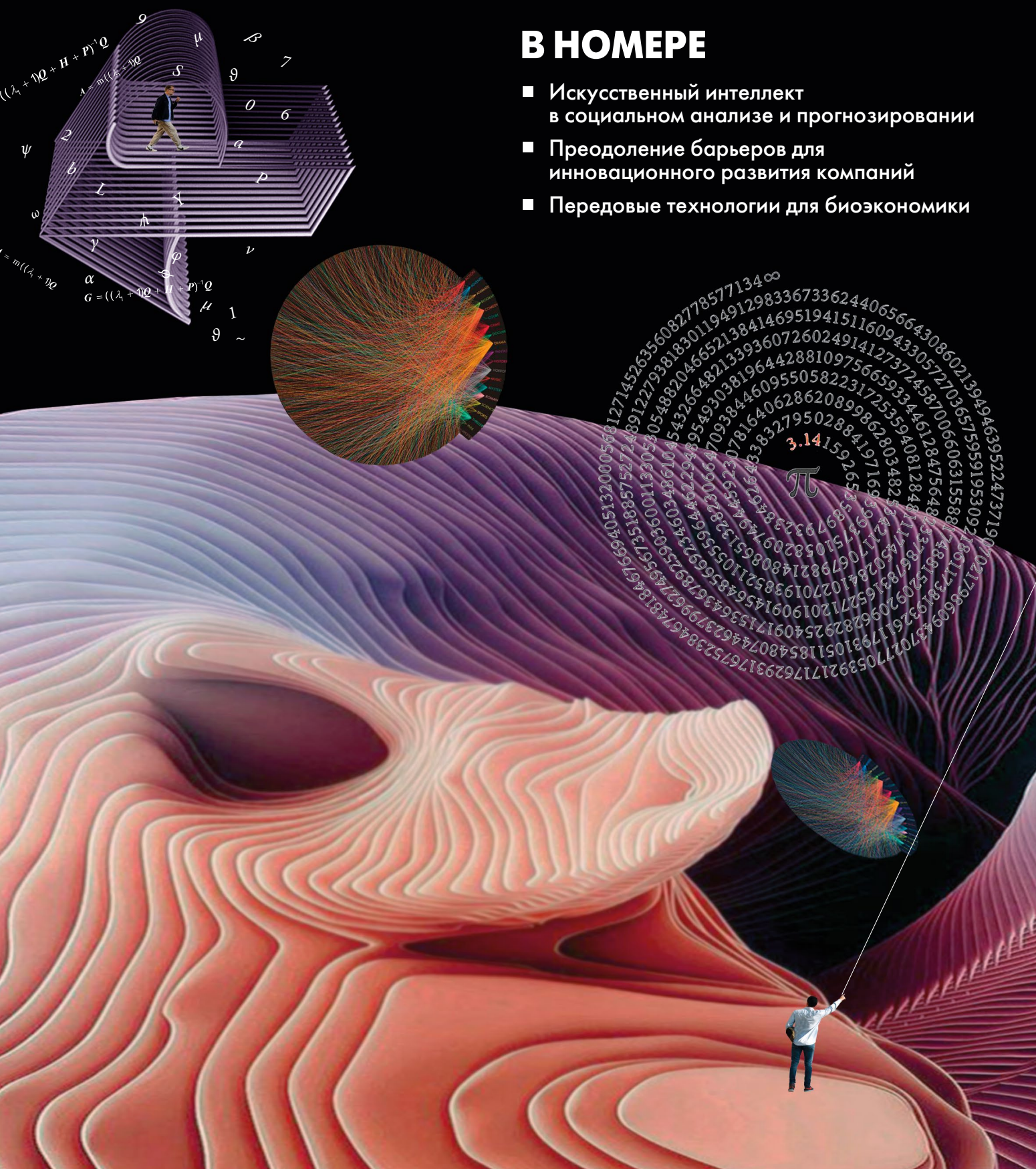




В НОМЕРЕ

- Искусственный интеллект в социальном анализе и прогнозировании
- Преодоление барьеров для инновационного развития компаний
- Передовые технологии для биоэкономики



Главный редактор Леонид Гохберг (НИУ ВШЭ)

Заместители главного редактора

Манлио дель Джудиче (Link Campus Rome, Италия)

Дирк Майсснер (НИУ ВШЭ)

Александр Соколов (НИУ ВШЭ)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Николас Вонортас (Университет Джорджа Вашингтона, США)

Фред Голт (Маастрихтский университет, Нидерланды, и Технологический университет Тсване, ЮАР)

Тутрул Дайм (Портлендский государственный университет, США)

Люк Джорджиу (Университет Манчестера, Великобритания)

Алина Зоргнер (Университет Джона Кэбота, Италия, и Кильский институт мировой экономики, Германия)

Криштиану Каньин (Европейский фонд профессионального развития, Италия)

Элиас Караяннис (Университет Джорджа Вашингтона, США)

Майкл Кинэн (ОЭСР, Франция)

Татьяна Кузнецова (НИУ ВШЭ)

Ярослав Кузьминов (НИУ ВШЭ)

Джонатан Кэлоф (Университет Оттавы, Канада, и НИУ ВШЭ)

Кэрол Леонард (Оксфордский университет, Великобритания)

Кеун Ли (Сеульский национальный университет, Корея, и НИУ ВШЭ)

Йен Майлс (Университет Манчестера, Великобритания)

Сандро Мендонса (ANACOM, Португалия)

Ронпин Му (Институт политики и управления, Китайская академия наук)

Вольфганг Полт (Университет прикладных наук Йоаннеум, Австрия)

Озчан Саритас (Рочестерский технологический институт в Дубаи, ОАЭ, и НИУ ВШЭ)

Марио Сервантес (ОЭСР, Франция)

Томас Тернер (НИУ ВШЭ)

Анджела Уилкинсон (Всемирный энергетический совет и Оксфордский университет, Великобритания)

Фред Филлипс (Университет Нью-Мексико и Университет штата Нью-Йорк в Стоуни-Брук, США)

Тед Фуллер (Университет Линкольна, Великобритания)

Аттила Хаваш (Институт экономики, Венгерская академия наук)

Карел Хагеман (Объединенный исследовательский центр Европейской комиссии, Бельгия)

Александр Чепуренко (НИУ ВШЭ)

Клаус Шух (Центр социальных инноваций, Австрия)

Чарльз Эдквист (Университет Лунда, Швеция)

РЕДАКЦИЯ

Ответственный редактор

Марина Бойкова

Менеджер по развитию

Наталия Гавриличева

Литературные редакторы

Яков Охонько, Кейтлин Монтгомери

Корректор

Елизавета Полукеева

Художник

Марина Бойкова

Верстка

Михаил Салазкин

Учредитель

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»

Свидетельство о регистрации

ПИ № ФС 77-68124 от 27.12.2016 г.

Тираж 250 экз.

Заказ 0000

Отпечатано в ООО «Фотоэксперт», 109316, Москва,
Волгоградский проспект, д. 42

© Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», 2007–2024

FORESIGHT

AND STI GOVERNANCE

Foresight and STI Governance (formerly *Foresight-Russia*) — an international journal established by the National Research University Higher School of Economics (HSE) and administered by the HSE Institute for Statistical Studies and Economics of Knowledge (ISSEK), located in Moscow, Russia. The mission of the journal is to support the creation of Foresight culture through dissemination of the best national and international practices of future-oriented innovation development. It also provides a framework for discussing S&T trends and policies. Topics covered include:

- Foresight methods
- Results of Foresight studies
- Long-term priorities for social, economic and S&T development
- S&T and innovation trends and indicators
- S&T and innovation policies
- Strategic programmes of innovation development at national, regional, sectoral and corporate levels
- State-of-the-art methods and best practices of S&T analysis and Foresight.

The target audience of the journal comprises research scholars, university professors, policy-makers, businessmen, expert community, post-graduates, undergraduates and others who are interested in S&T and innovation analyses, Foresight and policy issues.

The thematic coverage of the journal makes it a unique title in its field. *Foresight and STI Governance* is published quarterly and distributed in Russia and abroad.

***Foresight and STI Governance* is ranked in the 1st quartile (Q1) of the Scopus Cite Score Rank in the fields:**

- **History and Philosophy of Science** (miscellaneous)
- **Social Sciences** (miscellaneous)

INDEXING AND ABSTRACTING

WEB OF SCIENCE™
CORE COLLECTION
EMERGING SOURCES
CITATION INDEX

SCOPUS™

中国知识基础设施工程
CNKI • 中国知网

SHERPA/RoMEO

Directory of Research
Journal Indexing

ERIH PLUS

I WORLD
JOURNALS

RePEc

ProQuest

ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

EBSCO Academic
Search Premier

GENAMICS™ JOURNALSEEK

ECONSTOR

eLIBRARY.RU

OAJI Open Academic
Journals Index

DOAJ DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS

National Research University
Higher School of Economics



Editor-in-Chief

Leonid Gokhberg, First Vice-Rector, HSE, and Director, ISSEK, HSE, Russian Federation

Assistant Editors

Manlio del Giudice (Link Campus Rome, Italy)

Dirk Meissner, HSE, Russian Federation

Alexander Sokolov, HSE, Russian Federation

EDITORIAL BOARD

Cristiano Cagnin, European Training Foundation, Italy

Jonathan Calof, University of Ottawa, Canada, and HSE, Russian Federation

Elias Carayannis, George Washington University, United States

Mario Cervantes, OECD

Alexander Chepurensky, HSE, Russian Federation

Tugrul Daim, Portland State University, United States

Charles Edquist, Lund University, Sweden

Ted Fuller, University of Lincoln, United Kingdom

Fred Gault, Maastricht University, Netherlands, and Tshwane University of Technology, South Africa

Luke Georgiou, University of Manchester, United Kingdom

Karel Haegeman, EU Joint Research Centre, Belgium

Attila Havas, Hungarian Academy of Sciences, Hungary

Michael Keenan, OECD, France

Yaroslav Kuzminov, HSE, Russian Federation

Tatiana Kuznetsova, HSE, Russian Federation

Keun Lee, Seoul National University, Korea, and HSE, Russian Federation

Carol S. Leonard, University of Oxford, United Kingdom

Sandro Mendonca, ANACOM, Portugal

Ian Miles, University of Manchester, United Kingdom

Rongping Mu, Institute of Policy and Management, Chinese Academy of Sciences, China

Fred Phillips, University of New Mexico and Stony Brook University – State University of New York, United States

Wolfgang Polt, Joanneum Research, Austria

Ozcan Saritas, Rochester Institute of Technology Dubai, United Arab Emirates, and HSE, Russian Federation

Klaus Schuch, Centre for Social Innovation, Austria

Alina Sorgner, John Cabot University, Italy, and Kiel Institute for the World Economy, Germany

Thomas Thurner, HSE, Russian Federation

Nicholas Vonortas, George Washington University, United States

Angela Wilkinson, World Energy Council and University of Oxford, United Kingdom

EDITORIAL OFFICE

Operation Management

Marina Boykova

Development Management

Natalia Gavrilicheva

Literary Editing

Yakov Okhonko, Caitlin Montgomery

Proofreading

Elizaveta Polukeeva

Design

Marina Boykova

Layout

Mikhail Salazkin

Address: National Research University Higher School of Economics
20 Myasnitskaya str., 101000 Moscow, Russia
Tel: +7 (495) 621-40-38 E-mail: foresight-journal@hse.ru
Web: <https://foresight-journal.hse.ru/en/>

СОДЕРЖАНИЕ

Т. 18. № 2

СТРАТЕГИИ

Возможности и ограничения
искусственного интеллекта в социальном
анализе и прогнозировании будущего

Клаус Сольберг Сойлен 6

Влияние искусственного интеллекта на
трансформационный потенциал игровой
индустрии для экономики и общества

Ти Йи Цинь, Нор Хазана Абдулла, Натра Мод
Эмран 21

Значение корпоративной политики
взаимодействия с государством для
инвестиционной активности компаний

Лин Вун Леонг, Келвин Ли Ен Мин, Пек Чуэн Хи,
Ирфа Наджиха Бинти Басир Малан, Хо Ри Тян 31

Отраслевые ИКТ-профили российских
компаний: стратегии управления
ресурсами

Мария Молодчик, Юлия Найденова, Евгения
Шенкман, Егор Иванов 45

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

Пищевые технологии в экономике
замкнутого цикла

Адриан Чордаш 58

Передовые разработки для биоэкономики:
кейс продукции из микроводорослей

Ирина Адарченко, Анна Курбатова, Наталья
Поротникова, Елена Савенкова, Винод Кумар,
Яна Скороходова 69

ИННОВАЦИИ

Преодоление внутренних и внешних
барьеров для инновационного развития
компаний

Валерия Власова, Ксения Бойко, Татьяна Кузнецова 85

Интрапренерство как драйвер инноваций
в бизнесе

Виджай Вивек, Кумар Чандрасекар 97

CONTENTS

Vol. 18. No. 2

STRATEGIES

A Review of the Knowledge Worker as
Prompt Engineer: How Good is AI at Societal
Analysis and Future Predictions?

Klaus Solberg Söilen 6

The AI-Driven Transformative Potential
of the Gaming Industry for the Economy
and Society

Tee Yi Qin, Nor Hazana Abdullah, Natrah Mohd
Emran 21

The Relationship between Corporate Political
Strategy of Public Partnership and Corporate
Investment

Lin Woon Leong, Kelvin Lee Yong Ming, Pek Chuen
Khee, Irfah Najihah Binti Basir Malan, Ho Ree Chan 31

ICT Profiles of Russian Companies at the
Industry Level: Resource Management
Strategies

Mariya Molodchik, Iuliia Naidenova,
Evgeniya Shenkman, Egor Ivanov 45

SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Foodtech as Part of the Circular
Economy

Adrián Csordás 58

Advanced Technologies for Bioeconomy:
The Case of Microalgae Production

Irina Adarchenko, Anna Kurbatova, Natalia
Porotnikova, Elena Savenkova, Vinod Kumar,
Yana Skorokhodova 69

INNOVATION

Overcoming Internal and External Barriers
for the Innovative Development
of Businesses

Valeriya Vlasova, Kseniia Boiko, Tatiana Kuznetsova 85

Intrapreneurship as a Driver of Business
Innovation

Vijay Vivek, Kumar Chandrasekhar 97

Возможности и ограничения искусственного интеллекта в социальном анализе и прогнозировании будущего

Клаус Сольберг Сойлен*

Профессор, klasol@hh.se

Университет Хальмстада (Halmstad University), Швеция, Kristian IV:s väg 3, 301 18 Halmstad, Sweden

Аннотация

К настоящему времени накоплен значительный задел в исследовании проблемы формулирования запросов к искусственному интеллекту (ИИ), или промпт-инжиниринга. Вместе с тем, в литературе по теме сохраняются заметные лакуны, в том числе связанные с проведением социального анализа и прогнозированием будущего. В статье представлен обзор публикаций и результаты лабораторного тестирования различных инструментов ИИ. В частности, приводится подробный список белых пятен в исследованиях, составленный на основе анализа существующей литературы. Установлено, что при условии грамотно

сформулированного запроса ИИ выполняет социальный анализ и прогнозирует будущее не хуже или даже лучше, чем опытные эксперты. Изучение литературы свидетельствует, что для обеспечения необходимой надежности следует четко разграничивать два аспекта деятельности специалистов по подготовке запросов (промпт-инженеров): их формулирование как таковое и контроль качества информации, которая не сводится к ответам на запросы. Предложены схема рабочего процесса в виде модели применения ИИ для сбора информации и обоснование возможного в перспективе снижения зарплат менеджеров высшего звена.

Ключевые слова: промпт-инжиниринг; ИИ; ChatGPT; «загадка хрустального шара»; тотальное информационное общество; работники умственного труда; информационные работники; информационные аналитики; конкурентная разведка; бизнес-разведка; рыночная разведка

Цитирование: Soilen K.S. (2024) A Review of the Knowledge Worker as Prompt Engineer: How Good is AI at Societal Analysis and Future Predictions? *Foresight and STI Governance*, 18(2), pp. 6–20. DOI: 10.17323/2500-2597.2024.2.6.20

* Эта экспериментальная статья была написана автором с помощью сервиса генеративного искусственного интеллекта ChatGPT (<https://www.chatgpt.com>).

A Review of the Knowledge Worker as Prompt Engineer: How Good is AI at Societal Analysis and Future Predictions?

Klaus Solberg Söilen*

Professor, klasol@hh.se

Halmstad University, Kristian IV:s väg 3, 301 18 Halmstad, Sweden

Abstract

What is the literature on AI missing for prompting engineering so far, and how good are these services at Societal Analysis and Future Predictions? A literature review and laboratory tests were conducted using different AI services.

This study provides an extensive list of research gaps based on an analysis of existing literature. Furthermore, it demonstrates that AI with well-crafted prompts performs as well as or better than senior intelligence analysts in Societal

Analysis and Future Predictions. The literature and analysis make it clear that the role of the prompter, to ensure reliability, must be divided into two parts: Prompt Engineering and Information Quality Control (IQC), which in this context is distinct from Prompt Answer Engineering. This study also proposes a working process in the form of a model for using AI in information or intelligence gathering. Additionally, it outlines the rationale for why top managers' salaries are likely to decrease as a result of these developments.

Keywords: prompt engineering; AI; ChatGPT; Crystal Bowl Conundrum; total intelligence society; knowledge worker; information worker; intelligence analyst; competitive intelligence; business intelligence; market intelligence

Citation: Soilen K.S. (2024) A Review of the Knowledge Worker as Prompt Engineer: How Good is AI at Societal Analysis and Future Predictions?. *Foresight and STI Governance*, 18(2), pp. 6–20. DOI: 10.17323/2500-2597.2024.2.6.20

* This experimental paper was written by the author with the assistance of the generative AI service ChatGPT (<https://www.chatgpt.com>).

Запуск чат-бота с генеративным искусственным интеллектом (ИИ) ChatGPT компанией OpenAI в ноябре 2022 г. существенно изменил принципы работы с информацией и знаниями. В настоящем исследовании описаны произошедшие изменения и порожденные ими вызовы. На основе анализа литературы предложены новые методологии, структуры и модели, а также намечены направления дальнейших изысканий. При реализации всех этих аспектов применялся ИИ.

Специалистов, работающих с информацией и знаниями, называют по-разному. Наиболее широкий термин — «работники умственного труда», т. е. лица, обладающие необходимой для создания и применения знаний квалификацией. «Информационные работники» занимаются обработкой и распространением информации, в основном с помощью технологий. Более узкими специалистами выступают информационные аналитики, в задачи которых входит анализ и интерпретация данных для поддержки принятия решений в различных секторах. Близкими профессиями являются аналитики данных, финансовые и рыночные аналитики.

К профессиям, чей характер быстро меняется благодаря цифровой трансформации, можно отнести работников сфер здравоохранения и транспорта. Профессий, которые не предполагают активной работы с информацией (работники физического труда, сферы услуг, квалифицированные ремесленники, фермеры, сотрудники служб охраны), становится все меньше. Мир стоит на пороге третьей цифровой революции: на смену персональным компьютерам и интернету приходит эпоха ИИ. Современные вычислительные системы эффективно анализируют большие массивы данных, извлекают важную информацию и сообщают пользователям о проблемах, выявленных в рамках заданных параметров. Развитие ИИ в первую очередь затрагивает специалистов, интенсивно взаимодействующих с информацией, таких как информационные аналитики. Но, возможно, они используют ИИ иначе, чем большинство обычных работников умственного труда?

В сфере занятости возникает разрыв, связанный с использованием ИИ. Работники, умеющие эффективно применять инструменты ChatGPT, уже занимают совсем иное положение, чем те, кто пока лишь осваивает основы этих технологий, и в ближайшие годы последняя группа рискует оказаться гораздо менее востребованной. Цифровой барьер, или цифровое неравенство, напоминает ситуацию периода распространения первых ПК. Обучение работников формулированию запросов к ИИ (промпт-инжинирингу) и смежным навыкам может стать решающим фактором предотвращения постепенного исчезновения целых профессий. В этом контексте речь часто заходит о юристах, поскольку ChatGPT эффективно находит и цитирует юридические тексты, однако развитие этой технологии затрагивает всех, кто работает с информацией. Проблемы, с которыми сталкиваются артисты и художники, не ограни-

чиваются простым замещением ИИ, но затрагивают и такие аспекты, как идентичность и достоинство. По мере развития машинного обучения возникла и продолжает усиливаться ностальгия по контенту, созданному человеком.

Новые технологии ИИ несут с собой и другие вызовы. Обострилась проблема «мусор на входе — мусор на выходе»¹. Организации удовлетворяют свои потребности в информации прежде всего путем обработки больших данных и все чаще отказываются от источников человеческого происхождения и сбора информации с передней линии продаж. Лица, принимающие решения, склонны больше доверять сведениям, предоставляемым ИИ и крупными поставщиками данных, таким, как Gartner и Bombora. Однако это снижает контроль над качеством данных и повышает риск зависимости от потенциально маловажной, если не фактически неточной, информации. Более того, покупка одних и тех же данных всеми участниками рынка в конечном счете приводит их к одинаковым выводам.

Государственные разведывательные службы также адаптируются к новым условиям, приближая наступление оруэлловской антиутопии тотального информационного общества — повсеместной слежки и сбора всех доступных сведений о гражданах как в собственной, так и в других странах. Чтобы противодействовать этой тенденции и защитить частную жизнь людей, правозащитные группы добиваются принятия строгого регулирования надзора за гражданами. Однако те из-за экономических проблем и роста преступности зачастую предпочитают интересы безопасности праву на конфиденциальность.

В задачи настоящей статьи входит анализ современного состояния исследований и разработок (ИиР) в области ИИ, выявление пробелов и оценка эффективности данной технологии как альтернативы работникам умственного труда — информационным аналитикам и специалистам по обработке данных. Реализация пилотных когнитивных проектов и разработка стратегий масштабирования предполагают сотрудничество технических специалистов с кураторами бизнес-процессов (Davenport, Ronanki, 2018). Со временем ИИ сможет заменить даже промпт-инженеров, самостоятельно формулируя четкие запросы и ставя конкретные задачи. Для создания новой компании в перспективе станет достаточно попросить систему оценить рыночные возможности и разработать соответствующие стратегии: ИИ спланирует работу всех подразделений организации для достижения заданных целей, а производством и распространением продукции займутся роботы. Сегодня такая картина уже не выглядит утопической.

Методология

В статье реализован описательный подход, на базе которого представлен обзор развития ИИ за последний год.

¹ Англ. *garbage in, garbage out* (GIGO) — концепция в информатике, согласно которой некорректные, искаженные или некачественные («мусорные») данные ведут к неверным результатам, даже если сам применяемый при их обработке алгоритм правилен.

Проанализированы 20 исследований 2023 г. (т. е. после запуска ChatGPT), посвященных промпт-инжинирингу, которые были случайно выбраны при помощи Google Scholar из более чем 40 работ по различным дисциплинам и направлениям. Информация о барьерах и вызовах, с которыми сталкиваются специалисты в данной области, была получена с помощью плагина AskYourPDF. Собранные данные были первоначально проанализированы ChatGPT в лабораторных условиях и затем сопоставлены с результатами тестирования ИИ на способность анализировать информацию и прогнозировать развитие события.

Наряду с ChatGPT, в исследовании были задействованы и другие платформы и сервисы ИИ, в частности Microsoft Bing, Google Bard (с февраля 2024 г. — Gemini) и различные плагины. Тем самым статья фактически подготовлена в соавторстве с ИИ, что становится рутинной академической практикой, но поднимает этическую проблему авторства и порождает риск ненадежности данных. Для решения этой проблемы весь созданный ИИ контент был проверен и отредактирован, а сгенерированные ИИ тексты снабжены соответствующими ссылками.

Обзор литературы

Большинство посвященных промпт-инжинирингу академических публикаций (преимущественно в области науки о данных) оценивают технологию ИИ оптимистически, будучи сосредоточенными главным образом на технических аспектах, реже — на прикладных, например применении в сфере образования. Часть потенциально релевантных статей могли оказаться за пределами выборки, если не включали термина «промпт-инжиниринг» в списке ключевых слов.

В работе (Wang et al., 2023a) описаны оптимистические сценарии применения промпт-инжиниринга в области компьютерного зрения. Авторы прогнозируют дальнейшее развитие существующих моделей и появление новых приложений и выступают за продолжение ИИР по таким направлениям, как тонкая подстройка запросов и дистилляция знаний для оптимизации систем визуального распознавания. По мнению авторов работы (Heston, Khun, 2023), промпт-инжиниринг выступает ключевым условием продуктивности генеративных языковых моделей (*generative language models*, GLM) — ИИ, с помощью машинного обучения генерирующего тексты, похожие на созданные людьми. Авторы подчеркивают, что для получения желаемых результатов необходимы четко сформулированные запросы — важный элемент персонализированного обучения и интерактивного взаимодействия. Промпт-инжиниринг позволяет эффективно использовать большие языковые модели (*large language models*, LLM), такие как ChatGPT, и играет важную роль в составлении и редактировании текстов (Meyer et al., 2023), но при этом требует опыта и является отнюдь не тривиальной задачей. Рассмотренные статьи относятся к периоду первых попыток популяризации промпт-инжиниринга в формате курсов в YouTube для всех желающих.

Авторы обзорной статьи (Liu et al., 2023) также подчеркивают важность промпт-инжиниринга и отмечают значение релевантных вводимых данных и адекватных возможностей для представления результатов (ответов). В статье введены два новых ключевых аспекта: инжиниринг шаблонов запросов и инжиниринг ответов на запросы. В первом случае речь идет о формулировании и уточнении исходных запросов к ИИ, включая разработку шаблона, его последующее нюансирование для большей ясности и эффективности, введение переменных для динамического внесения пользовательских данных, постоянное тестирование и повторение для повышения производительности. Под инжинирингом ответов на запросы понимаются обработка и адаптация ответов, сгенерированных ИИ, к потребностям пользователя, в том числе удаление лишнего контента, форматирование ответов для удобства восприятия, поэтапная постобработка, включая перевод или обобщение, а также контроль качества и надежности.

В работе (Yeadon, Hardy, 2023) поднимается ряд критически важных вопросов о роли промпт-инжиниринга при внедрении инструментов ИИ в процесс обучения физике: отсутствие защиты от автозаполнения, трудности распознавания сгенерированных текстов, стремительное развитие ИИ и иные этические вызовы. Отмеченные аспекты требуют от преподавателей понимания бурно развивающегося потенциала ИИ для адаптации методов обучения к ним. Так, многие преподаватели осознали целесообразность возвращения от письменных форм контроля к устным экзаменам, чтобы предотвратить искусственное завышение учащими своих оценок машинными методами.

Значение качественного промпт-инжиниринга для эффективного использования ресурсов ИИ в период его быстрого развития подчеркивается в статьях (Beganovic et al., 2023) на примере ChatGPT и в (Alkaissi, McFarlane, 2023) — на примере Bard. В исследовании (Henderson et al., 2023) на материале речевых сервисов ИИ также отмечаются проблемы с подготовкой качественных рекомендаций и созданием *каталога шаблонов*. Акцентируется роль адекватных сигналов для привлечения соответствующих специалистов, упрощения и ускорения процесса разработки. Формулирование релевантных запросов требует существенных затрат времени и труда; повысить производительность ChatGPT позволят каталоги моделей (шаблонов). Подстройка запросов по правилам (*prompt tuning with rules*, PTR) представляет собой метод тонкой нюансировки обращения к ИИ на базе строгого алгоритма или ограничений для повышения производительности моделей и релевантности сгенерированных ответов.

Под каталогом шаблонов для ИИ понимается набор моделей и лучших примеров преодоления распространенных дефектов этой технологии. Опора на подобный каталог обеспечивает структурированный подход к разработке и внедрению различных решений. Его содержание может быть крайне широким — от шаблонов и методов предварительной обработки данных до выбора алгоритмов, стратегий реализации, этических аспектов и способов обеспечения безопасности. Под раз-

работкой сигналов ИИ понимается формулирование сообщений, с помощью которых инструменты ИИ общаются с человеком. Эффективные сигналы — визуальные, звуковые, тактильные, интерактивные или текстовые — делают работу с ИИ более удобной и повышают доверие пользователей, позволяя создавать интуитивно понятные и привлекательные приложения.

В исследовании (Lou et al., 2023) рассмотрены два конкретных недостатка промпт-инжиниринга: неудобство в использовании и программные ограничения. Очевиден запрос на более простые методы промпт-инжиниринга и альтернативные типы инструкций на естественном языке. В статье (Liu et al., 2023) описаны аспекты, которые следует учитывать в первую очередь при решении этих задач, в частности выбор шаблонов запросов и вербализаторов, влияние этого выбора на эффективность рекомендаций, ограничения данных и проблемы, связанные с передачей и применением знаний. Исследование (Wang et al., 2023b) посвящено оценке эффективности различных шаблонов при генерации логических запросов и анализу преимуществ и ограничений конкретных шаблонов. В работе (Fiannasa et al., 2023) проанализированы вызовы, связанные с программированием запросов, и отмечена необходимость разработки инструментария для их эффективной формулировки и редактирования. Анализ возможных проблем в сфере безопасности промпт-инжиниринга, представленный в публикации (Watson et al., 2023), показывает, что качество запросов имеет не меньшее значение, чем уровень инжиниринга в целом.

Что касается нетехнических аспектов, в работе (Bondielli et al., 2023) обсуждаются трудности выявления фальшивых мультимодальных новостей и потребность в моделях, способных понять взаимодействие текста с изображением при генерации дезинформации. Констатируются неоднозначное отношение к ИИ в сфере связей с общественностью и целесообразность смещения акцента в обучении профильных специалистов в пользу более содержательной практики и критического мышления (Seidenglanz, Baier 2023). В работе (Budhwar et al., 2023) описаны потенциальные риски и вызовы развития ИИ, включая сокращение рабочих мест и необходимость приобретения новых навыков. Исследование (Mahmood et al., 2023) посвящено проблеме *повторяемости контента* в ходе голосового взаимодействия с ИИ. Авторы предлагают активизировать ИиР в области промпт-инжиниринга для совершенствования голосовых помощников. В статье (Chang et al., 2023) обсуждаются этические аспекты промпт-инжиниринга, связанные с переходом ответственности от модели к инженеру, способные привести к искаженным (предвзятым) или некорректным результатам и проблемам типа «мусор на входе — мусор на выходе».

В работе (Srivastava et al., 2023) также рассмотрены проблемы искажения, безопасности и корректности взаимодействия с чат-ботами, связанные с промпт-инжинирингом, его ограничения и необходимость автоматизации (Bahrami et al., 2023). В исследовании (Zhang et al., 2023) описаны ключевые вызовы, с которыми со-

пряжено применение инструментов ИИ в проектировании, включая корректировку параметров, понимание специальной терминологии, генерацию реалистичных изображений, баланс между задачами разработчика и точностью ИИ, интерпретацию архитектурных стилей, обеспечение вариативности результатов и интеграцию ИИ в практику дизайна. Авторы работы (Thoring et al., 2023) отмечают трудоемкость промпт-инжиниринга в проектировании с помощью ИИ. По их мнению, значение соответствующих навыков дизайнеров будет расти, но формулирование запросов, релевантных контексту и задачам проекта, останется сложной задачей.

Подобные первые реакции на ИИ, возникшие за несколько месяцев с момента запуска нескольких наиболее продвинутых инструментов в данной области, являются ожидаемыми и соответствуют мнениям экспертов, высказанным в различных интервью в медиа. По итогам обзора литературы мы выбрали 20 наиболее актуальных статей для контент-анализа (табл. 1). Его результаты, представленные в табл. 2, свидетельствуют о многочисленных вызовах, возможностях и этическом измерении промпт-инжиниринга, в частности о необходимости учитывать такие его аспекты, как выявление фальшивых новостей, автоматизация, удобство пользования, баланс между художественными и техническими навыками при формулировании эффективных запросов. Будущее промпт-инжиниринга выглядит многообещающим, но его достижение потребует серьезных усилий по устранению ограничений, решению этических проблем и изучению перспектив применения в различных областях, например в компьютерном зрении.

Помимо рассмотренных проблем и вопросов, в научной литературе по ИИ и промпт-инжинирингу высказываются критические комментарии, а также остаются исследовательские лакуны (табл. 3).

Указанные аспекты не поднимались в публикациях, найденных по термину «промпт-инжиниринг». Расширение перечня ключевых слов, вероятно, позволит выявить больше статей и сократить число исследовательских лакун. Анализ указанных проблем критически важен для более целостного понимания и ответственного применения ИИ и промпт-инжиниринга. Возможные подходы к такому анализу будут рассмотрены далее.

Как оценить эффективность ИИ в качестве активного информационного работника? Для ответа на этот вопрос был выполнен лабораторный социальный анализ с помощью различных приложений и плагинов ИИ.

