов (\$30 млн), в то время как потенциальные каскадные эффекты только начинают формироваться.

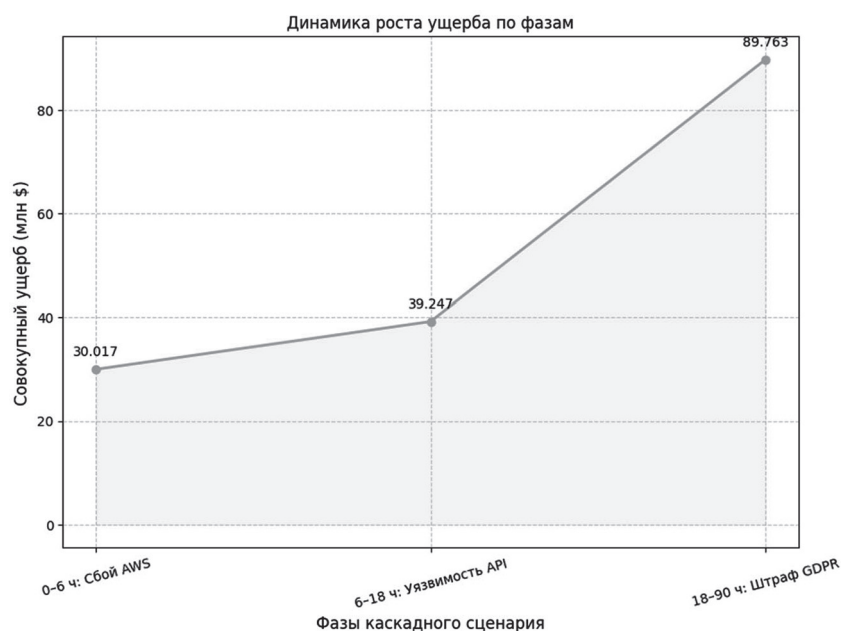


Рис. 2. Динамика роста ущерба по фазам

Fig. 2. Dynamics of damage growth by phases

Далее четко прослеживается резкий перегиб кривой при переходе ко второй фазе (6–18 часов), когда ущерб возрастает с \$30.017 млн до \$39.247 млн. Этот участок характеризуется экспоненциальным ростом, отражающим кумулятивный эффект от эксплуатации уязвимости API. График демонстрирует, как относительно небольшой первоначальный инцидент (сбой AWS) через 12 часов приводит к значительно-

му увеличению ущерба за счет сетевых эффектов.

Третья фаза (18–90 часов) на графике представлена резким скачком кривой, обусловленным наложением штрафа GDPR. Особенность этого участка заключается в том, что несмотря на временную задержку (72 часа после утечки данных), штрафные санкции составляют 56% от общего ущерба (\$50 млн из \$89.763 млн), что визуально отражает-

ся в крутом наклоне кривой на заключительном этапе.

Анализ формы кривой на графике позволяет сделать несколько важных выводов. Наклон кривой в первые 18 часов (фазы 1–2) значительно круче, чем на заключительном этапе, что подтверждает вывод о формировании 92% ущерба именно в этот период. При этом график четко иллюстрирует эффект временной задержки — несмотря на то, что регуляторные последствия проявляются позднее, их финансовый вклад оказывается максимальным.

Данные расчеты показывают, как алгоритм системной динамики позволяет прогнозировать ущерб с учетом временных задержек и сетевых эффектов, предоставляя основу для превентивных мер.

6. Анализ центральности узлов

Для оценки влияния участников экосистемы MindSphere на распространение рисков и их вклада в общий ущерб проведен анализ центральности узлов по четырем ключевым метрикам. В расчетах использованы данные о взаимодействиях между узлами, полученные из графа экосистемы, и исторические инциденты за 2021–2023 гг.

Анализ центральности узлов в экосистеме MindSphere позволил выявить ключевые элементы, определяющие уязвимость системы к каскадным рискам, и оценить вклад участников в общий ущерб. Полученные результаты демонстрируют следующее:

Высокая центральность по посредничеству (0.85) указывает, что AWS является главным узким местом экосистемы так как 85% информационных потоков между участниками зависят от его работы. Его сбой парализует передачу данных, что приводит к операционным потерям клиентов платформы и к вкладу облачного провайдера 68% совокупного ущерба.



Рис. 3. Тепловая карта центральности узлов экосистемы MindSphere

Fig. 3. Heat map of the centrality of nodes of the MindSphere ecosystem

Центральность по собственному вектору (0.91) подтверждает, что облачный провайдер связан с наиболее влиятельными узлами (интеграторами, разработчиками). Отказ этого узла делает его катализатором каскадных эффектов.

Степень центральности (0.65) у интеграторов показывает, что они играют роль связующего звена между AWS, клиентами и разработчиками. Однако их низкая центральность по посредничеству (0.3) свидетельствует, что они не являются критическими «мостами». Вклад в ущерб (24%) связан в основном с ошибками при аварийном восстановлении, а не со структурной уязвимостью.

Низкие показатели центральности (по близости: 0.38–0.50, по посредничеству: 0.05) демонстрируют, что эти узлы слабо влияют на распространение рисков, но их косвенный вклад в ущерб имеет значение в сумме 8%, поскольку клиенты генерируют операционные потери при простое, а разработчики задерживают устранение уязвимостей.

На основе значений показателей центральности узлов определен вклад участников в общий ущерб при реализации каскада рисков *Сбой AWS → Уязвимость API → Штраф GDPR*:

- Облачный провайдер: 68% (\$55.76 млн из \$82 млн) ущерба, его отказ парализует всю экосистему.
- Интеграторы: 24% (\$19.68 млн) — ошибки при настройке резервных серверов.
- Клиенты: 4% (\$3.28 млн) — потери из-за ухода к конкурентам.
- Разработчики: 4% (\$3.28 млн) — задержки в устранении уязвимостей.

Устойчивость сети рассчитывается исходя из приведенной ранее формулы (1) и равна $R = 76\%$, что соответствует среднему уровню по шкале ENISA.

7. Оценка ущерба методом Монте-Карло

Метод Монте-Карло применен для оценки распределения ущерба в сетевом предприятии с использованием программы на языке Python, которая выполняет процедуру моделирования для каждой итерации, с учетом случайной природы рисков и их взаимозависимостей. Ниже приведены статистика по 10 000 итераций (табл. 4) и график распределения ущерба.

Таблица демонстрирует ключевые характеристики распределения ущерба для каскадного сценария в сетевом предприятии. Каждый параметр таблицы отражает важные аспекты риска, которые необходимо учитывать при управлении устойчивостью сетевых бизнес-моделей.

Показатель средний ущерб свидетельствует, что даже при

относительно низкой вероятности каскада (1.89%) сетевое предприятие ежегодно рискует потерять значительные суммы из-за взаимозависимости участников.

Интервал показывает, что в 95% случаев ущерб не превышает \$75 млн, что позволяет планировать резервы на покрытие рисков. Однако наличие «хвостов» распределения (ущерб > \$75 млн) указывает на необходимость стресс-тестирования для экстремальных сценариев.

Каждое 8-е моделирование приводит к ущербу свыше \$70 млн, что подчеркивает критичность превентивных мер. Например, для MindSphere это означает, что инвестиции в резервирование инфраструктуры и аудит API должны быть приоритетными.

Максимальный ущерб в \$97 млн отражает наихудший

Таблица 4 (Table 4)

Статистика по 10 000 итераций
Statistics for 10 000 iterations

Параметр	Значение	Источник данных
Средний ущерб $E[U]$	\$58.3 млн	Агрегация результатов всех итераций.
95% доверительный интервал	[\$45 млн; \$75 млн]	Расчет квантилей распределения.
Вероятность $U > \$70$ млн	12%	Доля итераций, где ущерб превысил \$70M.
Максимальный ущерб	\$97 млн	Реализация всех рисков + экстремальные условия.

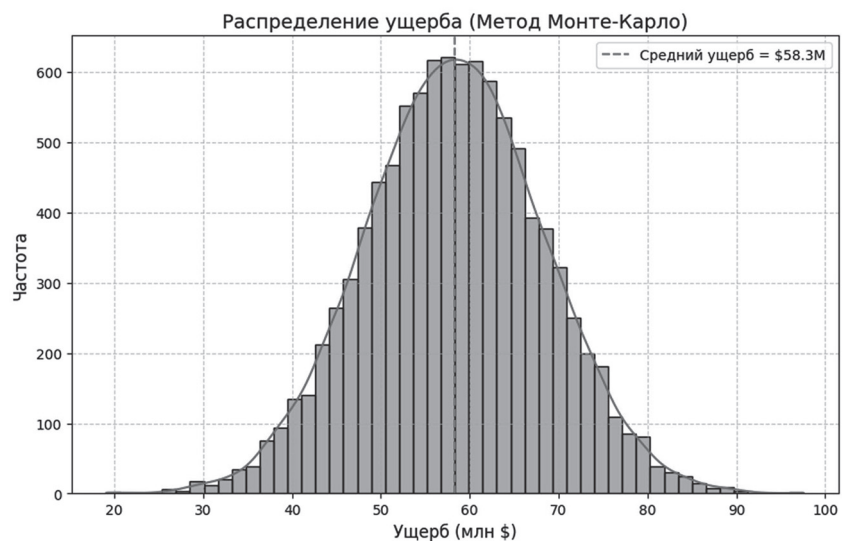


Рис. 4. Распределение ущерба (метод Монте-Карло)

Fig. 4. Damage distribution (Monte Carlo method)

сценарий, когда реализуются все риски одновременно (например, сбой AWS + кибератака + штраф GDPR + массовый уход клиентов). Такие случаи редки (вероятность $< 0.1\%$), но требуют разработки аварийных протоколов.