Тестирование аналитического и предиктивного потенциала ИИ: бизнес-разведка

Мы применяем термин «бизнес-разведка» (*business intelligence*, БР) к практике использования программного обеспечения (ПО) для сбора сведений в целях конкурентной и рыночной борьбы (*competitive and market intelligence*). В последние годы термин «разведка» чаще заменяют на «уточнение сути» (*insights*) и «данные о на-

Табл. 1. Краткие аннотации статей, выбранных по итогам обзора литературы, по направлениям

Авторы	Предмет анализа	Проблемы
Наука о данных		
Bahrami et al., 2023	Автоматизация и оптимизация	В ходе формирования запросов ограничением может стать необходимость разработки шаблона и функции картирования вручную. По мнению авторов, преодолеть его позволит автоматизация выбора адекватного вербализатора и разработки алгоритмов создания шаблонов.
Srivastava et al., 2023	Разработка и этические аспекты	Качество запросов может сказаться на искажении, безопасности и корректности в работе чат-ботов. Важно оценить и решить подобные проблемы, чтобы обеспечить ответственность и этичность промпт-инжиниринга.
Chang et al., 2023	Разработка и этические аспекты	Отмечается, что зависимость от качества промпт-инжиниринга порождает этические проблемы и риски. Этот процесс чреват искажением или некорректностью результатов применения ИИ, поскольку ответственность за получение точных и объективных ответов переходит от модели к промпт-инженеру.
Mahmood et al., 2023	Пользовательский опыт и взаимодействие	Обращено внимание на проблему повторяемости контента в ходе взаимодействия с голосовыми помощниками, в частности ChatGPT, повторы в ответах которого отметили и респонденты обследования. Такая повторяемость может сделать взаимодействие с голосовыми помощниками однообразным и неэффективным.
Bondielli et al., 2023	Мультимодальные вызовы	Продемонстрированы сложность выявления мультимодальных фальшивых новостей, необходимость разработки мультимодальных моделей, важность понимания взаимодействия текста и изображений в ходе генерации дезинформации. Хотя исчерпывающего списка рисков в источниках не приводится, можно допустить, что они включают также распространение дезинформации, манипулирование общественным мнением, подрыв доверия к медиа и потенциальные социальные, политические и экономические угрозы.
Fiannaca, 2023	Вызовы в области программирования и редактирования	Показано, что программистам запросов часто приходится редактировать семантические компоненты последних: добавлять примеры, менять ключевые слова или переструктурировать шаблоны.
Wang et al., 2023b	Эффективность и воздействие	Оценивается эффективность различных типов промптов и их влияние на качество генерируемых логических запросов. На базе сравнения эффективности запросов различного типа выявлены преимущества и недостатки каждого из подходов.
Liu et al., 2023	Автоматизация и оптимизация	Описаны подходы к выбору наиболее адекватных шаблонов и вербализаторов запросов. Авторы подчеркивают, что от этого выбора в значительной мере зависит качество итоговых рекомендаций ИИ.
Beganovic et al., 2023	Проблемы промпт-инжиниринга	Рассмотрено значение промпт-инжиниринга в период интенсивного внедрения ChatGPT. Выявлены проблемы с подготовкой качественных рекомендаций и созданием каталога шаблонов.
Meyer et al., 2023	Условия успеха и квалификационные требования	По мнению авторов, успех применения больших языковых моделей для получения желаемых результатов во многом определяется качеством текстовых запросов. Промпт-инжиниринг предполагает их тщательное формулирование и корректировку, однако, будучи сложным процессом, может требовать высокой квалификации.
Liu et al., 2023	Проблемы промпт-инжиниринга	Отмечается значение релевантности вводимых данных при формулировании запросов и адекватных возможностей представления и картирования результатов. К ключевым аспектам промпт-инжиниринга относятся разработка шаблонов и пространства для ответов.
Проектирование		
Thoring et al., 2023	Проблемы промпт-инжиниринга	Проблема формулирования запросов, релевантных контексту и задачам проекта.
Zhang et al., 2023	Автоматизация и оптимизация	Ограниченное понимание ИИ специальной терминологии и концепций дизайна, порождающее нереалистичные или непригодные для архитектурных целей изображения.
Lou et al., 2023	Ограничения приложений, производительность и эффект	Недостаточное удобство для пользователя: запросы обычно формулируются для предварительно обученных языковых моделей (pre-trained language models, PLM) и часто включают предпочтительные для модели, но не связанные друг с другом слова и выражения, которые могут быть непонятны людям и не соответствовать человеческой интуиции.
Watson et al., 2023	Баланс искусства и инжиниринга	Формулирование эффективных запросов в равной степени является искусством и инжинирингом. Показано, что эксперименты в этой сфере даже при использовании знакомых моделей могут привести к самым неожиданным результатам, включая потенциальные угрозы для безопасности.
Образование		
Yeadon, Hardy, 2023	Этический и ответственный ИИ	Уязвимость к автоматическому заполнению: при выполнении письменных тестов и написании коротких сочинений без надзора (основные формы контроля знаний) учащиеся могут легко воспользоваться автозаполнением с помощью языковых моделей.
Человеческие ресурсы		
Budhwar et al., 2023	Будущее сферы занятости и развития навыков	Новые инструменты могут заменить специалистов в таких областях, как программирование, обработка данных и бизнес-аналитика. Это поднимает вопросы о будущем рынка труда и о необходимости приобретения новых навыков для взаимодействия и получения знаний с помощью ИИ.
Медицинские науки		
Heston, Khun, 2023	Проблемы промпт-инжиниринга	Грамотные запросы позволяют получать от генеративных языковых моделей полезные ответы, тогда как плохо сформулированные могут дать неудовлетворительный результат. Подчеркивается значение промпт-инжиниринга для эффективного общения с такими моделями, максимального раскрытия их потенциала персонализированного обучения, неограниченных практических возможностей и интерактивного взаимодействия. Отмечаются такие проблемы промпт-инжиниринга, как точность, риск искажения, конфиденциальность и чрезмерная зависимость от технологий.
Связи с общественностью/коммуникации		
Seidenglanz et al., 2023	Этический и ответственный ИИ	Преодоление связанных с ИИ вызовов в области этики, ответственности, подотчетности, прозрачности, компетентности и социального воздействия требует системных и долгосрочных подходов. Восприятие ИИ как серьезной проблемы — сложной и имеющей множество известных и неизвестных аспектов — с необходимостью влечет за собой изменение приоритетов специалистов по связям с общественностью и коммуникациям.
Обзорная статья		
Wang et al., 2023a	Перспективы развития	Авторы оптимистично оценивают будущее промпт-инжиниринга в сфере компьютерного зрения. По их мнению, промпт-инжиниринг может произвести революцию благодаря совершенствованию существующих моделей и созданию новых приложений.
<i>Примечание:</i> эта и последующие таблицы составлены автором на основе данных, сгенерированных сервисом ChatGPT компании OpenAI. Данные получены за период 10 июля — 9 сентября 2023 г. с помощью сайта https://www.chatgpt.com .		

Табл. 2. Анализ статей, выявленных в ходе обзора литературы

Направление анализа	Основные проблемы
Проблемы промпт-инжиниринга	Сложность сферы проектирования: формирование запросов релевантных контексту и требованиям проекта — нетривиальная задача. Ограниченное понимание: ИИ сложно понять специальные термины и концепции, что приводит к нереалистичным или непригодным для конкретной области (например, архитектуре) результатам. Ручная разработка: в ряде случаев создание шаблонов и картирование выполняются вручную, что снижает эффективность и затрудняет масштабируемость промпт-инжиниринга.
Автоматизация и оптимизация	Потребность в автоматизации: необходимость алгоритмизировать выбор адекватных вербализаторов и генерацию шаблонов для устранения дефектов ручной разработки.
Этический и ответственный ИИ	Этические проблемы: промпт-инжиниринг порождает вопросы, связанные с искажением, безопасностью, корректностью, этичностью, ответственностью, подотчетностью, прозрачностью и социальным эффектом. Доверие и надежность: делегирование ответственности от модели к промпт-инженеру может повлиять на достоверность результатов и надежность больших языковых моделей.
Будущее сферы занятости и развития навыков	Ликвидация рабочих мест: инновации в области промпт-инжиниринга ведут к исчезновению ряда специальностей, вынуждая работников осваивать инструменты взаимодействия с ИИ. Права интеллектуальной собственности на данные и подотчетность: урегулирования требуют вопросы владения данными, модерации контента и ответственности за принятие решений.
Пользовательский опыт и взаимодействие	Повторяемость: ответы ИИ могут повторяться, что вызывает недовольство у пользователей. Удобство для пользователя: запросы зачастую интуитивно непонятны для неспециалистов, что ограничивает возможности использования инструментами ИИ.
Ограничения приложений	Ограничения в применении естественного языка: короткие и упрощенные запросы могут не отражать всю сложность реальных задач обработки естественного языка.
Мультимодальные вызовы	Выявление фальшивых новостей: понимание связи между текстом и изображением критически важно для выявления мультимодальной ложной информации.
Баланс искусства и инжиниринга	Творческий процесс: формулирование эффективных запросов требует как художественных, так и инженерных навыков, а экспериментирование чревато появлением непредвиденных феноменов и потенциальных рисков.
Вызовы в области программирования и редактирования	Отсутствие четкой грамматики: программисты сталкиваются с трудностями при редактировании запросов ввиду отсутствия специализированного языка программирования для них.
Эффективность и воздействие	Эффект типа запросов: формат (дизайн) запроса обуславливает качество генерируемых ИИ результатов; выбор шаблона и вербализатора существенно влияет на производительность при выполнении различных задач.
Быстрое развитие и этические аспекты	Уязвимость и этические аспекты: быстрое развитие ИИ порождает такие проблемы, как уязвимость к автозаполнению, трудности идентификации текстов, написанных ИИ, этические дилеммы в образовании и в других сферах.
Зависимость от успеха и требования к квалификации	Уровень квалификации: продуктивный промпт-инжиниринг требует тщательной разработки, множества итераций, опыта работы с соответствующими исходными данными и умения формировать эффективные пространства для ответов.
Направления дальнейшего развития и оптимизм	Потенциал применения в области компьютерного зрения: промпт-инжиниринг рассматривается как инструмент радикального прорыва в технологиях компьютерного зрения с хорошими перспективами практического внедрения и совершенствования существующих моделей.

мерениях» (*intent data*), что не меняет сути: речь идет о поиске информации, важной для принятия решений.

Как ИИ влияет на характер БР? Новые подходы к анализу данных, возникшие благодаря появлению ИИ, впервые описаны в работе (Kumar, 2017). При принятии решений на основе такого анализа важно понимать фундаментальные различия между бизнес-разведкой и ИИ: в ходе БР большие массивы разнообразных данных преобразуются в последовательный нарратив и четко визуализируются, но практических идей или конкретных управленческих решений при этом обычно не предлагается. Цель БР состоит в повышении эффективности сбора, анализа и представления данных. Специализирующиеся на подобной деятельности организации в настоящее время активно внедряют ИИ в свое ПО. Согласно отраслевой статистике, за последние три года внедрение БР-решений выросло на 50%. Такие компании, как SAP, Microsoft, Oracle и Tableau, разработали инструменты БР, призванные революционизиро-

вать ряд традиционных бизнес-функций, в частности управление персоналом, продажи и маркетинг.

Важной тенденцией в сфере БР стало развитие аналитики самообслуживания (*self-service analytics*), которая позволяет пользователям получать и исследовать данные без необходимости прибегать к внешней поддержке, с помощью удобных инструментов и упрощенных моделей. Ранее неспециалисты были вынуждены заказывать анализ данных специализированным организациям, что создавало задержку в получении требуемых сведений. Сегодня профессионалы бизнеса имеют оперативный доступ к важной информации, иногда в режиме реального времени, что обеспечивает принятие более обоснованных и своевременных решений. Ключом к изменениям послужил ИИ, а одним из следствий стал переход от *облачных технологий* к *граничным вычислениям* (*edge computing*), когда приложения применяются в непосредственной близости к месту генерации данных.

Табл. 3. Вопросы, не освещенные в литературе по ИИ и промпт-инжинирингу

Направление анализа	Пробелы в исследованиях
Этические аспекты	Хотя этические аспекты затрагиваются в отдельных публикациях, налицо нехватка глубоких исследований этой проблематики и тех дилемм, с которыми промпт-инженеры могут столкнуться в ходе работы с ИИ и формулировании запросов к нему. Такие аспекты, как конфиденциальность, согласие и потенциальный вред от этой технологии для индивидов или общественных групп, исследователями не рассматриваются.
Предвзятость vs объективность	Исследователи упоминают проблему предвзятости, но подробно не обсуждают ее аспекты, которые могут изначально присутствовать в моделях ИИ или непреднамеренно усугубляться промпт-инженерами. Дискуссий об эффективных способах смягчения или устранения таких искажений не ведется.
Прозрачность и объяснимость	Не рассматриваются в литературе вопросы прозрачности и объяснимости моделей ИИ и запросов к ним, тогда как пользователям необходимо понимать, как именно ИИ принимает решения, и промпт-инженеры могут сделать эти процессы более доступными для восприятия.
Подотчетность и ответственность	Хотя перераспределение ответственности упоминается, вопрос о конечном субъекте ошибочного результата или вреда, причиненного вследствие ответа от ИИ, в литературе не освещается.
Соблюдение правовых норм	Не затрагивается в литературе проблема нормативно-правового регулирования применения ИИ и промпт-инжиниринга, в то время как соблюдение действующих и новых правовых норм выступает критически важным аспектом данной технологии.
Обучение и повышение квалификации	Не обсуждается исследователями необходимость постоянного обучения и повышения квалификации промпт-инженеров. В силу высоких темпов развития ИИ и смежных технологий профессионалы должны следить за появлением новейших решений, методов и изучать передовой опыт в данной сфере.
Удобство пользователей	Хотя проблема усталости пользователей упоминается в контексте повторяемости контента, ощущается нехватка более широкой дискуссии, в том числе повышения удобства, доступности и инклюзивности взаимодействия с ИИ для различных групп.
Безопасность	Вопросы безопасности в литературе поднимаются, но подробного обсуждения конкретных мер и протоколов защиты систем ИИ от злонамеренных атак и несанкционированного доступа, не ведется.
Устойчивое развитие	В работах по теме устойчивого развития не рассматривается воздействие больших языковых моделей на окружающую среду или необходимость внедрения зеленых методов применения ИИ и промпт-инжиниринга.
Общественное восприятие и доверие	Исследователи вскользь обращаются к теме доверия к ИИ, но недостает подробного обсуждения путей формирования и улучшения имиджа систем ИИ и роли промпт-инжиниринга в его поддержании.
Экономический эффект	Замещение рабочих мест затрагивается в исследованиях, тогда как более широкие экономические последствия, в частности создание благодаря ИИ и промпт-инжинирингу новых профессиональных ниш и отраслей, не изучаются.

Потенциал ИИ в области Форсайта (холистический подход) и прогнозирования (на основе данных): «загадка хрустального шара»

Оценим прогностические возможности ИИ в отношении Форсайта (качественного и количественного) и прогнозирования (преимущественно количественного) на примере простых запросов, выполненных в лабораторных условиях (табл. 4).

Хотя, согласно одному из пунктов пользовательского соглашения ChatGPT, указанные прогнозы носят гипотетический характер и основаны на текущих тенденциях и событиях, их качество соответствует или даже превосходит точность прогнозов большинства специалистов (информационных аналитиков, футурологов или исследователей) на базе тех же данных. Прогнозы ChatGPT чувствительны ко времени и формулировке запроса при неизменном качестве анализа. К тому же при спецификации запроса ИИ дает подробные разъяснения, качество которых еще выше и превосходит уровень начинающих аналитиков с университетским дипломом. Тест был выполнен для всех 10 прогнозов и затем расширен до 20, что не сказалось на качестве ответов. К сожалению, выяснить их источники текущая версия ChatGPT (4.0) не позволяет, в отличие от альтернативных ИИ-сервисов.

Сравнение ChatGPT с Bing и ChatSonic

Bing может эксплицировать использованные им источники, но чаще всего ими оказываются гороскопы и другие подобные веб-ресурсы, т. е. полученные прогнозы не только ненадежны, но прямо ложны и радикально расходятся в предсказаниях.

Для сравнения был протестирован третий чат с ИИ — ChatSonic, чьи прогнозы хотя и менее убедительны и содержательны в сравнении с ChatGPT, но имеют преимущество в виде более качественных ссылок, например данных Pew Research. В ответ на запрос дополнительных сведений о трех использованных источниках ИИ дал расплывчатый ответ: «Это всем известно». Даже после требования предоставить более подробную информацию с упоминанием трех уже приведенных источников система просто пояснила, что значительная часть содержащихся в них сведений является общеизвестной.

Другая проблема со всеми протестированными сервисами ИИ — склонность дезавуировать ранее представленные утверждения лишь для того, чтобы позднее их повторить. Хотя в будущих версиях подобный дефект, вероятно, будет устранен, обоснованность такого циклического подхода к общению с пользователем вызывает сомнения. Мы называем эту проблему «загадкой хрустального шара» — ситуацией, когда ответы даются

Табл. 4. Применение ИИ для социального анализа

Вопрос: «Какими могут быть гипотетические прогнозы развития событий в 2024 г.?»	
Направление анализа	Основные проблемы
Проблемы промпт-инжиниринга	Сложность сферы проектирования: формирование запросов, релевантных контексту и требованиям проекта — нетривиальная задача. Ограниченное понимание: ИИ сложно понять специальные термины и концепции, что приводит к нереалистичным или непригодным для конкретной области (например, архитектуре) результатам. Ручная разработка: в ряде случаев создание шаблонов и картирование выполняются вручную, что снижает эффективность и затрудняет масштабируемость промпт-инжиниринга.
Автоматизация и оптимизация	Потребность в автоматизации: необходимость алгоритмизировать выбор адекватных вербализаторов и генерацию шаблонов для устранения дефектов ручной разработки.
Этический и ответственный ИИ	Этические проблемы: промпт-инжиниринг порождает вопросы, связанные с искажением, безопасностью, корректностью, этичностью, ответственностью, подотчетностью, прозрачностью и социальным эффектом. Доверие и надежность: делегирование ответственности от модели к промпт-инженеру может повлиять на достоверность результатов и надежность больших языковых моделей.
Будущее сферы занятости и развития навыков	Ликвидация рабочих мест: инновации в области промпт-инжиниринга ведут к исчезновению ряда специальностей, вынуждая работников осваивать инструменты взаимодействия с ИИ. Права интеллектуальной собственности на данные и подотчетность: урегулирования требуют вопросы владения данными, модерации контента и ответственности за принятие решений.
Пользовательский опыт и взаимодействие	Повторяемость: ответы ИИ могут повторяться, что вызывает недовольство у пользователей. Удобство для пользователя: запросы зачастую интуитивно непонятны для неспециалистов, что ограничивает возможности пользования инструментами ИИ.
Ограничения приложений	Ограничения в применении естественного языка: короткие и упрощенные запросы могут не отражать всю сложность реальных задач обработки естественного языка.
Мультимодальные вызовы	Выявление фальшивых новостей: понимание связи между текстом и изображением критически важно для выявления мультимодальной ложной информации.
Баланс искусства и инжиниринга	Творческий процесс: формулирование эффективных запросов требует как художественных, так и инженерных навыков, а экспериментирование чревато появлением непредвиденных феноменов и потенциальных рисков.
Вызовы в области программирования и редактирования	Отсутствие четкой грамматики: программисты сталкиваются с трудностями при редактировании запросов ввиду отсутствия специализированного языка программирования для них.
Эффективность и воздействие	Эффект типа запросов: формат (дизайн) запроса обуславливает качество генерируемых ИИ результатов; выбор шаблона и вербализатора существенно влияет на производительность при выполнении различных задач.
Быстрое развитие и этические аспекты	Уязвимость и этические аспекты: быстрое развитие ИИ порождает такие проблемы, как уязвимость к автозаполнению, трудности идентификации текстов, написанных ИИ, этические дилеммы в образовании и в других сферах.
Зависимость от успеха и требования к квалификации	Уровень квалификации: продуктивный промпт-инжиниринг требует тщательной разработки, множества итераций, опыта работы с соответствующими исходными данными и умения формировать эффективные пространства для ответов.
Направления дальнейшего развития и оптимизм	Потенциал применения в области компьютерного зрения: промпт-инжиниринг рассматривается как инструмент радикального прорыва в технологиях компьютерного зрения с хорошими перспективами практического внедрения и совершенствования существующих моделей.

без четкого указания источников, происхождение информации остается неясным, а ответы меняются, если не удовлетворяют спрашивающего (промпт-инженера). Такой паттерн, характерный для любого ИИ, разработанного в коммерческих целях, походит на поведение гадалки, заинтересованной в том, чтобы клиент возвращался снова и снова. Для жестко контролируемого ИИ, созданного в закрытой политической системе (например, в условиях диктатуры), «загадка хрустального шара» принимает иные формы. Авторы работы (Kumar et al., 2017) назвали эту ситуацию проблемой черного ящика, который, хотя и дает ответы с помощью новых наводящих вопросов, не обеспечивает никакого доступа к механизму их генерации. Предполагается, что в новых версиях ИИ пользователи смогут узнать, откуда была получена и как сгенерирована предоставленная информация.

Особенность ИИ позволяет обращать его собственные недостатки против него самого. Так, ChatGPT при-

знаёт свое сходство с хрустальным шаром, но справедливо отмечает и различия: «У хрустального шара нет доступа к источникам данных и возможностей обрабатывать их, и он не делает прогнозов на этой основе». Кроме того, делает выводы из каждого разговора ИИ и совершенствуется в последующих версиях.

ИИ способен делать вероятностные прогнозы. Например, ответы на вопрос о том, какая страна будет крупнейшей экономической сверхдержавой в 2026 и 2035 гг., с целью проверить различия в оценках на разных временных горизонтах совпадают с теми, которые дал бы грамотный аналитик. Сценарии на 2035 г. демонстрируют реалистичные отличия от прогнозов на 2026 г. и носят столь же квалифицированный характер. Весьма квалифицированными оказались и ответы на конкретные вопросы о соперничестве США и ЕС (табл. 5). ChatGPT объясняет, как именно он делает расчеты (табл. 6): отводит 5–10% на корректировку в сторону увеличения или уменьшения по сравнению с

Табл. 5. Вероятностные оценки соотношения экономических сверхдержав, сделанные ИИ

Страна/ регион	Оценка ИИ
Ответы на вопрос: «Какая страна будет крупнейшей экономической сверхдержавой в 2026 г.?»	
Китай	Учитывая темпы экономического роста и стратегические инициативы Китая, страна с высокой вероятностью (70–80%) продолжит движение к тому, чтобы стать крупнейшей экономикой мира.
США	В зависимости от ряда внутренних и внешних факторов США со средней вероятностью (50–60%) сохраняют позицию ведущей или второй по величине экономики мира.
Европа/ ЕС	ЕС с высокой вероятностью (70–80%) останется крупным глобальным экономическим объединением, но вряд ли превзойдет США или Китай по совокупному объему ВВП.
Ответы на вопрос: «Какая страна будет крупнейшей экономической сверхдержавой в 2035 г.?»	
Китай	С высокой вероятностью (70–80%) Китай станет крупнейшей экономикой мира, однако по темпам роста лишь приблизится к развитым странам.
США	С высокой вероятностью (65–75%) США станут второй по величине экономикой мира с сохранением значительного влияния в сфере технологий, финансов и глобальной дипломатии.
Европа/ ЕС	Со средней или высокой вероятностью (60–70%) ЕС останется крупным мировым экономическим объединением с решающей ролью в глобальной дипломатии, торговле и технологиях.
Сравнительные позиции США и Европы/ЕС как будущих экономических сверхдержав в 2035 г.	
США	С высокой вероятностью (70–80%) США окажутся на втором месте по объему ВВП. К сильным сторонам экономики страны относятся технологические инновации, финансовые рынки, энергетические ресурсы и предпринимательская экосистема, а также доллар как главная мировая резервная валюта.
Европа/ ЕС	Со средней вероятностью (20–30%) ЕС может обогнать США и занять второе место. Несмотря на размеры и диверсификацию экономики, ряд проблем могут помешать ЕС опередить США, в частности демографический спад, зарегулированность и потенциальная геополитическая напряженность как внутри, так и вне объединения.

базовыми показателями в зависимости от значимости каждого фактора или переменной. Такая методология соответствует применяемой профессионалами, например в работе (Tetlock, Gardner, 2016). Кроме того, ИИ способен оценивать потенциал своего развития и возможностей (табл. 7).

По-видимому, ИИ может анализировать социальное развитие не хуже или даже лучше, чем многие информационные аналитики или исследователи рынков. При этом он способен оценивать собственные недостатки, к чему люди менее склонны. ИИ может описывать также свои мыслительные процессы и постоянно совершенствовать их. Другим существенным его преимуществом выступает способность предлагать разным заинтересованным сторонам различные решения конкретной проблемы, сравнивать принятые меры с решениями конкурентов, политиков, активистов и т. д. (табл. 8). Это облегчает, например, проведение военных игр, в которых компьютер прогнозирует действия противника в ответ на решения игрока.

Анализ и выводы

Информационных аналитиков можно разделить на специалистов начального, среднего, старшего и высшего уровней. Лабораторное тестирование, выполненное в ходе настоящего исследования, показало, что ИИ способен работать на уровне старшего аналитика или выше. В некоторых случаях он продемонстрировал потенциал стратегического мышления и лидерства. При этом сам ИИ оценивает свою эффективность ниже уровня старшего аналитика, т. е. проявляет определенную скромность. Он также способен учитывать геополитический контекст, предвидеть поведение людей и принимать этические решения, во многих случаях поднимаясь до высшего аналитического уровня.

В наступающем «дивном новом мире» кардинально изменится роль принимающих решения лиц. Генеральные директора и другие высшие руководители лишатся ореола носителей непостижимой мудрости, не обязанных мотивировать свои поступки и на этом основании провозглашающих себя бизнес-гуру. Они

Табл. 6. Самоописание механизма расчетов ChatGPT

Аспект	Описание
Исходная точка	Начнем с базового допущения, что, исходя из прошлых и текущих данных, США и ЕС имеют равные шансы (50 на 50) оказаться на втором месте к 2035 г.
Поправка на экономический импульс	США продемонстрировали стабильный экономический рост и устойчивость перед лицом глобальных вызовов. Историческая траектория развития и динамичность экономики США позволяют скорректировать вероятность на 10% в их пользу. Получаем показатель 60% для США и 40% для ЕС.
Технологическое лидерство	США всегда были в авангарде технологических инноваций, особенно в секторах, которые предположительно станут драйверами будущего экономического роста (например ИИ, биотехнологии). Это преимущество позволяет скорректировать вероятность еще на 5% в пользу США. Получаем показатель 65% для США 65% и 35% для ЕС.
Геополитические и регуляторные факторы	Зарегулированность, потенциальная геополитическая напряженность и внутренние разногласия служат препятствием для экономического роста ЕС. Эти факторы позволяют скорректировать вероятность еще на 5% в пользу США. Получаем показатель 70% для США и 30% для ЕС.
Итоговая вероятность	По итогам всех корректировок окончательные качественные оценки составляют 70% для США и 30% для ЕС.

Табл. 7. Самооценка ИИ своего будущего потенциала

Потенциал ИИ	Перспектива	
	Через 5 лет	Через 10 лет
Углубленная обработка и анализ данных	ИИ сможет с беспрецедентной скоростью анализировать огромные объемы данных; повысится эффективность их сбора и предварительного анализа, что позволит аналитикам сосредоточиться на более сложных задачах, требующих человеческой интуиции и суждения.	Новые модели ИИ смогут не только обрабатывать данные, но и прогнозировать будущие тенденции на базе сведений за предшествующие периоды и текущих событий, что может представлять интерес с точки зрения как рыночного анализа, так и государственной разведки.
Автоматизированный сбор информации из открытых источников	ИИ станет главным инструментом автоматизированного сбора информации из открытых источников в режиме реального времени, мгновенного перевода текстов на разные языки и выявления отклонений или важной информации на основе заданных критериев. Это существенно расширит возможности государственных и корпоративных разведок.	Инструменты автоматизированного сбора информации из открытых источников на основе ИИ смогут выявлять дезинформационные кампании, отслеживать их происхождение, предлагать контрстратегии, а также интегрировать данные из различных источников, чтобы получить полное представление о ситуации или о рыночных тенденциях.
Системы поддержки принятия решений	ИИ будет предоставлять лицам, принимающим решения, информацию и рекомендации на основе анализа данных. Рыночным аналитикам это поможет лучше понять потребителей и готовить рекомендации по продуктам и стратегии выхода на рынок.	Системы ИИ могут быть интегрированы в процессы принятия решений в организациях и государственных учреждениях, предоставлять аналитическую информацию в режиме реального времени и даже моделировать последствия тех или иных шагов.
Сотрудничество человека с ИИ	В сфере разведки появится больше гибридных команд из людей и ИИ, в которых последний будет заниматься обработкой данных и выявлением закономерностей, а первые — решать задачи, требующие эмоционального отношения, понимания культуры и этических аспектов.	Методы обучения и сотрудничества будут развиваться, профессионалы будут учиться более эффективно работать вместе с ИИ. Могут появиться профессии, специализирующиеся исключительно на анализе работы ИИ и интерпретации результатов.
Этические аспекты и проблемы безопасности	По мере интеграции ИИ в сферу разведки будут нарастать опасения по вопросам конфиденциальности данных, неправомерного использования ИИ и потенциальной предвзятости алгоритмов. Будет усиливаться давление к принятию норм и стандартов.	Будут разработаны более эффективные меры безопасности для защиты систем ИИ от кибератак. Могут быть приняты этические принципы и международные соглашения, регулирующие использование ИИ в разведке.
Трансформация рабочих мест и переквалификация	Автоматизируя некоторые операции, ИИ одновременно создает запрос на новые профессии. Специалистам придется переквалифицироваться и переключиться на направления, в которых незаменимо человеческое суждение.	Могут трансформироваться специальности в сфере: акцент сместится со сбора данных на управление ИИ, интерпретацию результатов и разработку стратегий.

Табл. 8. Варианты решений конкретной проблемы, предложенные ChatGPT разным заинтересованным сторонам

Вариант решения	Описание
<i>Для политика</i>	
Законодательство об этике и конфиденциальности применения ИИ	Поддерживайте и стимулируйте жесткое регулирование этических аспектов применения ИИ, особенно в вопросе наблюдения за людьми, чтобы защитить право граждан на неприкосновенность частной жизни.
Продвижение цифровой грамотности	Проводите мероприятия по информированию общественности о последствиях «тотального информационного общества» и важности цифровой грамотности в эпоху ИИ.
Поддержка ИиР в области ИИ	Направляйте средства и ресурсы на ИиР в области ИИ, чтобы национальная экономика оставалась на переднем крае технологического развития.
Сотрудничество с информационными аналитиками	Взаимодействуйте с информационными аналитиками для реализации потенциала ИИ в ходе разработки политики, включая использование данных и информации в режиме реального времени.
Коммуникации с общественностью	Применяйте инструменты ИИ для анализа общественных настроений и адаптации коммуникационных стратегий, чтобы обеспечить прозрачность и укрепить доверие.
<i>Для менеджера крупной юридической фирмы</i>	
Юридические исследования с помощью ИИ	Инвестируйте в инструменты ИИ, способные быстро анализировать крупные базы юридической информации, находить нужные прецеденты и нормативно-правовые акты.
Постоянное обучение	Стимулируйте юристов проходить обучение пользованию ИИ, промт-инжинирингу и смежным технологиям, чтобы идти в ногу со временем и сохранять конкурентоспособность.
Защита данных клиентов	Принимайте необходимые меры обеспечения кибербезопасности на базе ИИ для защиты данных клиентов, учитывая растущие риски в цифровую эпоху.
Автоматизация рутинных задач	Внедряйте ИИ для автоматизации рутинных задач, включая анализ контрактов, чтобы юристы могли сосредоточиться на более сложных проблемах.
Платформы для сотрудничества	Опирайтесь на коллаборативные платформы на базе ИИ, способные интегрировать различное ПО и обеспечить эффективную работу в команде.
<i>Для университетского преподавателя</i>	
Включение ИИ в учебную программу	Интегрируйте тематику ИИ в учебные курсы, чтобы подготовить студентов к быстро меняющемуся рынку труда.
Персонализированное обучение	Применяйте инструменты ИИ для персонализированного обучения: адаптации курсов и программ к потребностям конкретных студентов.
Использование цифровых инструментов	Научитесь пользоваться плагинами ИИ и такими инструментами, как ChatGPT, чтобы совершенствовать методологию преподавания и оставаться в курсе событий.
Стимулирование создания оригинального контента	Хотя ИИ все активнее применяется для производства контента, стимулируйте студентов создавать полностью самостоятельный контент, культивируя ценность человеческого творчества.
Совместное обучение	Внедряйте платформы на базе ИИ для стимулирования совместного обучения и коллаборации студентов при работе над проектами и заданиями в режиме реального времени.

будут выбирать варианты из заранее подготовленного меню верифицируемой информации, а их решения можно будет оценивать. Кроме того, система будет рассчитывать вероятность последствий выбора тех или иных альтернатив. Все это отразится на оплате труда топ-менеджеров, которая может приблизиться к зарплатам других сотрудников, занимающих ответственные должности.

Сбор информации всегда был направлен на принятие более эффективных решений. Системы ИИ обеспечат полную интеграцию этих функций. Менеджмент с опорой на ИИ состоит в том, что сотрудники выбирают решение из меню вариантов, знают источники информации, легшей в его основу, и понимают, как она была проанализирована. Такая практика уже стала реальной. Вместе с тем, в версии GPT-4 вызывают беспокойство «галлюцинации» и другие виды ошибок, которые ИИ выдает в ответ на запросы. Вся полученная информация требует проверки, как исходя из человеческого здравого смысла, так и на базе перекрестных алгоритмов. Для этого организациям требуются профильные специалисты: менеджеры или сотрудники по контролю качества информации (ККИ).

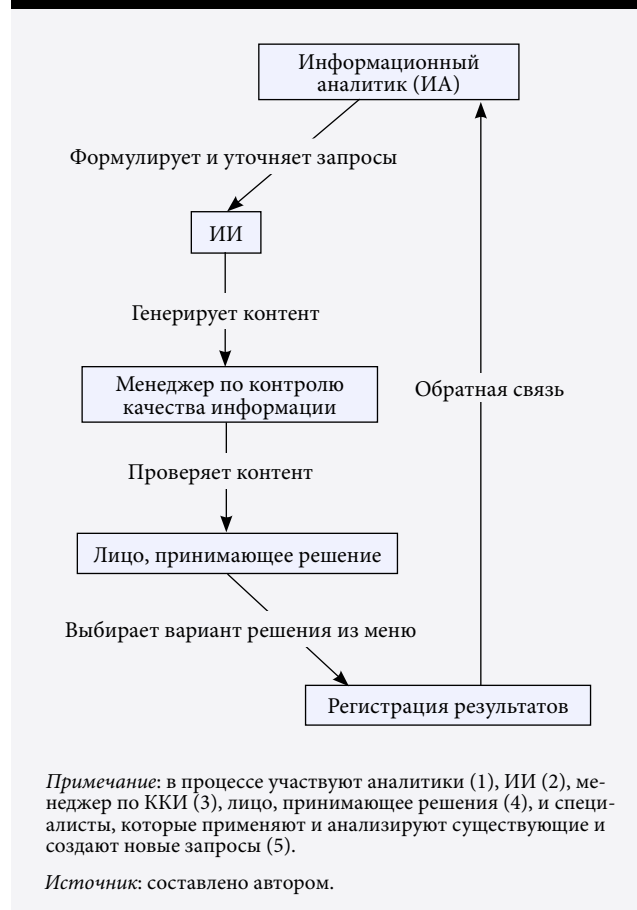
Специалисты по ККИ сродни менеджерам по качеству, которые контролируют соответствие продукции компании единым стандартам. На менеджера по ККИ возлагается важнейшая задача тщательной проверки данных на предмет неточностей, прежде чем подготовленная на их основе информация будет передана лицам, принимающим решения. Принципиально важно отделить эту задачу от функции работника, формулирующего запросы к ИИ, т.е. промпт-инженера. В работе (Liu et al., 2023) предложено близкое, но несколько иное разграничение ролей — между подготовкой «шаблонов запросов» и «шаблонов ответов». В первом случае формулируются исходные запросы, во втором ответы ИИ обрабатываются в соответствии со стандартами качества и надежности для ответственных лиц. Менеджер по ККИ должен иметь доступ к другим источникам информации помимо ИИ, в частности отчетам и данным наблюдений, в том числе нецифровым.

Возможная схема рабочего процесса информационного аналитика представлена на рис. 1.

Из соображений экономии отдельный менеджер по ККИ назначается не всегда, а его функции выполняют другие специалисты, например научные сотрудники или библиотекари. Однако во многих случаях это необходимо, в частности в сферах, где точность информации критически важна, — финансовый, информационный анализ, обработка данных и т. п. Чтобы не потерять квалификацию, аналитикам и научным сотрудникам следует участвовать в онлайн-курсах, изучать тонкости промпт-инжиниринга, осваивать программирование на Python и новейшие плагины для ChatGPT. Все эти инструменты постоянно совершенствуются и требуют переобучения пользователей.

В настоящее время приоритет отдается не только точности информации, но и скорости ее получения, интеграции различного ПО и динамике совместной работы. Сегодня любые данные можно легко преобразовать

Рис. 1. Схема работы информационного аналитика



в структурированные таблицы, подробные диаграммы и яркую графику. Информационный анализ стремительно интегрируется в процесс принятия решений.