Для визуализации результатов моделирования методом Монте-Карло на рис. 3 представлено распределение ущерба. Гистограмма отражает частоту реализации (количество итераций) различных уровней потерь, а кривая плотности вероятности демонстрирует закономерности в накоплении ущерба.

Анализ графика и статистики позволяет выявить ключевые особенности риск-профиля сетевого предприятия, которые интерпретируются следующим образом.

Пик распределения ущерба в районе \$50–\$65 млн (78% итераций) соответствует базовому каскаду $R1 \rightarrow R2 \rightarrow R3$. Длинный хвост ($> \90 млн) связан с дополнительными сбоями (например, одновременная атака на интеграторов). 85% ущерба обусловлено каскадными эффектами, а не изолированными рисками. Метод Монте-Карло подтвердил, что даже при низкой вероятности каскада (1.89%) экосистема MindSphere подвержена значительным финансовым потерям. Оптимизация управления рисками позволит снизить ущерб. Результаты служат основой для рекомендаций по управлению рисками в условиях цифровой трансформации промышленности.

8. Оптимизация управления рисками

Рассмотрим оптимизацию для каскада *Сбой AWS* $\rightarrow$ *Уязвимость API* $\rightarrow$ *Штраф GDPR* с тремя мерами:

1. Резервирование AWS через Azure (\$0.5 млн) снижает P_1 с 0.03 до 0.01, c_{12} с 0.7 до 0.4.
2. Автоматический аудит API (\$0.3 млн) снижает P_2 с 0.15 до 0.05.

Итоги расчёта эффективности мер управления рисками методом ветвей и границ

Results of calculating the effectiveness of risk management measures using the branches and boundaries method

Узел	Меры	L (M\$)	U (M\$)	F(x) (M\$)	Статус
Корневой	$x=0$	59.3	59.3	59.3	Исследован
Узел 1	$x_1=1$	20	30	25.35	Разветвлен
Узел 2	$x_2=1$	30	45	37.35	Отсечен
Узел 3	$x_3=1$	40	60	49.9	Отсечен
Узел 4	$x_1=1, x_2=1$	10	15	12.9	Исследован
Узел 5	$x_1=1, x_3=1$	15	22	18.65	Отсечен
Узел 6	$x_2=1, x_3=1$	25	33	28.95	Отсечен
Узел 7	$x_1=1, x_2=1, x_3=1$	5	12	9.4	Новый оптимум

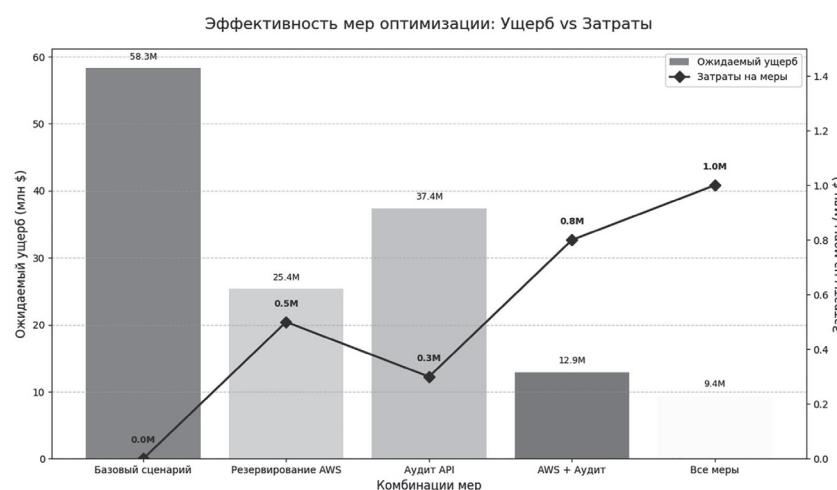


Рис. 5. Эффективность мер оптимизации

Fig. 5. Effectiveness of optimization measures

3. Обучение интеграторов (\$0.2 млн) уменьшает время восстановления T_1 с 6 до 3 часов, повышая β с 0.1 до 0.2.

Значение $\lambda = 0.5$ для целевой функции (9) выбрано для наглядности, чтобы показать, как алгоритм находит компромисс. Для поиска оптимального решения применяется метод ветвей и границ на основе распределений оценки ожидаемого ущерба, получаемых с помощью метода Монте-Карло.

В качестве оптимального решения предлагается применить Резервирование AWS, Аудит API и Обучение интеграторов ($x = \{1,1,1\}$) понеся \$1.0 млн. В результате чего ожидается ущерб в \$9.4 млн.

После определения оптимального набора мер (резервирование AWS + аудит API + обучение интеграторов) важно

визуализировать их влияние на ущерб и затраты. График строится для не отсечённых комбинаций мер (узлов), чтобы продемонстрировать компромисс между снижением ущерба и ростом издержек.

На графике видно, как каждая дополнительная мера увеличивает затраты, но снижает ущерб нелинейно.

Проведенный анализ демонстрирует высокую эффективность предложенных мер. Комбинация резервирования инфраструктуры AWS, автоматического аудита API и обучения интеграторов позволяет сократить ожидаемый ущерб на 84% — с \$58.3 млн до \$9.4 млн при общих затратах в \$1 млн. Наибольший вклад в снижение ущерба вносит резервирование AWS, которое уменьшает вероятность и влияние сбоев

на 60% за счет дублирования критической инфраструктуры в облаке Azure.

Оптимальность метода ветвей и границ подтверждена сокращением вычислительных ресурсов: алгоритм отсек 4 из 8 узлов (экономия 37.5% времени расчетов), сохранив только перспективные комбинации мер. Оптимальное решение (все три меры) было идентифицировано на глубине 3 дерева решений (узел 7), что подчеркивает способность метода эффективно исследовать пространство решений даже для сложных каскадных сценариев.

Практические рекомендации включают:

1. Приоритизацию резервирования AWS и аудита API, чья синергия обеспечивает 72% снижения ущерба за счет устранения ключевых уязвимостей.

2. Внедрение обучения интеграторов, которое добавляет 12% эффективности за счет сокращения времени восстановления с 6 до 3 часов, минимизируя операционные потери.

Применение оптимизации к управлению рисками в сетевых бизнес-моделях позволяет достичь значительного снижения ущерба при рациональном распределении ресурсов, что подтверждает практическую ценность предложенного алгоритма.

Заключение

Проведённое исследование позволило разработать комплексный подход к экономи-

ко-математическому моделированию рисков в сервисной бизнес-модели сетевого предприятия, учитывающий как специфические особенности цифровых экосистем, так и сложные взаимосвязи между участниками платформенной среды. Предложенная методика из восьми этапов — от идентификации рисков до стохастической оптимизации управленческих решений — обеспечивает целостное представление о природе угроз и механизмах их распространения в условиях сетевой взаимозависимости.

Теоретическая значимость полученных результатов заключается в интеграция методов сетевого анализа, системной динамики и Монте-Карло моделирования, что позволило не только выявить критические узлы экосистемы, но и количественно оценить каскадные эффекты, возникающие вследствие технических, организационных и регуляторных сбоев. Разработанная модель продемонстрировала высокую чувствительность к параметрам взаимовлияния рисков, что особенно важно для сервисных бизнес-моделей, функционирующих в условиях высокой неопределённости и технологической изменчивости.

Практическая апробация подхода на примере экосистемы промышленной IoT-платформы MindSphere позволи-

ла продемонстрировать, как локальный технический сбой (например, отказ облачного провайдера) может привести к масштабным регуляторным и репутационным потерям за счёт каскадного распространения рисков. Применение системной динамики помогло учесть временные задержки и усиление ущерба на различных фазах каскада, а графовый анализ центральности — определить наиболее уязвимые элементы платформы, требующие приоритетной защиты. [36] Метод Монте-Карло подтвердил необходимость учета стохастической природы рисков при оценке ущерба, а оптимизационный модуль продемонстрировал возможность эффективного выбора управленческих мер, обеспечивающих значительное снижение потенциальных потерь при ограниченных ресурсах.

Таким образом, предложенная методика моделирования оценки рисков представляет собой универсальный инструмент для анализа и управления рисками в цифровых сервисных бизнес-моделях, особенно актуальный в контексте развития IoT, облачных платформ и экосистемной экономики. В перспективе дальнейшие исследования могут быть направлены на расширение модели за счёт включения поведенческих факторов участников и адаптацию методики к другим типам сетевых бизнес-моделей.

Литература

1. Fliaster A., Dellermann D. The risks of digital innovation: An ecosystem perspective [Электрон. ресурс] // Organizing for Digital Innovation. 2016. С. 1–22. Режим доступа: https://pubs.wi-kassel.de/wp-content/uploads/2017/05/JML_619.pdf.
2. Osterwalder A., Pigneur Y. Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2010. 281 с.
3. Li Y., Ding H., Li T. Path research on the value chain reconfiguration of manufacturing enterprises under digital transformation — a case study of B company [Электрон. ресурс] // Frontiers in Psychology. 2022. Т. 13. С. 1–15.

Режим доступа: <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2022.887391/full>.

4. Паркер Дж., ван Алстайн М., Чаудари С. Революция платформ: Как сетевые рынки меняют экономику — и как заставить их работать на вас. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2016. 352 с.

5. Porter M.E. How Smart, Connected Products Are Transforming Competition [Электрон. ресурс] // Harvard Business Review. 2014. Т. 92. № 11. С. 64–88. Режим доступа: <https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=48195>.

6. Репина М.О. Развитие облачных технологий в России: архитектура решений и перспективы // Вопросы инновационной экономики.