Прогнозные исследования

ChatGPT может предлагать направления дальнейших исследований и даже гипотезы, заслуживающие проверки (табл. 9). Инициативы в данной сфере нацелены на более глубокое понимание последствий быстрого развития ИИ, в том числе для общества, рынка труда и прав человека. Однако большинство генерируемых ИИ предложений оказываются скорее интуитивными или банальными, что отчасти обусловлено недостатками запросов. Их корректировка в настоящем исследовании позволила достичь более релевантных результатов (табл. 10). Уточнения потребовали, в частности, набор приложений или инструментов, которые понадобятся ИИ для реализации этих проектов, а также потенциальные ограничения для участия людей в них. Для выполнения исследовательских проектов необходимы различные комбинации применяемых программных средств и методологий. Ниже представлены варианты, предложенные ChatGPT (табл. 11).

ИИ уже почти способен самостоятельно осуществлять исследовательские проекты, что поднимает вопрос

Табл. 9. Проекты прогнозных исследований, предложенные ChatGPT

Тема проекта	Гипотезы для проверки
1. Влияние применения ИИ на восприятие аутентичности контента	1. Распространение сгенерированных ИИ результатов ухудшит воспринимаемую аутентичность цифрового контента. 2. Ярлык «На 100% создано человеком» станет привлекательным знаком аутентичности различных видов контента. 3. Большинство потребителей не смогут без четкой маркировки отличить сгенерированный контент от созданного человеком.
2. Вклад ИИ в повышение эффективности принятия решений	4. Решения людей, опирающиеся на инструменты ИИ, станут более обоснованными в сравнении с основанными на исключительно традиционных методах. 5. Применение ИИ сократит время, необходимое для принятия сложных решений. 6. В организациях, активно эксплуатирующих ИИ, повысится спрос на менеджеров по ККИ.
3. Дифференциация трудовых ресурсов по уровню владения инструментами ИИ	7. Работники, обладающие навыками пользования инструментами и плагинами ИИ, получат конкурентные преимущества на рынке труда. 8. Организации с более высокой долей сотрудников, владеющих технологиями ИИ, смогут повысить свою эффективность и производительность. 9. Разрыв между работниками по уровню владения навыками применения ИИ будет увеличиваться, углубляя социально-экономическое неравенство.
4. Последствия тотального информационного общества	10. Тотальное информационное общество обострит проблемы конфиденциальности и прав человека. 11. Правительства, жестко регулирующие применение ИИ для наблюдения за людьми, обеспечат себе более высокое общественное доверие в сравнении с теми, которые не предпримут таких усилий. 12. Постоянный надзор трансформирует поведение людей и усилит самоцензуру.
5. Эволюция образования в эпоху ИИ	13. Выпускники учебных заведений, интегрировавших тематику ИИ в свои программы, будут лучше подготовлены к современному рынку труда. 14. Персонализированное обучение с применением технологий ИИ повысит успеваемость и снизит отсеб учащихся. 15. Фокус на совместном обучении на базе платформ ИИ будет способствовать развитию у студентов культуры работы в команде и междисциплинарности.

Табл. 10. Проекты количественных исследований, предложенные ChatGPT

Прямые переменные	Косвенные переменные	Гипотезы
Проект 1. Влияние применения ИИ на восприятие аутентичности контента		
Частота потребления контента, сгенерированного ИИ	Воспринимаемая аутентичность контента	1. С ростом интенсивности потребления контента, созданного ИИ, снижается его воспринимаемая аутентичность.
Частота потребления контента, созданного человеком	Доверие пользователей к источнику контента	2. Если происхождение контента известно, пользователи предпочтут созданный человеком.
Проект 2. Вклад ИИ в повышение эффективности принятия решений		
Число инструментов ИИ, применяемых при принятии решений	Скорость принятия решений	3. Более активное применение инструментов ИИ ускоряет принятие решений, но не гарантирует их качества.
Частота использования инструментов ИИ	Качество принимаемых решений	4. На эффективность принимаемых решений больше влияет качество инструментов ИИ, чем их количество.
Проект 3. Дифференциация трудовых ресурсов и экономический эффект		
Набор инструментов ИИ, которыми владеет человек	Уровень дохода	5. Люди, владеющие более сложными инструментами ИИ, имеют более высокий доход.
Опыт работы без инструментов ИИ (в годах)	Спрос на рынке труда на специалистов, владеющих инструментами ИИ	6. Спрос на специалистов, обладающих навыками применения ИИ, положительно связан с экономическим ростом в технологических секторах.
Проект 4. Проблемы конфиденциальности в тотальном информационном обществе		
Арсенал инструментов ИИ для наблюдения за людьми, имеющийся в распоряжении государства	Общественное восприятие уровня конфиденциальности	7. Расширение набора инструментов ИИ, применяемых государством для наблюдения за людьми, отрицательно коррелирует с общественным восприятием уровня конфиденциальности.
Интенсивность цифрового взаимодействия индивидов	Статистика обращений о нарушении конфиденциальности	8. Более активное цифровое взаимодействие индивидов сказывается на росте числа обращений о нарушении конфиденциальности.
Проект 5. Внедрение ИИ в образование и обучение и результаты для учащихся		
Спектр инструментов ИИ, интегрированных в учебную программу	Оценки учащихся	9. Чем больше инструментов ИИ интегрировано в учебную программу, тем выше успеваемость учащихся.
Частота использования инструментов ИИ в образовательном процессе	Уровень вовлеченности студентов	10. Чем активнее инструменты ИИ применяются в обучении, тем выше вовлеченность учащихся, что не гарантирует усвоение ими материала.

Табл. 11. Инструменты и приложения, предложенные ChatGPT для количественных исследований

Инструменты	Приложения
Сбор и хранение данных	Инструменты веб-скрейпинга (автоматизированного сбора данных с интернет-ресурсов), например Scrapy или BeautifulSoup. Базы данных SQL (например, PostgreSQL) или NoSQL (например, MongoDB) для хранения и управления большими массивами данных.
Анализ данных	Статистическое ПО R или Python (с такими библиотеками, как pandas, numpy и scipy) для управления данными и статистического анализа. Платформы машинного обучения TensorFlow, PyTorch или scikit-learn для прогнозного моделирования и кластеризации.
Инструменты визуализации данных	Библиотеки Tableau, PowerBI или Python (например, matplotlib или seaborn) для визуализации данных и результатов.
Опросные инструменты	Платформы Qualtrics, SurveyMonkey или Google Forms для сбора первичных данных, особенно для оценки восприятия или поведения.
Обработка естественного языка	Модели на базе программных библиотек spaCy, NLTK или GPT для анализа текстовых данных, в особенности оценки воспринимаемой аутентичности контента или отношения к нему.
Сотрудничество и управление проектами	Платформы Trello, Asana или Slack для управления процессом исследований, особенно в команде.

о том, как и в каком объеме такие исследования ведутся. Роль автора настоящей статьи уже во многом свелась к простой формулировке запросов, и подобная тенденция сохранится. Проблематичным в этой связи становится сам статус автора, поскольку речь начинает идти о совместной работе. Более того, ИИ все чаще будет выступать «читателем» или «адресатом». Мы движемся к ситуации, когда информация создается и потребляется ИИ, а люди играют роль информационных администраторов и посредников. Крайне важно поэтому различать человеческий и машинный вклад в подготовку информации, а в дальнейших исследованиях в целом следует сосредоточиться на вопросах этики и ответственности при использовании ИИ для принятия решений.

Заключение

В статье рассматриваются две самостоятельные функции обращения к ИИ — промпт-инжиниринг, т. е. разработка стандартных запросов, и менеджмент ККИ, который состоит в верификации данных. Надежность информации требует их разграничения. Решение о реализации функции ККИ зависит от того, насколько информация критична для деятельности организации; чаще всего речь идет о финансовом и информационном анализе и обработке данных. В исследовании представлена модель применения ИИ для обработки информации и продемонстрирована вероятность падения зарплат менеджеров в будущем.

Спустя год после релиза крупнейших инструментов ИИ образовался существенный квалификационный разрыв между работниками, овладевшими навыками промпт-инжиниринга (самостоятельно или через онлайн-платформы), и теми, кто по-прежнему не умеет пользоваться сервисами ИИ. В недавней статье в журнале *Nature* (Conroy, 2023) утверждается, что первоначально ИИ служил в основном для проверки грамматики, кодирования и обобщения. Проведенное нами исследование свидетельствует о более широком применении ИИ учеными, что ставит под вопрос характер независимых исследований. Мы входим в реальность, в которой ИИ не только генерирует ценный контент, но и анализирует его, а люди все чаще выполняют контрольные функции. Примерно 80% этой статьи было написано с помощью ИИ, и она с большей вероятностью будет внимательно «прочитана» не людьми, а ИИ.

С момента своего появления интернет стал благоприятной средой для экономического мошенничества. Сходным образом ИИ сегодня в значительной мере способствует мошенничеству интеллектуальному в силу отсутствия требования соответствующей маркировки, простоты удаления признаков происхождения данных и возможности манипулирования сервисами ИИ для предоставления ложных гарантий аутентичности контента. Актуальная литература по промпт-инжинирингу посвящена в первую очередь механике формирования запросов и автоматизации создания шаблонов для них. Этические вопросы если и затрагиваются, то очень поверхностно; то же можно сказать о проблемах безопасности, корректности, ответственности, подотчетности, прозрачности и социального эффекта. Обсуждается также будущее рынка труда и развития профессиональных навыков, в том числе потенциальная автоматизация рабочих мест и необходимость переквалификации.

Представленный в статье обзор литературы выявил ряд пробелов в исследованиях промпт-инжиниринга, в частности отсутствие глубокого анализа этических дилемм, искажения результатов, обеспечение прозрачности в принятии ИИ решений и углеродный след масштабного внедрения этой технологии. Для промпт-инженеров крайне важно, чтобы процессы принятия ИИ решений были более понятными и достоверными. Хотя в публикациях по теме упоминаются усталость пользователей и повторяемость контента, большого интереса исследователей вопросы пользовательского опыта и инклюзивности не вызывают, а роль промпт-инжиниринга в укреплении общественного доверия к системам ИИ затрагивается лишь вскользь.

Масштабы инвестиций в ИИ дают основания ожидать ускорения ИиР в данной сфере, включая потенциальную интеграцию программных решений в робототехнике, которая позволит компаниям работать через промпты: управлять с их помощью автоматизированным производством и распределением продукции. В настоящее время ИИ находится в восходящей, но нестабильной фазе, которая напоминает о начальном периоде развития любых инноваций — автомобилестроения или освоения космоса. Для этого этапа характерен

риск не физического вреда, а интеллектуальных манипуляций. Одновременно мы проходим стадию интенсивного обучения и, вероятно, в ближайшие несколько лет увидим на рынке труда значительные перемены, в том числе в области заработной платы.

Выполненное в рамках исследования лабораторное тестирование показало, что некоторые профессии, особенно начального и среднего уровней, могут столкнуться с риском исчезновения, что может переориентировать больше людей на востребованный квалифицированный труд. По мере приближения производства к полной автоматизации актуализируются дискуссии о базовом безусловном доходе, особенно в богатых странах. В ходе

настоящего исследования показано, что даже в области социального анализа и прогнозирования будущего ИИ при условии грамотно сформулированных запросов не уступает или даже превосходит опытных информационных аналитиков.

По мере дальнейшего технологического развития человечество будет все больше полагаться как на свой биологический, так и на искусственный интеллект, и постоянно проверять информацию. При этом возможна негативная общественная реакция на распространение ИИ: некоторые люди могут искать утешения в природе, вдали от мира технологий, что станет экономически возможным при повышении производительности.

Библиография

- Alkaissi H., McFarlane S.I. (2023) Artificial hallucinations in ChatGPT: Implications in scientific writing. *Cureus*, 15(2), 35179. <https://doi.org/10.7759/cureus.35179>
- Bahrami M., Mansoorizadeh M., Khotanlou H. (2023) *Few-shot Learning with Prompting Methods*. Paper presented at the 2023 6th International Conference on Pattern Recognition and Image Analysis (IPRIA), 14–16 February 2023, Qom, Iran, <https://doi.org/10.1109/IPRIA59240.2023.10147172>
- Beganovic A., Jaber M.A., Abd Almisreb A. (2023) Methods and Applications of ChatGPT in Software Development: A Literature Review. *Southeast Europe Journal of Soft Computing*, 12(1), 8–12. <http://dx.doi.org/10.21533/scjournal.v12i1.251>
- Bondielli A., Dell'Oglio P., Lenci A., Marcelloni F., Passaro L.C., Sabbatini M. (2023) *Multi-fake-detective at EVALITA 2023: Overview of the multimodal fake news detection and verification task*. Paper presented at the 8th Evaluation Campaign of Natural Language Processing and Speech Tools for Italian (EVALITA 2023), September 7–8, Parma, Italy.
- Budhwar P., Chowdhury C., Wood G., Aguinis H., Bamber G.J., Beltran J.R., Boselie P., Cooke F.L., Decker S., DeNisi A., Dey P.K., Guest D., Knoblich A.J., Malik A., Paaauwe J., Papagiannidis S., Patel C., Pereira V., Ren S., Rogelberg S., Saunders M.N.K., Tung R.L., Varma A. (2023) Human resource management in the age of generative artificial intelligence: Perspectives and research directions on ChatGPT. *Human Resource Management Journal*, 33(3), 606–659. <https://doi.org/10.1111/1748-8583.12524>
- Chang Y., Wang X., Wang J., Wu Y., Zhu K., Chen H., Yi X., Wang C., Wang Y., Ye W., Zhang Y., Chang Y., Yu P.S., Yang Q., Xie, X. (2023) *A survey on evaluation of large language models* (arXiv preprint 2307.03109). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.03109>
- Conroy G. (2023) How ChatGPT and other AI tools could disrupt scientific publishing – A world of AI-assisted writing and reviewing might transform the nature of the scientific paper. *Nature*, 622, 234–236. <https://doi.org/10.1038/d41586-023-03144-w>
- Davenport T.H., Ronanki R. (2018) Artificial intelligence for the real world. *Harvard Business Review*, 96(1), 108–116.
- Fiannaca A.J., Kulkarni C., Cai C.J., Terry M. (2023) *Programming without a Programming Language: Challenges and Opportunities for Designing Developer Tools for Prompt Programming*. Paper presented at the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, April. <https://doi.org/10.1145/3544549.3585737>
- Henderson P., Hashimoto T., Lemley M. (2023) *Where's the Liability in Harmful AI Speech?* (arXiv preprint 2308.04635). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.04635>
- Heston T.F., Khun C. (2023) Prompt engineering in medical education. *International Medical Education*, 2(3), 198–205. <https://doi.org/10.3390/ime2030019>
- Kumar M., Mani U.A., Tripathi P., Saalim M., Roy S., Roy Sr. S. (2023) Artificial Hallucinations by Google Bard: Think Before You Leap. *Cureus*, 15(8). <https://doi.org/10.7759/cureus.43313>
- Kumar R. (2017) *Machine learning and cognition in enterprises: Business intelligence transformed*. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer.
- Kumar D., Taylor G.W., Wong A. (2017) *Opening the black box of financial AI with clear-trade: A class-enhanced attentive response approach for explaining and visualizing deep learning-driven stock market prediction* (arXiv preprint 1709.01574). <https://doi.org/10.48550/arXiv.1709.01574>
- Liu P., Yuan W., Fu J., Jiang Z., Hayashi H., Neubig G. (2023) Pre-train, prompt, and predict: A systematic survey of prompting methods in natural language processing. *ACM Computing Surveys*, 55(9), 195. <https://doi.org/10.1145/3560815>
- Lou R., Zhang K., Yin W. (2023) *Is prompt all you need? No. A comprehensive and broader view of instruction learning* (arXiv preprint 2303.10475). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.10475>
- Mahmood A., Wang J., Yao B., Wang D., Huang C.M. (2023) *LLM-Powered Conversational Voice Assistants: Interaction Patterns, Opportunities, Challenges, and Design Guidelines* (arXiv preprint arXiv:2309.13879). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.13879>
- Meyer J.G., Urbanowicz R.J., Martin P.C., O'Connor K., Li R., Peng P.C., Gonzalez-Hernandez G., Bright T.J., Tatonetti N., Won K.J., Moore J.H. (2023) ChatGPT and large language models in academia: Opportunities and challenges. *BioData Mining*, 16(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s13040-023-00339-9>
- Seidenglanz R., Baier M. (2023) The Impact of Artificial Intelligence on the Professional Field of Public Relations/Communications Management: Recent developments and opportunities. In: *Artificial Intelligence in Public Relations and Communications: Cases, Reflections, and Predictions* (ed. A. Adi), Berlin: Quadriga University of Applied Sciences, pp. 14–25.
- Solberg Soilen K. (2016) Economic and industrial espionage at the start of the 21st century – Status quaestionis. *Journal of Intelligence Studies in Business*, 6(3), 51–64.
- Srivastava B., Lakkaraju K., Koppel T., Narayanan V., Kundu A., Joshi S. (2023) *Evaluating Chatbots to Promote Users' Trust – Practices and Open Problems* (arXiv preprint 2309.05680). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.05680>
- Tetlock P.E., Gardner D. (2016) *Superforecasting: The art and science of prediction*, New York: Random House.
- Thoring K., Huettemann S., Mueller R.M. (2023) *The Augmented Designer: A Research Agenda for Generative AI-enabled Design*. Paper presented at the International Conference on Engineering Design (ICED23) 24–28 July 2023, Bordeaux, France. <http://dx.doi.org/10.1017/pds.2023.335>
- Wang J., Liu Z., Zhao L., Wu Z., Ma C., Yu S., Dai H., Yang Q., Liu Y., Zhang S., Shi E., Pan Y., Zhang T., Zhu D., Li X., Jiang X., Ge B., Yuan Y., Shen D., Liu T., Zhang S. (2023a) *Review of large vision models and visual prompt engineering* (arXiv preprint 2307.00855). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.00855>
- Wang S., Scells H., Koopman B., Zuccon G. (2023b) *Can ChatGPT write a good boolean query for systematic review literature search?* (arXiv preprint 2302.03495). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2302.03495>
- Watson E., Viana T., Zhang S. (2023) Augmented Behavioral Annotation Tools, with Application to Multimodal Datasets and Models: A Systematic Review. *AI*, 4(1), 128–171. <https://doi.org/10.3390/ai4010007>
- Yeadon W., Hardy T. (2023) *The Impact of AI in Physics Education: A Comprehensive Review from GCSE to University Levels* (arXiv preprint 2309.05163). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ad1fa2>
- Zhang C., Wang W., Pangaro P., Martelaro N., Byrne D. (2023) Generative Image AI Using Design Sketches as Input: Opportunities and Challenges. In: *Proceedings of the 15th Conference on Creativity and Cognition*, New York: Association for Computing Machinery, pp. 254–261. <https://doi.org/10.1145/3591196.3596820>

Влияние искусственного интеллекта на трансформационный потенциал игровой индустрии для экономики и общества

Ти Йи Цинь

Студент бакалавриата, Факультет технологического менеджмента и бизнеса (Faculty of Technology Management and Business),
pyteeyiqin@gmail.com

Нор Хазана Абдулла

Директор, Центр лидерства и компетенций (Centre for Leadership and Competence), hazana@uthm.edu.my

Университет Тун Хуссейн Онн (Universiti Tun Hussein Onn Malaysia), Малайзия, 86400 Batu Pahat, Johor, Malaysia

Награ Мод Эмран

Эксперт, natrah@might.org.my

Малайзийская государственно-отраслевая группа по развитию высоких технологий (Malaysian Industry-Government Group for High Technology), Малайзия, 63000, Cyberjaya, Selangor, Malaysia

Аннотация

Производство компьютерных игр вышло за пределы индустрии развлечений, превратившись в высокотехнологичную, инновационную, высокоприбыльную область, оказывающую большое влияние на многие секторы. Она интегрирует технические и гуманитарные дисциплины — искусственный интеллект (ИИ), виртуальную реальность, поведенческую психологию, когнитивистику, дизайн, агентное моделирование, сценарное планирование и др. В статье исследуются перспективы расширения

этой области за счет применения более сложных технологий, включая алгоритмы ИИ. На основе методов Форсайта — сканирования горизонтов, анализа научно-технологических, политических, экономических и ценностных факторов — разработаны четыре сценария развития игровой индустрии в Малайзии на ближайшие 10 лет. Настоящее исследование вносит вклад в наполнение информационной базы для обоснования стратегий использования ИИ при разработке игр разного назначения.

Ключевые слова: игровая индустрия; искусственный интеллект; разработка игр; стратегии; геймификация; инновации в образовании; моделирование будущего; компьютерные игры; деловые симуляционные игры; обучающие игры

Цитирование: Qin T.Y., Abdullah N.H., Emran N.M. (2024) The AI-Driven Transformative Potential of the Gaming Industry for the Economy and Society. *Foresight and STI Governance*, 18(2), pp. 21–30. DOI: 10.17323/2500-2597.2024.2.21.30

The AI-Driven Transformative Potential of the Gaming Industry for the Economy and Society

Tee Yi Qin

Undergraduate Student, Faculty of Technology Management and Business, pyteeyiqin@gmail.com

Nor Hazana Abdullah

Director, Centre for Leadership and Competence, hazana@uthm.edu.my

Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, 86400 Batu Pahat, Johor, Malaysia

Natrah Mohd Emran

Expert, natrah@might.org.my

Malaysian Industry-Government Group for High Technology, 63000, Cyberjaya, Selangor, Malaysia

Abstract

Computer game production has long transcended the entertainment industry to become a complex, high-tech, innovative, highly profitable field with transformative potential for other sectors. It synthesizes technical and humanities disciplines such as artificial intelligence (AI), virtual reality, behavioral psychology, cognitive science, design, agent-based modeling, scenario planning, Foresight, complex systems science, and others. This paper explores the prospects of expanding this interdisciplinary field through the application of

more sophisticated technologies, including AI algorithms. Foresight methodology was used, including such tools as horizon scanning, analysis of scientific, technological, political, economic, and value factors, the assessment of effects and uncertainty, as well as expert surveys. The collected dataset formed the basis for four scenarios for the industry in Malaysia over the next ten years. This study contributes to informing policy rationale for the use of AI for game development for various purposes, including strategic planning practices.

Keywords: gaming industry; artificial intelligence; game development; strategies; gamification; innovations in education; future modeling; computer games; business simulation games; educational games

Citation: Qin T.Y., Abdullah N.H., Emran N.M. (2024) The AI-Driven Transformative Potential of the Gaming Industry for the Economy and Society. *Foresight and STI Governance*, 18(2), pp. 21–30. DOI: 10.17323/2500-2597.2024.2.21.30

Несмотря на формальную принадлежность к индустрии развлечений, отрасль компьютерных игр в процессе продолжающейся глубокой трансформации вышла на новый уровень. Сегодня она представляет собой высокотехнологичный и сверхприбыльный сектор, вносящий вклад в решение широкого спектра серьезных задач. Исходящие отсюда идеи и разработки продолжают преобразовывать многие сферы экономики и общественной жизни (так, здесь зародились модели метавселенной и виртуальных валют). Сохраняется большой потенциал развития посредством интеграции новых технических и гуманитарных направлений, таких как виртуальная реальность, поведенческая психология, когнитивистика, дизайн, агентное моделирование, сценарное планирование. Особенно значимые трансформации, как и во многих других секторах, связаны с дальнейшим развитием искусственного интеллекта (ИИ), усложняющиеся алгоритмы которого открывают широкий спектр новых возможностей.

К лидерам в описываемом процессе можно отнести США, Китай, Великобританию, Японию и некоторые другие страны Европы и Азии. Так, Нидерланды лидируют в разработке серьезных развивающих игр, связанных с управлением системами от локального до глобального уровней, в таких сферах, как водные ресурсы (den Haan et al., 2020), инфраструктура, транспорт (Duffhues et al., 2014), энергетика (Hettinga et al., 2020) и сельское хозяйство.¹ В Японии геймификация стала неотъемлемой частью ежегодных общенациональных учений по подготовке к быстрому реагированию на стихийные бедствия².

Ожидается, что к концу 2024 г. глобальный объем рынка игровой индустрии достигнет 282.3 млрд долл., причем наибольший доход придется на долю Китая (94.49 млрд долл.). К 2027 г. ее суммарные обороты увеличатся до 363.2 млрд долл. (ежегодный прирост на 8.76%), а общее число пользователей составит 1.472 млрд чел.³

Подобная динамика стимулирует развитие смежных направлений, в частности киберспорта. В 2023 г. размеры мирового рынка в этой области оценивались в 1.72 млрд долл. Прогнозируется, что в текущем году его объем приблизится к 2.06 млрд долл., а к 2032 г. — вырастет до 9.29 млрд долл. (среднегодовой темп роста в течение 2024–2032 гг. составит 20.7%)⁴. На рост рынка влияют такие тренды, как повышение частоты прямых трансляций турниров, увеличение интереса зрителей, наращивание инвестиций в инфраструктуру. Университеты рассматривают киберспорт как инструмент для развития у студентов определенных профессиональных навыков, предлагая специальные образовательные программы.⁵ Синтез виртуальной и

физической реальности с ИИ в компьютерных играх с каждым годом расширяет возможности обогащения игрового опыта (Tang et al., 2020). Перенос игр на мобильные платформы сделал их доступными и удобными для большего числа пользователей.

Усиливается роль серьезных игр, направленных на развитие профессиональных компетенций в образовании, здравоохранении, управлении. Результативность образовательных игр (для приобретения новых навыков и поведенческих паттернов) повышается за счет динамической реакции алгоритмов ИИ на действия пользователя, которая выражается в поведении умных персонажей, адаптирующихся к стилю обучения игрока и его мышлению (Tang et al., 2020; Fairclough et al., 2002; Shi et al., 2023; Waltham, Moodley, 2016). Продвинутой аналитикой на базе ИИ повышает качество оценки учебного процесса. С расширением применения ИИ в разработке разных типов игр связываются перспективы развития расширенных навыков и компетенций во многих дисциплинах. Учитывая их реальные и потенциальные эффекты, необходимы глубокий анализ основ ИИ, понимание процессов разработки соответствующих систем, оценка этических аспектов их использования.

В целом вопросам разработки игр как таковых и сферам их применения посвящен обширный массив литературы. Проведенное нами сканирование международных научных баз данных выявило свыше 3800 профильных публикаций за последние 10 лет. Однако вопросам использования ИИ в этом процессе посвящено лишь считанное число работ.

Наша статья вносит вклад в восполнение соответствующего пробела. Рассматриваются основные направления использования ИИ в игровой индустрии применительно к контексту Малайзии, разработаны четыре альтернативных сценария развития до 2032 г.

Обзор литературы

Производство компьютерных игр началось в 1950-х гг. и со временем превратилось в самый прибыльный сегмент глобальной индустрии развлечений. Связь ИИ с играми прослеживается с момента появления первой программы для игры в шахматы. Стремление создать ИИ, способный выигрывать стратегические игры у игроков высокого класса, стимулировало развитие соответствующих исследований, что, в свою очередь, привело к значительному прогрессу в дизайне игр. Технологии ИИ произвели революцию в различных аспектах создания игр — от генерации интеллектуальных персонажей и контекстно зависимого контента до адаптивной игровой механики и сложной аналитики. Игровые компании видят преимущества ИИ, в том числе, с точки зрения возможностей совершенствования игрового опыта и экономии затрат. Сферы его прило-

¹ <https://agriculture.newholland.com/en-gb/europe/new-holland-world/farming-simulator>, дата обращения 06.05.2024.

² <https://www.gfdrr.org/sites/default/files/publication/learning-from-disaster-simulation-drills-japan-report.pdf>, дата обращения 09.04.2024.

³ <https://www.statista.com/outlook/dmo/digital-media/video-games/worldwide>, дата обращения 12.03.2024.

⁴ <https://www.fortunebusinessinsights.com/esports-market-106820>, дата обращения 07.03.2024.

⁵ Например, Сиракузский университет (Syracuse University, США) в 2023 г. анонсировал новый курс, посвященный киберспорту.

жения охватывают, например, улучшение визуальных эффектов, повышение их реалистичности, динамическое создание контента, балансировку сложности игрового процесса и генерацию интеллектуальных персонажей. Использование ИИ в игровом дизайне упрощает процесс разработки, повышает качество анимации, эффективность дизайна уровней и создания контента, обеспечивает более иммерсивный и динамичный игровой опыт. Системы на основе ИИ могут адаптироваться к поведению конкретных пользователей, предлагать персонализированные задачи и усиливать вовлеченность. Появление виртуальной и дополненной реальности, других иммерсивных технологий, их адаптация к мобильным платформам радикально преобразуют это направление, открывая широкие возможности как для разработчиков, так и для потребителей.⁶ Расширилась сама роль игр, вышедшая далеко за рамки развлекательного назначения, — они выполняют различные сложные задачи, проникая в сферу образования, бизнес, управление, медицину, энергетику и т. п.

В исследовании (Bharathi et al., 2024) изучены возможности улучшения образовательных программ в новом контексте с опорой на ИИ. Значительное внимание в этом плане уделяется деловым имитационным играм, которые признаются все большим числом экспертов как эффективный практико-ориентированный инструмент интерактивного образования. Они все чаще используются университетами и компаниями для принятия решений и разработки стратегий. Определенный вклад в их совершенствование наряду с ИИ вносят адаптация к мобильным платформам и облачные вычисления. Формируется привлекательная мотивирующая атмосфера, усиливающая когнитивные процессы и повышающая качество усвоения информации за счет эффекта полного погружения. Игровое обучение создает возможности для отработки концепций проектного управления в смоделированной, безопасной среде, способствуя активной вовлеченности, развивая критическое мышление, навыки решения проблем, сотрудничества и творчества (Jahan Tumpra et al., 2024).

Игровой подход получает распространение в STEM-образовании (Gao et al., 2020). Новые исследования раскрывают плюсы и минусы интеграции игр в конкретные дисциплинарные контексты, способствуя растущему пониманию их потенциала для образовательной сферы.

Связь игр с когнитивистикой и стратегическим мышлением

Влияние разнообразных жанров игр на когнитивные функции мозга, их вклад в формирование сложных компетенций и улучшение стратегического мышления стали предметом многочисленных исследований (Ghasemi et al., 2024). Различия в когнитивных способностях обуславливают индивидуальную специфику в функциях рабочей памяти, зрительном восприятии и скорости реакции. В результате расширяется многообразие поведенческих моделей, определяющих отношение к риску,

неопределенности, неоднозначным, сложным и запутанным ситуациям (Frederick, 2005). Новые разработки позволяют создавать все более продвинутые игры, ориентированные на повышение производительности стратегического планирования в бизнесе, военной сфере, медицине, экологии и др. (Bellotti et al., 2014).

Раскрыть природу стратегического мышления и обозначить действенные инструменты для его развития помогает синтез таких предметных областей, как теория игр, когнитивная психология и системное мышление. Исходя из различий в когнитивных функциях и многообразия поведенческих паттернов, перед разработчиками стоит сложная задача — с применением ИИ создать игровые алгоритмы, подстраивающиеся под специфику конкретного пользователя.

В деловых симуляционных играх создается экспериментальная реальность, где можно планировать проекты, реализовывать их в дорожных картах и испытывать последствия ошибок, нарабатывая ценный опыт (Dantas et al., 2004). Привлекательная, иммерсивная игровая атмосфера способствует закреплению в памяти предпринятых правильных или ошибочных шагов (Sanzana et al., 2024). Развиваются ключевые предпринимательские навыки — коммуникации, решения проблем, управления ресурсами и др. (Shabbir, Pallares-Venegas, 2024).

Недавние исследования свидетельствуют об интеграции серьезных игр в программу развития «мягких навыков». С их помощью сотрудников обучают разноплановой коммуникации (Sutil-Martín, Otamendi, 2021). В ряде университетов созданы геймифицированные виртуальные лаборатории биологии и химии, позволяющие студентам практиковать опасные эксперименты без риска (Sanzana et al., 2024). Обучающие игры значительно улучшают навыки оперативного решения проблем за счет заблаговременного выявления угроз и принятия превентивных действий (Solinska-Nowak et al., 2018). Исходя из понимания того, что игры должны отражать сложную реальную среду с эмерджентным поведением, разработаны симуляции по землепользованию (Bishop et al., 2009), энергетической политике (Dolin, Susskind, 1992) и управлению водными ресурсами и климатическими изменениями (Vervoort et al., 2022; Zhou, Mayer, 2017).

В деловых играх синтезируется моделирование системной динамики и поведение агентов (Alessi, Kopainsky, 2015; Le Page et al., 2012; Smajgl et al., 2015), отображаются динамические взаимодействия между элементами сложных систем, что позволяет предвосхитить эффекты обратных связей и выработать превентивные меры (Alessi, Kopainsky, 2015). Сложился особый жанр игр для упреждающего управления (*anticipatory games*), ориентированный на формирование предпочтительного будущего в рамках сценарного планирования (Vervoort, Gupta, 2018). Они открывают уникальные возможности для создания и экспериментирования с новыми системами управления, включая создание правил и институтов, распределение ролей в динамичных

⁶ <https://techcrunch.com/2015/10/31/the-history-of-gaming-an-evolving-community/>, дата обращения 17.04.2024.

контекстах (Vervoort et al., 2022). Например, существуют адаптации популярных игр Sim City и Minecraft, позволяющие воспроизводить в цифровой среде сценарии развития для городов будущего⁷. Различные эвристики теории игр используются в качестве объектов политических дискуссий (Bekius et al., 2018).

Сложности в разработке компьютерных игр и вклад ИИ в их преодоление

Создание компьютерных игр требует широкого спектра навыков из разных дисциплин, в частности сочетания технологических и художественных способностей (Hodgson, Briand, 2013). По мере роста игровых компаний увеличивается потребность в эффективных методах управления высокотехнологичными разработками (Kanode, Haddad, 2009). При создании сложного программного обеспечения часто возникают проблемы, связанные с нарушением запланированных сроков реализации проектов, прежде всего ввиду изначальной недооценки предполагаемых временных затрат (в 65% случаев) (Petrillo et al., 2008). В профессиональной среде широко обсуждаются практики постоянных авралов при разработке игр и другого программного обеспечения, анализируются их причины (Dyer-Witthford, De Peuter, 2006; Peticca-Harris et al., 2015). На успешную реализацию проектов также влияет качество коммуникаций между членами междисциплинарной команды, обеспечение которых представляет особый вызов. Для разработки сложных образовательных игр в большинстве случаев необходимо подобрать соответствующие инструменты, документацию и алгоритмы для ИИ, создания анимаций, рендеринга и аналитики обучения (Tamla et al., 2019).

В психологии существуют мобильные приложения с биологической обратной связью и серьезные игры для помощи молодым людям в эффективном управлении тревогой и страхами, в которых ИИ служит для анализа пользовательских данных, предоставления персонализированной обратной связи и рекомендаций (Almeqbaali et al., 2022). ИИ может распознавать эмоции, уровень стресса и подстраивать под них игру, снижая у пользователя психологическую напряженность⁸. Кроме того, благодаря автоматической корректировке уровня сложности в соответствии с индивидуальной подготовленностью сохраняется интерес к игре, при этом она не воспринимается чрезмерно трудной.⁹

Критическое значение имеют «двигатели», обеспечивающие поддержку различных игровых атрибутов. Например, игры выполняют функцию «тренера-ассистента» для людей, проходящих медицинскую реабилитацию. Они создаются с учетом индивидуальных потребностей пациентов, формируют мотивационную среду для достижения требуемых результатов (Ambros-

Табл. 1. Структура анкеты

Раздел	Содержание
А	Демографические данные респондентов
В	Эффект факторов использования ИИ
С	Неопределенность факторов применения ИИ
Источник: составлено авторами.	

Antemate et al., 2021). В подобных играх расширение адаптивности алгоритмов может радикально повлиять на результаты восстановления. Поэтому стоит сложная задача — обеспечить их автоматическую коррекцию и удобный интерфейс ручной настройки (Smeddinck, 2020). Для этого разработаны подходы динамической регуляции сложности (Dynamic Difficulty Adjustment, DDA), например, AlphaDDA, делающие игровой процесс гармоничным и привлекательным (Xue et al., 2017).

Методология исследования

Для решения поставленной задачи расширения базы эмпирических данных об использовании ИИ в разработке игр выполнялось поисковое исследование с применением методов Форсайта, включая сканирование горизонтов, анализ STEEPV и разработку сценариев на перспективу ближайших 5–10 лет. Метод STEEPV применялся для анализа существующих и потенциальных проблем и тенденций, способных повлиять на экономику и общество в целом. Учитывались шесть групп факторов: социальные, технологические, экономические, экологические, политические и ценностные. Таким образом, была составлена анкета, распространенная среди целевой выборки разработчиков игр. Ее структура отражена в табл. 1.

По состоянию на первое полугодие 2023 г. в Малайзии насчитывалось 86 стартапов – производителей игр¹⁰. Поскольку точные данные о численности занятых в каждой компании были недоступны, мы исходили из обобщенного условного порога — не менее пяти специалистов. С учетом этого исходная генеральная совокупность охватила 430 человек. После ее фильтрации в соответствии с методом, описанным в работе (Krejcie, Morgan, 1970), размер выборки сократился до 205 респондентов. Были заполнены 33 анкеты (доля откликнувшихся — 16.1%), которые анализировались с помощью Microsoft Excel.

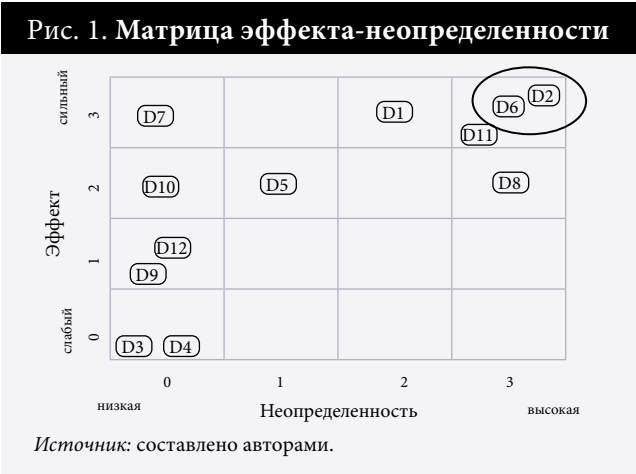
Вторичные данные извлекались из периодических изданий, онлайн-публикаций и диссертаций, относящихся к теме исследования, их круг не ограничивался малайзийскими. Собранные неструктурированные сведения отфильтровывались для извлечения значимой информации.

⁷ <http://www.edudemic.com/minecraftedu-and-simcityedu-blazing-trails-for-interdisciplinary-learning/>, дата обращения 02.05.2024.

⁸ <https://safeinourworld.org/news/how-ai-and-biofeedback-are-helping-players-manage-stress-and-anxiety/#:~:text=By%20tracking%20the%20player's%20heart,symptoms%20of%20stress%20and%20anxiety>, дата обращения 19.01.2024.

⁹ <https://www.gdgtme.com/features/ai-in-gaming-taking-video-games-to-the-next-level/>, дата обращения 18.02.2024.

¹⁰ https://tracxn.com/d/explore/gaming-startups-in-malaysia/_lrKvnVOpLT8CmWXvflx5HSu4pbuDM-c7kHiPJ7NqMM/companies, дата обращения 09.03.2024.



Результаты

Аккумулированный массив информации стал основой для оценки эффекта и неопределенности, а также построения сценариев. В ходе последующего анализа обнаружили два базовых фактора, обуславливающие максимальный эффект и наибольшую неопределенность при использовании ИИ. Матрица эффекта-неопределенности, представленная на рис. 1, служила в качестве «каркаса» для разработки четырех альтернативных сценариев использования ИИ в игровой индустрии на период ближайших 5–10 лет. Для их содержательного наполнения использовались результаты анализа STEERV, выявившего восемь ключевых факторов, отраженных в табл. 2. Собранная информация призвана обогатить доказательную базу для выработки целостного и обоснованного подхода к научной и инновационной политике в отношении игровой индустрии.

Характеристика выборки респондентов представлена в табл. 3, а средние значения оценки ответов на вопросы — в табл. 4. По мнению опрошенных, максимальный эффект производят факторы, связанные с правами интеллектуальной собственности на ИИ-контент, а наибольшая неопределенность обусловлена техническими проблемами алгоритмов ИИ. Следовательно, правила в отношении интеллектуальной собственности требуют дальнейшего анализа и совершенствования для защиты прав разработчиков. Важность этого аспекта для игровой индустрии отмечена в ряде источников. Выявлены ключевые юридические проблемы, в частности, необходимость защиты от клонирования игр.¹¹ Тот факт, что для малайзийских инженеров максимальный уровень неопределенности связан с техническими проблемами алгоритмов ИИ, отражает их текущий уровень знаний в данной области.

На рис. 2 красным кругом выделены факторы, ответственные за максимальные величины эффекта и неопределенности и обозначенные кодами D5 («Игровой процесс и погружение») и D6 («Технические проблемы алгоритмов ИИ»). Они стали основой для сценарного анализа.

¹¹ <https://www.qualityoracle.com/intellectual-property-rights-in-the-gaming-industry/#:~:text=Under%20IP%20protection%2C%20developers%20will,and%20sale%20of%20said%20games,дата обращения 18.04.2024.>

Табл. 2. Основные вызовы, связанные с использованием ИИ для разработки игр	
1. Безопасность и конфиденциальность данных	- Неправомерное использование данных, несанкционированный доступ, утечки - Недостаточная прозрачность и ответственность - Соккрытие информации - Проблемы в отношении конфиденциальности
2. Этические соображения и ответственность	- Ответственность за вредоносный контент или предвзятые алгоритмические результаты - Этические риски и способы их снижения - Право собственности на аффективные модели и их использование - Поощрение агрессивного поведения - Безопасность и благополучие участников - Доверие
3. Право интеллектуальной собственности на ИИ-контент	- Установление авторства и авторского права - Патентная защита и патентоспособность - Соблюдение прозрачности, обеспечение ответственности - Отсутствие универсальной системы прав собственности
4. Инновации в сфере игр на основе ИИ	- ИИ в обучающих играх - Интеграция ИИ в игры - Революционный игровой опыт - Сложность моделей ИИ - Контент, созданный ИИ - Переход к использованию нейронных сетей
5. Игровой процесс и погружение	- Тенденции к привыканию - Иммерсивная вовлеченность - Соблюдение правил игрового процесса - Созданный ИИ контент для повышения увлекательности и естественности игры - Автоматическая генерация уровней - Проблемы последовательного принятия решений
6. Технические проблемы алгоритмов ИИ	- Понимание работы алгоритмов ИИ - Ограниченный инструментарий - Технические ограничения - Неопределенность в отношении решений оппонента - Игры, основанные на принципе «черного ящика» - Недостаточная прозрачность и предсказуемость - Проблемы последовательного принятия решений
7. Конкурентные игровые инновации	- Конкурентная среда для игроков - Расширение базы игроков - Распознавание голоса с помощью ИИ, перспективы использования подключаемых модулей - Созданный ИИ контент для повышения увлекательности и естественности игры
8. Конкурентная среда игровой индустрии	- Усиление конкуренции среди разработчиков игр - Быстрое развитие онлайн-игр
Источник: составлено авторами.	



Табл. 3. Характеристики выборки

Категория	Число респондентов	Доля (%)
Пол		
Мужчины	22	66.7
Женщины	11	33.3
Возраст (лет)		
18–24	10	30.3
25–34	11	33.3
35–44	9	27.3
45+	3	9.1
Место работы		
Компании – разработчики игр*	13	39.4
Университет**	2	6.1
Фриланс	10	30.3
Не указано	8	24.2
Рабочая функция		
Дизайнер игр	8	24.2
Программист игр	10	30.3
Продюсер	1	3.0
Художник / аниматор	9	27.3
Сценарист	2	6.1
Разработчик инструментов	3	9.1
Режим занятости		
Учащийся	7	21.2
Работник на полной ставке	14	42.4
Совместитель	6	18.2
Самозанятый	6	18.2
Опыт разработки игр		
Менее 1 года	5	15.2
1–3 года	14	42.4
4–6 лет	5	15.2
7–10 лет	5	15.2
10+ лет	4	12.0
Размер творческой команды		
Индивидуальный разработчик	12	36.4
Малая команда (2–10 человек)	11	33.3
Средняя команда (11–50 человек)	7	21.2
Крупная команда (51+ человек)	17	9.1
Приоритетная игровая платформа		
ПК	16	48.5
Консоль	2	6.1
Мобильные устройства	9	27.3
Виртуальная реальность	4	12.1
Дополненная реальность	2	6.1
Степень экспертизы в отношении использования ИИ в разработке игр		
Высокая	6	18.2
Средняя	19	57.6
Низкая	5	15.2
Отсутствие	3	9.1
Степень интеграции инструментов ИИ в текущие проекты		
Активная интеграция	8	24.2
Рассматривается возможность интеграции в ближайшее время	11	33.3
В настоящее время не практикуется	8	24.2
Планы по интеграции отсутствуют	6	18.2
* Gameka, Knowles, Double 11, Dandelion Studio, Quirk, AC, HY Building, KPM, Alchymy Creative, Manson Games, Kayangan, PlayStation, Illuminative (по одному представителю).		
** UOW Malaysia, Universiti Tunku Abdul Rahman (по одному представителю).		
Источник: составлено авторами.		

Табл. 4. Средние оценки факторов эффекта и неопределенности

Код	Фактор	Среднее значение	
		Эффект	Неопределенность
D1	Безопасность и конфиденциальность данных	3.879	3.636
D2	Этические соображения и ответственность	3.970	3.485
D3	Права интеллектуальной собственности на контент, разработанный с помощью ИИ	4.000	3.455
D4	Иновации в сфере игр на основе ИИ	3.970	3.727
D5	Игровой процесс и погружение	3.879	3.848
D6	Технические проблемы алгоритмов ИИ	3.970	3.970
D7	Конкурентные игровые иновации	3.606	3.545
D8	Конкурентная среда игровой индустрии	3.485	3.576
Источник: составлено авторами.			

Сценарии будущего использования ИИ для разработки игр

Матрица сценариев опирается на два фактора, получивших максимальные оценки респондентов: «Технические проблемы алгоритмов ИИ» и «Игровой процесс и погружение» (рис. 3).

Сценарий 1 — «Динамическая игровая среда». Признан наиболее предпочтительным вариантом, поскольку сочетает низкий уровень технических проблем алгоритмов ИИ с высокой степенью погружения в игровой процесс и качественным игровым опытом. В данном сценарии ИИ используется большинством разработчиков игр для создания максимально динамичной игровой среды. Алгоритмы ИИ выведут игровую индустрию на новый уровень развития, расширятся возможности для вовлеченности пользователей. Использование ИИ открывает новую эпоху с беспрецедентным качеством игрового опыта¹². Усложнение поведения персонажей, создание процедурного контента и балансировка игры в совокупности формируют игровой мир, одновременно сложный и интересный для пользователей. Аналитика на основе ИИ позволяет разработчикам изучать поведение игроков для создания игр, автоматически адаптирующихся к разным игровым стилям и предпочтениям.

Сценарий 2 — «Длительный цикл разработки игр». Имеет как положительные, так и отрицательные аспекты. Плюс в том, что длительный цикл разработки может обеспечить создание отточенных, совершенных игр. Так, известная игра «The Last Guardian» разрабатывалась восемь лет. Столь затяжной процесс не имеет одной явной причины, скорее следует говорить о наличии ряда взаимосвязанных проблем. Среди факторов, замедлявших

¹² <https://ilogos.biz/the-role-of-ai-in-game-development/#:~:text=Impact%20of%20AI%20in%20Gaming&text=This%20technological%20advancement%20has%20allowed,and%20challenging%20environment%20for%20players>, дата обращения 05.05.2024.

Рис. 3. Разработка четырех альтернативных сценариев



работу, можно отметить уход ключевых сотрудников студии, конфликты с издателем (Sony) и другие наклад-ки¹³. Несмотря на это «The Last Guardian» была успешно выведена на рынок и получила в основном положительные отзывы. Минусы затяжного процесса разработки заключаются в упущенных рыночных возможностях или изменившихся предпочтениях пользователей. То, что в начале цикла считается инновационным, к моменту его завершения может потерять актуальность, к тому же возрастают риски отставания от конкурентов. Разработчикам придется вкладывать в проект больше времени и ресурсов без гарантий получения прибыли¹⁴. Таким образом, несмотря на сложные технические проблемы алгоритмов ИИ, данный сценарий также выглядит приемлемым при условии, что игроки получают качественный игровой опыт за счет глубокого погружения.

Сценарий 3 — «Доминирование технологической сложности». Предполагается, что при сочетании существенных проблем алгоритмов ИИ и низкого уровня погружения в игровой процесс разработчикам придется уделять избыточное внимание техническим аспектам. Это влечет за собой риски лишиться потребителей, которых интересуют не столько технологические инновации, сколько привлекательность процесса. Избыточная ставка на технологическую сложность чревата потерей эффекта погружения и увлекательного игрового опыта, которого ожидали игроки. Возрастает вероятность утраты таких атрибутов, отвечающих за интерес к игре, как захватывающий сюжет, детально проработанный игровой мир и интуитивный интерфейс. Следовательно, вероятность реализации сценария может оказаться невысокой, поскольку она зависит от баланса между технологическими инновациями и игровым процессом, а увлечение совершенствованием алгоритмов ИИ способно его нарушить.

Сценарий 4 — «Монотонный игровой процесс». В игровом контексте монотонность означает, что игрокам приходится иметь дело с ограниченным стандартным набором задач, миссий или квестов. Если алгоритмам ИИ недостает сложности и способностей создавать

игровые вызовы, процесс становится предсказуемым и повторяющимся. Персонажи, которыми управляет ИИ, демонстрируют однообразное поведение с минимальными различиями в реакции или в стратегических решениях, в результате теряется интерес к игре. Данный сценарий может стать наихудшим. Если малайзийские разработчики игр проигнорируют решение сложных технологических проблем алгоритмов ИИ, степень погружения в игровой процесс окажется низкой, а игровой опыт — некачественным. Соппротивление использованию ИИ для разработки игр усилится.

Заключение

Игровая индустрия рассматривается как высокотехнологичный, инновационный и сверхприбыльный сектор с высоким потенциалом влияния на экономику и общество в целом. Эти возможности могут раскрыться с помощью ИИ и других передовых технологий. Представляет интерес оценка готовности разработчиков игровых продуктов к внедрению более сложных и адаптивных алгоритмов ИИ.

В статье впервые для малайзийского контекста рассмотрены перспективы использования ИИ в рассматриваемой сфере. Проведен комплексный анализ определяющих их факторов, сочетающий изучение литературы и опрос экспертов. На основе двух выявленных ключевых драйверов, с которыми связаны максимальное влияние и неопределенность, разработаны четыре альтернативных сценария. Наиболее предпочтительным признан сценарий «Динамическая игровая среда», поскольку именно в комбинации отсутствия сложности с реализацией ИИ-алгоритмов с фокусом на обогащение игрового опыта пользователей открывается максимально широкий спектр возможностей для игровой индустрии.

Как и любое исследование, представленный нами анализ имеет свои ограничения. Это лишь первая попытка формирования эмпирической базы для понимания конкретных проблем и возможностей, с которыми может столкнуться игровая индустрия в ходе внедрения технологий ИИ. Другое ограничение заключается в размере и составе выборки. Несмотря на это собранный массив данных оказался достаточно информативным, что позволило решить поставленную исследовательскую задачу.

Можно предложить несколько рекомендаций для преодоления обозначенных ограничений. Прежде всего, в ходе дальнейших исследований целесообразно расширить методологию и провести углубленные интервью, чтобы лучше понять соответствующую тематику и иные проблемы, не освещенные в литературе. Представленное исследование может послужить отправной точкой для оценки динамики будущего применения ИИ разработчиками игр. Кроме того, ученые или политики могут использовать результаты для

¹³ <https://www.dualshockers.com/games-with-longest-development-times/#8-8-ultima-ix-ascension-five-years>, дата обращения 14.02.2024.

¹⁴ <https://www.gamedeveloper.com/business/the-risks-of-long-term-game-development>, дата обращения 07.05.2024.

оценки эффекта и неопределенности использования ИИ в Малайзии. Это поможет усилить положительный эффект применения таких технологий для разработки игр и смягчить негативные последствия. Очевидно, что, несмотря на отмеченное во многих исследованиях широкое применение ИИ для разработки игр, опасения по этому поводу сохраняются. В целом, игры, особен-

но основанные на ИИ, расширяют влияние на развитие разных сфер и обеспечивают формирование сложных и ценных навыков у пользователей. Предстоит найти оптимальный баланс между созданием инноваций и их ответственным применением, чтобы обеспечить безопасность, инклюзивность и пользу игр для людей всех возрастов.

Библиография

- Alessi S., Kopainsky B. (2015) System dynamics and simulation/gaming: Overview. *Simulation and Gaming*, 46 (3–4), 223–229. <https://doi.org/10.1177/1046878115596390>
- Almeqbaali M., Ouhbi S., Serhani M.A., Amiri L., Jan R.K., Zaki N., Sharaf A., Al Helali A., Almheiri E. (2022) A Biofeedback-Based Mobile App With Serious Games for Young Adults With Anxiety in the United Arab Emirates: Development and Usability Study. *JMIR Serious Games*, 10(3), e36936. <https://doi.org/10.2196/36936>
- Ambros-Antemate J.F., Beristain-Colorado M.D.P., Vargas-Treviño M., Gutiérrez-Gutiérrez J., Hernández-Cruz P.A., Gallegos-Velasco I.B., Moreno-Rodríguez A. (2021) Software Engineering Frameworks Used for Serious Games Development in Physical Rehabilitation: Systematic Review. *JMIR Serious Games*, 9(4), e25831. <https://doi.org/10.2196/25831>
- Bekius F., Meijer S., de Bruijn H. (2018) Collaboration patterns in the Dutch railway sector: Using game concepts to compare different outcomes in a unique development case. *Research in Transportation Economics*, 69, 360–368. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2018.06.011>
- Bellotti F., Berta R., De Gloria A., Lavagnino E., Antonaci A., Dagnino F., Ott M., Romero M., Usart M., Mayer I.S. (2014) Serious games and the development of an entrepreneurial mindset in higher education engineering students. *Entertainment Computing*, 5(4), 357–366. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2014.07.003>
- Bharathi G.P., Chandra I., Sanagana D.P.R., Tummalachervu C.K., Rao V.S., Neelima S. (2024) AI-driven adaptive learning for enhancing business intelligence simulation games. *Entertainment Computing*, 50, 100699. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2024.100699>
- Bishop I.D., Stock C., Williams K.J. (2009) Using virtual environments and agent models in multi-criteria decision-making. *Land Use Policy*, 26(1), 87–94. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2008.01.010>
- Dantas A.R., de Oliveira Barros M., Werner C.M.L. (2004) A simulation-based game for project management experiential learning. Paper presented at the International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE) 2004, June 20–24, Banff, Canada.
- den Haan R.J., van der Voort M.C., Baart F., Berends K.D., van den Berg M.C., Straatsma M.W., Geenen A.J.P., Hulscher S.J.M.H. (2020) The Virtual River Game: Gaming using models to collaboratively explore river management complexity. *Environmental Modelling & Software*, 134, 104855. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104855>
- Dolin E.J., Susskind L.E. (1992) A role for simulations in public policy disputes: The case of national energy policy. *Simulation & Gaming*, 23(1), 20–44. <https://doi.org/10.1177/1046878192231003>
- Duffhues J., Mayer I.S., Nefs M., van der Vliet M. (2014) Breaking barriers to transit-oriented development: Insights from the serious game SPRINTCITY. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 41(5), 770–791. <https://doi.org/10.1068/b39130>
- Dyer-Witheford N., De Peuter G.S. (2006) “EA Spouse” and the crisis of video game labour: Enjoyment, exclusion, exploitation, exodus. *Canadian Journal of Communication*, 31(3), 599–617. <https://doi.org/10.22230/cjc.2006v31n3a1771>
- Fairclough C., Fagan M., Mac Namee B., Cunningham P. (2002) *Research directions for AI in Computer Games* (Computer Science Technical Report TCD-CS-2001-29), Dublin: Trinity College. <http://www.tara.tcd.ie/handle/2262/13098>, accessed 21.04.2024.
- Frederick S. (2005) Cognitive reflection and decision making. *Journal of Economic Perspectives*, 19(4), 25–42. <https://doi.org/10.1257/089533005775196732>
- Gao F., Li L., Sun Y. (2020) A systematic review of mobile game-based learning in STEM education. *Educational Technology Research and Development*, 68, 1791–1827. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09787-0>
- Georghiou L. (2001) *Third generation foresight – integrating the socio-economic dimension* (NISTEP Report 77), Tokyo: NISTEP.
- Ghasemi O., Abooyee M., Labafi S., Shirzad M. (2024) The role of video games in enhancing managers’ strategic thinking and cognitive abilities: An experiential survey. *Entertainment Computing*, 50, 100694. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2024.100694>
- Giannakos M., Voulgari I., Papavaslopoulou S., Papamitsiou Z., Yannakakis G. (2020) Games for artificial intelligence and machine learning education: Review and perspectives. In: *Non-Formal and Informal Science Learning in the ICT Era* (ed. M. Giannakos), Singapore: Springer, pp. 117–133. https://doi.org/10.1007/978-981-15-6747-6_7
- Hettinga S., Boter J., Dias E., Fruijtier S., de Vogel B., Scholten H. (2020) Urban energy transition in a gaming context: The role of children. *Land Use Policy*, 111, 104903. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104903>
- Hodgson D., Briand L. (2013) Controlling the uncontrollable: “Agile” teams and illusions of autonomy in creative work. *Work, Employment & Society*, (2), 308.
- Jahan Tumpa R., Ahmad T., Naeni L.M., Kujala J. (2024) Computer-based games in project management education: A review. *Project Leadership and Society*, 5, 100130. <https://doi.org/10.1016/j.plas.2024.100130>
- Kanode C.M., Haddad H.M. (2009) Software Engineering Challenges in Game Development. Paper presented at the 2009 Sixth International Conference on Information Technology, Las Vegas, NV, USA 27–29 April 2009. <https://doi.org/10.1109/itng.2009.74>
- Krejcie R.V., Morgan D.W. (1970) Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement*, 30(3), 607–610. <https://doi.org/10.1177/001316447003000308>
- Le Page C., Becu N., Bommel P., Bousquet F. (2012) Participatory agent-based simulation for renewable resource management: The role of the cormas simulation platform to nurture a community of practice. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 15(1), 10. <https://doi.org/10.18564/jasss.1928>
- Papastergiou M. (2009) Digital game-based learning in high school computer science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. *Computers & Education*, 52(1), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.06.004>
- Peticca-Harris A., Weststar J., McKenna S. (2015) The perils of project-based work: Attempting resistance to extreme work practices in video game development. *Organization*, 22(4), 570–587. <https://doi.org/10.1177/1350508415572509>

- Petrillo F., Pimenta M., Trindade F., Dietrich C. (2008) *Houston, we have a problem. A survey of actual problems in computer games development*. Paper presented at the the 2008 ACM symposium on Applied computing. <https://doi.org/10.1145/1363686.1363854>
- Reckien D., Eisenack K. (2013) Climate change gaming on board and screen: A review. *Simulation & Gaming*, 44 (2–3), 253–271. <https://doi.org/10.1177/1046878113480867>
- Reeves B., Malone T.W., O'Driscoll T. (2008) Leadership's online labs. *Harvard Business Review*, 86, 58–66.
- Sanzana M. R., Abdulrazic M. O., Wong J. Y., Yip C.-C. (2023). Gamified virtual labs: shifting from physical environments for low-risk interactive learning. *Journal of Applied Research in Higher Education*, 16(1), 208–221. <https://doi.org/10.1108/JARHE-09-2022-0281>
- Sanzana M.R., Abdulrazic M.O.M., Wong J.Y., Yip C.C. (2024) Personnel Training for Common Facility Management Issues in Thermal-Energy-Storage Chiller Plant using a Serious 3D Game. *Simulation & Gaming*, 55(2), 224–248. <https://doi.org/10.1177/10468781241232594>
- Shabbir M.S., Pallares-Venegas E. (2024) Influences of entrepreneurship skills and universities on the promotion of entrepreneurial intentions of students; mediating role of business simulation games. *On the Horizon*, 32(1), 1–14. <https://doi.org/10.1108/OTH-10-2022-0062>
- Shi Y., Li H., Fu X., Luan R., Wang Y., Wang N., Sun Z., Niu Y., Wang C., Zhang C., Wang Z.L. (2023) Self-powered difunctional sensors based on sliding contact-electrification and tribovoltaic effects for pneumatic monitoring and controlling. *Nano Energy*, 110, 108339. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2023.108339>
- Silva L., Mousavidin E. (2015) Strategic Thinking in Virtual Worlds: Studying World of Warcraft. *Computers in Human Behavior*, 46, 168–180. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.12.047>
- Smajgl A., Ward J.R., Foran T., Dore J., Larson S. (2015) Visions, beliefs, and transformation: Exploring cross-sector and transboundary dynamics in the wider Mekong region. *Ecology and Society*, 20(2), 15. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-07421-200215>
- Smeddinck J.D. (2020) *Human-Computer Interaction with Adaptable & Adaptive Motion-based Games for Health* (ArXiv Paper abs/2012.03309). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2012.03309>
- Solinska-Nowak A., Magnuszewski P., Curl M., French A., Keating A., Mochizuki J., Jarzabek L. (2018) An overview of serious games for disaster risk management – Prospects and limitations for informing actions to arrest increasing risk. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 31, 1013–1029. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.09.001>
- Sutil-Martín D.L., Otamendi F.J. (2021) Soft Skills Training Program Based on Serious Games. *Sustainability*, 13(15), 8582. <https://doi.org/10.3390/su13158582>
- Tamla P., Böhm T., Gaisbachgrabner K., Mertens J., Hemmje M., Fuchs M. (2019) Survey: Software search in serious games development. *CEUR Workshop Proceedings*, 2348, 155–166.
- Tang C., Wang Z., Sima X., Zhang L. (2020) *Research on Artificial Intelligence Algorithm and Its Application in Games*. Paper presented at the 2nd International Conference on Artificial Intelligence and Advanced Manufacture (AIAM). <https://doi.org/10.1109/AIAM50918.2020.00085>
- Vervoort J., Gupta A. (2018) Anticipating climate futures in a 1.5°C era: The link between foresight and governance. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 31, 104–111. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.01.004>
- Vervoort J., Mangnus A., McGreevy S., Ota K., Thompson K., Rupprecht C., Tamura N., Moosdorff C., Spiegelberg M., Kobayashi M. (2022) Unlocking the potential of gaming for anticipatory governance. *Earth System Governance*, 11, 100130. <https://doi.org/10.1016/j.esg.2021.100130>
- Waltham M., Moodley D. (2016) *An Analysis of Artificial Intelligence Techniques in Multiplayer Online Battle Arena Game Environments*. Paper presented at the Annual Conference of the South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists. <https://doi.org/10.1145/2987491.2987513>
- West D.M., Allen J.R. (2023) *How artificial intelligence is transforming the world*, Washington, D.C.: Brookings Institute.
- Wu J.S., Lee J.J. (2015) Climate change games as tools for education and engagement. *Nature Climate Change*, 5, 413–418. <https://doi.org/10.1038/nclimate2566>
- Zhou Q., Mayer I.S. (2017) Models, Simulations and Games for Water Management: A Comparative Q-Method Study in the Netherlands and China. *Water*, 10(1), 10. <https://doi.org/10.3390/w10010010>

Значение корпоративной политики взаимодействия с государством для инвестиционной активности компаний

Лин Вун Леонг¹

Профессор, Школа менеджмента и маркетинга (School of Management and Marketing), linwoonleong@gmail.com

Келвин Ли Ен Мин¹

Старший преподаватель, Школа бухгалтерского учета и финансов (School of Accounting and Finance),
kelvinyongming.lee@taylors.edu.my

Пек Чуэн Хи¹

Доцент, Школа менеджмента и маркетинга, eugene.pek@taylors.edu.my

Ирфа Наджиха Бинти Басир Малан²

Старший преподаватель, Факультет бизнеса и менеджмента (Faculty of Business and Management), irfah@uitm.edu.my

Хо Ри Тянь¹

Доцент, Школа менеджмента и маркетинга, reechan.ho@taylors.edu.my

¹ Университет Тейлора (Taylor's University), Малайзия, No. 1, Jalan Taylor's, 47500 Subang Jaya, Selangor, Malaysia

² Технологический университет MARA (Universiti Teknologi MARA, UiTM), Малайзия, Cawangan Melaka Kampus Bandaraya Melaka, 40450 Shah Alam, Selangor Darul Ehsan, Malaysia

Аннотация

В стремлении добиться выхода на новые уровни развития компании применяют самые разные стратегии. Наряду с курсом на самодостаточность и работу с рисками, многие игроки рассматривают для себя приемлемой сложную комбинацию стратегических действий: инвестируют в политические инициативы, рассчитывая в перспективе на получение государственной поддержки, чтобы превратить ее в «бустер» собственной инвестиционной и инновационной активности.

В статье представлен детальный анализ влияния корпоративной политической активности (КПА) на формирование долгосрочных технологических и рыночных преимуществ для бизнеса. Основу исследования составила выборка американских компаний, котирующихся на бирже.

Влияние рассматриваемой стратегии на показатели бизнеса выглядит неоднозначным. В развитие и уточнение результатов предыдущих исследований делается вывод, что КПА приносит компаниям ощутимые преимущества лишь до определенного предела. Наиболее значимые выгоды от применения данного инструмента, помимо небольших компаний, извлекают и крупные игроки, которые по тем или иным причинам оказались в уязвимом положении с точки зрения наращивания капитала. Напротив, самодостаточным и устойчивым субъектам бизнеса, сумевшим накопить солидную инвестиционную базу, целесообразно отказаться от КПА. Взамен следует сфокусироваться на расширении рыночного присутствия и вложениях в исследования и разработки, что обеспечит более ощутимую прибыльность в сравнении с КПА.

Ключевые слова: долгосрочные стратегии; технологический потенциал; исследования и разработки; инновации; политическая активность корпораций; корпоративные инвестиции; неопределенность; квантильная регрессия

Цитирование: Leong L.W., Ming K.L.V., Khee P.C., Malan I.N.B.B., Chan H.R. (2024) The Relationship between Corporate Political Strategy of Public Partnership and Corporate Investment. *Foresight and STI Governance*, 18(2), pp. 31–44. DOI: 10.17323/2500-2597.2024.2.31.44

The Relationship between Corporate Political Strategy of Public Partnership and Corporate Investment

Lin Woon Leong¹

Professor, School of Management and Marketing, linwoonleong@gmail.com

Kelvin Lee Yong Ming¹

Senior Lecturer, School of Accounting and Finance, kelvinyongming.lee@taylors.edu.my

Pek Chuen Khee¹

Associate Professor, School of Management and Marketing, eugene.pek@taylors.edu.my

Irfah Najihah Binti Basir Malan²

Senior Lecturer, Faculty of Business and Management, irfah@uitm.edu.my

Ho Ree Chan¹

Associate Professor, School of Management and Marketing, reechan.ho@taylors.edu.my

¹ Taylor's University, No. 1, Jalan Taylor's, 47500 Subang Jaya, Selangor, Malaysia

² Universiti Teknologi MARA (UiTM) Cawangan Melaka Kampus Bandaraya Melaka, 40450 Shah Alam, Selangor Darul Ehsan, Malaysia

Abstract

Companies are adopting a variety of strategies to reach new levels of development. Along with the course on self-sufficiency and risk management, many players consider a complex combination of strategic actions acceptable for themselves: they invest in political initiatives, expecting in the long term to receive government support in order to turn it into a “booster” for their own investment and innovation activity. This article presents a detailed analysis of the impact of corporate political activity (CPA) on the formation of long-term technological and market advantages for business. This study is based on a sample of US-listed companies. The effects of the considered strategy for improving business

performance appear to be ambiguous. To develop and clarify the results of previous studies, it is concluded that CPA brings tangible benefits to companies only up to a certain limit. The most significant benefits from the use of this tool, in addition to small companies, are derived by large players, which for one reason or another have been in a vulnerable position in terms of building capital. On the contrary, self-sufficient and stable business entities that have managed to accumulate a solid investment base should abandon CPA. Instead, they should focus on expanding their market presence and investing in research and development, which will provide more tangible returns than CPA.

Keywords: long-term strategies; technological potential; research and development; innovation; corporate political activity; corporate investment; uncertainty; quantile regression

Citation: Leong L.W., Ming K.L.V., Khee P.C., Malan I.N.B.B., Chan H.R. (2024) The Relationship between Corporate Political Strategy of Public Partnership and Corporate Investment. *Foresight and STI Governance*, 18(2), pp. 31–44. DOI: 10.17323/2500-2597.2024.2.31.44

Многие компании в стремлении укрепить рыночные позиции и увеличить инновационный потенциал рассматривают партнерство с государством как действенный инструмент в реализации этих целей. Нарастившая политический капитал, бизнес открывает для себя определенные преимущества, которые в ином случае пришлось бы достигать очень долго и с большими препятствиями. Данный стратегический инструмент, названный «корпоративной политической активностью» (КПА) получил широкое распространение вначале в США, а затем и в других странах (Ramesh, 2024; Slater et al., 2024). В новом контексте к нему часто обращаются высокотехнологичные компании (Gomez et al., 2017; Guedhami et al., 2014). История лоббизма, начавшаяся с первых дней американской революции, была официально регламентирована в 1876 г. (Byrd, 1991). С тех пор география государственно-частных политических партнерств значительно расширилась. По данным Центра адаптивной политики (Centre for Responsive Politics, CRP), в 2019 г. в США насчитывалось 11 890 лоббистов, а расходы на их деятельность по сравнению с 1998 г. выросли с 1.45 до 3.50 млрд долл. Значительную долю в финансировании таких проектов составляют капиталовложения предприятий, активно участвующих в работе агитационных комитетов (*political action committees, PACs*)¹. Так, в избирательном цикле 2019–2020 гг. основными спонсорами выступили Honeywell International, Национальная ассоциация оптовой торговли пивом (National Beer Wholesalers Association) и Союз производителей листового металла, авиа-, ж/д и автоперевозок (Sheet Metal, Air, Rail, and Transportation Union). КПА практикуется в самых разных странах, в частности в Европейском союзе (EC) (Massaro, 2019), Южной Корее (Lee et al., 2022), Японии (Rommann, 2020), Иордании, Кувейте (Goldstraw-White, Martin, 2016) и России (Denisov, 2010). Компании готовы выделять значительные ресурсы на обеспечение своей заметности в общественной и политической жизни.