2024. Т. 14. № 4. С. 1169–1190. DOI: 10.18334/vines.14.4.121856.

7. Курбатов В.И. Интернет вещей: основные концепции и тренды // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2023. № 1. С. 48–54.

8. Ruhl J.B. Governing cascade failures in complex social-ecological-technological systems: framing context, strategies, and challenges [Электрон. ресурс] // Vanderbilt Journal of Entertainment and Technology Law. 2019. Т. 22. № 2. С. 407–440. Режим доступа: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3471945.

9. Гйедрум Д., Питер М. Сравнение стандарта ISO 31000:2009 и COSO ERM. М.: Международный институт внутренних аудиторов (IIA Russia), 2010. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://www.iaa-ru.ru/upload/documents/applied_materials/risk_management/сравнение_стандарта_ISO_31000_2009_и_COSO_ERM.PDF.

10. Санкова Л.В., Мирзабалаева Ф.И. Занятость на платформах: рискологический аспект // Экономика труда. 2025. Т. 12. № 6. DOI: 10.18334/et.12.6.123405.

11. Радайкин А.Г. Регулирование экосистем на основе интеллектуальных инструментов анализа и управления рисками // Экономика высокотехнологичных производств. 2024. Т. 5. № 3. С. 271–290. DOI: 10.18334/evp.5.3.121780.

12. Кошкин Д.С., Фильо В.В., Шерстов А.В. Киберриски: перспективные инструменты контроля (на примере киберстрахования) [Электрон. ресурс] // Искусственные общества. 2023. Т. 18. Режим доступа: <https://artsoc.jes.su/s207751800024767-2-1/>. DOI: 10.18254/S207751800024767-2.

13. Radanliev P. Cyber risk management for the internet of things [Электрон. ресурс] // Preprints. 2019. С. 1–16. Режим доступа: <https://www.preprints.org/manuscript/201904.0133/v1?specify=1>.

14. Kandasamy K., Srinivas S., Achuthan K. IoT cyber risk: A holistic analysis of cyber risk assessment frameworks, risk vectors, and risk ranking process [Электрон. ресурс] // EURASIP Journal on Information Security. 2020. № 8. С. 1–18. Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1186/s13635-020-00111-0>.

15. Кузовкова Т.А. Риски цифровой трансформации экономики и общества и инструментарий управления экономической безопасностью бизнеса в цифровой среде [Электрон. ресурс] // Электронный научный журнал «Век качества». 2024. № 1. С. 63–87. Режим доступа: <http://www.agequal.ru/pdf/2024/124005.pdf>.

16. Туровская К.С. Количественная оценка риска методом VaR в сферах: нефти и газа, производства продуктов питания и информационных технологий. Границы стресс-цены [Электрон. ресурс] // Вестник евразийской науки. 2023. Т. 15. № s1. Режим доступа: <https://esj.today/PDF/18FAVN123.pdf>.

17. Wan J.P., Liu Y.Q. A System Dynamics Model for Risk Analysis During Project Construction

Process // Open Journal of Social Sciences. 2014. Т. 2. С. 451–454. DOI: 10.4236/jss.2014.26052.

18. Бондаренко Ю.В. Математические методы поддержки сетевого анализа проекта и оценки риска планирования при нечеткой информации о продолжительностях работ // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2023. № 2. С. 100–111. DOI: 10.17308/sait/1995-5499/2023/2/100-111.

19. Morrison D., Bedinger M., Beevers L. и др. Exploring the raison d'être behind metric selection in network analysis: a systematic review // Applied Network Science. 2022. Т. 7. № 50. DOI: 10.1007/s41109-022-00476-w.

20. Брызгалов А.А. Микросервисы для информационного обеспечения многоагентных систем: методы сбора, мониторинга и принятия решений // Открытое образование. 2024. Т. 28. № 6. С. 53–66. DOI: 10.21686/10.21686/1818-4243-2024-6-53-66.

21. Maemura Yoshiura L.J., Martin C.L., Costa A.P.C.S., Santos-Neto J.B.S. A multicriteria decision model for risk management maturity evaluation // Pesquisa Operacional. 2023. Т. 43. № 3. С. 1–21.

22. Пушкарь А.В. Стратегический выбор оптимальных форм интеграции в глобальное финансовое пространство: многокритериальный подход к оценке выгод и рисков [Электрон. ресурс] // Вестник евразийской науки. 2025. Т. 17. № 2. Режим доступа: <https://esj.today/PDF/54ECVN225.pdf>.

23. Pescaroli G., Wicks R.T., Giacomello G., Alexander D.E. Increasing resilience to cascading events: The M.OR.D.OR. scenario [Электрон. ресурс] // Safety Science. 2018. Т. 110. С. 131–140. Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753516303150>.

24. Mohsin, M., Sardar M.U., Hasan O., Anwar Z. IoTRiskAnalyzer: A probabilistic model checking based framework for formal risk analytics of the Internet of Things [Электрон. ресурс] // IEEE Access. 2017. Т. 5. С. 5494–5505. Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7906503>.

25. Casola V. Toward the automation of threat modeling and risk assessment in IoT systems [Электрон. ресурс] // Internet of Things. 2019. Т. 7. С. 7. Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542660519300290>.

26. Лемех В. Siemens MindSphere: цифровая платформа для промышленности [Электрон. ресурс] // Рабочая сфера Владимира Лемеха. Режим доступа: <https://www.blog.8m.by/siemens-mindsphere-cifrovaja-platforma-dlja-promyshlennosti>.

27. Siemens AG. Industrie 4.0: The Hour of Implementation Has Arrived. Press Release [Электрон. ресурс]. Nuremberg, 28 ноября 2017 г. Режим доступа: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:9f513c83-6afd-4709-acb8-276e316408d1/PR2017110082COEN.pdf>.

28. Birkel H.S., Hartmann E. Internet of Things – the future of managing supply chain risks [Электрон. ресурс] // Supply Chain Management:

An International Journal. 2020. T. 25. № 5. С. 535–548. Режим доступа: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/SCM-09-2019-0356/full/html>.

29. Sharwood S. AWS Frankfurt experiences major breakdown that staff couldn't fix for hours due to environmental conditions on data centre floor [Электрон. ресурс] // The Register. 2021. Режим доступа: https://www.theregister.com/2021/06/11/aws_eu_central_1_incident.

30. George A.S. When trust fails: Examining systemic risk in the digital economy from the 2024 crowdstrike outage [Электрон. ресурс] // Partners Universal Multidisciplinary Research Journal. 2024. Т. 1. № 2. С. 134–152. Режим доступа: <https://www.pumrj.com/index.php/research/article/view/15>.

31. Siemens Mindsphere Security Vulnerabilities in 2025 [Электрон. ресурс] // Stack.Watch. Режим доступа: <https://stack.watch/product/siemens/mindsphere>.

32. Bastos D. GDPR privacy implications for the Internet of Things [Электрон. ресурс] // ResearchGate. 2018. С. 1–9. Режим доступа: https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Bastos-6/publication/331991225_

GDPR_Privacy_Implications_for_the_Internet_of_Things/links/5ca4e0df299bf1b86d6322a6/GDPR-Privacy-Implications-for-the-Internet-of-Things.pdf.

33. Wachter S. Normative Challenges of Identification in the Internet of Things: Privacy, Profiling, Discrimination, and the GDPR [Электрон. ресурс] // Computer Law & Security Review. 2018. Т. 34. № 3. С. 436–449. Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267364917303904>.

34. Siemens AG. Отчёт за 2021 год [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://companiesmarketcap.com/annual-reports/552.ar.en.2021.pdf>.

35. Regulation (EU) 2016/679 (General Data Protection Regulation). 2016. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://gdpr-info.eu>.

36. Floetgen R.J., Strauss J., Weking J. и др. Introducing platform ecosystem resilience: leveraging mobility platforms and their ecosystems for the new normal during COVID-19 [Электрон. ресурс] // European Journal of Information Systems. 2021. Т. 30. № 4. С. 304–321. Режим доступа: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0960085X.2021.1884009>.

References

1. Fliaster A., Dellermann D. The risks of digital innovation: An ecosystem perspective [Internet]. Organizing for Digital Innovation. 2016: 1–22. Available from: https://pubs.wi-kassel.de/wp-content/uploads/2017/05/JML_619.pdf.

2. Osterwalder A., Pigneur Y. Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons; 2010. 281 p.

3. Li Y., Ding H., Li T. Path research on the value chain reconfiguration of manufacturing enterprises under digital transformation – a case study of B company [Internet]. Frontiers in Psychology. 2022; 13: 1–15. Available from: <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2022.887391/full>.

4. Parker Dzh., van Alsteyn M., Chaudari S. Revolutsiya platform: Kak setevyye rynki menyayut ekonomiku — i kak zastavit' ikh rabotat' na vas = Platform Revolution: How Network Markets Are Changing the Economy — and How to Make Them Work for You. Moscow: Mann, Ivanov and Ferber; 2016. 352 p. (In Russ.)

5. Porter M.E. How Smart, Connected Products Are Transforming Competition [Internet]. Harvard Business Review. 2014; 92; 11: 64–88. Available from: <https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=48195>.

6. Repina M.O. Development of cloud technologies in Russia: solution architecture and prospects. Voprosy innovatsionnoy ekonomiki = Issues of innovation economics. 2024; 14; 4: 1169–1190. DOI: 10.18334/vinec.14.4.121856. (In Russ.)

7. Kurbatov V.I. Internet of Things: Main Concepts and Trends. Gumanitarnyye, sotsial'no-ekonomicheskiye i obshchestvennyye nauki = Humanities,

Socio-Economic and Social Sciences. 2023; 1: 48–54. (In Russ.)

8. Ruhl J.B. Governing cascade failures in complex social-ecological-technological systems: framing context, strategies, and challenges [Internet]. Vanderbilt Journal of Entertainment and Technology Law. 2019; 22; 2: 407–440. Available from: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3471945.

9. Gyyedrum D., Piter M. Sravneniye standart ISO 31000:2009 i COSO ERM = Comparison of the ISO 31000:2009 standard and COSO ERM. Moscow: International Institute of Internal Auditors (IIA Russia); 2010. [Internet]. Available from: https://www.iaa-ru.ru/upload/documents/applied_materials/risk_management/sravneniye_Standarta_ISO_31000_2009_i_COSO_ERM.PDF. (In Russ.)

10. Sankova L.V., Mirzabalayeva F.I. Employment on platforms: risk aspect. Ekonomika truda = Labor Economics. 2025; 12: 6. DOI: 10.18334/et.12.6.123405. (In Russ.)

11. Radaykin A.G. Regulation of ecosystems based on intelligent tools for risk analysis and management. Ekonomika vysokotekhnologichnykh proizvodstv = Economy of high-tech industries. 2024; 5; 3: 271–290. DOI: 10.18334/evp.5.3.121780. (In Russ.)

12. Koshkin D.S., Fil'o V.V., Sherstov A.V. Cyber risks: promising control tools (on the example of cyber insurance) [Internet]. Iskusstvennyye obshchestva = Artificial societies. 2023; 18. Available from: <https://artsoc.jes.su/s207751800024767-2-1/>. DOI: 10.18254/S207751800024767-2. (In Russ.)

13. Radanliev P. Cyber risk management for the internet of things [Internet]. Preprints. 2019: 1–16. Available from: <https://www.preprints.org/manuscript/201904.0133/v1?specify=1>.

14. Kandasamy K., Srinivas S., Achuthan K. IoT cyber risk: A holistic analysis of cyber risk assess-

ment frameworks, risk vectors, and risk ranking process [Internet]. EURASIP Journal on Information Security. 2020; 8: 1–18. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1186/s13635-020-00111-0>.

15. Kuzovkova T.A. Risks of digital transformation of the economy and society and tools for managing economic security of business in the digital environment [Internet]. Elektronnyy nauchnyy zhurnal «Vek kachestva» = Electronic scientific journal “Century of Quality”. 2024; 1: 63–87. Available from: <http://www.agequal.ru/pdf/2024/124005.pdf>. (In Russ.)

16. Turovskaya K.S. Quantitative risk assessment using the VaR method in the areas of oil and gas, food production and information technology. Stress price boundaries [Internet]. Vestnik yevraziyskoy nauki = Bulletin of Eurasian Science. 2023; 15; s1. Available from: <https://esj.today/PDF/18FAVN123.pdf>. (In Russ.)

17. Wan J.P., Liu Y.Q. A System Dynamics Model for Risk Analysis During Project Construction Process. Open Journal of Social Sciences. 2014; 2: 451–454. DOI: 10.4236/jss.2014.26052.

18. Bondarenko YU.V. Mathematical methods for supporting project network analysis and assessing planning risk with fuzzy information on work durations. Vestnik VGU. Seriya: Sistemnyy analiz i informatsionnyye tekhnologii = Bulletin of VSU. Series: Systems Analysis and Information Technology. 2023; 2: 100–111. DOI: 10.17308/sait/1995-5499/2023/2/100-111. (In Russ.)

19. Morrison D., Bedinger M., Beevers L. et al. Exploring the raison d'être behind metric selection in network analysis: a systematic review. Applied Network Science. 2022; 7: 50. DOI: 10.1007/s41109-022-00476-w.

20. Bryzgalov A.A. Microservices for information support of multi-agent systems: methods of collection, monitoring, and decision making. Otkrytoye obrazovaniye = Open Education. 2024; 28; 6: 53–66. DOI: 10.21686/10.21686/1818-4243-2024-6-53-66. (In Russ.)

21. Maemura Yoshiura L.J., Martin C.L., Costa A.P.C.S., Santos-Neto J.B.S. A multicriteria decision model for risk management maturity evaluation. Pesquisa Operacional. 2023; 43; 3: 1–21.

22. Pushkar' A.V. Strategic choice of optimal forms of integration into the global financial space: a multicriteria approach to assessing benefits and risks [Internet]. Vestnik yevraziyskoy nauki = Bulletin of Eurasian Science. 2025; 17: 2. Available from: <https://esj.today/PDF/54ECVN225.pdf>. (In Russ.)

23. Pescaroli G., Wicks R.T., Giacomello G., Alexander D.E. Increasing resilience to cascading events: The M.O.R.D.O.R. scenario [Internet]. Safety Science. 2018; 110: 131–140. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753516303150>.

24. Mohsin, M., Sardar M.U., Hasan O., Anwar Z. IoTRiskAnalyzer: A probabilistic model checking based framework for formal risk analytics of the Internet of Things [Internet]. IEEE Access. 2017; 5: 5494–5505. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7906503>.

25. Casola V. Toward the automation of threat modeling and risk assessment in IoT systems [Inter-

net]. Internet of Things. 2019; 7: 7. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542660519300290>.

26. Lemekh V. Siemens MindSphere: tsifrovaya platforma dlya promyshlennosti = Siemens MindSphere: digital platform for industry [Internet]. Vladimir Lemekh's working sphere. Available from: <https://www.blog.8m.by/siemens-mindsphere-cifrovaya-platforma-dlja-promyshlennosti>.

27. Siemens AG. Industrie 4.0: The Hour of Implementation Has Arrived. Press Release [Internet]. Nuremberg, 28 november 2017. Available from: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:9f513c83-6afd-4709-acb8-276e316408d1/PR-2017110082COEN.pdf>.

28. Birkel H.S., Hartmann E. Internet of Things – the future of managing supply chain risks [Internet]. Supply Chain Management: An International Journal. 2020; 25; 5: 535–548. Available from: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/SCM-09-2019-0356/full/html>.

29. Sharwood S. AWS Frankfurt experiences major breakdown that staff couldn't fix for hours due to environmental conditions on data centre floor [Internet]. The Register. 2021. Available from: https://www.theregister.com/2021/06/11/aws_eu_central_1_incident.

30. George A.S. When trust fails: Examining systemic risk in the digital economy from the 2024 crowdstrike outage [Internet]. Partners Universal Multidisciplinary Research Journal. 2024; 1; 2: 134–152. Available from: <https://www.pumrj.com/index.php/research/article/view/15>.

31. Siemens Mindsphere Security Vulnerabilities in 2025 [Internet]. Stack.Watch. Available from: <https://stack.watch/product/siemens/mindsphere>.

32. Bastos D. GDPR privacy implications for the Internet of Things [Internet]. ResearchGate. 2018; 1–9. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Bastos-6/publication/331991225_GDPR_Privacy_Implications_for_the_Internet_of_Things/links/5ca4e0df299bfb86d6322a6/GDPR-Privacy-Implications-for-the-Internet-of-Things.pdf.

33. Wachter S. Normative Challenges of Identification in the Internet of Things: Privacy, Profiling, Discrimination, and the GDPR [Internet]. Computer Law & Security Review. 2018; 34; 3: 436–449. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267364917303904>.

34. Siemens AG. Отчёт за 2021 год = Siemens AG. Report for 2021 [Internet]. Available from: <https://companiesmarketcap.com/annual-reports/552.ar.en.2021.pdf>.

35. Regulation (EU) 2016/679 (General Data Protection Regulation). 2016. [Internet]. Available from: <https://gdpr-info.eu>.

36. Floetgen R.J., Strauss J., Weking J. et al. Introducing platform ecosystem resilience: leveraging mobility platforms and their ecosystems for the new normal during COVID-19 [Internet]. European Journal of Information Systems. 2021; 30; 4: 304–321. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0960085X.2021.1884009>.

Сведения об авторе

Алексей Алексеевич Брызгалов

*Ассистент кафедры прикладной информатики и
информационной безопасности*

Российский экономический университет

им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия

Эл. почта: Bryzgalov.AA@rea.ru

Information about the author

Alexey Alekseevich Bryzgalov

*Assistant of the Department of Applied Informatics
and Information Security*

Plekhanov Russian University of Economics,

Moscow, Russia

E-mail: Bryzgalov.AA@rea.ru



Комплексный анализ для оценки использования сетей интернета вещей в учебном процессе университета информатики и радиоэлектроники

Актуальность проведенного исследования заключается в получении оценки использования сетей интернет вещей (IoT) в учебном процессе университета. Образовательные учреждения генерируют огромные массивы данных: от академических успеваемости студентов до аналитики посещаемости, однако их эффективное использование остается ограниченным. Для эффективной обработки этих данных необходимо использование сетей Интернет вещей.

Цель исследования — анализ использования сетей IoT в организации и управлении учебным процессом университета с применением факторного, регрессионного и корреляционного анализов. Это достигается решением следующих задач: использование факторного анализа для выявления скрытых факторов, влияющих на эффективность использования IoT; регрессионного анализа — для определения степени влияния отдельных факторов на результативные показатели (удовлетворенность образовательным процессом); корреляционного анализа — для оценки степени тесноты взаимосвязей между переменными.