В академической литературе КПА получила широкое освещение, тем не менее ее эмпирические и теоретические аспекты пока проработаны слабо. Так, хорошо изучены состав и мотивация вовлеченных в нее игроков. Однако эффективность используемых ими тактических приемов в разных контекстах остается недостаточно проясненной (Getz, 1997). Собранный массив данных, иллюстрирующий влияние КПА на инвестиционную активность, пока недостаточен для того, чтобы в полной мере понимать, какие именно компании извлекают из нее преимущества, а какие — нет. Углубление исследований в этом направлении сформирует для лиц, принимающих решения, более полное представление о целесообразности КПА.

Недавние исследования показывают, что подобный инструмент повышения конкурентоспособности играет важную роль в корпоративных стратегиях (Ху, Yan, 2020; Alok, Ayyagari, 2020; Rudy, Cavich, 2020; Lin, 2019, 2020). Тем не менее, их результаты выглядят ма-

лоинформативными и неоднозначными (Lin, Si, 2010; Ramesh, 2024; Slater et al., 2024). Ряд авторов приходят к выводам, что компании, обладающие сильными политическими связями, с большей вероятностью получают необходимые ресурсы для повышения производительности (Hillman, 2005; Lin, 2019, 2020; Wu et al., 2013). Другие утверждают, что КПА никак не влияет на показатели бизнеса, либо констатируют негативные эффекты (Lin, 2019; Faccio, 2010; Fan et al., 2007). Изменения в структуре политической власти также могут оказывать неблагоприятное воздействие на корпоративные инвестиции (An et al., 2016), особенно в периоды неопределенности: выборов или смены политического курса (Gulen, Ion, 2016). Установлено существенное влияние КПА на такие аспекты, как: оценка рыночной стоимости (Faccio, 2010), обслуживание долга (Bliss, Gul, 2012), производительность (Jackowicz et al., 2014; Lin et al., 2019), организационное управление (Fung et al., 2015), доходность акций (Cooper et al., 2010), стабильность прибыли (Liu et al., 2018), риски обвала рынка (Piotroski et al., 2015), слияния и поглощения (Liou et al., 2021; Funk, Hirschman, 2017).

Учитывая нехватку имеющихся данных и наличие разных точек зрения относительно значимости КПА, наше исследование расширяет представление о рассматриваемой практике. Ее влияние на корпоративные инвестиции оценивается с использованием новых математических методов. Предлагаемая количественная модель дополняет накопленные в ходе предшествующих исследований данные по ряду направлений. Описывается положительное влияние КПА на инвестиции в условиях политической стабильности, подтверждающее прямую корреляцию между ними. Углубляется понимание связи между КПА и упомянутыми ранее показателями финансового рынка (прибыльность, доходность акций и др.) при посреднической роли корпоративных инвестиций.

В литературе рассматриваются в основном два источника эндогенности: ненаблюдаемая гетерогенность и одновременность. Однако часто упускается из виду эндогенность, обусловленная корпоративными инвестициями, что влияет на восприятие ценности КПА. Без учета этого фактора обоснованность любых выводов может ставиться под сомнение. Из-за трудностей, связанных с определением экзогенных инструментов или проведением естественных экспериментов в различных контекстах, в качестве альтернативного подхода исследователи часто полагаются на панельные данные и оценки фиксированного эффекта. В нашем исследовании в целях повышения надежности анализа взаимосвязи между КПА и инвестиционной активностью проводится обработка динамической панели данных с помощью обобщенного метода моментов (ОММ). Мы исходим из предположения, что ненаблюдаемая гетерогенность носит фиксированный характер во времени. Другим релевантным инструментом для реализации целей исследования представляется квантильная ре-

¹ <http://www.opensecrets.org>, дата обращения 12.02.2024.

грессия (КР). В отличие от линейной регрессии, рассчитанной на определение единственного условного среднего значения, КР учитывает полную детализацию распределения зависимой переменной. Гетерогенные связи в пределах различных процентильных диапазонов зависимой переменной (по квантилям и процентилям) получают лучшее отражение (Galvaio, 2011), что дает дополнительную информацию о связи между КПА и инвестиционной активностью.

Статья начинается с обсуждения теоретической базы и обоснования рабочих гипотез. Затем описан эконометрический метод исследования, включая характеристику эмпирических переменных и описательный анализ данных. Наконец, представлены результаты исследования, проведено их обсуждение, подведены итоги.

Обзор литературы и разработка гипотез

Политическая активность корпораций

Тщательное изучение КПА высвечивает множество серьезных проблем и ограничений, препятствующих комплексному пониманию его последствий и результатов (Ma, Xue, 2024; Sutton et al., 2021). Отсутствие целостной теории, объединяющей политическую стратегию и различные объяснения политической ангажированности компаний, создают серьезные препятствия для полного понимания мотивов и последствий участия в этой деятельности (Lawton et al., 2013; Lux et al., 2011; Cooper et al., 2010; Hadani et al., 2017; Sutton et al., 2021). Проблемы выражаются в возможном дисбалансе влияния между стейкхолдерами в связи с КПА. Другими словами, компании получают доступ к рычагам эксклюзивного влияния на государственную политику, зачастую в ущерб более широким общественным интересам (Hacker, Pierson, 2011; Bertrand, Perrin, 2024; Ramesh, 2024; Slater et al., 2024). Возникают риски нарушения целостности и инклюзивности политической системы. Например, игроки фармацевтического сектора активно продвигают свои интересы путем влияния на нормативные акты и политику регулирования цен на лекарственные препараты. Компания *Mylan Pharmaceuticals* столкнулась с резко негативной реакцией общественности, после того как цена на жизненно важный препарат EpiPen за десятилетний период возросла более чем в пять раз. Эта история активно обсуждалась как кейс, демонстрирующий негативные эффекты от влияния бизнеса на государственную политику в области здравоохранения².

Вопрос о связи КПА с производительностью самих компаний остается спорным и не имеет однозначного ответа. Одни исследователи указывают на положительные результаты (улучшение ресурсной обеспеченности и укрепление конкурентных преимуществ), другие фокусируются на отрицательных эффектах (Shi et al., 2020). Подобная вариативность выводов свидетельствует о сложном взаимодействии контекстуальных факторов,

имманентных трудностях с оценкой эффективности КПА и выявлением причинно-следственных связей между ее наличием и производительностью компаний (Hadani et al., 2017; Ramesh, 2024; Slater et al., 2024). Помимо этого, возникает угроза серьезных этических последствий. Из-за размытости границы между корпоративными интересами и общественным благополучием возникают базовые вопросы, касающиеся легитимности и прозрачности корпоративного влияния на принятие политических решений. Поиск ответов требует тщательного изучения скрытых конфликтов интересов, рисков «регулятивного захвата» (*regulatory capture*) и широких социальных последствий использования бизнесом политической активности для продвижения своих целей (Anastasiadis et al., 2018). Всесторонний анализ КПА раскрывает тонкости расстановки и взаимодействия сил, вовлеченных в этот процесс, позволяет осмыслить не только этические аспекты и потенциальные диспропорции, но и долговременные социальные тенденции, обусловленные политической ангажированностью игроков. Крайне важно разработать надежные методологии и жесткие аналитические рамки для оценки эффективности и влияния КПА, что расширит информированность, добавит прозрачности процессам принятия решений.

Политическая активность и инвестиции корпораций

Концепция политического патронажа (*political patronage*) (Shleifer, Vishny, 1994) подразумевает, что бизнес может извлекать коммерческие преимущества через спонсирование политических кампаний в обмен на государственную поддержку (Sutton et al., 2021). Согласно этой теории, игроки с высоким потенциалом роста и ресурсной зависимостью более склонны к участию в КПА в расчете на снижение стратегической неопределенности, внешних рисков и перспективы рыночной экспансии с обеспечением комфортного отрыва от потенциальных конкурентов.

Вместе с перечисленными преимуществами для бизнеса его коллаборация с государством имеет и потенциальные негативные эффекты (дисбаланс рыночной конкуренции и распределения ресурсов, развитие рентоориентированной активности, наносящей ущерб общественному благополучию). Для их своевременного выявления необходима постоянная критическая оценка этой деятельности. Предстоит углубленно исследовать механизмы и последствия политического патронажа, рассмотреть эффективность КПА в плане долгосрочного влияния на производительность бизнеса и общество в целом. Полученные знания могут стать ценным источником информации для политиков и стейкхолдеров, стремящихся обеспечить справедливое и прозрачное взаимодействие.

В недавних исследованиях (Hart, 2001; Wang et al., 2018) для оценки склонности компании к использованию КПА применялся индикатор наукоемкости — со-

² <https://www.cbsnews.com/news/epipen-price-hikes-add-millions-to-pentagon-costs/>, дата обращения 18.02.2024.

отношение вложений в ИиР и прибыльности. Установленная положительная связь между этими факторами свидетельствует о готовности высокотехнологичного бизнеса к КПА, чтобы максимизировать отдачу от инвестиций, сохранить влияние и доходность (Gomez et al., 2017; Guedhami et al., 2014). Тем не менее, для лучшего понимания связи между технологическим прогрессом, политической активностью и финансовым успехом требуются дополнительные эмпирические изыскания. Ценные сведения получены по итогам недавних исследований динамики взаимосвязанности корпоративных стратегий, КПА и финансовых результатов. Обнаружена тесная связь между политической активностью компаний, их рыночными показателями и содержанием нормативно-правовой базы (Cooper et al., 2010; Sutton et al., 2021). Установлено, что извлечение преимуществ из КПА зависит от способности бизнеса ориентироваться в политической обстановке. Кроме того, намерение участвовать в КПА должно согласовываться с общим стратегическим планом, подразумевающим динамический рост (Hill et al., 2013). Основываясь на приведенных выше аргументах и результатах предыдущих исследований, мы выдвигаем следующую гипотезу:

H1: Политическая активность компаний (КПА) положительно зависит от корпоративных инвестиций.

Политическая активность компаний с низкими объемами инвестиций

Согласно недавним исследованиям (Ozer, Markóczy, 2010; Ashyrov, Lukason, 2022), малые и средние предприятия (МСП) умело используют КПА для навигации в сложном политическом ландшафте в стремлении обрести труднодоступные внешние ресурсы. МСП с развитыми политическими связями более успешны в преодолении финансовых и других ограничений (Brown et al., 2023). Они имеют больше возможностей влиять на содержание нормативно-правовой базы в своих интересах (Tyler et al., 2023), лучше ориентируются в изменениях политической конъюнктуры, принимая превентивные адаптационные меры. Развитый политический капитал дает преимущества МСП в плане самопозиционирования как привлекательных объектов для инвестиций и обретения долгосрочной конкурентоспособности.

На основе этих рассуждений выдвинута следующая гипотеза:

H2: При низком уровне инвестиционной активности КПА положительно зависит от объема корпоративных вложений.

КПА в компаниях с высоким уровнем инвестиций

Концепция стратегического выбора (Child, 1972) описывает разные факторы, оказывающие сильное влияние на цели, технологическую базу и условия ведения деятельности. Крупные компании как субъекты имеют возможность продумать варианты адаптивных реакций на внутренние и внешние вызовы, а при наличии достаточных ресурсов способны преодолевать контекстуальные ограничения. Эмпирические исследования показывают, что их возможность существенно влиять на местную экономику обусловлена высоким уровнем

производительности и технологическим потенциалом. Подчеркивается значительный вклад крупных компаний в производительность национальной экономики и технологический прогресс (Beugelsdijk, Cornet, 2021). В сравнении с МСП они демонстрируют динамичный рост и высокую адаптивность, что снижает их зависимость от государственной помощи, а значит, уменьшает заинтересованность в КПА. Достигнутые масштабы бизнеса обеспечивают им ускоренные темпы роста и выход на самодостаточность (Bhagat, Bolton, 2008). Эффективное сочетание рыночных и нерыночных стратегий позволяет субъектам достигать устойчивости и долгосрочного успеха на динамичных рынках (Hillman, Keim, 2001). Однако далеко не всем это удастся, поскольку изначальная ограниченность ресурсов и разнонаправленность целей делают синтез указанных направлений труднодостижимым. Как следствие, многие крупные предприятия часто сталкиваются с дилеммой при распределении ресурсов между двумя векторами (Bonardi, 2003). Одновременное участие в КПА и инвестировании в исследования и разработки (ИиР), требующее масштабных вложений, вынуждает идти на тонкие компромиссы (Barnett, Salomon, 2006). Нередко имеет место дублирование активов, выделяемых одновременно на реализацию рыночных и нерыночных стратегий. В результате часть важных аспектов остается неохваченной, и цели не достигаются в полной мере (Bonardi, 2003).

Исходя из принципов экономической рациональности (Taylor, 1997), можно предположить, что компании будут скорее расположены к тому, чтобы предпочесть рыночный вектор развития нерыночному для максимизации конкурентных преимуществ. Тем не менее, они могут рассматривать КПА как нерыночную стратегию, предполагающую долгосрочные выгоды, при этом проекты ИиР рассматриваются бизнесом как коммерчески ориентированные и открывающие возможности для динамичного развития. Следовательно, в такой логике компании могут воспринимать КПА и ИиР как разнонаправленные стратегические опции — предмет выбора. Каждое из них предлагает альтернативные пути повышения конкурентоспособности и обеспечения жизнеспособности на рынке (Ozer, Markóczy, 2010). Исходя из этого, выдвигается следующая гипотеза:

H3: При высоком уровне корпоративных инвестиций связь между ними и КПА становится отрицательной.

Методология

Системный обобщенный метод моментов

Выдвинутые гипотезы проверялись посредством нескольких количественных инструментов. При анализе панельных данных применялся системный обобщенный метод моментов (ОММ), описанный в работах (Roodman, 2006; Wooldridge, 2010). Он эффективно устраняет погрешности в динамической панели и эндогенность, которая может возникнуть из-за корреляции между остаточным членом и независимыми переменными. Надежность данной методологии обоснована

аргументами, приведенными в работе (Blundell, Bond, 2000). Оценка проводилась в два этапа. Первоначально динамическая модель сформулирована с использованием следующих двух уравнений.

$$CorInv_{it} = \alpha + \beta_1 CorInv_{it-1} + \beta_2 CPA_{it} + \beta_3 Total_Asset_{it} + \beta_4 Leverage_{it} + \beta_5 Free\ Cash\ Flow_{it} + \beta_6 Advertisement_Intensity_{it} + \beta_7 Profitability_{it} + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$E(\mu_t) = 0, E(\varepsilon_{it}) = 0, E(\mu_t \varepsilon_{it}) = 0; i = 1, \dots, N; t = 2011, \dots, T \quad (2)$$

Используется модель панельных данных, где t и i обозначают время и компанию, соответственно. Корпоративные инвестиции ($CorInv$) выполняют функцию зависимой переменной. Расходы на капиталовложения ($Capex$), интенсивность ИиР и рост активов ($Growth$) входят в число косвенных переменных. Расходы на корпоративный лоббизм и работу агитационных комитетов обозначаются как CPA , а временные фиктивные параметры — как μ_t . Контрольными переменными в модели являются: общий объем активов ($Total_Asset$), «рычаги» ($Leverage$), свободный денежный поток ($Free\ Cash\ Flow$), интенсивность рекламных компаний ($Advertisement_Intensity$) и прибыльность ($Profitability$). Член случайной ошибки обозначен как ε_{it} .

Уравнение (1) представляет динамическую модель, в которой корпоративные инвестиции ($CorInv$) регрессируют по различным факторам, включая расходы на капиталовложения ($Capex$), интенсивность ИиР, рост активов ($Growth$) и корпоративную политическую активность (CPA). С его помощью оценивается влияние КПА на корпоративные инвестиции и другие факторы.

Уравнение (2) задает условия, необходимые для анализа модели. При этом устраняется влияние погрешностей, которые имеют нулевое среднее значение, и исключается корреляция с временными фиктивными параметрами. Этот этап проверки является ключевым для обоснования надежности ОММ. В исследовании использовалась модель панельных данных с фиксированными эффектами для контроля потенциальной эндогенности, вызванной ненаблюдаемыми факторами на уровне компаний, которые могут быть коррелированы при помощи зависимой ($CorInv$) и независимой (CPA) переменных. Учитываются показатели, специфичные для того или иного предприятия. Появляется возможность сравнивать объемы вложений компаний в выборке в те или иные моменты времени. Модель выражается следующим образом:

$$\Delta CorInv_{it} = \alpha + \beta_1 CorInv_{it-1} + \beta_2 \Delta CPA_{it} + \beta_3 \Delta Total_Asset_{it} + \beta_4 \Delta Leverage_{it} + \beta_5 \Delta Free\ Cash\ Flow_{it} + \beta_6 \Delta Advertisement_Intensity_{it} + \beta_7 \Delta Profitability_{it} + \Delta \varepsilon_{it} \quad (3)$$

В формуле переменная $\Delta CorInv$ представляет разницу между величиной корпоративных инвестиций для компании i в момент времени t и их средним значением для всех предприятий в данный момент. Фиксированные эффекты для каждого из них обозначаются как α_i , и имеют нормальное распределение со средним значением, равным нулю. Временные фиктивные параметры представлены в виде μ_t , а к изменениям в контрольных параметрах относятся: Δ общего объема

активов ($\Delta Total\ Asset$), Δ рычага ($\Delta Leverage$), Δ свободного денежного потока ($\Delta Free\ Cash\ Flow$), Δ интенсивности рекламы ($\Delta Advertisement\ Intensity$) и Δ прибыльности ($\Delta Profitability$).

Уравнение (3) описывает модель панельных данных с фиксированными эффектами, которая учитывает ненаблюдаемые факторы для отдельной компании, соотносимые с зависимой ($CorInv$) и независимой (CPA) переменными. Первые разности переменных в модели иллюстрируют динамику инвестиций в зависимости от изменений в CPA , $Total\ Asset$, $Leverage$, $Free\ Cash\ Flow$, $Advertisement\ Intensity$, и $Profitability$ с течением времени. Несмотря на устранение фактора неоднородности предприятий, модель с фиксированными эффектами не учитывает динамическую структуру данных, из-за чего может возникнуть ошибочное предположение, что активы компании не имеют привязки ко времени. Для решения этой проблемы применялся метод оценивания динамической модели на панельных данных (Blundell, Bond, 1998). Модель содержит динамический компонент авторегрессии, в котором на зависимую переменную ($CorInv$) в момент времени t применительно к компании i влияет зависимая переменная с лагом ($CorInv_{t-1}$), отражающая стабильность размера бизнеса с течением времени. Модель имеет вид:

$$CorInv_{it} = \alpha + \beta_1 CorInv_{it-1} + \beta_2 CPA_{it} + \beta_3 Total_Asset_{it} + \beta_4 Leverage_{it} + \beta_5 Free\ Cash\ Flow_{it} + \beta_6 Advertisement_Intensity_{it} + \beta_7 Profitability_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

Метод панельных данных (Blundell, Bond, 1998) позволяет построить авторегрессионную динамическую модель, в которой $CorInv$ представляет зависимую переменную. Стабильность размера предприятия определена с помощью зависимой переменной с лагом ($CorInv_{t-1}$), а модель оценена посредством ОММ. Корректирующий параметр (β_1) отражает стабильность стоимости бизнеса, а α_i обозначает фиксированные эффекты. Для этой цели применялся код *STATA 15 xtabond2* (Roodman, 2006), позволяющий оценить элементы выборки для определения влияния изменений в КПА на динамику инвестиций. В уравнении (4) представлена модель панельных данных, включающая зависимые переменные с лагом для отражения привязки активов предприятия ко времени. Она оценивает влияние изменений в КПА на динамику инвестиций, позволяя получить представление о динамической взаимосвязи между переменными с течением времени.

Панельная квантильная регрессия

Квантильная регрессия (КР) характеризует взаимосвязь между переменными в различных точках их распределения. Впервые данный метод предложен в работе (Koenker, Bassett, 1978), а затем получил дальнейшее развитие в публикациях (Firpo et al., 2009; Chernozhukov, Hansen, 2005; Roodman, 2006; Wooldridge, 2010). Выявляются разные модели поведения переменных в зависимости от принадлежности к тем или иным квантилям — равновеликим участкам частотного распределения. В отличие от методов на основе условного среднего значения, дающих одну общую оценку для

распределения зависимой переменной, КР раскрывает разные сегменты и взаимосвязи во всем диапазоне ее величин. Кроме этого, расчеты по КР не претерпевают заметных смещений в случае проявления статистических выбросов и не требуют отдельного учета распределений ошибок. КР лучше подходит для ситуаций со статистическими аномалиями, поскольку не ограничен изначальными допущениями о выбросах, нормальности или гомоскедастичности. Система множественной линейной регрессии выражает зависимую переменную ($CorInv$) как функцию независимых переменных (CPA). С помощью ОММ оцениваются точечные эффекты последних. Рассчитывается средняя корреляция, разделяемая зависимой переменной (в данном случае — $CorInv$) и ее предиктором (CPA). Условное среднее значение выражается как $E(CorInv|CPA) = CPA'\hat{\beta}$.

Выборки наблюдения описываются формулами: $(CorInv_{it}, CPA_{it})$; $i = 1, 2, \dots, N$ и $t = 2016, \dots, T$, где t и i обозначают t -й период времени и i -ю компанию. $CorInv_{it}$ — целевые корпоративные вложения, CPA_{it} — вектор ($K \times 1$), содержащий экзогенные параметры, включая политические инвестиции. Линейная корреляция между CPA_{it} и $CorInv_{it}$ характеризуется как:

$$CorInv_{it} = CPA_{it}'\beta + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

Выражение КР задается на основе θ -го квантиля, соответствующего условному распределению зависимой переменной (Y_{it}), которое является линейным для X_{it} .

$$Y_{it} = X_{it}'\beta_{\theta} + \varepsilon_{\theta it}; Q_{\theta}(Y_{it} | X_{it}) = \inf\{Y: F_{it}(Y_{it} | X_{it})\theta\} = X_{it}'\beta_{\theta}; Q_{\theta}(Y_{it} | \varepsilon_{\theta it}) = 0, \quad (6)$$

где:

$Q_{\theta}(Y_{it}|X_{it})$ обозначает θ -й условный квантиль, соответствующий Y_{it} на векторе ($K \times 1$), содержащем независимые переменные X_{it} ;

β_{θ} — вектор неизвестных параметров, определяемых для различных значений θ в диапазоне $[0, 1]$;

ε_{θ} — остаточный член;

$F_{it}(\cdot|X_{it})$ описывает распределение целевой переменной, зависящей от X_{it} . Для любого значения θ в диапазоне $[0, 1]$ полное распределение $Y(X)$ может быть определено с помощью КР. Приведенная ниже минимизация соответствует оценке для β_{θ} .

$$\begin{aligned} \min \sum_{it: \varepsilon_{\theta it} > 0} \theta X | \varepsilon_{\theta it} | + \sum_{it: \varepsilon_{\theta it} < 0} (1 - \theta) X | \varepsilon_{\theta it} | = \\ = \sum_{it: Y_{it} - X_{it}'\beta > 0} \theta X | Y_{it} - X_{it}'\beta | + \sum_{it: Y_{it} - X_{it}'\beta < 0} (1 - \theta) X | Y_{it} - X_{it}'\beta | \quad (7) \end{aligned}$$

Уравнение (7) характеризует выражение для модели КР, которое может быть использовано для выполнения θ -й оценки КР ((β_{θ})). Осуществляется минимизация абсолютной взвешенной суммы ошибок между наблюдаемыми и подобранными значениями, представленными Y_{it} и $X_{it}'\beta_{\theta}$.

Здесь $(1-\theta)$ и θ обозначают веса, присвоенные наблюдениям с отрицательными и положительными остатками, представленными первым и вторым

членами уравнения (7). Примечательно, что оценки β_{θ} варьируют в зависимости от изменения значения θ , что позволяет идентифицировать динамику влияния экзогенных переменных на создание ликвидности в разных квантилях.

Данные, выборка образцов и переменные

В исследовании использовались данные из выборки по 368 американским компаниям, входящим в список *Fortune* WMAC, за 2016–2022 г. Выбор периода наблюдений обусловлен наиболее актуальной на момент проведения исследования доступной статистикой, к тому же на рассматриваемый временной промежуток пришлось две кампании по выборам президента США (2016 и 2020 гг.) как ключевые политические события. Обращение к списку WMAC позволило сформировать однородный набор акторов, инвестирующих в КПА (CRP, 2018). Критерием гомогенности служило предполагаемое восприятие ими друг друга как равных политических игроков, что являлось необходимым условием нашего эмпирического анализа. Кроме того, большинство компаний *Fortune* WMAC и почти половина всех средних предприятий в США осуществляют программы по совершенствованию КПА, данные о которых можно получить в Федеральной избирательной комиссии (Federal Election Commission). Первоначальный анализ проводился по 384 наиболее успешным предприятиям из рейтинга WMAC за 2016–2022 гг. Во избежание возможных искажений результатов в нашем исследовании применялась несбалансированная выборка (число исследуемых компаний с каждым годом менялось). Ставилась задача обеспечить максимально возможный охват по числу наблюдений. Кроме того, чтобы учесть динамический аспект, например, ввести значение зависимой переменной с лагом, мы наблюдали за компаниями, предоставившими полную информацию, на протяжении как минимум трех лет. Таким образом, наша панельная выборка включала 2576 наблюдений за 2016–2022 гг. (в среднем охватывалось 368 компаний в год). Бухгалтерские данные, соответствующие контрольным переменным и корпоративным инвестициям, получены из Thomson Reuters Datastream.

Политическая активность корпораций. Для измерения КПА мы использовали определение, описанное в работе (Hadani et al., 2017), характеризующее эту деятельность одним или несколькими из перечисленных признаков:

- лоббизм, осуществляемый штатными или внештатными сотрудниками;
- передача взносов в агитационные комитеты избирательных кампаний;
- коммуникация между компанией и лицами, влияющими на разработку политики;
- любые сообщения об участии в лоббизме или взаимодействии с регулирующими органами посредством петиций, свидетельских показаний или других средств;
- политическая деятельность, проводимая торговой ассоциацией или зонтичной организацией, членом которой является данная компания.

Корпоративные инвестиции. В нашей работе под корпоративными инвестициями понимаются любые расходы или покупка активов для получения высокого дохода либо увеличения стоимости для потребителей и акционеров. Мотиватором для подобных вложений являются ожидания, что отдача превзойдет затраты. Для описания инвестиционной активности применялись три показателя:

- капитальные вложения (*Capex*), которые рассчитываются как израсходованный капитал, деленный на сумму активов;
- рост активов (*Asset growth*), показывающий темпы роста совокупных активов;
- интенсивность ИиР (*R&D intensity*), как определяющий фактор корпоративных инвестиций (Hill, Snell, 1988; Hoskisson et al., 1993) и показатель мер, направленных на ИиР.

Интенсивность ИиР измерялась путем расчета расходов на них в процентах от общего объема произведенной продукции. Данные получены из базы DataStream. Использовались следующие уравнения:

$$Capex = (Capital\ expenditure\ of\ firm) / (Total\ Assets) \quad (8)$$
$$Assets\ growth\ rate = (Total\ Assets_t - Total\ Assets_{t-1}) / Total\ Assets_{t-1} \quad (9)$$
$$R\&D\ Intensity = (Total\ R\&D\ Expenditure) / (Total\ Sales) \quad (10)$$

Управляющие переменные. Мы использовали множество контрольных переменных на уровне отрасли, компании и времени для учета наименьшего влияния КПА на зависимые переменные.

Различия прибыльности по отдельным рынкам внутри конкретного сектора контролировались с применением четырехзначного кода Стандартной классификации видов экономической деятельности (Standard Industrial Classification, SIC). В отношении собственно компании контрольные переменные включали масштабы бизнеса, объем основных средств, ликвидность, страну происхождения и интенсивность рекламы. Размер предприятия характеризовался общим объемом активов, прибыльность — их рентабельностью, основные средства — данными бухгалтерского баланса, ликвидность — по коэффициенту текущей ликвидности. Свободный денежный поток определял сумму доступных для компании финансовых средств.

Результаты и обсуждение

Описательный статистический анализ

Общее число наблюдений по каждой переменной в отношении выбранных 368 компаний составило 2119. Распределение компаний по секторам отражено в табл. 1. Описательная статистика выборки и матрица коэффициентов корреляции содержатся в табл. 2 и 3. По объемам выручки и активов разница между предприятиями выборки оказалась относительно небольшой. Корреляции между переменными находились в диапазоне от 0.2655 до -0.0011, что дает основание считать их низкими. В исследовании использовался

фактор инфляции дисперсии (VIF) для определения мультиколлинеарности. Его значения варьировали от 1.06 до 6.29, что является приемлемым диапазоном при допустимом максимуме 10. Толерантность составляла от 0.1588 до 0.9977, а среднее значение VIF для исследуемых параметров — 2.69, что исключило проблемы с мультиколлинеарностью.

Результаты ОММ

Для понимания соотношения корпоративных инвестиций и КПА использовались динамические панельные данные и двухэтапный ОММ. При этом, если учитывать первую разность для каждого параметра, можно легко устранить неочевидные, специфические для той или иной компании неизменные факторы. Данный метод позволяет управлять корреляциями между регрессорами и остаточными членами. Учет лагов в дифференциальных уравнениях и вариаций уровня, составляющих разности первого порядка, дает возможность исключить влияние эндогенности. Динамика корпоративных инвестиций моделировалась посредством измерения значений роста активов (*Asset growth*), расходов на капиталовложения (*Capex*) и интенсивности ИиР (*R&D intensity*). В свою очередь, индикатор CPA служил для характеристики влияния динамики КПА на корреляцию и многообразие направлений инвестиций. Устойчивость модели тестировалась на «ошибку спецификации» (*misspecification test*) путем расчета серийной корреляции второго порядка AR (1) и AR (2). Высокие значения *p*, выявленные по результатам теста Хансена на наличие ограничений, свидетельствуют об отсутствии остаточной корреляции, что подтверждает правильность метода и оценок ОММ. Кроме того, подтвердилась релевантность «аутентификационной» версии модели ОММ. Наличие положительных коэффициентов и статистической значимости у запаздывающих зависимых переменных позволяет предположить, что прошлые финансовые показатели существенно влияют на текущие. Данные из табл. 4 подтверждают положительную взаимосвязь между КПА и объемом корпоратив-

Табл. 1. Отраслевое распределение компаний в выборке

Сектор	Число компаний
Энергетика	24
Хранение и перевозки	53
Услуги контрагентов	35
Транспорт	33
Средства массовой информации и досуг	45
Производство средств защиты оборудования	41
Природные ресурсы	34
Прецизионная обработка	35
Потребительские товары	33
Компьютеры и связь	35
Итого	368
Источник: составлено авторами.	

Табл. 2. Описательная статистика

Переменная	Метод измерений	Значение			Стандартное отклонение
		ave	min	max	
Capex	Отношение расходов на капиталовложения к общему объему активов	0.0947	0.3552	1.3243	0.1835
Asset Growth	Соотношение различных изменений в активах за определенный период	0.1949	0.2818	2.1235	0.4889
ln CPA	Логарифмическое значение КПА компании i в году t	8.3706	0.2451	12.4798	1.8334
Profitability	Доходность от активов	8.3895	4.2271	12.4521	1.8176
ln Total Asset	Логарифм общей суммы активов компании i в году t	8.7292	8.2271	13.5217	1.8956
R&D Intensity	Отношение расходов на ИиР к общему объему активов компании i в году t	0.0486	0.0245	1.5148	0.1014
Leverage	Сумма долговых обязательств, разделенная на общую сумму активов, для измерения i в году t	1.1966	0.1133	6.8989	0.6941
Free Cash Flow	Логарифм свободного денежного потока компании i в году t	0.0360	-5.7142	0.89491	0.1929
Advertising Intensity	Отношение расходов на рекламу к совокупным активам компании i в году t	0.1486	0.2245	0.51428	0.0914

Примечание: Вся статистика основана на исходных значениях данных. Число наблюдений – 2576.
Ave — среднее значение, min — минимальное, max — максимальное.

Источник: составлено авторами.

ных инвестиций. Модели 1, 2 и 3 демонстрируют, что все три переменные (*Asset growth*, *R&D intensity* и *Capex*) имеют значимые и положительные коэффициенты в отношении подобных вложений. Следовательно, по мере увеличения средней заработной платы возрастает и ее влияние на инвестиции, что подтверждает гипотезу 1. Положительная корреляция между рассматриваемыми ключевыми переменными согласуется с ранее полученными результатами (Czarnitzki, Toole, 2007; Huutinen, Toivanen, 2005). Правительства субсидируют корпоративные проекты через фонды основного капитала, тем самым помогая продвигать на рынки инновации. Крупные компании с ограниченными возможностями роста, как правило, принимают участие в КПА, чтобы добиться в дальнейшем повышения вложений в ИиР и нарастить ресурсную базу в целом. Это позволяет им опережать по инвестиционной активности те предприятия, которые не вовлекаются в КПА. Полученные выводы согласуются с результатами

предшествующих исследований взаимосвязей между КПА и эффективностью бизнеса. Выявилось также, что компании с изначально низкой инвестиционной активностью способны в перспективе повысить свою эффективность, если будут выделять дополнительные материальные стимулы своим сотрудникам, выполняющим функции «политических делегатов».

Панельная квантильная регрессия

Установлено, что влияние КПА на инвестиции варьирует по квантилям независимых и зависимых переменных. В частности, в нижних квантилях (с 0.10 до 0.40) оно характеризуется как положительное, а в более высоких (с 0.50 до 0.90) — как отрицательное. Подробная информация о результатах квантильной оценки отображена в табл. 5–7.

Нижние квантили (0.10–0.40). Согласно расчетам, представленным в табл. 5–7, связь между КПА и инвестициями меняется в зависимости от квантилей

Табл. 3. Матрица коэффициентов корреляции

Переменная	Capex	Asset Growth	ln CPA	Profitability	ln Total Asset	R&D Intensity	Free Cash Flow	Advertising Intensity	Leverage
Capex	1								
Asset Growth	0.0775	1							
ln CPA	0.1623	0.0333	1						
Profitability	0.1198	0.0138	0.0463	1					
ln Total Asset	-0.0109	-0.0021	-0.0025	-0.0201	1				
R&D Intensity	0.1510	0.0865	0.0602	0.2874	-0.073	1			
Free Cash Flow	0.0118	-0.0011	0.0011	0.0484	-0.0013	0.0998	1		
Advertising Intensity	0.0892	0.0194	0.0082	0.0375	-0.0038	0.2665	-0.0033	1	
Leverage	0.0754	0.0462	-0.0239	0.0355	-0.0235	0.2189	-0.0375	-0.0169	1

Источник: составлено авторами.