Материалы и методы. В качестве материалов исследования были использованы результаты анкетирования 200 студентов. Для проведения исследования были использованы результаты ответов на 13 вопросов по IoT. Анализ данных был проведен с использованием библиотек языка программирования Python. Проведен частотный анализ по следующим показателям: популярные типы IoT-устройств и аспекты использования. Регрессионный анализ показал взаимосвязь между независимыми переменными «Частота использования», «Доступность технологий», «Уровень

знаний» и зависимой переменной «Удовлетворенность». Выбраны факторы: «Вовлеченность студентов», «Технологическая готовность», «Влияние на учебный процесс», «Препятствия», «Польза». Определение переменных корреляционного анализа: уровень знаний, частота использования, удовлетворенность, доступность, польза.

Результаты. Регрессионные модели подтвердили положительное влияние IoT сетей на успеваемость студентов и сокращении время на административные задачи. Корреляционный анализ выявил умеренную положительную связь между использованием IoT и успеваемостью студентов и сильную положительную связь между IoT и экономией времени преподавателей. Умеренная корреляция «Пользы» (0.51) и низкая связь фактора с вовлеченностью (0.066) говорит о том, что студенты воспринимают пользу технологий только в контексте их применения.

Заключение. Интеграция IoT в образовательный процесс активна. Пользователи IoT-устройств в образовательной среде ценят упрощение доступа к информации и повышение мотивации к обучению. Уровень осведомленности студентов о применении IoT находится на среднем уровне. Наиболее значимым фактором является уровень знаний об использовании IoT. Корреляционная матрица ясно указывает, что знание и доступ к IoT, а также их частое использование являются ключевыми факторами для повышения удовлетворенности.

Ключевые слова: сети интернет вещей, факторный, регрессионный, корреляционный, анализ, образование, университет.

Vladimir A. Vishnyakov, Gennadi A. Khatskevich, Ekaterina I. Polosko

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Comprehensive Analysis to Evaluate the Use of Internet of Things Networks in the Educational Process of the University of Informatics and Radio Electronics

The relevance of the conducted research lies in obtaining an assessment of the use of Internet of Things (IoT) networks in the university's educational process. Educational institutions generate huge amounts of data, from student academic performance to attendance analytics, but their effective use remains limited. Effective processing of this data requires the use of Internet of Things networks.

The purpose of the study is to analyze the use of IoT networks in the organization and management of the university's educational process using factorial, regression and correlation analyses. This is achieved by solving the following tasks: using factor analysis to identify hidden factors affecting the effectiveness of IoT use; regression analysis to determine the degree of influence of individual factors on performance indexes (satisfaction with the educational process); correlation analysis to assess the degree of closeness of relationships between variables.

Materials and methods. The results of a survey of 200 students were used as research materials. The results of the answers to 13 IoT questions were used to conduct the study. The data analysis was carried out using Python programming language libraries. A frequency analysis was performed based on the following indexes: popular types of IoT devices and usage aspects. Regression analysis showed the relationship between the independent variables "Frequency of use", "Availability of technology", "Level of knowledge" and the dependent variable "Satisfaction". The following factors were selected: "Students' engagement", "Technological readiness", "Impact on the learning process", "Obstacles", "Benefit". Definition of correlation analysis variables: level of knowledge, frequency of use, satisfaction, accessibility, benefit.

Results. Regression models have confirmed the positive impact of IoT networks on student academic performance and reduced time spent

on administrative tasks. Correlation analysis revealed a moderate positive relationship between IoT usage and student academic performance and a strong positive relationship between IoT and Faculty time savings. The moderate correlation of "Benefit" (0.51) and the low association of the factor with engagement (0.066) suggests that students perceive the benefit of technology only in the context of their application.

Conclusion. The integration of IoT into the educational process is active. Users of IoT devices in the educational environment value

easier access to information and increased motivation to learn. The level of students' awareness about the use of IoT is at an average level. The most significant factor is the level of knowledge about the use of IoT. The correlation matrix clearly indicates that knowledge and access to IoT, as well as their frequent use, are key factors for increasing satisfaction.

Keywords: Internet of Things networks, factorial, regression, correlation, analysis, education, university.

Введение

Современная система образования сталкивается с проблемами, вызванными быстрым развитием ИТ-технологий. Это связано с увеличением объема образовательных данных, которые необходимо обрабатывать, анализировать и использовать в обучении. Образовательные учреждения генерируют огромные массивы данных: от академических успеваемости студентов до аналитики посещаемости, однако их эффективное использование остается ограниченным. Для эффективной обработки этих данных необходимо использование сетей Интернет вещей [1].

Технология Интернета вещей (IoT) активно внедряется в различные сферы жизни, включая образование [2]. В университетах IoT может использоваться для улучшения качества образовательного процесса, автоматизации управления ресурсами и повышения вовлеченности студентов. Однако для оценки эффективности внедрения IoT необходимо применять современные методы анализа данных, такие как факторный, регрессионный и корреляционный анализы [3]. Эти методы позволяют выявить ключевые факторы, влияющие на успешность внедрения технологии, и оценить их взаимосвязи [4]. Поэтому цель статьи – исследовать применение факторного, регрессионного и корреляционного анализов для оценки влияния IoT на образовательный процесс университета образования. Это достигается решением следующих задач: использо-

вание факторного анализа для выявления скрытых факторов, влияющих на эффективность использования IoT; регрессионного анализа – для определения степени влияния отдельных факторов на результативные показатели (удовлетворенность образовательным процессом); корреляционного анализа – для оценки степени тесноты взаимосвязей между переменными.

Основная часть

Исследования оценки использования сетей IoT в учебном процессе БГУИР проводилось на основе данных анкетирования 200 студентов. Анализ данных был проведен с использованием библиотек языка программирования Python [5]. Для проведения исследования были использованы результаты ответов на следующие вопросы:

Как часто вы используете IoT в учебном процессе?

Есть ли у вас доступ к необходимому оборудованию для использования IoT?

Как вы оцениваете уровень доступности IoT-устройств в учебном заведении?

Как вы оцениваете уровень подготовки преподавателей в данном вопросе?

Какие типы устройств IoT вы используете в учебном процессе, самообразовании?

Чувствуете ли вы себя более вовлеченным в учебный процесс благодаря IoT?

Насколько вы удовлетворены использованием IoT в учебном процессе?

Насколько полезными вы считаете технологии в процессе обучения?

Как вы считаете, влияет ли использование IoT на качество вашего обучения?

В каких аспектах IoT наиболее полезен для вас?

Каковы основные препятствия для использования IoT в вашем учебном процессе?

Насколько хорошо вы знаете об использовании IoT в учебном процессе?

Что вас не устраивает в использовании IoT в учебном процессе?

Частотный анализ. Проведен частотный анализ по следующим показателям: популярные типы IoT-устройств и аспекты использования. На основе данных по вопросу «Какие типы устройств IoT вы используете в учебном процессе, самообразовании?», представленных на рисунке 1 можно сделать следующие наблюдения:

1. Лидеры по использованию: наиболее часто используемыми устройствами являются Wearable-устройства (95 упоминаний) и Умные колонки (84 упоминания). Это говорит о высокой популярности и востребованности этих технологий среди пользователей.

2. Средний уровень использования: устройства, такие как Умные проекторы (59 упоминаний) и Умные учебники (55 упоминаний), имеют значительное количество использований, что указывает на их полезность в образовательных и развлекательных целях.

3. Низкий уровень использования: умные доски (41 упоминание) имеют меньшее количество использований по сравнению с вышеупомянутыми устройствами, что может свидетельствовать о более уз-

кой нише применения или недоступности данных устройств.

4. Неиспользование технологий: наличие 16 упоминаний о категории «Не использую» указывает на то, что часть пользователей не использует данные технологии вообще. Это может быть связано с недостатком интереса, доступности или осведомленности о таких устройствах.

Вывод: данные показывают, что интеграция IoT в образовательный процесс достаточно активна, особенно для определенных категорий устройств. Однако есть потенциал для дальнейшего развития через устранение проблем с доступностью и информированностью пользователей.

На основе данных по вопросу «В каких аспектах IoT наиболее полезен для вас?», представленных на рисунке 2 можно сделать следующие заключения.

1. Упрощение доступа к информации (191 упоминание): Этот аспект является наиболее значимым, что свидетельствует о том, что пользователи ценят возможность быстрого и удобного получения информации с помощью IoT-устройств. Это может включать в себя доступ к образовательным ресурсам, онлайн-материалам и другим данным, что делает процесс обучения более эффективным и доступным.

2. Повышение мотивации к обучению (92 упоминания): Второй по значимости аспект, который указывает на то, что IoT-устройства могут способствовать созданию более интерактивной и увлекательной образовательной среды.

3. Улучшение взаимодействия с преподавателями (65 упоминаний): Этот аспект также важен, но имеет меньшее количество упоминаний по сравнению с предыдущими. Это может говорить о том, что хотя взаимодействие с преподавателями является важным, пользователи в большей сте-

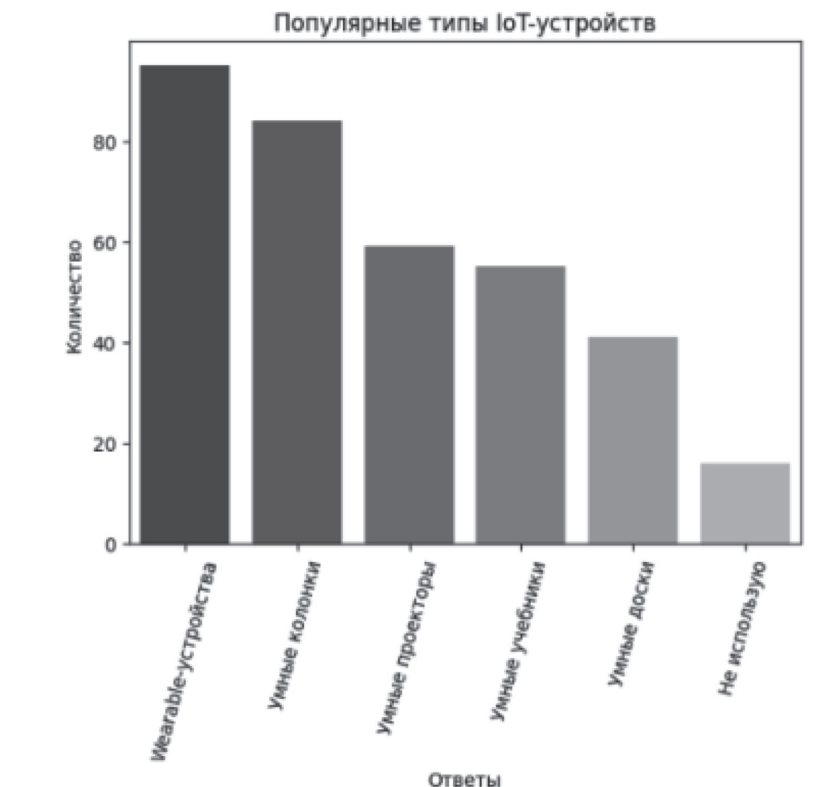


Рис. 1. Популярные типы IoT-устройств

Fig. 1. Popular types of IoT devices

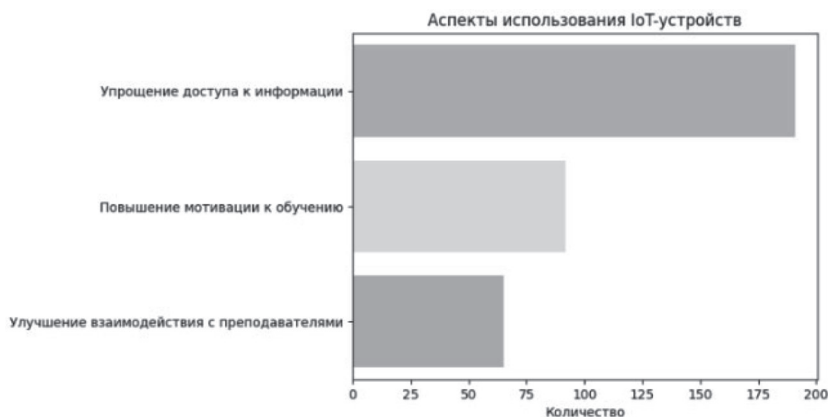


Рис. 2. Аспекты использования IoT-устройств

Fig. 2. Aspects of IoT devices using

пени ценят доступ к информации и мотивацию, которые предоставляют IoT-устройства. Возможно, стоит обратить внимание на развитие функционала, который улучшает связь между студентами и преподавателями.

Вывод: данные показывают, что пользователи IoT-устройств в образовательной среде в первую очередь ценят упрощение доступа к информации и повышение мотивации к обучению. Улучшение

взаимодействия с преподавателями также имеет значение, но требует дальнейшего внимания для увеличения его эффективности. Это может служить основой для дальнейших исследований и разработок в области интеграции IoT в образовательный процесс.

Статистический анализ.

Данные статистического анализа по ключевым вопросам представлены в таблице 1. Общее количество студентов 200. Данные оценивались по пяти-

Таблица 1 / Table 1

Данные статистического анализа

Statistical analysis data

Вопрос	Среднее значение
Как часто вы используете IoT в учебном процессе?	2.785000
Как вы оцениваете уровень доступности IoT-устройств в вашем учебном заведении?	1.245000
Как вы оцениваете влияние IoT на ваш учебный процесс?	2.930000
Как вы считаете, влияет ли использование технологий на качество вашего обучения?	3.860000
Чувствуете ли вы себя более вовлеченным в учебный процесс благодаря IoT?	3.635000
Насколько хорошо вы знаете об использовании IoT в учебном процессе?	2.650000

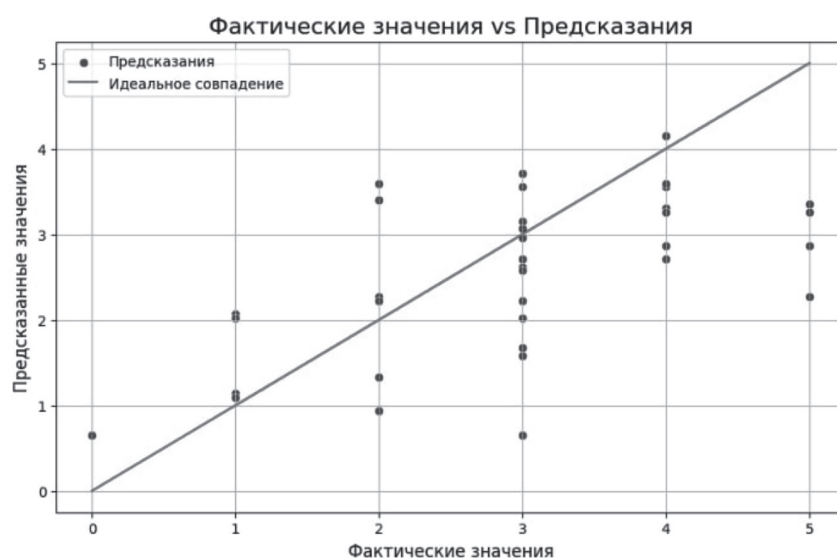


Рис. 3. Диаграмма рассеяния

Fig. 3. Scattering diagram

бальной шкале, где 0 — минимальное значение, 5 — максимальное значение.

На основе представленных данных можно сделать следующие выводы:

1. Частота использования IoT в учебном процессе (средний ответ: 2.785). Студенты используют IoT-устройства с умеренной частотой. Значение близко к средней отметке, что говорит о том, что технологии не являются повседневной частью учебного процесса, но их использование имеет место.

2. Уровень доступности IoT-устройств (средний ответ: 1.245). Данный показатель крайне низкий, что указывает на серьезные проблемы с доступностью IoT-устройств в учебном заведении. Это может

негативно сказываться на возможностях студентов использовать современные технологии в обучении.

3. Влияние IoT на учебный процесс (средний ответ: 2.930). Студенты оценивают влияние IoT на учебный процесс как выше среднего. Это свидетельствует о том, что они видят потенциал технологий для улучшения обучения, хотя и не в полной мере реализованного из-за ограниченного доступа.

4. Влияние технологий на качество обучения (средний ответ: 3.860). Высокая оценка этого аспекта подтверждает, что студенты уверены в положительном влиянии технологий на качество их обучения. Это говорит о высоком доверии к технологиям как инстру-

ментам повышения образовательных результатов.

5. Вовлеченность в учебный процесс благодаря IoT (средний ответ: 3.635). Студенты ощущают себя более вовлеченными в учебный процесс благодаря использованию IoT, что указывает на то, что технологии могут способствовать активному участию и интересу к обучению.

6. Знание об использовании IoT в учебном процессе (средний ответ: 2.650). Уровень осведомленности студентов о применении IoT находится на среднем уровне, что может указывать на необходимость дополнительных образовательных программ и мероприятий для повышения информированности о технологиях.

Регрессионный анализ [7, 8] показал взаимосвязь между независимыми переменными ('Частота использования', 'Доступность технологий', 'Уровень знаний') и зависимыми переменными ('Удовлетворенность'). **Результаты анализа:** коэффициенты регрессии: [0.19855104, 0.28892449, 0.44391947]; Перехват: 0.648690583015163. **Точность модели** представлена на диаграмме рассеяния — рисунок 3,

получена инструментарием Пайтона [5]. Большинство точек расположены близко к красной линии, что говорит о приемлемой точности предсказаний. Небольшое рассеивание точек указывает на наличие ошибок, которые могут быть вызваны недостаточным учетом других факторов.

На основе представленных результатов регрессионного анализа, проанализируем влияние независимых переменных ('Частота использования', 'Доступность технологий', 'Уровень знаний') на зависимую переменную ('Удовлетворенность') и сделаем соответствующие выводы.

Понимание коэффициентов регрессии. У нас есть три независимые переменные и их

соответствующие коэффициенты:

1. 'Частота использования' — Коэффициент: 0.19855104

2. 'Доступность технологий' — Коэффициент: 0.28892449

3. 'Уровень знаний' — Коэффициент: 0.44391947

Перехват: 0.648690583015163. Этот показатель указывает на уровень удовлетворенности использованием IoT в учебном процессе, когда все независимые переменные равны нулю.

Интерпретация коэффициентов. Коэффициент 1 ('Частота использования') — 0.19855104. Указывает на то, что при увеличении частоты использования IoT в учебном процессе на единицу, уровень удовлетворенности увеличивается на 0.1986. Это подтверждает важность активного использования технологий для повышения удовлетворенности студентов.

Коэффициент 2 ('Доступность технологий') — 0.28892449. Положительное значение этого коэффициента говорит о том, что если у студента нет проблем с доступом к технологиям, это приводит к увеличению удовлетворенности на 0.2889. То есть, доступность технологий играет важную роль в восприятии IoT.

Коэффициент 3 ('Уровень знаний') — 0.44391947. Этот коэффициент имеет наибольшее значение среди всех переменных, что указывает на то, что знание об использовании IoT в учебном процессе является наиболее значимым фактором. При увеличении уровня знаний об IoT на единицу, удовлетворенность возрастает на 0.4439. Это подчеркивает важность образовательных мероприятий и информирования студентов о возможностях IoT.