Табл. 4. Влияние КПА на корпоративные инвестиции

Переменная	Системный ОММ		
	Asset Growth	R&D Intensity	Capex
Asset Growth _{t-1}	0.197*** (–0.03)	–	–
R&D Intensity _{t-1}		0.122*** (–0.00529)	–
CAPEX _{t-1}	–	–	0.0712* (–0.0381)
ln CPA	0.1106*** (–0.0209)	0.00227* (–0.00126)	0.0917*** (–0.0234)
ln Total Assets	–0.00685 (–0.0402)	–0.00279*** (–0.00103)	–0.0630*** (–0.0221)
Leverage	0.285*** (–0.0168)	0.00743 (–0.00895)	–0.000422 (–0.000465)
Advertising Intensity	1.774*** (–0.521)	–6.13E–05 (–6.05E–05)	–0.0439 (–0.1340)
Free Cash Flow	1.799* (–1.014)	–7.44E–05 (–5.20E–05)	0.0204 (–0.0810)
Profitability	1.2300 (–1.909)	0.000689 (–0.0015)	0.00215*** (–0.000762)
Constant	–0.0958 (–0.309)	0.0123* (–0.00638)	–0.129*** (–0.0479)
Число наблюдений	2576	2576	2576
Число групп	368	368	368
Число инструментов	23	23	23
R-squared	–	–	–
AR(1)	–1.39(0.029)	–1.07(0.028)	–2.35(0.019)
AR(2)	–2.45(0.707)	–1.05(0.293)	1.61(0.107)
Hansen Test	19.75(0.182)	8.72(0.892)	24.32(0.090)
Difference in Hansen Test	3.82(0.575)	3.492(0.900)	15.01(0.710)

Примечание: статистическая значимость основана на кластеризации стандартных ошибок на уровне фирмы. ***, ** и * обозначают статистическую значимость в 1%, 5% и 10% соответственно. Стандартные ошибки указаны в круглых скобках.

Источник: составлено авторами.

Табл. 5. Результаты применения квантильной динамической модели на панельных данных с расходами на капиталовложения (Capex)

Переменная	(1) τ = 0.10	(2) τ = 0.20	(3) τ = 0.30	(4) τ = 0.40	(5) τ = 0.50	(6) τ = 0.60	(7) τ = 0.70	(8) τ = 0.80	(9) τ = 0.90
Capex _{t-1}	0.381*** (0.00428)	0.388*** (0.00463)	0.465*** (0.0131)	0.427*** (0.000845)	0.403*** (0.00566)	0.373*** (0.00849)	0.379*** (0.00275)	0.345*** (0.00333)	0.321*** (0.0157)
ln CPA	0.00293*** (9.77e–05)	0.000608*** (0.000120)	0.000641*** (0.000124)	–0.00194*** (1.69e–05)	–0.00191*** (0.000118)	–0.00448*** (0.000132)	–0.00359*** (6.74e–05)	–0.00493*** (8.34e–05)	–0.00552*** (0.000299)
ln total Assets	6.14e–09 (5.75e–09)	2.35e–08*** (1.91e–09)	3.55e–08*** (2.48e–09)	5.16e–08*** (3.04e–10)	3.52e–08*** (1.90e–09)	6.86e–08*** (2.39e–09)	4.24e–08*** (9.87e–10)	5.21e–08*** (2.19e–09)	2.07e–08*** (3.27e–09)
Leverage	–2.05e–05 (5.89e–05)	8.17e–05 (9.17e–05)	–0.000374*** (7.12e–05)	–0.000220*** (1.28e–05)	–0.000222** (9.72e–05)	–3.25e–05 (9.12e–05)	–0.000163*** (1.75e–05)	–0.000221*** (2.19e–05)	–0.000212*** (6.22e–05)
Advertising Intensity	–0.109*** (0.00290)	–0.0595*** (0.00551)	–0.0317*** (0.00304)	–0.0267*** (0.000450)	–0.0165*** (0.00183)	0.00268 (0.00238)	0.0216*** (0.00155)	0.0488*** (0.000782)	0.0342*** (0.00670)
Free Cash Flow	0.0491*** (0.00216)	0.0307*** (0.00255)	0.0229*** (0.00608)	0.0533*** (0.000271)	0.0595*** (0.00343)	0.0564*** (0.00282)	0.0560*** (0.000830)	0.0528*** (0.00189)	0.0261*** (0.00317)
Profitability	0.288*** (0.00368)	0.317*** (0.00193)	0.292*** (0.00734)	0.313*** (0.000339)	0.322*** (0.00384)	0.354*** (0.00418)	0.359*** (0.00195)	0.385*** (0.00167)	0.400*** (0.00833)
Число наблюдений	2576	2576	2576	2576	2576	2576	2576	2576	2576
Число групп	368	368	368	368	368	368	368	368	368

Примечание: *, **, *** обозначают статистическую значимость в 10%, 5% и 1% соответственно. CPA = политическая активность корпораций.

Источник: составлено авторами.

переменных. Так, для компаний с изначально низким уровнем инвестиций (расположенным в 10–40-м квантилях) обращение к КПА может стать «бустером» для их увеличения. В свою очередь, предприятия с устойчивым капиталом (находящиеся в 50–90-м квантилях) столкнутся с обратным эффектом КПА. Другими словами, игрокам из нижних квантилей следует уделять особое внимание развитию партнерства с государством, что позволит снизить рыночные риски и укрепить конкурентоспособность и устойчивость. Результаты со-

гласуются с предшествующими исследованиями, подчеркивающими ценность КПА для повышения производительности бизнеса (Houston et al., 2014; Tee, 2018) и облегчения доступа к масштабным государственным проектам (Gomez et al., 2017).

Высокие квантили (0.50–0.90). Данные в табл. 5–7 показывают, что после выхода на средний уровень инвестиционной активности КПА начинает негативно влиять на ее развитие. Таким образом, компаниям, входящим в эти квантили, не следует полагаться на го-

Табл. 6. Результаты применения квантильной динамической модели на панельных данных с ростом активов (*Asset Growth*)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Переменные	$\tau = 0.10$	$\tau = 0.20$	$\tau = 0.30$	$\tau = 0.40$	$\tau = 0.50$	$\tau = 0.60$	$\tau = 0.70$	$\tau = 0.80$	$\tau = 0.90$
Asset Growth _{t-1}	0.0585*** (0.000377)	0.0497*** (0.000227)	0.0439*** (0.000892)	0.0369*** (0.000233)	0.0348*** (0.00236)	0.0649*** (0.000104)	0.0383*** (0.000531)	0.0330*** (0.000653)	0.0677*** (0.00310)
ln CPA	0.00391*** (0.000190)	0.00198*** (0.000234)	0.000566** (0.000236)	0.00120*** (0.000148)	-0.00183*** (0.000432)	-0.00282*** (0.000204)	-0.00493*** (9.31e-05)	-0.00626*** (0.000146)	-0.0151*** (0.00101)
ln total Assets	-6.04e-09 (4.54e-09)	-1.47e-07*** (1.09e-08)	-2.26e-07*** (5.82e-09)	-3.94e-07*** (8.01e-09)	-3.30e-07*** (7.71e-09)	-2.52e-07*** (3.64e-09)	-2.81e-07*** (3.83e-09)	-3.77e-07*** (2.60e-09)	-2.78e-07*** (7.50e-09)
Leverage	0.0878*** (0.000190)	0.136*** (0.000106)	0.158*** (0.000370)	0.196*** (8.55e-05)	0.238*** (0.000618)	0.237*** (6.36e-05)	0.268*** (0.000226)	0.317*** (0.000242)	0.318*** (0.000524)
Advertising Intensity	-0.0234** (0.0110)	-0.0155*** (0.00511)	-0.0220*** (0.00436)	-0.0236*** (0.00160)	0.00984 (0.0142)	-0.0267*** (0.00263)	-0.0387*** (0.00208)	0.0529*** (0.00451)	0.163*** (0.0185)
Free Cash Flow	0.0207*** (0.00379)	0.0902*** (0.00988)	0.0468*** (0.00792)	0.0699*** (0.00382)	0.0588* (0.0340)	0.128*** (0.00327)	0.211*** (0.00259)	0.318*** (0.00944)	0.515*** (0.0416)
Profitability	1.017*** (0.00367)	1.071*** (0.00295)	1.118*** (0.0113)	1.200*** (0.00297)	1.244*** (0.00663)	1.169*** (0.00264)	1.155*** (0.00256)	1.068*** (0.00420)	1.017*** (0.0136)
Число наблюдений	2576	2576	2576	2576	2576	2576	2576	2576	2576
Число групп	368	368	368	368	368	368	368	368	368

Примечание: *, **, *** обозначают статистическую значимость в 10%, 5% и 1%, соответственно. CPA = политическая активность корпораций.

Источник: составлено авторами.

Табл. 7. Результаты применения квантильной динамической модели на панельных данных с интенсивностью ИиР (*R&D intensity*)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Переменная	$\tau = 0.10$	$\tau = 0.20$	$\tau = 0.30$	$\tau = 0.40$	$\tau = 0.50$	$\tau = 0.60$	$\tau = 0.70$	$\tau = 0.80$	$\tau = 0.90$
R&D Intensity _{t-1}	0.610*** (0.0212)	0.651*** (0.000440)	0.776*** (0.000504)	0.823*** (0.00168)	0.816*** (0.000261)	0.837*** (0.00487)	0.846*** (0.00248)	0.839*** (0.0136)	0.816*** (0.00210)
ln CPA	38.71** (17.70)	36.05*** (0.347)	22.98*** (0.279)	24.96*** (0.983)	-41.06*** (0.295)	-32.06*** (1.196)	-27.39*** (2.277)	-27.86*** (7.312)	-30.91*** (1.140)
ln total Assets	0.0148*** (0.00167)	0.0205*** (2.74e-05)	0.0190*** (2.79e-05)	0.0187*** (0.000128)	0.0202*** (1.10e-05)	0.0228*** (0.000437)	0.0260*** (0.000202)	0.0313*** (0.000781)	0.0391*** (0.000162)
Leverage	-4.730 (5.234)	-0.386*** (0.00833)	-1.247*** (0.101)	0.464 (0.466)	0.275*** (0.0181)	-1.459 (1.698)	-0.487 (0.462)	0.367 (2.024)	-0.336 (0.751)
Advertising Intensity	-160.9 (328.2)	13.72*** (2.994)	43.64*** (2.244)	-37.12*** (6.591)	-41.68*** (0.687)	-53.09 (61.95)	-96.76** (43.96)	-70.34** (34.28)	-28.11 (43.53)
Free Cash Flow	-568.3 (578.8)	84.83*** (3.547)	125.3*** (3.540)	138.7*** (22.10)	121.1*** (2.066)	-73.84 (138.9)	123.6* (71.38)	-37.44 (124.7)	-16.75 (38.05)
Profitability	-153.4 (348.2)	220.5*** (1.320)	167.9*** (4.124)	176.0*** (5.060)	156.3*** (1.148)	340.3*** (131.0)	238.2*** (59.30)	238.2*** (66.42)	96.74*** (22.97)
Число наблюдений	2576	2576	2576	2576	2576	2576	2576	2576	2576
Число групп	368	368	368	368	368	368	368	368	368

Примечание: *, **, *** обозначают статистическую значимость в 10%, 5% и 1%, соответственно. CPA = политическая активность корпораций.

Источник: составлено авторами.

сударственные ресурсы для дальнейшего роста. После достижения определенного порога инвестиций оптимальной стратегией становится отказ от КПА в пользу расширения рынков как источников большей доходности. Таким образом, подтверждается гипотеза 3.

Заключение

В работе изучаются взаимосвязи между КПА и корпоративными инвестициями на примере институциональной среды США. Материалом послужили данные из различных баз, включая DataStream, CRP и Fortune WMAC, за 2016–2022 гг. Для моделирования социально-экономических и политических аспектов использовался подробный набор переменных.

Выявилось, что предприятия, вовлеченные в КПА, обладают более высоким уровнем корпоративных инвестиций по сравнению с теми, которые не прибегают к подобной стратегии. Этот положительный эффект статистически значим для игроков из среднего квантиля, которые, скорее всего, получают государственную поддержку посредством участия в КПА. Прослеживается тесная связь между объемом корпоративных инвестиций и степенью вовлеченности в КПА, зависящая от изначального капитала компании, ее финансовой самостоятельности.

Наши наблюдения подтверждают теории ресурсной зависимости и политического патронажа, согласно которым КПА и корпоративные инвестиции дополняют друг друга. Между двумя рассматриваемыми фактора-

ми существует обратная V-образная зависимость. КПА в меньшей степени влияет на результативность компаний, нарастивших весомый экономический и технологический потенциал.

Полученные нами выводы демонстрируют неоднозначную картину в отношении компаний с разной капиталоемкостью, тогда как предыдущие исследования, посвященные связи между КПА и объемом инвестиций, аргументировали в пользу неизменности влияния первого показателя на прирост второго.

Наконец, наше исследование выявило динамические изменения в уровнях КПА и их влиянии на корпоративные инвестиции в США, где политический патронаж является важным системным фактором (Danaei et al., 2013). Основываясь на анализе 2576 наблюдений, мы пришли к выводу о существовании тесной взаимосвязи между КПА и корпоративными инвестициями, несмотря на сопутствующие риски. Интенсивность капиталовложений варьирует по разным шкалам КПА, а более высокая активность игроков может привести к лучшим инвестиционным достижениям.

В целом КПА представляется действенным инструментом для большинства предприятий, позволяющим нарастить инвестиционную активность и обрести долгосрочные конкурентные преимущества. Самые ощутимые выгоды от его применения извлекает в основном малый и средний бизнес, который нуждается в сторонней ресурсной поддержке. Расходы на политические «проекты» осуществляются с расчетом на отсроченные позитивные эффекты в виде расширения масштабов бизнеса и повышения конкурентоспособности.

Ограничения представленного исследования заключаются в следующем. Ввиду сложности сбора релевантных данных для анализа были отобраны только американские компании, зарегистрированные на бирже. Размер самой выборки оказался ограниченным, однако длительность анализируемого периода (7 лет) компенсирует связанный с этим возможный недостаток данных. На результаты также могла повлиять недостаточная репрезентативность выборки. В будущем следует изучить различные варианты стратегий КПА, их легитимность и возможные этические риски.

Библиография

- Alok S., Ayyagari M. (2020) Politics, state ownership, and corporate investments. *The Review of Financial Studies*, 33(7), 3031–3087. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhz102>
- An H., Chen Y., Luo D., Zhang T. (2016) Political uncertainty and corporate investment: Evidence from China. *Journal of Corporate Finance*, 36, 174–189. <https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2015.11.003>
- Anastasiadis S., Moon J., Humphreys M. (2018) Lobbying and the responsible firm: Agenda-setting for a freshly conceptualized field. *Business Ethics*, 27(3), 207–221. [https://doi.org/10.1111/beer.12180\(2\)](https://doi.org/10.1111/beer.12180(2))
- Ashyrov G., Lukason O. (2022) Political Connectedness and Financial Performance of SMEs. *Journal of Risk and Financial Management*, 15(12), 600. <https://doi.org/10.3390/jrfm15120600>
- Barnett M.L., Salomon R.M. (2006) Beyond dichotomy: The curvilinear relationship between social responsibility and financial performance. *Strategic Management Journal*, 27(11), 1101–1122. <https://doi.org/10.1002/smj.557>
- Bertrand J., Perrin C. (2024) Does Corporate Political Activity (Really) Reduce Discouragement? *The Paradox of Women-Led Firms* (SSRN paper 4743152). <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4743152>
- Beugelsdijk S., Cornet M. (2002) A Far Friend is Worth More than a Good Neighbour: Proximity and Innovation in a Small Country. *Journal of Management & Governance*, 6, 169–188. <https://doi.org/10.1023/A:1015775321949>
- Bhagat S., Bolton B. (2008) Firm size and the effectiveness of the market for corporate control. *Journal of Corporate Finance*, 14, 257–273. <https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2008.03.006>
- Bliss M.A., Gul F.A. (2012) Political connection and cost of debt: Some Malaysian evidence. *Journal of Banking & Finance*, 36(5), 1520–1527. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2011.12.011>
- Blundell R., Bond S. (1998) Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of Econometrics*, 87(1), 115–143. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(98\)00009-8](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(98)00009-8)
- Blundell R., Bond S. (2000) GMM estimation with persistent panel data: An application to production functions. *Econometric Reviews*, 19(3), 321–340. <https://doi.org/10.1080/07474930008800475>
- Bonardi J.P. (2003) Global and political strategies in deregulated industries: The asymmetric behaviors of former monopolies. *Strategic Management Journal*, 25(2), 101–120. <https://doi.org/10.1002/smj.367>
- Brown L.W., Liou R.S., Hasija D. (2023) Emerging market multinational corporations' cross-border mergers and acquisitions and political distance: Does corporate political activity matter?. *Thunderbird International Business Review*, 65(5), 533–546. <https://doi.org/10.1002/tie.22355>
- Byrd R.C. (1991) *The Senate, 1789–1989* (vol. II), Washington, D.C.: United States Senate.
- Chernozhukov V., Hansen C. (2005) An IV model of quantile treatment effects. *Econometrica*, 73(1), 245–261. <https://www.jstor.org/stable/3598944>
- Child J. (1972) Organizational structure, environment and performance: The role of strategic choice. *Sociology*, 6(1), 1–22. <http://dx.doi.org/10.1177/003803857200600101>
- Cooper M.J., Gulen H., Ovtchinnikov A.V. (2010) Corporate political contributions and stock returns. *The Journal of Finance*, 65(2), 687–724. <https://www.jstor.org/stable/25656307>
- Czarnitzki D., Toole A.A. (2007) Business R&D and the interplay of R&D subsidies and product market uncertainty. *Review of Industrial Organization*, 31(3), 169–181. <https://doi.org/10.1007/s11151-007-9152-x>
- Danaei A., Jabbari M., Omidifar L. (2013) Strategic planning and performance measurement using Fuzzy DEMATEL: A case study of Iran Kaolin and Barite company. *Decision Science Letters*, 2(4), 231–240. <https://doi.org/10.5267/J.DSL.2013.05.003>
- Denisov D. (2010) *Business lobbying and government relations in Russia: The need for new principles* (Reuters Institute Fellowship Paper), Oxford: University of Oxford.
- Faccio M. (2010) Differences between politically connected and nonconnected firms: A cross-country analysis. *Financial Management*, 39(3), 905–928. <https://doi.org/10.1111/j.1755-053X.2010.01099.x>

- Fan J.P., Wong T.J., Zhang T. (2007) Politically connected CEOs, corporate governance, and Post-IPO performance of China's newly partially privatized firms. *Journal of Financial Economics*, 84(2), 330–357. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2006.03.008>
- Firpo S., Fortin N., Lemieux T. (2009) Unconditional quantile regressions. *Econometrica*, 77(3), 953–973. <https://www.jstor.org/stable/40263848>
- Fung S.Y., Gul F.A., Radhakrishnan S. (2015) Corporate political connections and the 2008 Malaysian election. *Accounting, Organizations and Society*, 43, 67–86. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2015.04.001>
- Funk R.J., Hirschman D. (2017) Beyond nonmarket strategy: Market actions as corporate political activity. *Academy of Management Review*, 42(1), 32–52. <https://www.jstor.org/stable/24906274>
- Galvao A.F. (2011) Quantile regression for dynamic panel data with fixed effects. *Journal of Econometrics*, 164(1), 142–157. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2011.02.016>
- Getz K.A. (1997) Research in corporate political action: Integration and assessment. *Business & Society*, 36(1), 32–72. <https://doi.org/10.1177/000765039703600103>
- Goldman E., Rocholl J., So J. (2009) Do politically connected boards affect firm value?. *The Review of Financial Studies*, 22(6), 2331–2360. <https://www.jstor.org/stable/30225718>
- Goldstraw-White J., Martin G. (2016) Tackling bribery and corruption in the Middle East: Perspectives from the front line. *Journal of Financial Crime*, 23(4), 843–854 <https://doi.org/10.1108/JFC-08-2015-0040>
- Gomez E.T., Padmanabhan T., Kamaruddin N., Bhalla S., Faisal F. (2017) *Minister of finance incorporated: Ownership and control of corporate Malaysia*, Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer.
- Guedhami O., Pittman J.A., Saffar W. (2014) Auditor choice in politically connected firms. *Journal of Accounting Research*, 52(1), 107–162. <https://doi.org/10.1111/1475-679X.12032>
- Gulen H., Ion M. (2016) Policy uncertainty and corporate investment. *The Review of Financial Studies*, 29(3), 523–564. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhv050>
- Hadani M., Bonardi J.P., Dahan N.M. (2017) Corporate political activity, public policy uncertainty, and firm outcomes: A meta-analysis. *Strategic Organization*, 15(3), 338–366. <https://doi.org/10.1177/1476127016651001>
- Hart D.M. (2001) Why do some firms give? Why do some give a lot?: High-tech PACs, 1977–1996. *Journal of Politics*, 63(4), 1230–1249. <https://doi.org/10.1111/0022-3816.00108>
- Hill C.W., Snell S.A. (1988) External control, corporate strategy, and firm performance in research-intensive industries. *Strategic Management Journal*, 9(6), 577–590. <https://doi.org/10.1002/smj.4250090605>
- Hill M.D., Kelly G.W., Lockhart G.B., Van Ness R.A. (2013) Determinants and Effects of Corporate Lobbying. *Financial Management*, 42(4), 931–957. <http://www.jstor.org/stable/43280520>
- Hillman A.J., Keim G.D. (2001) Shareholder value, stakeholder management, and social issues: What's the bottom line? *Strategic Management Journal*, 22(2), 125–139. [https://doi.org/10.1002/1097-0266\(200101\)22:2<125::AID-SMJ150>3.0.CO;2-H](https://doi.org/10.1002/1097-0266(200101)22:2<125::AID-SMJ150>3.0.CO;2-H)
- Hillman B. (2005) Monastic politics and the local state in China: Authority and autonomy in an ethnically Tibetan prefecture. *The China Journal*, (54), 29–51. <https://doi.org/10.2307/20066065>
- Hoskisson R.E., Hitt M.A., Johnson R.A., Moesel D.D. (1993) Construct validity of an objective (entropy) categorical measure of diversification strategy. *Strategic Management Journal*, 14(3), 215–235. <https://doi.org/10.1002/smj.4250140305>
- Houston J.F., Jiang L., Lin C., Ma Y. (2014) Political connections and the cost of bank loans. *Journal of Accounting Research*, 52(1), 193–243. <https://doi.org/10.1111/1475-679X.12038>
- Hyttinen A., Toivanen O. (2005) Do financial constraints hold back innovation and growth?: Evidence on the role of public policy. *Research Policy*, 34(9), 1385–1403. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.06.004>
- Jackowicz K., Kozłowski Ł., Mielcarz P. (2014) Political connections and operational performance of non-financial firms: New evidence from Poland. *Emerging Markets Review*, 20, 109–135. <https://doi.org/10.1016/j.ememar.2014.06.005>
- Khaw K.L.H., Zainudin R., Rashid R.M. (2019) Cost of debt financing: Does political connection matter? *Emerging Markets Review*, 41(C). <https://doi.org/10.1016/j.ememar.2019.100632>
- Koenker R., Bassett G. (1982) Robust tests for heteroscedasticity based on regression quantiles. *Econometrica*, 43–61. <https://doi.org/10.2307/1912528>
- Lawton T., McGuire S., Rajwani T. (2013) Corporate political activity: A literature review and research agenda. *International Journal of Management Reviews*, 15(1), 86–105. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2012.00337.x>
- Lee J.Y., Jiménez A., Choi S., Choi Y.H. (2022) Ideological polarization and corporate lobbying activity: The contingent impact of corruption distance. *Journal of Business Research*, 141, 448–461. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.11.047>
- Lin J., Si S.X. (2010) Can guanxi be a problem? Contexts, ties, and some unfavorable consequences of social capital in China. *Asia Pacific Journal of Management*, 27(3), 561–581. <https://doi.org/10.1007/s10490-010-9198-4>
- Lin W.L. (2019) Do firm's organisational slacks influence the relationship between corporate lobbying and corporate financial performance? More is not always better. *International Journal of Financial Studies*, 7(1), 2. <https://doi.org/10.3390/ijfs7010002>
- Lin W.L. (2020) Giving too much and paying too little? The effect of corporate social responsibility on corporate lobbying efficacy: Evidence of tax aggressiveness. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 28(2), 908–924. <https://doi.org/10.1002/csr.2098>
- Lin W.L., Sambasivan M., Ho J.A., Law S.H. (2019) Corporate Political Activity and Financial Performance: A Corporate Social Responsibility Perspective. In: Proceedings of the *International Symposia in Economic Theory and Econometrics 'Asia-Pacific Contemporary Finance and Development'* (vol. 26), pp. 235–264. <https://doi.org/10.1108/S1571-038620190000026012>
- Liou R.-S., Brown L.W., Hasija D. (2021) Political animosity in cross-border acquisitions: EMNCs' market and nonmarket strategy in a developed market. *Multinational Business Review*, 29(4), 451–475. <https://doi.org/10.1108/MBR-02-2020-0034>
- Liu H., Yang J.Y., Augustine D. (2018) Political ties and firm performance: The effects of prosself and prosocial engagement and institutional development. *Global Strategy Journal*, 8(3), 471–502. <https://doi.org/10.1002/gsj.1194>
- Lux S., Crook T.R., Woehr D.J. (2011) Mixing business with politics: A meta-analysis of the antecedents and outcomes of corporate political activity. *Journal of Management*, 37(1), 223–247. <https://doi.org/10.1177/0149206310392233>
- Ma Y., Xue L. (2024) Organizational legitimacy and firm nonmarket strategies as catalysts of alliance green management. *Journal of Cleaner Production*, 447, 141315. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141315>
- Massaro M. (2019) Is business lobbying in the European Union context-dependent? Evidence from the policy field of radio spectrum. *Telecommunications Policy*, 43(10), 101827. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2019.101827>
- Mitnick B.M. (1993) *Corporate political agency: The construction of competition in public affairs*, Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Ozer M., Markóczy L. (2010) Complementary or alternative? The effects of corporate political strategy on innovation. *Journal of Strategy and Management*, 3(3), 252–272 <https://doi.org/10.1108/17554251011064846>

- Piotroski J.D., Wong T.J., Zhang T. (2015) Political incentives to suppress negative information: Evidence from Chinese listed firms. *Journal of Accounting Research*, 53(2), 405–459. <https://doi.org/10.1111/1475-679X.12071>
- Ramesh V.K. (2024) Does economic and policy uncertainty impact corporate policies? Evidence from India. *Indian Growth and Development Review*, 17(1), 43–62. <https://doi.org/10.1108/IGDR-09-2022-0107>
- Romann E. (2020) *Nonmarket Strategy in Japan: How Foreign Firms Lobby "Inside the Castle"* (1st ed.), New York: Macmillan.
- Roodman D. (2006). How to do xtabond2: An introduction to difference and system GMM in Stata. *The Stata Journal*, 9(1), 86–136.
- Rudy B.C., Cavich J. (2020) Nonmarket signals: Investment in corporate political activity and the performance of initial public offerings. *Business & Society*, 59(3), 419–438. <https://doi.org/10.1177/0007650317717263>
- Shi W., Hoskisson R.E., Zhang Y. (2020) Corporate political activities and firm performance: Evidence from China. *Management and Organization Review*, 16(1), 107–137. <https://doi.org/10.1017/mor.2018.38>
- Shleifer A., Vishny R.W. (1994) Politicians and firms. *The Quarterly Journal of Economics*, 109(4), 995–1025. <https://doi.org/10.2307/2118354>
- Slater S., Lawrence M., Wood B., Serodio P., Baker P. (2024) Corporate interest groups and their implications for global food governance: mapping and analysing the global corporate influence network of the transnational ultra-processed food industry. *Globalization and Health*, 20(16), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s12992-024-01020-4>
- Sutton T., Devine R.A., Lamont B.T., Holmes R.M. (2021) Resource dependence, uncertainty, and the allocation of corporate political activity across multiple jurisdictions. *Academy of Management Journal*, 64(1), 38–62. <https://doi.org/10.5465/amj.2017.1258>
- Taylor C. (1997) The politics of recognition. In: *New Contexts of Canadian Criticism* (ed. A. Gutman), Princeton, NJ: Princeton University Press, pp. 25–73.
- Tee C. (2018) The Gülen Movement in London and the politics of public engagement: Producing ‘good Islam’ before and after 15 July. *Politics, Religion & Ideology*, 19(1), 109–122. <https://doi.org/10.1080/21567689.2018.1453269>
- Tyler B., Lahneman B., Cerrato D., Cruz A.D., Beukel K., Spielmann N., Minciullo M. (2023) Environmental practice adoption in SMEs: The effects of firm proactive orientation and regulatory pressure, *Journal of Small Business Management*, 2218435. <https://doi.org/10.1080/00472778.2023.2218435>
- Wang D., Sutherland D., Ning L., Wang Y., Pan X. (2018) Exploring the influence of political connections and managerial overconfidence on R&D intensity in China's large-scale private sector firms. *Technovation*, 69, 40–53. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2017.10.007>
- Wooldridge J.M. (2010) *Econometric analysis of cross section and panel data*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Wu J., Li S., Li Z. (2013) The contingent value of CEO political connections: A study on IPO performance in China. *Asia Pacific Journal of Management*, 30(4), 1087–1114. <https://doi.org/10.1007/s10490-012-9300-1>
- Xu X., Yan Y. (2020) Effect of political connection on corporate environmental investment: Evidence from Chinese private firms. *Applied Economics Letters*, 27(18), 1515–1521. <https://doi.org/10.1080/13504851.2019.1693692>

Отраслевые ИКТ-профили российских компаний: стратегии управления ресурсами

Мария Молодчик

Старший научный сотрудник Международной лаборатории экономики нематериальных активов (МЛЭНА), mmolodchik@hse.ru

Юлия Найденова

Заместитель заведующего МЛЭНА, yunaydenova@hse.ru

Евгения Шенкман

Младший научный сотрудник МЛЭНА, ea_popova@hse.ru

Егор Иванов

Стажер-исследователь МЛЭНА, EA.Ivanov@hse.ru

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
Пермский филиал, 614070, г. Пермь, 6-й Гагарина, 37

Аннотация

Национальный ландшафт информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) может быть продуктивно рассмотрен на примере устойчивых отраслевых комбинаций ИКТ. На корпоративном уровне такие комбинации отражают ИКТ-профиль компаний, рассматриваемый в ресурсной теории как их способность создавать конкурентные преимущества, благодаря комплементарности ресурсов. В отличие от существующих исследований в фокусе внимания авторов статьи — не комбинация ИКТ, сформированная экспертами, а инструмент автоматизированного поиска взаимосвязанных ИКТ на основе методов машинного обучения, который позволяет выявить устойчивые сочетания технологий, внедряемые одновременно несколькими игроками определенной отрасли.

ИКТ-профили выявлены с помощью анализа взаимосвязей широкого спектра ИКТ, от базовой инфраструктуры до систем управления эффективностью бизнеса на базе искусственного интеллекта (ИИ). Итоговый набор данных включает 110 технологий для более чем 29 тыс. компаний из 31 отрасли за период 2006–2022 гг. По результатам анализа сделаны следующие выводы: (1) типичный для большинства отраслей профиль состоит из комбинации систем ВРМ и SaaS, (2) лидеры по разнообразию и сложности ИКТ-профилей — отрасли страхования и финансов, (3) большие перспективы для отечественных компаний открывает дополнение ИКТ-профилей решениями на базе ИИ, (4) внедрение ИКТ-профилей влияет на финансовые результаты бизнеса, однако значительно варьирует по отраслям.

Ключевые слова: ИКТ; устойчивые комбинации ИКТ; отрасль; искусственный интеллект; производительность; рентабельность

Цитирование: Molodchik M., Naidenova Iu., Shenkman E., Ivanov E. (2024) ICT Profiles of Russian Companies at the Industry Level: Resource Management Strategies. *Foresight and STI Governance*, 18(2), pp. 45–56. DOI: 10.17323/2500-2597.2024.2.45.56

ICT Profiles of Russian Companies at the Industry Level: Resource Management Strategies

Mariya Molodchik

Senior Research Fellow, mmolodchik@hse.ru

Iuliia Naidenova

Deputy Head, yunaydenova@hse.ru

Evgeniya Shenkman

Junior Research Fellow, ea_popova@hse.ru

Egor Ivanov

Research Assistant, EA.Ivanov@hse.ru

International Laboratory of Intangible-driven Economy, National Research University Higher School of Economics,
Perm campus, 614070, Perm, blv. Gagarina 37

Abstract

The study investigates the Russian information and communication technologies (ICT) landscape with a focus on sustainable ICT combinations at the industry level. The ICT combination for a company reflects its ICT profile, which is considered in resource theory as the firm's ability to create competitive advantages based on resource complementarity. Unlike previous papers, it is not an expert-specified combination of ICT that is being studied, but a tool for the automated search for interconnected technologies based on machine learning methods is proposed, which makes it possible to identify stable combinations implemented simultaneously by several companies in a certain industry. ICT profile identification was conducted based on the analysis of

relationships across a wide range of IT, from basic infrastructure to AI-based business efficiency management systems. The final dataset includes 110 IT technologies for over 29,000 companies from 31 industries spanning from 2006 to 2022. The following conclusions were drawn: (1) a typical profile for most industries consists of a combination of business process management (BPM) and software as a service (SaaS), (2) insurance and finance industries are the leaders in the diversity and complexity of ICT profiles, (3) supplementing ICT profiles with AI-based solutions holds great potential for Russian companies, (4) the implementation of ICT profiles is linked to companies' financial performance; however, these relationships vary significantly across industries.

Keywords: ICT; sustainable combination of ICT; industry; productivity; profitability

Citation: Molodchik M., Naidenova Y., Shenkman E., Ivanov E. (2024) ICT Profiles of Russian Companies at the Industry Level: Resource Management Strategies. *Foresight and STI Governance*, 18(2), pp. 45–56. DOI: 10.17323/2500-2597.2024.2.45.56

Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) вносят решающий вклад в цифровизацию экономики, а их эффективное внедрение выступает критически важным условием экономического роста (Karim et al., 2022). Многочисленные исследования демонстрируют существенную роль ИКТ в развитии стран (Habibi, Zabardast, 2020) и компаний (Chae et al., 2018; Li et al., 2022) наряду с такими традиционными факторами, как труд и капитал.

Под ИКТ понимается очень широкий круг технологий — от базовой инфраструктуры до систем управления эффективностью бизнеса на базе искусственного интеллекта (ИИ), что выражается в высокой вариативности корпоративных ИКТ-архитектур. В новейших исследованиях отмечаются рост значимости ИКТ при внедрении таких продвинутых решений, как сквозная технология ИИ (Agarwal et al., 2021; Enholm et al., 2022; Dumas et al., 2023), и недостатки традиционных подходов к анализу их эффективности. Например, при агрегировании информации об инвестициях в ИКТ (Mithas, Rust, 2016) или оценке вклада отдельных технологий (HassabElnaby et al., 2012; Daviy, 2023) игнорируется фактор их взаимосвязанности. Трудности интеграции ИКТ выступают одним из ключевых препятствий для эффективного внедрения новых технологий (Xue et al., 2005; Amid et al., 2012; Coşkun et al., 2022). Эмпирические исследования все чаще показывают незначимое и отрицательное влияние некоторых ИКТ на производительность компаний, связывая это с невозвратностью соответствующих затрат в силу определенных условий или комбинации ресурсов.