Выводы. Все три фактора положительно влияют на удовлетворенность использованием IoT в учебном процессе, однако степень их влияния раз-

лична. Наиболее значимым является уровень знаний об использовании IoT, что говорит о необходимости обучающих программ и повышения информированности студентов. Проблемы с доступом к технологиям также оказывают влияние на удовлетворенность, поэтому важно обеспечить доступность необходимых ресурсов для студентов. Частота использования IoT также важна, но ее влияние меньше по сравнению с уровнем знаний и доступом к технологиям. Это может означать, что даже при частом использовании технологий студенты могут быть не удовлетворены, если не имеют достаточных знаний о том, как их использовать.

Рекомендации. Рекомендуется проводить дополнительные обучающие мероприятия для студентов, чтобы повысить их знания об использовании IoT. Необходимо также работать над устранением барьеров доступа к технологиям, чтобы обеспечить более широкое внедрение IoT в учебный процесс. Студентам следует предоставлять больше возможностей для практического использования IoT, что может способствовать повышению их удовлетворенности.

Факторный анализ [3, 6] позволяет сократить количество переменных, выделяя основные факторы. Модель факторного анализа может быть представлена в виде:

$$X = AF + \epsilon$$

где X — вектор наблюдаемых переменных, A — матрица факторных нагрузок, F — вектор скрытых факторов, ϵ — вектор ошибок.

Выбраны факторы: «Вовлеченность студентов», «Технологическая готовность», «Влияние на учебный процесс», «Препятствия», «Польза».

Собственные значения: [2.4338115 1.08972056 0.64266194 0.51376163 0.32004438], рисунок 4.

Факторы с собственными значениями больше 1 считаются значимыми.

В данном случае два первых фактора «Вовлеченность студентов» и «Технологическая готовность» имеют значения выше порогового уровня (2.43 и 1.08), что указывает на их важность для объяснения общей дисперсии. Оставить два фактора — оптимальное решение, так как они объясняют большую часть данных, чем остальные.

Фактор 1 («Вовлеченность студентов») объясняет 48.68%%

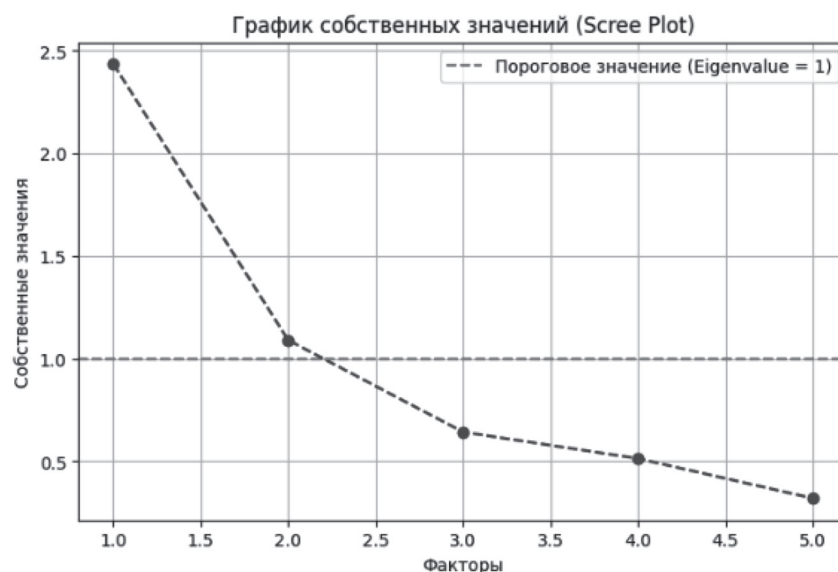


Рис. 4. Собственные значения факторов

Fig. 4. Eigenvalues of the factors

дисперсии данных. Фактор 2 («Технологическая готовность») объясняет 21.79% дисперсии данных.

Вместе два фактора объясняют ~70% общей дисперсии, что является достаточно хорошим результатом для социальных данных.

Результаты количественной оценки.

[[0.20974714 0.69124617]
[0.27899764 0.63753026]
[0.86848556 0.21073591]
[0.71412012 0.2079615]
[0.06605841 0.51354701]]

Фактор 1 «Вовлеченность студентов». Нагрузки переменных: уровень знаний (0.21), частота использования (0.28), удовлетворенность (0.87), доступность (0.71), польза (0.07). Собственное значение: 2.43. Фактор 2 «Технологическая готовность». Нагрузки переменных: уровень знаний (0.69), частота использования (0.63), удовлетворенность (0.21), доступность (0.21), польза (0.51). Собственное значение: 1.09.

Тепловая карта факторных нагрузок представлена на рисунке 5.

Фактор 1: вовлеченность студентов в использование IoT-устройств тесно связана с такими переменными, как удовлетворенность (0.87) и доступность (0.71). Это указывает на то, что студенты чувствуют себя более вовлеченными, если технологии IoT удовлетворяют их ожидания и являются доступными.

Фактор 2: технологическая готовность. Этот фактор наиболее сильно коррелирует с переменными, связанными с использованием и знаниями технологий: уровень знаний (0.69) и частота использования (0.64). Подчеркивается важность технологической грамотности и регулярного взаимодействия с IoT для повышения восприятия готовности.

Умеренная корреляция «Пользы» (0.51) и низкая связь фактора с вовлеченностью (0.066) говорит о том, что сту-

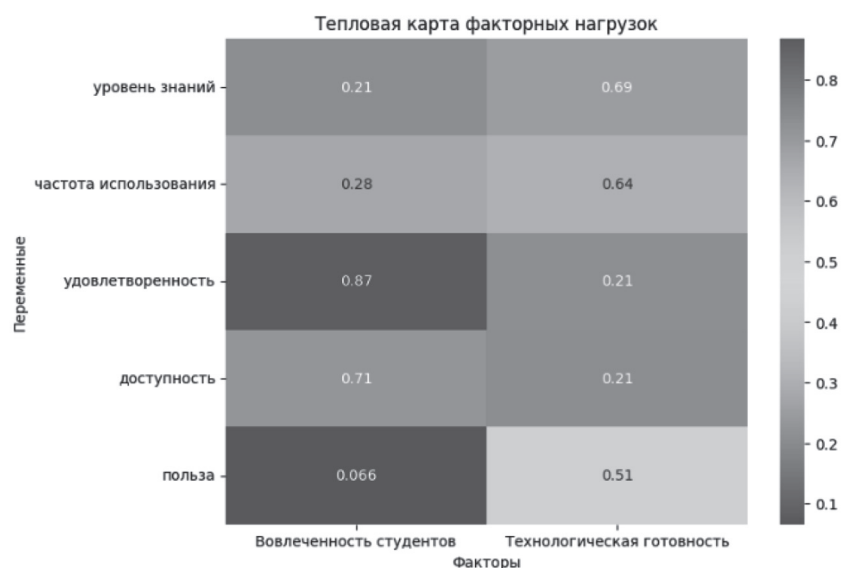


Рис. 5. Тепловая карта факторных нагрузок

Fig. 5. Heat map of factor loads

денты воспринимают пользу технологий только в контексте их применения.

Рекомендации. Для повышения технологической готовности надо:

- разработать программы для студентов, посвященные ключевым аспектам использования IoT, включая практическое обучение;

- интеграция IoT в курсы и лаборатории может повысить частоту использования и усилить положительное восприятие.

Для увеличения вовлеченности студентов:

- развивать инфраструктуру, чтобы IoT стал доступным для всех участников учебного процесса, например, предложить доступ к общим устройствам IoT;

- организовать регулярный сбор обратной связи студентов для оценки удовлетворенности использованием IoT и корректировки подходов.

Корреляционный анализ оценивает тесноту и направление взаимосвязи между переменными [9, 10]. Шаги корреляционного анализа. Определение переменных: уровень знаний, частота использования, удовлетворенность, доступность, польза. Сбор данных: прове-

дение опроса среди студентов университета. Количественные данные об использовании IoT-устройств (уровень знаний об использовании IoT-устройств, частота использования, удовлетворенность студентов, уровень доступности IoT-устройств в учебном заведении, польза от использования IoT-устройств)

Обработка данных: очистка данных от выбросов и пропусков. Нормализация данных для обеспечения сопоставимости. Расчет коэффициента корреляции по формуле Пирсона [3]. *Результаты количественной оценки представлены на рисунке 6.*

На основе предоставленной корреляционной матрицы можно сделать выводы.

1. Уровень знаний и частота использования IoT (коэффициент корреляции: 0.50). Существует умеренно положительная корреляция между уровнем знаний об IoT и частотой их использования. Это говорит о том, что лучшее понимание IoT способствует более активному применению технологий. Для увеличения частоты использования IoT необходимо проводить образовательные мероприятия, повышающие техническую грамотность.