Лишь немногие из существующих эмпирических исследований пытались учесть гетерогенность ИКТ и оценить их комплексную эффективность. Во многом это обусловлено недоступностью детальных корпоративных данных о внедрении ИКТ, поскольку их раскрытие может быть использовано компаниями-конкурентами. Некоторые исследования (Hendricks et al., 2007; Oh, Kim, 2023) рассматривают эффективность одновременного внедрения нескольких ИКТ, однако перечень анализируемых технологий задается экспертно и может не отражать фактически сложившиеся комбинации. Возможность анализа не просто отдельных ИКТ, а их сочетаний реализуется в работах (Wu et al., 2015; Geum et al., 2015) с помощью метода поиска ассоциативных правил, что позволяет объективно выделять комбинации технологий на основе фактических данных.

Цель настоящей статьи состоит в выявлении устойчивых комбинаций ИКТ — ИКТ-профилей, применяемых российскими компаниями, и оценке их эффективности на базе финансовых показателей. Дополнительной задачей выступает рассмотрение выделенных ИКТ-профилей с точки зрения возможностей внедрения решений на базе ИИ. Под устойчивой комбинацией ИКТ мы понимаем такой набор технологий, который внедряется в нескольких компаниях одновременно. Чтобы наиболее полно охарактеризовать ситуацию с внедрением ИКТ, например в отдельно взятой отрасли, мы выделяем три типа ИКТ-профилей, потенциально способных оказать наибольшее влияние на

деятельность компании. Во-первых, наиболее распространенное сочетание ИКТ, без которого деятельность компаний предположительно невозможна. Так, существующие исследования показывают, что отсутствие в компании технологии Enterprise Resource Planning (ERP) приводит к неэффективному использованию и других ресурсов (Shakina et al., 2022). Во-вторых, ИКТ-профиль с наибольшим набором технологий, свидетельствующим о технологичности и проникновении ИКТ в разные аспекты бизнеса. Чем шире охват ИКТ-профиля, тем вероятнее, что компания принадлежит к числу лидеров в области ИКТ, что служит источником ее конкурентных преимуществ (Chae et al., 2014). В-третьих, ИКТ должны отвечать отраслевой специфике (Jacobsson et al., 2017).

Выявленные ИКТ-профили позволяют комплексно охарактеризовать распространенные комбинации ИКТ как основы для разработки мультитехнологичных решений, актуальных для компаний конкретной отрасли. При этом анализ таких комбинаций, необходимых для стабильной работы компаний, позволяет идентифицировать ИКТ, поддержка которых критически важна с точки зрения устойчивости к раночным шокам. Для российских компаний таким шоком, безусловно, стал уход многих крупнейших зарубежных вендоров, таких как SAP, Oracle или Windows. Кроме того, выявление устойчивых неэффективных ИКТ-профилей важно для того, чтобы предотвратить использование устаревших технологий или системные проблемы интеграции ИКТ.

Комбинация ИКТ-систем сквозь призму ресурсного подхода

Для теоретического изучения ИКТ-систем, как правило, применяется ресурсный подход (Barney et al., 2001), в рамках которого ИКТ определяются как стратегические ресурсы компании, создающие ее конкурентные преимущества. Принципиальное значение при этом имеет не столько наличие ценных и уникальных ресурсов, сколько способность организации их комбинировать, исходя из их внутреннего потенциала и доступности. Поиск оптимального сочетания организационных активов для достижения синергетического эффекта от их реализации служит ключевой задачей для современного менеджмента (Teese, 2018; Shakina et al., 2022). В этой связи ИКТ в целом и отдельные системы в частности рассматриваются как компоненты ресурсного портфеля компании, требующие сопряжения с другими его компонентами. Однако лишь небольшое число исследований посвящено комплементарности конкретных ИКТ (Geum et al., 2015; Wu et al., 2015; Diaz-Chao et al., 2021), тогда как способность их разумно комбинировать в рамках единого корпоративного портфеля выступает источником конкурентных преимуществ (Geum et al., 2015).

В настоящей статье мы рассматриваем комбинацию ИКТ через профиль, который объединяет технологии, одновременно внедряемые в операционную деятельность компании. В рамках ресурсного подхода ИКТ-профиль представляет собой сочетание ресурсов, кото-

рое отражает стратегическую способность организации управлять своими конкурентными преимуществами. Решение применять несколько технологий может быть обусловлено разными факторами.

ИКТ-профиль может выступать ключевой ресурсной комбинацией, лежащей в основе бизнес-модели, и источником прибыли компании (Теесе, 2018). Внедрение нескольких комплементарных ИКТ может быть направлено на эффективное решение производственных задач. При этом связь между технологиями в рамках одного профиля может не носить комплементарного характера, поскольку часть из них могут быть связаны с другими ресурсами компании, порождая с ними синергетический эффект. Яркими примерами подобной комплементарности служат внедрение таких ИКТ-систем, как ERP и BI (Gupta et al., 2019), или комбинация IoT и BigData. В последние годы идет активное расширение функций отдельных ИКТ-систем за счет ИИ. Например, BSS Digital2Speech от компании CraftTalk интегрирует ИИ в ИКТ-профиль, включающий CRM, биометрическую идентификацию и речевые технологии.

К наиболее перспективным относят три вектора дополнения существующих ИКТ-систем на базе ИИ (Enholm et al., 2022):

- 1) компьютерное зрение: распознавание, анализ и классификация изображений, фото- и видеоматериалов;
- 2) обработка естественного языка: генерация текстов, анализ настроений и восприятие информации, созданной другими;
- 3) машинное и глубокое обучение: кластеризация, классификация и интеграция в рекомендательные системы.

Отраслевая специфика в значительной мере определяет выбор компаний своего ИКТ-профиля. Различия связаны с ролью ИКТ в отдельных отраслях (Jacobsson et al., 2017; Chae et al., 2018): в одних ИКТ выступают альтернативой человеческому труду, т. е. применяются для автоматизации бизнес-процессов, в других — играют информационную роль, обеспечивая данными и поддерживая управленческие решения, в третьих — выполняют трансформационную функцию, фундаментально преобразуя принципы ведения бизнеса, отраслевые механизмы и взаимодействие экономических агентов. Дополнительным аргументом в пользу предлагаемого подхода служат различия в уровне цифровизации отраслей, которая наглядно отражается в статистике.

Отраслевая принадлежность позволяет оценить влияние применяемых ИКТ-профилей на результаты деятельности компаний. Оценка эффективности этих профилей сходна с определением выгод и издержек использования ИКТ-капитала или отдельных ИКТ-систем. К рискам одновременного применения нескольких ресурсов относятся несовместимость таких систем, различная продолжительность их интеграции в инфраструктуру компании, режимы сервисной поддержки и т. д. (Coşkun et al., 2022). Обзор эмпирических исследований показывает, что анализ продуктивности комбинаций ИКТ проводился без учета отраслевой

специфики на базе экспертно заданных наборов технологий, таких как ERP или BI. Учитывая теоретически обоснованный вклад ИКТ-профилей в конкурентные преимущества компании, требуется протестировать их влияние на производительность в разных отраслях. Для этого следует оценить распространенность в них ИКТ-профилей, а именно сколько компаний применяют данный профиль, т. е. насколько устойчивой является та или иная комбинация технологий.

На отраслевом уровне мы выделяем три типа ИКТ-профилей: типичный, комплексный и специфичный. В первом случае речь идет о наиболее распространенной в отрасли комбинации ИКТ; во втором — о самой объемной и широко используемой комбинации, т. е. насчитывающей максимум технологий и встречающейся в наибольшем числе компаний отрасли; последний тип отражает уникальное сочетание технологий, которое не используется в других отраслях. Типичные профили выступают своего рода стандартом, принятым в отрасли; комплексные относятся к компаниям, выбравшим инновационную ИКТ-стратегию (Devese et al., 2017); специфичные могут применяться для решения уникальных задач, возникающих в отдельно взятой отрасли. В практической части нашего исследования все три типа профилей будут оценены с точки зрения перспектив расширения функций ИКТ на базе ИИ.

Методология исследования

Для выявления устойчивых комбинаций ИКТ был применен один из инструментов ИИ — алгоритм поиска ассоциативных правил, предложенный в работе (Agrawal et al., 1993) и активно используемый в различных отраслях экономики и в финансовой сфере (Batarseh et al., 2021; Kaur, Dharni, 2022). Суть алгоритма заключается в поиске ассоциативных правил вида «ИКТ X и ИКТ Y внедрили в компании вместе» (Hegland, 2003). Для каждого сконструированного правила можно рассчитать метрики качества (поддержка (*support*), достоверность (*confidence*) и подъемная сила (*lift*)) на базе частотности возникновения правила или отдельных его элементов в данных. Вместе с тем, у каждого из них есть своя специфика.

- 1) Поддержка ИКТ X — доля компаний в выборке, внедривших технологию X, своего рода метрика ее частотности, или популярности; поддержка правила $X \rightarrow Y$ — это доля компаний, внедривших как ИКТ X, так и ИКТ Y.
- 2) Достоверность отдельного правила рассчитывается как отношение поддержки правила $X \rightarrow Y$ к доле компаний, внедривших ИКТ X, и отражает вероятность внедрения ИКТ Y, если ИКТ X уже внедрена.
- 3) Подъемная сила, или метрика важности правила, отражает, во сколько раз доля совместных внедрений ИКТ X и ИКТ Y превышает долю ожидаемых внедрений в ситуации, когда взаимосвязи между внедрением ИКТ X и ИКТ Y нет; значение такой метрики больше 1 свидетельствует о том, что ИКТ X и Y дополняют друг друга. Исходя из принятой нами гипотезы, что в ИКТ-профиль должны входить

комплементарные технологии, в дальнейшем анализе рассматривались только ассоциативные правила, подъемная сила которых превышала 1.

На следующем шаге методологии применяется алгоритм априори (*apriori*) (Agrawal et al., 1994) — классический механизм перебора множества возможных ассоциативных правил. Он входит в комплексную стратегию отбора потенциальных кандидатов для включения в устойчивые ассоциативные правила, т. н. априорный принцип (Hegland, 2003). Результат его применения существенно зависит от задаваемых пороговых значений метрик поддержки и достоверности: если они установлены близко к 0, то алгоритм выявит значительное число правил, которые могут быть, с одной стороны, трудоемкими для последующего анализа, с другой — содержать продуктивные и нетривиальные устойчивые правила; если они близки к верхней границе, то алгоритм сработает быстрее и выделит небольшое число правил, которые, однако, могут оказаться банальными и самоочевидными (Hegland, 2003; Hikmawati et al., 2021).

В настоящее время не существует универсальных алгоритмов для определения оптимального уровня пороговых значений. Чаще всего исследователи устанавливают их эмпирически для каждой отдельной задачи, учитывая размер выборки и максимальное число правил, с которыми они готовы работать (Kotsiantis, Kanellopoulos, 2006). Например, экспериментально продемонстрировано, как для разных данных из различных предметных областей оптимальные пороговые значения поддержки могут варьировать от 0 до 60% (Hikmawati et al., 2021). Однако здесь возникают несколько закономерностей: чем больше размер базы данных, тем меньше должны быть пороговые значения поддержки; и чем шире набор ИКТ, тем меньше пороговые значения поддержки и достоверности.

В качестве отправной точки для определения оптимальных минимальных уровней поддержки и достоверности мы выбрали пороговые значения по аналогии с предыдущими исследованиями в близкой исследовательской области. Так, в работе (Wu et al., 2015) пороговое значение поддержки было установлено на уровне 10%, в публикации (Geum et al., 2015) — на уровне 3%, а пороговые значения достоверности составляли 50% и 40% соответственно. Поскольку наша выборка характеризуется большим спектром ИКТ в сравнении с предыдущими исследованиями, пороговые значения могут быть меньше. Эмпирическим путем мы остановились на 1.5% для метрики поддержки и 25% — для достоверности.

Важным критерием при поиске ассоциативных правил во внедрении ИКТ выступает период, в пределах которого ИКТ считаются внедренными в компании одновременно. На небольшом периоде (например, 1 год) будет выявлено малое число комбинаций; при выборе слишком длинного временного периода возрастает риск того, что в комбинацию будут включены технологии, часть из которых уже были заменены и в действительности не применялись совместно. Более эффективным в этом случае становится применение скользящего окна,

которое охватывало бы период использования технологий. Его размеры необходимо устанавливать с учетом интенсивности внедрения ИКТ-систем и срока службы ИКТ в соответствующей отрасли. Поскольку в настоящем исследовании срок наблюдения за компаниями в среднем составляет 1.5 года, поиск ассоциативных правил ведется в пределах всего доступного периода.

Для валидации выявленных типов ИКТ-профилей и анализа эффективности сложившихся отраслевых практик далее оценивалось влияние внедрения таких профилей на результаты деятельности компаний. Для каждой отрасли отдельно применялась следующая модель с фиксированными эффектами:

$$y_{i,t,s} = \alpha_{0,s} + \alpha_{1,s} * size_{i,t-1,s} + \alpha_{2,s} * leverage_{i,t-1,s} + \sum_{j=1}^k \beta_{j,s} * Profile_{j,i,t,s} + \psi_{i,s} + \mu_{i,t,s} + \epsilon_{i,t,s}, \quad (1)$$

где y — индикаторы деятельности компании i из отрасли s в год t , при этом $s = 1.31$.

Показателями эффективности работы компаний выступают производительность труда сотрудников и рентабельность продаж. Поскольку внедрение технологий и их комбинаций требует значительных инвестиций, влияние на производительность труда рассматривалось как промежуточная характеристика, а рентабельность — как итоговый показатель. Таким образом, спецификация (1) рассчитывается отдельно для этих индикаторов деятельности компании в рамках каждой из 31 отраслей. В качестве контрольных показателей в подобных моделях чаще всего используют размер фирмы $size_{i,t-1}$ (в нашем случае в качестве прокси к этому показателю применяется логарифм активов компании) и размер финансового рычага $leverage_{i,t-1}$ (как отношение заемного капитала к активам) (Enekwe et al., 2014; Zavertiaeva et al., 2020). Контрольные показатели выбраны с лагом в один год для решения потенциальной проблемы обратной причинности (*reverse causality problem*) (Bellemare et al., 2017; Hill et al., 2021). Для учета индивидуальных особенностей компаний и макроэкономических условий в спецификацию добавлены также фиксированные эффекты на компанию и год, которые обозначены как ψ_i и μ_t соответственно.

Ключевой интерес представляет коэффициент при переменной $Profile_{j,i,t}$. Эта переменная отражает факт применения j -го ИКТ-профиля в i -й компании в год t . Технически это дамми-переменная, принимающая только два значения — 1 и 0. Индекс k обозначает количество ИКТ-профилей в отрасли, каковых преимущественно три: специфичный, комплексный и типичный. Поскольку для отдельных отраслей специфичный ИКТ-профиль выявить не удалось, индекс k для них равняется 2. Коэффициент β_j отражает вклад, который профиль j привносит в результат деятельности компании $y_{i,t}$.

Эмпирическая база исследования

Для тестирования наличия устойчивых взаимосвязей ИКТ была сформирована база данных из более чем 29 тыс. компаний, внедрявших ИКТ-системы в 2006–2022 гг. и представляющих 31 отрасль. Основным источником данных стал TAdviser — крупнейший агрегатор новостей об ИКТ-производителях, самих технологиях

и их внедрении в России. Данные были дополнены информацией с сайтов компаний. Анализ охватил более чем 100 технологий. Список тех из них, которые вошли в ИКТ-профили отечественных фирм, представлен в Приложении 1.

Анализ данных показал, что российские компании в среднем внедряют две ИКТ, хотя максимальное их число на одну фирму, например в финансовой отрасли, может достигать 71. В целом можно говорить о высокой неоднородности отечественного бизнеса по критерию количества внедряемых ИКТ. Несмотря на длительный период наблюдений, в среднем для одной компании он составил 1.5 года. Оценка успешности ИКТ-профилей проводилась на базе доступных данных из системы СПАРК и с учетом возможности их сопоставления из разных источников. В табл. 1 представлены описательные статистики по финансовым показателям в отраслевом разрезе, которые включены в модель, отраженную в спецификации (1).

Результаты выделения ИКТ-профилей российских компаний

С помощью метода ассоциативных правил были получены ИКТ-профили российских компаний в каждой из отраслей. Представленная на рис. 1 матрица отражает характеристики отраслевого технологического ландшафта с точки зрения средних по отрасли разнообразия и сложности применяемых ИКТ-профилей. Разнообразие обусловлено числом устойчивых комбинаций, а сложность определяется через объем ИКТ-профиля, т.е. число одновременно использованных технологий. Размер круга показывает технологичность соответствующей отрасли, производной от среднего числа внедренных ИКТ на одну компанию.

Высокий уровень разнообразия и сложности применяемых ИКТ-профилей может свидетельствовать о развитой отраслевой ИКТ-архитектуре. Безусловное лидерство по данному критерию удерживают страхование (INS) и финансовые услуги (FIN). В этом же квадранте находятся общественное управление (SOC), паро-, газо- и электроснабжение (ENR), добыча и переработка нефти (OIL), металлургическое производство (MET), сектор ИКТ (INT), добыча прочих полезных ископаемых (MIN). На другом полюсе — отрасли с однородными ИКТ-профилями с небольшим набором технологий: деятельность общественных организаций (PUB), гостиничное дело (TOU) и т. д., которые находятся в левом нижнем квадранте матрицы, представленной на рис. 1. Несмотря на визуальную положительную связь между разнообразием и сложностью ИКТ-профилей на отраслевом уровне, можно выделить две отрасли, которые характеризуются преобладанием однородных профилей с большим набором ИКТ: консультирование по вопросам управления (CST) и юридические услуги (JUR).

В ходе дальнейшего анализа рассматривались типы ИКТ-профилей. В табл. 2 по каждой из отраслей представлена комбинация ИКТ, которая отражает соответствующую категорию ИКТ-профиля. Дополнительный анализ применения решений на базе ИИ позволил вы-

делить отрасли и ИКТ, уже интегрировавшие подобные инструменты. В табл. 2 ИКТ на базе ИИ выделены курсивом, если в отрасли есть соответствующие продукты. Для некоторых отраслей не было найдено устойчивой комбинации, которая бы встречалась только в соответствующей отрасли, т.е. специфического профиля.

Межотраслевое сравнение выявленных ИКТ-профилей позволяет обнаружить совпадения технологий (в частности, BPM, CRM, СЭД и SaaS), обусловленные их общим назначением. Так, многие компании заинтересованы в автоматизации работы с клиентами и внедрении CRM-систем; практически все внедряют СЭД; у многих есть потребность в оптимизации бизнес-процессов на базе BPM-систем. SaaS представляет собой большой набор программных продуктов, предоставляемых поставщиком на аутсорсинге и позволяющих осуществлять облачные вычисления. Однако в связи с перечисленными решениями идут дополняющие технологии, специфичные для отдельных отраслей. В нефтяной промышленности это спутниковая связь и навигация, потребность в которой обусловлена тем, что месторождения могут находиться в удаленных местах; в государственном секторе — data mining, поскольку такие организации часто имеют дело с обращениями граждан как источником больших массивов информации. Кроме того, можно выделить совместное использование технологий управления (ERP, WMS, HRM, CRM) и анализа данных (BI, ЦОД, Big Data). В интегрированном виде указанные технологии применяются для принятия корпоративных решений.

Доля внедрения ИКТ-профилей значительно варьирует между разными отраслями (см. рис. 2). Так, типичный профиль в образовании внедрен на 30%, а в добыче прочих полезных ископаемых — всего на 6%. Другие типы профилей в разных отраслях внедрены значительно меньше: комплексный — от 1.5% до 5%, специфичный — лишь в 20 отраслях, с наибольшей долей (9%) — в финансовых услугах.

Рис. 1. Разнообразие и сложность применяемых ИКТ-профилей

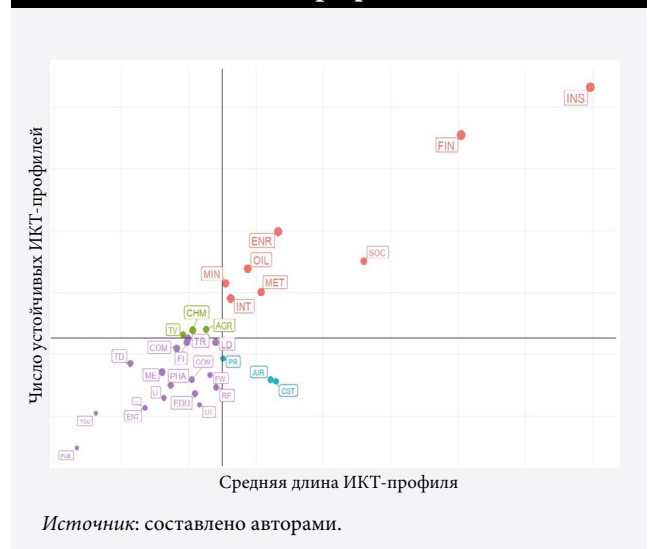


Табл. 1. Средние значения ключевых переменных по выборке и в отраслевом разрезе

Отрасль	ROS, %	Производительность, млн руб./чел	Рычаг	Активы, млн руб.
Обслуживание зданий и территорий	1.73	28.94	2.26	6519.80
Творческая деятельность (искусство и индустрия развлечений)	1.74	12.45	2.08	5219.16
ИКТ	12.71	12.87	0.50	13446.05
Консультирование по вопросам управления	5.39	11.74	1.27	2779.34
Легкая промышленность	6.17	20.21	1.62	4016.07
Складские услуги	7.50	26.66	1.78	17055.34
Производство машин и оборудования	2.86	17.07	1.65	16467.56
Металлургическое производство	4.32	15.64	1.78	41925.21
Операции с недвижимым имуществом	7.28	171.16	13.35	58632.51
Добыча и переработка нефти	8.09	36.55	1.20	146273.52
Образование	9.27	4.94	0.16	3445.40
Деятельность общественных организаций	5.96	1.63	0.43	8957.94
Производство пищевых продуктов	4.85	15.59	1.92	8189.67
Издательская деятельность	7.81	7.48	1.28	2919.09
Реклама	8.83	27.43	2.54	3043.29
Сельское хозяйство	5.62	16.05	0.38	8563.28
Телекоммуникации	5.66	17.49	3.66	17830.27
Страхование	18.67	44.21	0.54	668588.91
Строительство	3.68	26.81	2.00	13558.71
Производство товаров народного потребления	4.64	14.88	1.33	5895.65
Торговля	2.64	74.66	1.92	24118.76
Общественное управление	14.21	4.82	0.03	30318.63
Транспортировка и хранение	7.39	33.41	1.86	19915.37
Гостиничное дело	18.84	7.57	2.09	741.13
Здравоохранение	7.52	21.77	1.01	10625.07
Финансовые услуги	8.05	131.80	5.59	45617.59
Химическое производство	8.43	13.04	1.20	15696.13
Паро-, газо- и электроснабжение	3.13	24.80	0.98	28610.29
Юридические услуги	15.68	10.67	0.66	2773.82
Добыча прочих полезных ископаемых	6.08	18.00	1.71	70840.78
Итого по выборке	7.49	29.01	1.96	1302584.36

Источник: составлено авторами.

Как показывает анализ реализации решений на базе ИИ в отечественных компаниях, далеко не во всех ИКТ-профилях внедряются такого рода инструменты, что свидетельствует об их высоком потенциале с точки зрения цифровизации российского бизнеса. Лидерство здесь принадлежит отрасли финансовых услуг, инвестиций и аудита, имеющей около 40 внедренных проектов СЭД — системы потокового распознавания (СЭД-СПР). По данным портала TAdviser, поставщиком большинства таких решений на российском рынке выступает компания Smart Engines. Значительные перспективы связаны с интеграцией инструментов ИИ в BPM-системы. В открытом доступе не удалось найти подобных решений в отечественных компаниях, однако на рынке есть предложения BPM-систем, дополненных ИИ (например, Шерпа Роботикс: Sherpa RPA). Подобные инструменты позволяют адаптировать и улучшать бизнес-процессы, делая их контекстно чувствительными и способствуя человеко-машинному взаимодействию (Dumas et al., 2023).

Оценка успешности ИКТ-профилей по отраслям

Оценки влияния ИКТ-профилей на рентабельность продаж и производительность труда компаний проводились в соответствии со спецификацией (1). Результаты расчетов показывают, что взаимосвязь типичного ИКТ-профиля с рентабельностью носит нелинейный характер. На рис. 3 представлены данные о значимой связи отдельных типов ИКТ-профилей с рентабельностью фирм, нормированные на средний уровень по отрасли.

Если в случае отрасли ИКТ, нефтяной промышленности и сферы общественного управления рассматриваемая связь носит положительный характер, то для металлургии, телекоммуникаций, строительства и производства товаров народного потребления — отрицательный. Негативное влияние может объясняться широким распространением устаревших или плохо интегрируемых технологий, поэтому для указанных отраслей наиболее актуально развитие ИКТ. Так, успех

Табл. 2. ИКТ-профили по отраслям				
Отрасль	Обозначение	Типичный	Комплексный	Специфический
Обслуживание зданий и территорий	UT	BPM, SaaS	BPM, CRM, SaaS, СЭД	
Творческая деятельность (искусство и индустрия развлечений)	ENT	BPM, SaaS	BPM, HRM, SaaS, СЭД	VSS, СКУД
ИКТ	INT	BPM, SaaS	BPM, CRM, SaaS, ИБ, ЦОД	Cloud Computing, IaaS, PaaS
Консультирование по вопросам управления	CST	BPM, SaaS	BPM, CRM, ITSM, SaaS, СЭД	
Легкая промышленность	LI	BPM, SaaS	ИБ, СЭД, SRS	
Лесное хозяйство и деревообработка	FST	SaaS, BKC	BPM, ERP, SaaS, СЭД	
Складские услуги	LD	WMS, LIS	TMS, LIS, СБА, FMS, SCN	BPM, SaaS, WMS
Машиностроение	ME	BPM, SaaS	BPM, CRM, SaaS, СЭД	PDM, PLM
Металлургическое производство	MET	BPM, SaaS	BPM, CRM, ITSM, SaaS, СЭД	BI, EAM, ERP
Операции с недвижимостью	RE	BPM, SaaS	BPM, HRM, SaaS, СЭД	
Добыча и переработка нефти	OIL	ERP, SaaS	TMS, СБА, FMS, SCN, СЭД	ERP, SCN
Образование	EDU	SaaS, BKC	BPM, HRM, SaaS, СЭД	
Деятельность общественных организаций	PUB	SaaS, BKC	BPM, CRM, SaaS	
Производство пищевых продуктов	FI	ERP, SaaS	CRM, ERP, ATS, учетные системы	CRM, ATS
Издательская деятельность	PRN	ERP, SaaS	Call-центры, CMS, CRM, учетные системы	
Реклама	PR	BPM, SaaS	BPM, CRM, ITSM, SaaS, СЭД	CRM, HRM, СУП
Телекоммуникации	AGR	BPM, SaaS	ITSM, SaaS, ИБ, ИКТ-аутсорсинг	Серверные платформы, ЦОД
Сельское хозяйство	TV	СБА, SCN	TMS, LIS, СБА, FMS, Спутниковая связь и навигация	Робототехника, СБА
Страхование	INS	BPM, СЭД	BI, CPM, CRM, ERP, HRM, ИБ, Корпоративные порталы, СЭД, СЭД-СПР, учетные системы	Корпоративные порталы, SRS
Строительство	CON	BPM, SaaS	TMS, СБА, FMS, спутниковая связь и навигация	
Производство товаров народного потребления	COM	ERP, SaaS	BI, Data Mining, Data Quality — качество данных, OLAP	BI, OLAP, WMS
Торговля	TD	BPM, SaaS	SCM, SRM, WMS	WMS, ATS
Общественное управление		SaaS, BKC	BI, Big Data, BPM, Data Mining, ERP, SCM, SRM	Информатизация гос-функций, Корпоративные порталы
	SOC			
Транспортировка и хранение	TR	СБА, SCN	TMS, LIS, СБА, FMS, SCN	Колл-центры, OSS/BSS
Гостиничное дело	TOU	ATS, учетные системы	BPM, SaaS, СЭД	
Здравоохранение	PHA	SaaS, BKC	BPM, CRM, SaaS, СЭД	ERP, MIS
Финансовые услуги	FIN	BPM, SaaS	BI, CRM, SaaS, ИБ, ИКТ-аутсорсинг, RBS, СЭД	SaaS, RBS
Химическое производство	CHM	ERP, SaaS	BPM, CRM, SaaS, СЭД	MES, WMS
Паро-, газо- и электроснабжение	ENR	SaaS, BKC	ERP, HRM, SaaS, СЭД, SRS	ERP, АСКУЭ
Юридические услуги	JUR	BPM, SaaS	BPM, CRM, ITSM, SaaS, СЭД	
Добыча прочих полезных ископаемых	MIN	SaaS, СЭД	BI, ERP, HRM, SaaS, СЭД	ERP, LIS
Источник: составлено авторами.				

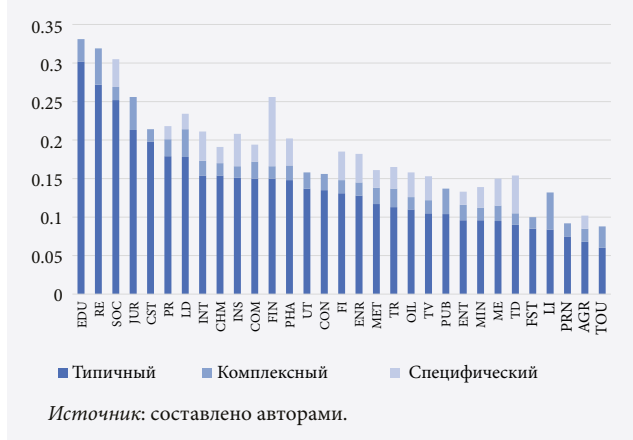
лидеров металлургии во многом обусловлен внедрением всего комплекса технологий ИКТ-профиля, что служит позитивным примером развития для компаний, придерживающихся неэффективного типичного профиля. Вместе с тем, положительное влияние профилей последнего типа на производительность фирм было выявлено в недвижимости, добыче полезных ископаемых и ИКТ.

В случае комплексного ИКТ-профиля положительная связь с рентабельностью продаж установлена в металлургии, транспорте, здравоохранении и энергетике,

хотя на увеличении производительности труда внедрение этих технологий не отражается (исключение составляет отрасль строительства). Следовательно, можно предположить, что рост эффективности происходит за счет снижения издержек и повышения качества принимаемых решений, но не сокращения штата.

Рассмотрение отдельных отраслей показывает, что в металлургии технологии типичного профиля (BPM и SaaS) входят в комплексный профиль, включающий BPM, SaaS, CRM и СЭД, что подчеркивает целесообразность внедрения последних двух технологий игроками

Рис. 2. Уровни внедрения ИКТ-профилей в отраслевом разрезе



металлургической отрасли. Подобный результат может объясняться тем, что у более эффективных компаний шире финансовые возможности для внедрения рассматриваемых технологий. В здравоохранении и энергетике ситуация несколько иная: типичный профиль не находится в отрицательной связи с рентабельностью и включает комбинацию таких базовых технологий, как ВКС и SaaS, в то время как более успешные игроки, помимо SaaS, располагают управленческими инструментами. В здравоохранении это BPM, CRM, СЭД, а в энергетике — ERP, HRM, СЭД, СЭД-СПР, т. е. в данных отраслях наиболее распространенный, типичный профиль характеризует набор необходимых технологий, которые при этом не позволяют компаниям опережать конкурентов. Аналогичная ситуация наблюдается в сфере транспорта, где технологии безопасности и контроля автотранспорта, спутниковой связи и навигации, входящие в типичный ИКТ-профиль, не связаны с рентабельностью бизнеса, тогда как наличие комбинированных систем (TMS, логистическая информационная система, FMS) положительно влияет на указанный показатель.

В сфере ИКТ типичный профиль, включающий BPM и SaaS, положительно связан как с производительностью труда работников, так и с рентабельностью компании. Такая комбинация технологий предположительно способствует более эффективной реализации человеческих ресурсов. Применение типичного профиля в отраслях недвижимости (BPM и SaaS) и добычи полезных ископаемых (СЭД и SaaS) повышает производительность труда даже по сравнению с компаниями, внедряющими более продвинутый комплексный профиль. При этом более эффективное использование трудовых ресурсов не приводит к более высокой рентабельности бизнеса.

Таким образом, ИКТ-профили и их типы оказывают влияние на финансовые результаты компаний, однако эта взаимосвязь варьирует между различными отраслями.

Заключение

Предпринятое исследование продемонстрировало целесообразность теоретического и практического рассмотрения устойчивых ИКТ-профилей компаний, под которыми понимаются комбинации одновременно применяемых технологий, выступающих источником конкурентных преимуществ за счет комплементарности ресурсов. Ресурсная теория фирмы позволила достичь двух теоретических результатов:

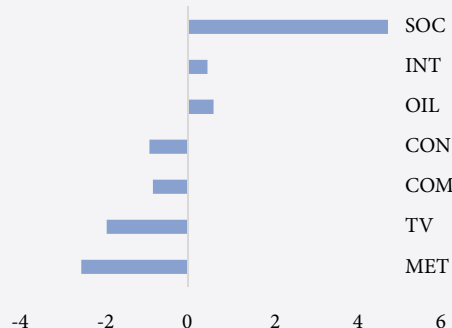
- вывода о продуктивности анализа ИКТ-профилей в отраслевом разрезе, учитывающем специфику ИКТ-архитектуры, и роли отдельных технологий в деятельности компаний;
- классификации ИКТ-профилей по популярности, сложности и уникальности в рамках отдельной отрасли с выделением типичного, комплексного и специфического их типов.

Методологический итог исследования состоит в адаптации метода ассоциативных правил для выявления ИКТ-профилей на уровне отраслей, включающего обобщение уровней «поддержки» и «достоверности».

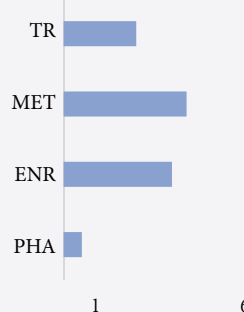
К ключевым эмпирическим результатам исследования можно отнести следующие. Анализ разнообразия

Рис. 3. Нормированная значимая оценка влияния ИКТ-профилей на рентабельность компаний в отраслевом разрезе

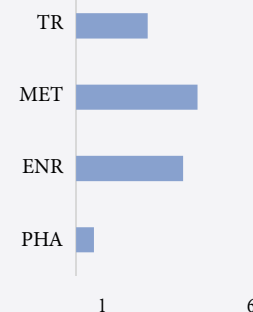
а) Типичный



б) Комплексный



в) Специфический



Источники: составлено авторами.

и сложности ИКТ-профилей показал значительную гетерогенность отечественного корпоративного ландшафта с точки зрения устойчивых комбинаций ИКТ в отраслевом разрезе. Это подтверждает необходимость учета отраслевых особенностей при разработке государственных программ стимулирования цифровой трансформации экономики. В среднем компании используют две ИКТ-системы, поэтому типичный ИКТ-профиль включает системы BPM и SaaS. Применение решений на базе ИИ не получило достаточного распространения в российских компаниях, что позволяет выделить этот вектор как перспективный путь цифровизации бизнеса. Анализ успешности ИКТ-профилей в терминах производительности и рентабельности продаж не дал однозначных результатов.