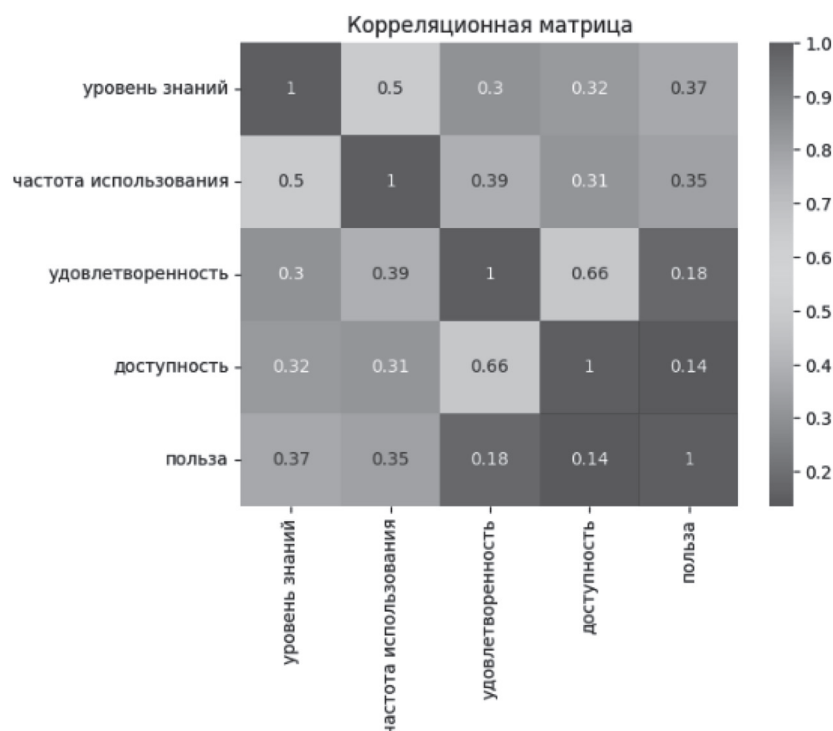


Рис. 6. Результаты количественной оценки

Fig. 6. Results of quantitative assessment

2. Удовлетворенность и доступность технологий (коэффициент корреляции: 0.66). Сильная положительная корреляция указывает, что доступность технологий является важным фактором для повышения удовлетворенности пользователей. Чтобы повысить уровень удовлетворенности, важно обеспечивать доступ к устройствам IoT и минимизировать барьеры.

3. Уровень знаний и удовлетворенность (коэффициент корреляции: 0.30). Умеренно слабая положительная корреляция показывает, что знания об IoT немного способствуют удовлетворенности. Однако этот фактор не является определяющим. Повышение уровня знаний может усилить удовлетворенность, особенно если сочетать его с увеличением доступности технологий.

4. Удовлетворенность и частота использования IoT (коэффициент корреляции: 0.39). Умеренно положительная корреляция говорит о том, что более частое использование IoT связано с большим уровнем

удовлетворенности. Для увеличения удовлетворенности следует стимулировать активное применение технологий IoT в учебном процессе.

5. Польза и доступность технологий (коэффициент корреляции: 0.14). Очень слабая корреляция указывает, что воспринимаемая польза от IoT не зависит напрямую от доступности технологий. Польза от IoT может быть связана с другими факторами, такими как конкретное применение или качество контента.

6. Польза и уровень знаний (коэффициент корреляции: 0.37). Слабая положительная корреляция намекает, что лучшее понимание IoT технологий слегка повышает воспринимаемую пользу. Организация обучающих программ поможет пользователям осознать преимущества технологий.

Рекомендации:

— повышать знания студентов об IoT через лекции, практические занятия или демонстрации успешных кейсов;

— упростить доступ к IoT-технологиям: создавать

общие ресурсы, улучшать техническую инфраструктуру;

— включить IoT-устройства в учебный процесс, чтобы студенты могли применять их на практике.

Корреляционная матрица ясно указывает, что знание и доступ к IoT, а также их частое использование являются ключевыми факторами для повышения удовлетворенности. Комплексный подход, объединяющий образовательные программы, улучшение инфраструктуры и активное использование технологий, может значительно улучшить восприятие IoT в учебном процессе.

Заключение

1. Результаты статистического анализа показывают, что студенты имеют положительное отношение к IoT и его влиянию на обучение, однако существуют значительные проблемы с доступностью устройств. Это может ограничивать их использование и эффективность в учебном процессе. Рекомендуется уделить внимание улучшению доступа к IoT-технологиям и повышению информированности студентов об их возможностях.

2. Анализ факторных нагрузок показал, что успех внедрения IoT в учебный процесс определяется технологической грамотностью и удовлетворенностью. Умеренная корреляция «Пользы» (0.51) и низкая связь фактора с вовлеченностью (0.066) говорит о том, что студенты воспринимают пользу технологий только в контексте их применения. Улучшение доступности технологий, образовательные инициативы и повышение вовлеченности станут ключом к максимальному эффекту от использования IoT в обучении.

3. Регрессионный анализ показал, что наибольшее влияние на удовлетворенность использованием IoT оказывает уровень знаний (коэффициент

ент 0.4439), что подчеркивает необходимость образовательных инициатив для повышения информированности пользователей о технологиях. Доступность технологий (коэффициент 0.2889) также играет значительную роль, так как устранение барьеров доступа способствует более положительному восприятию IoT. Частота использования IoT (коэффициент 0.1986) оказывает умеренное влияние, демонстрируя важность регулярного применения технологий для повышения вовлеченности.

4. Анализ корреляционной матрицы показал, что ключевыми факторами успешного использования IoT являются уровень знаний, доступность технологий и частота их использования. Уровень знаний способствует активному применению IoT (корреляция 0.50) и слегка увеличивает воспринимаемую пользу (корреляция 0.37), подчеркивая важность образовательных мероприятий. Доступность технологий оказывает сильное влияние на удовлетворенность пользователей (корреляция 0.66), что требует минимизации барьеров доступа.

Частота использования IoT умеренно связана с удовлетворенностью (корреляция 0.39), что говорит о необходимости регулярного применения технологий для достижения положительного эффекта. При этом восприятие пользы (корреляция 0.14) зависит от качественного внедрения IoT и его полезности в реальных задачах. Для оптимизации этих показателей важно сочетать образовательные инициативы, улучшение доступности и стимулирование активного использования.

Литература

1. Vishniakou U.A. Specialized IoT networks: models, structures, algorithms, software and hardware. Minsk: BSUIR, 2023. 184 с.
2. Иванов А.А., Петров В.В. Интернет вещей в образовании: возможности и перспективы. М.: Образование и технологии, 2022. 123 с.
3. Хацкевич Г.А., Русилко Т.В. Эконометрика. Минск: РИВШ, 2021. 452 с.
4. Smith J., Brown K. IoT in Higher Education: A Statistical Approach // Journal of Educational Technology. 2021. Т. 15. № 3. С. 45–60.
5. Python, корреляция и регрессия: часть 1 [Электрон. ресурс] // Habr. Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/557998/>.

6. Hair J. F., Black W. C., Babin B. J., & Anderson R. E. Multivariate Data Analysis. Pearson. 2019. 771 с.
7. Montgomery D. C., Peck E. A., & Vining G. G. Introduction to Linear Regression Analysis. Wiley. 2012. 679 с.
8. Lee H., Kim J. The Impact of IoT on Student Performance: A Regression Analysis // International Journal of Educational Technology. 2023. Т. 12. № 2. С. 112–125.
9. Шапкарина Г.Г. Корреляционный анализ в системах управления. М.: МИСиС, 2020. 72 с.
10. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика. Основы эконометрики. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 665 с.

References

1. Vishniakou U.A. Specialized IoT networks: models, structures, algorithms, software and hardware. Minsk: BSUIR; 2023. 184 p.
2. Ivanov A.A., Petrov V.V. Internet veshchey v obrazovanii: vozmozhnosti i perspektivy = The Internet of Things in Education: Possibilities and Prospects. Moscow: Education and Technology; 2022. 123 p. (In Russ.)
3. Khatskevich G.A., Rusilko T.V. Ekonometrika = Econometrics. Minsk: RIVSH; 2021. 452 s.
4. Smith J., Brown K. IoT in Higher Education: A Statistical Approach. Journal of Educational Technology. 2021; 15; 3: 45-60.
5. Python, korrelyatsiya i regressiya: chast' 1 = Python, Correlation, and Regression: Part 1 [Internet]. Habr. Available from: <https://habr.com/ru/articles/557998/>. (In Russ.)

6. Hair J. F., Black W. C., Babin B. J., & Anderson R. E. Multivariate Data Analysis. Pearson; 2019. 771 p.
7. Montgomery D. C., Peck E. A., & Vining G. G. Introduction to Linear Regression Analysis. Wiley; 2012. 679 p.
8. Lee H., Kim J. The Impact of IoT on Student Performance: A Regression Analysis. International Journal of Educational Technology. 2023; 12; 2: 112-125.
9. Shapkarina G.G. Korrelyatsionnyy analiz v sistemakh upravleniya = Correlation Analysis in Control Systems. Moscow: MISIS; 2020. 72 p. (In Russ.)
10. Ayvazyan S.A., Mkhitaryan V.S. Prikladnaya statistika. Osnovy ekonometriki = Applied Statistics. Fundamentals of Econometrics. Moscow: YUNITI-DANA; 2001. 665 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Владимир Анатольевич Вишняков

Д.т.н., профессор кафедры
инфокоммуникационных технологий
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники (БГУИР)
Эл. почта: vish@bsuir.by

Геннадий Алексеевич Хацкевич

Д.э.н., профессор кафедры экономической
информатики
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники (БГУИР)
Эл. почта: g.khatskevich@bsuir.by

Екатерина Ивановна Полоско

Старший преподаватель кафедры экономической
информатики
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники (БГУИР)
Эл. почта: ehishman@bsuir.by

Information about the authors

Vladimir A. Vishnyakov

Dr. Sci. (Technical), Professor of the Department
of Information and Communication Technologies
Belarusian State University of Informatics and
Radioelectronics (BGUIR)
E-mail: vish@bsuir.by

Gennady A. Khatskevich

Dr. Sci. (Economics), Professor of the Department
of Economic Informatics
Belarusian State University of Informatics and
Radioelectronics (BGUIR)
E-mail: g.khatskevich@bsuir.by

Ekaterina I. Polosko

Senior Lecturer at the Department of Economic
Informatics
Belarusian State University of Informatics and
Radioelectronics (BGUIR)
E-mail: ehishman@bsuir.by