Теоретические и эмпирические выводы статьи могут быть полезны для повышения уровня цифровой зрелости и качества цифровой трансформации российских компаний, что отвечает требованиям национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Проведенное нами полномасштабное исследование ИКТ-профилей отечественного бизнеса на материале более 29 тысяч компаний из 31 отрасли позволило выделить три группы заинтересованных сторон. В первую очередь, это поставщики ИКТ-продуктов, которые смогут выявить потенциальные отраслевые ниши и возможности для мультитехнологичных продуктов. Вторая целевая группа — сами представители отрасли, которые смогут сравнить свой ИКТ-профиль с типичным по отрасли, оценить конкурентное окружение, альтернатив-

ные комбинации технологий, наиболее релевантные предложения на рынке поставщиков ИКТ-решений и меры оптимизации использования ИКТ на основе бенчмарков. Представляется, что это будет способствовать повышению спроса на ИКТ-продукты и технологии. Третья целевая группа — академическое сообщество, изучающее технологический менеджмент и экономику компаний. Наибольший интерес для нее представляют эмпирически верифицированные устойчивые комбинации ИКТ, отражающие отраслевую специфику и связанные с финансовыми результатами компаний.

К ограничениям проведенного исследования можно отнести неготовность многих российских компаний раскрывать информацию о внедрении ИКТ-систем. Работа опирается на открытые данные, размещенные в интернете, что не исключает возможности более широкого применения ИКТ-систем, в том числе с применением ИИ. Перспектива дальнейших изысканий связана с изучением динамики ИКТ-профилей и выявлением причин финансовой неуспешности отдельных ИКТ-профилей в определенных отраслях. Прикладной характер может иметь ежегодный мониторинг ИКТ-профилей отечественного бизнеса как аналитический инструмент для инвесторов и финансовых институтов. Для самих компаний такой мониторинг может стать инструментом долгосрочного развития, ресурсом, обеспечивающим устойчивость и прозрачность.

Исследование выполнено в рамках стратегического проекта НИУ ВШЭ «Цифровая трансформация: технологии, эффекты, эффективность».

Библиография

- Agarwal G.K., Magnusson M., Johanson A. (2021) Edge AI Driven Technology Advancements Paving Way Towards New Capabilities. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 18(01), 2040005. <https://doi.org/10.1142/S0219877020400052>
- Agrawal R., Imieliński T., Swami A. (1993) Mining association rules between sets of items in large databases. Paper presented at the 1993 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, June 1993. <https://doi.org/10.1145/170035.170072>
- Agrawal R., Srikant R., Road H., Jose S. (1994) Fast Algorithms for Mining Association Rules. Paper presented at the 20th International Conference on Very Large Data Bases (VLDB), September 12–15, 1994, Santiago de Chile, Chile.
- Amid A., Moalagh M., Zare Ravasan A. (2012) Identification and classification of ERP critical failure factors in Iranian industries. *Information Systems*, 37(3), 227–237. <https://doi.org/10.1016/j.is.2011.10.010>
- Barney J., Wright M., Ketchen D.J. (2001) The resource-based view of the firm: Ten years after 1991. *Journal of Management*, 27(6), 625–641. <https://doi.org/10.1177/014920630102700601>
- Batarseh F.A., Gopinath M., Monken A., Gu Z. (2021) Public policymaking for international agricultural trade using association rules and ensemble machine learning. *Machine Learning with Applications*, 5, 100046. <https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2021.100046>
- Bellemare M.F., Masaki T., Pepinsky T.B. (2017) Lagged Explanatory Variables and the Estimation of Causal Effect. *The Journal of Politics*, 79(3), 949–963. <https://doi.org/10.1086/690946>
- Chae H.-C., Koh C.E., Prybutok V.R. (2014) Information Technology Capability and Firm Performance: Contradictory Findings and Their Possible Causes. *MIS Quarterly*, 38(1), 305–326. <https://doi.org/10.25300/MISQ/2014/38.1.14>
- Chae H.-C., Koh C.E., Park K.O. (2018) Information technology capability and firm performance: Role of industry. *Information & Management*, 55(5), 525–546. <https://doi.org/10.1016/j.im.2017.10.001>
- Coşkun E., Gezici B., Aydos M., Tarhan A.K., Garousi V. (2022) ERP failure: A systematic mapping of the literature. *Data & Knowledge Engineering*, 142, 102090. <https://doi.org/10.1016/j.datak.2022.102090>
- Daviy A. (2022) Does the regional environment matter in ERP system adoption? Evidence from Russia. *Journal of Enterprise Information Management*, 36(2), 437–458. <https://doi.org/10.1108/JEIM-11-2021-0488>
- Devece C., Palacios-Marqués D., Galindo-Martín M.-Á., Llopis-Albert C. (2017) Information Systems Strategy and its Relationship with Innovation Differentiation and Organizational Performance. *Information Systems Management*, 34(3), 250–264. <https://doi.org/10.1080/10580530.2017.1330002>
- Díaz-Chao Á., Ficopal-Cusí P., Torrent-Sellens J. (2021) Environmental assets, Industry 4.0 technologies and firm performance in Spain: A dynamic capabilities path to reward sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 281, 125264. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125264>
- Dumas M., Fournier F., Limonad L., Marrella A., Montali M., Rehse J.-R., Accorsi R., Calvanese D., De Giacomo G., Fahland D., Gal A., La Rosa M., Völzer H., Weber I. (2023) AI-Augmented Business Process Management Systems: A Research Manifesto. *ACM Transactions on Management Information Systems*, 14(1), 1–19. <https://doi.org/10.1145/3576047>

- Enholm I.M., Papagiannidis E., Mikalef P., Krogstie J. (2022) Artificial intelligence and business value: A literature review. *Information Systems Frontiers*, 24(5), 1709–1734. <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10186-w>
- Enekwe C., Agu C., Nnagbogu E. (2014) The Effect of Financial Leverage on Financial Performance: Evidence of Quoted Pharmaceutical Companies in Nigeria. *IOSR Journal of Economics and Finance*, 5(3), 17–25. <https://doi.org/10.9790/5933-0531725>
- Geum Y., Lee H., Lee Y., Park Y. (2015) Development of data-driven technology roadmap considering dependency: An ARM-based technology roadmapping. *Technological Forecasting and Social Change*, 91, 264–279. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2014.03.003>
- Gupta S., Qian X., Bhushan B., Luo Z. (2019) Role of cloud ERP and big data on firm performance: A dynamic capability view theory perspective. *Management Decision*, 57(8), 8. <https://doi.org/10.1108/MD-06-2018-0633>
- Habibi F., Zabardast M.A. (2020) Digitalization, education and economic growth: A comparative analysis of Middle East and OECD countries. *Technology in Society*, 63, 101370. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101370>
- HassabElnaby H.R., Hwang W., Vonderembse M.A. (2012) The impact of ERP implementation on organizational capabilities and firm performance. *Benchmarking: An International Journal*, 19(4/5), 618–633. <https://doi.org/10.1108/14635771211258043>
- Hegland M. (2003) Algorithms for Association Rules. In: *Advanced Lectures on Machine Learning: Machine Learning Summer School 2002 Canberra, Australia, February 11–22, 2002, Revised Lectures* (eds. S. Mendelson, A.J. Smola), Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer, pp. 226–234. https://doi.org/10.1007/3-540-36434-X_7
- Hendricks K.B., Singhal V.R., Stratman J.K. (2007) The impact of enterprise systems on corporate performance: A study of ERP, SCM, and CRM system implementations. *Journal of Operations Management*, 25(1), 65–82. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.02.002>
- Hikmawati E., Maulidevi N.U., Surendro K. (2021) Minimum threshold determination method based on dataset characteristics in association rule mining. *Journal of Big Data*, 8(1), 146. <https://doi.org/10.1186/s40537-021-00538-3>
- Hill A.D., Johnson S.G., Greco L.M., Walter S.L. (2021) Endogeneity: A Review and Agenda for the Methodology-Practice Divide Affecting Micro and Macro Research. *Journal of Management*, 47(1), 105–143. <https://doi.org/10.1177/0149206320960533>
- Jacobsson M., Linderöth H.C.J., Rowlinson S. (2017) The role of industry: An analytical framework to understand ICT transformation within the AEC industry. *Construction Management and Economics*, 35(10), 611–626. <https://doi.org/10.1080/01446193.2017.1315148>
- Karim M.S., Nahar S., Demirbag M. (2022) Resource-Based Perspective on ICT Use and Firm Performance: A Meta-analysis Investigating the Moderating Role of Cross-Country ICT Development Status. *Technological Forecasting and Social Change*, 179, 121626. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121626>
- Kaur J., Dharni K. (2022) Assessing efficacy of association rules for predicting global stock indices. *DECISION*, 49(3), 329–339. <https://doi.org/10.1007/s40622-022-00327-8>
- Kotsiantis S., Kanellopoulos D. (2006) Association rules mining: A recent overview. *GESTS International Transactions on Computer Science and Engineering*, 32(1), 71–82.
- Li L., Tong Y., Wei L., Yang S. (2022) Digital technology-enabled dynamic capabilities and their impacts on firm performance: Evidence from the COVID-19 pandemic. *Information & Management*, 59(8), 103689. <https://doi.org/10.1016/j.im.2022.103689>
- Mithas S., Rust R.T. (2016) How Information Technology Strategy and Investments Influence Firm Performance: Conjecture and Empirical Evidence. *MIS Quarterly*, 40(1), 223–245. <https://doi.org/10.25300/MISQ/2016/40.1.10>
- Oh I., Kim J. (2023) Frontiers and laggards: Which firms benefit from adopting advanced digital technologies? *Managerial and Decision Economics*, 44(2), 753–766. <https://doi.org/10.1002/mde.3710>
- Shakina E., Naidenova I., Barajas A. (2022) Shadow prices for intangible resources. *Journal of Intellectual Capital*, 23(3), 666–686. <https://doi.org/10.1108/JIC-02-2020-0031>
- Teece D.J. (2018) Profiting from innovation in the digital economy: Enabling technologies, standards, and licensing models in the wireless world. *Research Policy*, 47(8), 1367–1387. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2017.01.015>
- Wu Y.-C.J., Dong T.-P., Chang C.-L., Liao Y.-C. (2015) A collaborative learning lesson from using effective information technology combinations. *Computers in Human Behavior*, 51, 986–993. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.10.008>
- Xue Y., Liang H., Boulton W.R., Snyder C.A. (2005) ERP implementation failures in China: Case studies with implications for ERP vendors. *International Journal of Production Economics*, 97(3), 279–295. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.07.008>
- Zavertiaeva M.A., López-Iturriaga F.J., López-Iturriaga F.J. (2020) Networks of directors on Russian boards: The hidden part of the corporate governance iceberg. *Russian Management Journal*, 18(1), 29–50. <https://doi.org/10.21638/spbu18.2020.102>

Приложение 1. Описание технологий, вошедших в ИКТ-профили российских компаний	
Технология	Расшифровка
BPM	Управление бизнес-процессами, улучшение эффективности и качества работы организаций путем оптимизации бизнес-процессов.
SaaS	Хранение приложений на удаленных серверах с обеспечением доступа через веб-браузер без необходимости установки на пользовательские устройства.
CRM	Управление отношениями с клиентами: технологии для привлечения, удержания и улучшения отношений с клиентами.
СЭД	Создание, обработка, хранение и передача электронных документов в рамках организации.
HRM	Управление кадровыми ресурсами в организации: планирование, найм, обучение, управление производительностью и увольнение сотрудников.
WMS	Управление складскими операциями: приемка, хранение и отгрузка товаров.
LIS	Автоматизация лабораторных процессов: сбор, обработка и анализ медицинских данных.
TMS	Управление логистическими операциями: планирование маршрутов, отслеживание грузов и управление транспортными средствами.
MES	Управление производственными операциями: планирование, отслеживание процессов и контроль качества продукции.
PDM	Управление всей информацией о промышленном изделии.
PLM	Управление жизненным циклом продукта, начиная от концепции и заканчивая вводом в эксплуатацию.
ЦОД	Обработка данных на серверах и другом вычислительном оборудовании.
ITSM	Проектирование, создание, поставка, эксплуатация и контроль информационно-технологических услуг, предоставляемых клиентам.
SRS	Оцифровка электронных документов.
BI	Сбор, анализ и преобразование данных в информацию, которая помогает компаниям принимать более обоснованные бизнес-решения.
CPM	Управление корпоративной производительностью: планирование, бюджетирование, прогнозирование и анализ финансовых и операционных данных для достижения стратегических целей компании.
FMS	Управление оборудованием, материалами, персоналом и производственными процессами для оптимизации деятельности предприятия.
ИБ	Защита информации от несанкционированного доступа, утечки, повреждения или уничтожения.
Cloud Computing	Предоставление по требованию доступа к вычислительным ресурсам через интернет — серверам, хранилищам данных и приложениям с взиманием платы только за использование.
OSS/BSS	Комплексное управление телекоммуникационными ресурсами предприятия.
PaaS	Облачные вычисления, предоставляющие пользователям доступ к платформе для разработки, тестирования и развертывания приложений без необходимости управления инфраструктурой.
IaaS	Предоставление виртуальных вычислительных ресурсов через интернет: аренда инфраструктуры, такой как виртуальные машины, хранилища данных и сетевые ресурсы как альтернатива их самостоятельному приобретению и поддержке.
CMS	Создание, редактирование и управление контентом на веб-сайтах: инструменты для управления контентом (создание и редактирование страниц), пользователями и правами доступа.
OLAP	Сбор, обработка и анализ больших объемов данных из различных источников для принятия стратегических бизнес-решений.
SCM	Управление потоком товаров и услуг от поставщиков до конечных потребителей: системы управления запасами, прогнозирование спроса, управление заказами и логистику.
SRM	Решения в сфере управления взаимоотношениями с поставщиками, нацеленные на стратегический выбор поставщиков, новых видов разрабатываемой продукции из возможных альтернатив, реализацию всего цикла закупок, включая электронную торговую площадку.
СКУД	Контроль доступа к зданиям, помещениям или информационным системам: системы идентификации, аутентификации и авторизации доступа.
ERP	Управление бизнес-процессами, которое позволяет компаниям автоматизировать и улучшить управление персоналом и ресурсами, такими как финансы, производство, продажи и закупки.
BKC	Видеоконференцсвязь, позволяющая пользователям находиться в разных местах и обмениваться видео-, аудио- и текстовой информацией в режиме реального времени.
VSS	Специализированные приложения для управления камерами, записи и воспроизведения видео, анализа полученных данных и оповещения о возможных угрозах. Могут устанавливаться на компьютеры операторов системы или на специальные серверы, которые обеспечивают хранение и обработку записей.
SCN	Обеспечение связи между спутником и Землей, идентификация местоположения объектов на поверхности планеты: приложения для навигации, использующие данные спутниковых систем для высокоточного определения координат объектов.
СУП	Управление временем, бюджетом, ресурсами, задачами и коммуникацией в рамках проекта.
СБА	Мониторинг и управление безопасностью транспортных средств путем отслеживания местоположения, скорости, направления движения, расхода топлива, состояния двигателя и других параметров автомобилей.
ATS	Кассовые серверы для управления кассовым узлом; системы управления торговым залом; системы управления торговым предприятием; дополнительные модули к системам управления торговлей — поддержки принятия решений, автоматизации выкладки и т. п.
RBS	Обеспечение клиентам банка доступа к финансовым счетам и услугам через интернет.

Пищевые технологии в экономике замкнутого цикла

Адриан Чордаш

Преподаватель, Факультет экономики и бизнеса (Faculty of Economics and Business), csordas.adrian19@gmail.com

Университет Дебрецена (Debrecen University), Венгрия, 4032 Debrecen, Hungary

Аннотация

Рост цен на продукты питания, усиление конкуренции и борьба за сохранение бизнеса подталкивают игроков продовольственного сектора к внедрению инновационных стратегий. Пищевые отходы и потери представляют серьезную проблему, решение которой могло бы внести существенный вклад не только в достижение Целей устойчивого развития (ЦУР), но и, благодаря новым подходам, в повышение конкурентоспособности и улучшение финансовых результатов предприятий отрасли. Проблематика пищевых отходов чаще рассматривается с точки зрения производства, тогда как розничная торговля не получает достаточного внимания исследователей. Апсайклинг (англ. *upcycling* — трансформация, творческая переработка) продуктов питания — инновационное решение, позволяющее превратить пищевые отходы или излишки в товарную продукцию. В настоящем исследовании проанализировано отношение потребителей к трансформированным пищевым продуктам, изготовленным из излишков, а также конкурентные преимущества, которые ритейлеры способны из этого извлечь.

Анализ научной литературы на базе рекомендаций PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses for Protocols — Предпочтительные

элементы отчетности для систематического обзора и метаанализа протоколов) позволяет выявить ряд важных характеристик продукции апсайклинга, с которой широкая публика пока плохо знакома. Наибольшей популярностью такие продукты пользуются среди экологически сознательных потребителей. Распространено мнение, что чем меньшей обработке продукты питания подвергаются, тем лучше. Поскольку в случае апсайклинга уровень обработки остается низким, технофобия должна служить не сдерживающим, а, напротив, стимулирующим спрос фактором. Как и в случае с обычными продуктами питания, потребительские решения определяются вкусом, чувственной привлекательностью и ценой творчески переработанной продукции. Без существенного увеличения расходов на маркетинг инновационные предприятия розничной торговли могут привлечь потенциальных клиентов с помощью комплексной и информативной рекламы. Наиболее эффективным форматом служат офлайн-презентации и дегустации, однако не менее важно и распространение информации в интернете. Продажа продуктов питания, подвергнутых апсайклингу, наряду с вкладом в достижение ЦУР, обеспечит ритейлерам конкурентные преимущества.

Ключевые слова: инновации; конкурентоспособность; потребитель; принятие технологии; технофобия; творческая переработка; еда; розничная торговля; маркетинг; Цели устойчивого развития

Цитирование: Csordas A. (2024) Foodtech for the Circular Economy. *Foresight and STI Governance*, 18(2), pp. 58–68. DOI: 10.17323/2500-2597.2024.2.58.68

Foodtech as Part of the Circular Economy

Adrián Csordás

Lecturer, Faculty of Economics and Business, csordas.adrian19@gmail.com

University of Debrecen, 4032 Debrecen, Hungary

Abstract

Increasing food prices, intensifying competition, and even the need for sustainable operations lead players in the food sector to innovative strategies. Food Loss and Waste (FLW) is a major issue, the solution for which could significantly contribute not only to the achievement of Sustainable Development Goals (SDGs) but through novel approaches to the competitiveness and financial success of said actors. FLW studies are often related to production, while the retailers have not been broadly researched. Food upcycling has been emerging as an innovative solution, to transfer food loss into marketable food products. The current study analyzes the surplus-based upcycled food products' consumer acceptance and the competitive advantages that could be realized by the exploitation of this innovative approach. Following the Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines, some of the essential product features could be observed based on academic publications.

The upcycled food is not well-known. Individuals who are environmentally conscious most support this type of product. However, the low level of processing was seen as a desirable feature for everyone. Due to the low level of processing, technophobia should not hamper, but rather support the spread and use of surplus-based products. Similar to conventional food, taste, sensory appeal, and price are those characteristics that can influence consumers' decision-making. Without a significant increase in marketing expenditures, innovative retailers can influence potential customer engagement through comprehensive and educational advertising. Offline presentations and trials are consistently more persuasive in involving customers, but the significance of online information sharing is equally important. These results imply that innovative businesses, by selling upcycled food, could realize competitive advantages from multiple sources while contributing to the SDGs.

Keywords: innovation; competitiveness; consumer; technology acceptance; technophobia; upcycling; food; retail; marketing; Sustainable Development Goals

Citation: Csordas A. (2024) Foodtech for the Circular Economy. *Foresight and STI Governance*, 18(2), pp. 58–68. DOI: 10.17323/2500-2597.2024.2.58.68

Продовольственный сектор характеризуется высокой динамикой и уровнем конкуренции. Ключевая роль в формировании потребительского спроса и развитии продовольственной системы в целом принадлежит предприятиям розничной торговли. В поиске своей ниши в изменчивом ландшафте производства и дистрибуции пищевых продуктов и отходов ритейлеры сталкиваются с самыми разными вызовами и возможностями. Чтобы привлечь и удержать клиентов, им приходится применять различные подходы. Одним из главных конкурентных факторов выступает цена: производители продуктов питания постоянно стремятся снизить затраты, чтобы дать потребителям возможность сэкономить. Другое важное направление конкуренции — ассортимент продукции: предложение должно соответствовать потребностям клиентов. Критическое значение имеют также экономические аспекты. Конкурентные преимущества получают те игроки, которым удастся решить все упомянутые проблемы.

Ключом к решению перечисленных проблем могут стать пищевые отходы и потери (ПОП), образующиеся у предприятий розничной торговли. Хотя эти излишки можно продуктивно использовать, их потенциал остается нереализованным. По оценкам Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (Food and Agriculture Organization, FAO) (FAO, 2011), в мире пропадает впустую или выбрасывается примерно треть всех произведенных пищевых продуктов. Распределение этих потерь по цепочке создания стоимости крайне неравномерно, однако роль розничной торговли в ПОП остается весьма существенной (Luo et al., 2022; Goodman-Smith et al., 2020). Большие отходы ритейлеров обусловлены в первую очередь неадекватным хранением, ошибочными прогнозами и затовариванием (Herzberg et al., 2022; Riesenegger, Hübner, 2022; de Moraes et al., 2020). Распространенной контрмерой служат значительные скидки на продукты с истекающим сроком годности (Wu, Honhon, 2023; Tsalis et al., 2021). Однако по его истечении такие продукты уже не приносят прибыли. Иногда их жертвуют на благотворительность, используют в качестве компоста или продают для утилизации и апсайклинга (англ. *upcycling* — трансформация, творческая переработка) (Lowrey et al., 2023; Nenciu et al., 2022; Huang et al., 2021).

Инновационные производители осознали рыночную ценность данного ресурса. Апсайклинг предполагает преобразование пищевых отходов в новые ценные продукты вместо их отправки на свалку. Такой творческий подход не только сокращает потери продуктов питания, но и создает новые источники прибыли (May, Guenther, 2020) и снижает вредное воздействие на окружающую среду (Punia Bangar et al., 2024; Miroso, Bremer, 2023), повышая экологическую и социальную ответственность бизнеса (Horoś, Ruppenthal, 2021; Jeswani et al., 2021). Продуктовый апсайклинг включает широкий спектр инновационных решений, прежде всего переработку побочных продуктов. Хотя между продуктами питания, изготовленными из побочных продуктов и пищевых излишков, имеется существенная разница, исследователи редко уделяют этому внимание.

Под излишками понимается продукция, произведенная (собранная) сверх имеющегося спроса (потребности) (Papargyropoulou et al., 2014). Побочные продукты — это вторичные продукты или вещества, полученные в ходе производства или переработки других (первичных) продуктов (Raṭu et al., 2023). Первые были изначально предназначены для потребления человеком, тогда как вторые могут стать пригодными для этих целей лишь после переработки (Damiani et al., 2021; Alao et al., 2017). Описанные особенности нередко порождают путаницу в понимании того, что считать сырьем творчески переработанных продуктов питания (Thorsen et al., 2022).

Помимо теоретических проблем существуют серьезные расхождения в организации производства продуктов питания из различного сырья. Если в одном случае его объем известен и предсказуем, то в другом ни его тип, ни количество предсказать невозможно, что затрудняет планирование деятельности ритейлеров. В некоторых случаях усилия по решению таких проблем могут оказаться экономически оправданными на фоне роста цен на продукты питания во всем мире из-за инфляции, вызванной пандемией и военными конфликтами, что вынуждает потребителей экономить (Abay et al., 2023; Fan et al., 2023). Повышение экологической сознательности также подогревает спрос на переработанные продукты питания (Chanda et al., 2023; Kim, Lee, 2023; Sharma et al., 2023).

Цель настоящей статьи состоит в оценке ниши трансформированных продуктов питания, изготовленных из излишков, через анализ их принятия потребителями. Выявлены потенциальные преимущества описанного инновационного подхода в розничной торговле.

Материалы и методы

Системный обзор литературы обеспечивает структурированный подход к оценке информации по конкретному рассматриваемому вопросу. Данный метод включает выявление в рамках заданных критериев поиска оценку и анализ исследований, опубликованных в авторитетных журналах (Mishra, Mishra, 2023). Предпринятый обзор был выполнен в соответствии с рекомендациями PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses for Protocols — Предпочтительные элементы отчетности для систематических обзоров и метаанализа для протоколов), изначально разработанными для исследований в сфере здравоохранения (Page et al., 2021).

Релевантную информационную выборку обеспечил поиск публикаций по базам данных Scopus, Web of Science и Science Direct по ключевым словам «принятие» (*acceptance*), «продукты питания» (*food*), «апсайклинг» (*upcycling*), «переработанный» (*upcycled*). Использование логических операторов «и» и «или» позволило специфицировать поисковые запросы. Поиск осуществлялся по заголовкам, аннотациям и ключевым словам статей. Учитывались только публикации на английском языке, проиндексированные до 26 декабря 2023 г. Всего были выявлены 682 статьи. Они были обработаны с помощью бесплатной онлайн-платформы для выпол-

Рис. 1. Процесс системного обзора литературы



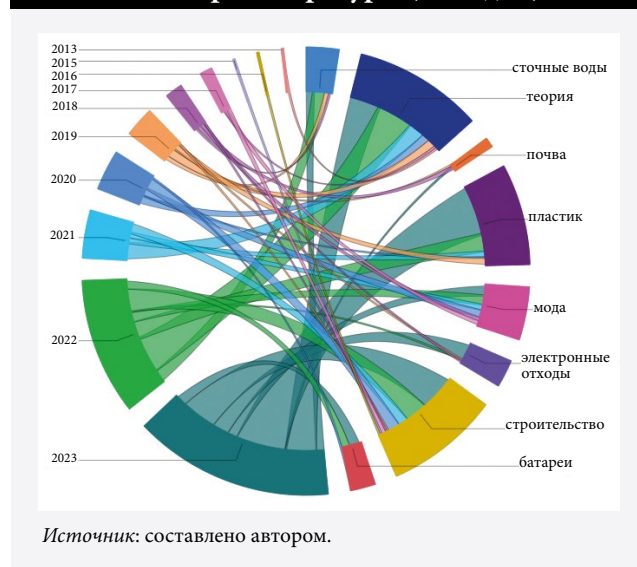
нения системных обзоров литературы Rayuan¹. Анализируются только работы, основанные на первичных данных; при этом строго контролировалось соответствие авторского определения творчески переработанных продуктов питания (*upcycled food*) используемому нами, поскольку данным термином зачастую обозначают разные продукты (Spratt et al., 2021).

Число статей, посвященных исключительно принятию продуктов питания, произведенных без применения побочных продуктов, оказалось незначительным, поэтому проанализированы были также исследования, в которых определение не включает критерий использования излишков. Поскольку излишки продовольствия часто приравниваются к пищевым отходам (FAO, 2015), данное выражение было исключено из числа поисковых критериев. Чтобы расширить выборку анализируемых статей, рассматривались также публикации, не относящиеся к академической сфере. Однако подходящих для анализа материалов обнаружено не было, что может свидетельствовать о недостаточном внимании к теме. На рис. 1 представлена схема использованного метода.

Анализ выбранных статей в приложении Rayuan выявил дубликаты и исследования, не удовлетворяющие заданным критериям. По итогам этого раунда осталось 552 статьи. Первоначальная фильтрация была выполнена по аннотациям статей, по ее окончании были исключены еще 174 публикации. На следующем этапе оставшиеся 378 исследований были проанализированы для определения различных факторов принятия продукции апсайклинга потребителями. Установлено, что в целом популярность таких продуктов растет, поскольку они вносят существенный вклад в достижение ЦУР.

Собранная база данных содержит широкий спектр менее релевантных исследований. Как видно на рис. 2, значительная часть статей, опубликованных в 2023 г., были посвящены изучению «пластика». Вероятно, это

Рис. 2. Тематика публикаций, исключенных из обзора литературы (по годам)



обусловлено значительным ростом числа исследований, посвященных способам замены пластиковой упаковки пищевых продуктов на биоразлагаемую или съедобную (Bhargava et al., 2020; Dilkes-Hoffman et al., 2018). Статьи по тематике, не связанной с настоящим исследованием, распределились следующим образом: батареи — 17, строительство — 77, электронные отходы — 21, мода — 34, пластик — 73, теория — 84, почва — 6, сточные воды — 21. После тщательного отсева осталось всего 5 научных публикаций, удовлетворяющих всем критериям.

Результаты

Обзорные статьи

Для более глубокого исследования имеющегося массива знаний был выполнен анализ обзорных статей. В его основу лег тот же метод PRISMA, в данном случае учитывавший только библиографические исследования. Из 53 найденных обзоров только 4 были признаны релевантными для настоящего исследования. Их основные результаты представлены в табл. 1.

Анализ опубликованных работ выявил существенные различия между используемыми авторами определениями. В частности, эти различия касаются сырья для апсайклинга продуктов питания. Широкий подход определяет такое сырье, как ингредиенты, которые в противном случае не применялись бы для потребления человеком (Moshtaghian et al., 2021). Более конкретный подход предполагает учет сырья, которое обычно выбрасывается в ходе производства продуктов питания (его часто называют смежными или побочными продуктами) (Bhatt et al., 2020). И лишь самый экстенсивный подход предполагает учет излишков продуктов питания как возможного сырья для апсайклинга (Thorsen et al., 2022).

¹ <https://www.rayuan.ai/>, дата обращения 18.01.2024.

Табл. 1. Обзорные исследования научной литературы по принятию продукции апсайклинга

Предмет исследования (литература)	Основные результаты
Стадии потребительского поведения при переходе к продовольственным системам замкнутого цикла (do Canto et al., 2021)	Выделены три этапа потребительского транзита к продовольственным системам замкнутого цикла: линейный, когда такой переход косвенно стимулируется акцентом на вторичные экологические или социальные выгоды; трансформационный, который характеризуется сочетанием традиционных моделей и новых систем замкнутого цикла; и собственно замкнутый цикл — сознательный выбор потребителями соответствующего образа жизни.
Влияние продуктовых этикеток с данными об углеродном следе на потребительское поведение (Rondoni, Grasso, 2021)	Более экологически ориентированные женщины с более высоким уровнем образования и доходами чаще поддерживают размещение информации об углеродном следе на продуктах.
Факторы принятия продуктов питания, произведенных из побочных продуктов (Aschemann-Witzel, Stangherlin, 2021)	На принятие продуктов, изготовленных из побочных продуктов, влияют их характеристики, ситуационные факторы и индивидуальные особенности потребителей. Способствовать этому могут развитие экологического сознания и информирование общества о природоохранном эффекте подобного перехода.
Проблемы продукции апсайклинга (Moshtaghian et al., 2021)	Определение творчески переработанных продуктов питания, их роли в стратегиях управления пищевыми отходами и идентификация их потребителей.
Источник: составлено автором.	

Научные статьи

Проблема пищевых отходов на материале Малайзии рассматривается в работе (Jamaludin et al., 2022). Источником данных послужило обследование, проведенное в Куала-Лумпуре и окрестностях с октября по ноябрь 2021 г. На вопросы полуструктурированной анкеты ответили 147 респондентов. Авторы провели еще и пилотное обследование для проверки четкости и обоснованности вопросов. Респондентам предлагалось выбрать между двумя моделями, исходя из своих предпочтений. В соответствии с первой моделью, произведенные продукты питания потребляются домохозяйствами, а возможные остатки отправляются на свалку, что ведет к росту выбросов метана и CO2 и негативным последствиям для климата. Во втором случае возможные пищевые отходы направляются на производство продуктов более высокого качества путем переработки. Подавляющее большинство респондентов выбрали вторую модель, т. е. экономику замкнутого цикла. 10% респондентов, отдавших предпочтение первой модели, оказались мужчинами с низким уровнем дохода и образования. Анкета включала также вопросы о вкусовых свойствах продукции апсайклинга. В целом менее 20% опрошенных оценили эти продукты как невкусные. Столь высокая открытость респондентов сопровождалась готовностью пойти на некоторые расходы: 7 из 10 выразили согласие еженедельно платить определенную сумму за вывоз пищевых отходов из своих домов, почти 6 из 10 были готовы платить за это даже больше, более скептически настроенные согласились бы платить за эту услугу, но меньшую сумму.

Принятие продукции апсайклинга через призму действовавших в нем инноваций проанализировано в исследовании (Hellali, Korai, 2023). Источником данных послужила потребительская панель Dynata. Были опрошены 1014 респондента, репрезентативных с точки зрения демографии Квебека. Обследованию предшествовало пилотное тестирование и одобрение Комитета по этике исследований с участием человека Университета Лавалья (Comités d'éthique de la recherche avec des êtres humains de l'Université Laval, CERUL). С помощью про-

рамного обеспечения SurveyMonkey авторы разработали три анкеты на базе пятибалльной шкалы Лайкерта. Респондентов просили оценить творчески переработанные продукты питания с точки зрения использованных при их производстве инноваций. На первом уровне оценивались инкрементальные инновации и их соответствие тем или иным потребностям пользователей либо улучшения характеристик существующих продуктов. Модельным продуктом на данном этапе выступало пиво, изготовленное из непроданного хлеба. На втором уровне оценивались подрывные инновации — новые методы, технологии или бизнес-модели, существенно меняющие восприятие, способы предоставления либо характер потребления продукта или услуги. Примером здесь служил веганский майонез, приготовленный из отвара нута. Наиболее значимые для рынка и потребителя изменения происходят в результате появления радикальных инноваций, связанных с фундаментальной трансформацией продуктов, рождением новых концепций и революционных идей, взламывающих прежние границы. Примерами выступили напечатанные на 3D-принтере закуски из обезвоженного теста.

Анкеты были случайным образом распределены между респондентами; в каждой были приведены три примера для облегчения понимания. Для проверки надежности, конвергентных и разграничительных свойств скрытых переменных (отношения, поведенческих намерений, экологического сознания, пищевой неophobia, воспринимаемой полезности и неприятия риска) был выполнен подтверждающий факторный анализ. Все значения факторных нагрузок скрытых переменных за исключением неприятия риска превысили 0.5, однако эта переменная не была удалена, поскольку результат продемонстрировал корректность шкалы и стал дополнительным свидетельством конвергентной валидности модели. Способность модели представлять данные была проверена и верифицирована различными показателями, в частности RMSEA, CFI и TLI.

Статистические тесты выявили четкую связь между положительным отношением к продуктовому апсайклингу и готовностью потреблять такие продукты. По

мнению авторов, полученные результаты подтверждают также положительный эффект представления потребителей о полезности продуктов питания, полученных в рамках экономики замкнутого цикла, на отношение к продукции апсайклинга. Однако если экологическое сознание меняет восприятие полезности технологий переработки отходов в продукты питания в положительную сторону, то пищевая неофобия, неприятие риска и уровень инновационности технологий влияют негативно. Чем выше инновационность пищевых продуктов, тем ниже воспринимаемая полезность инноваций, лежащих в их основе. Это объясняется чувственной привлекательностью и эмоциональной реакцией отторжения технологий трансформации продуктов питания. В половозрастном разрезе женщины более склонны принимать технологии апсайклинга, чем мужчины, тогда как значимость возраста в данном вопросе статистически не подтверждена.

Потребительские предпочтения в отношении питательных, экологических аспектов и безопасности продукции апсайклинга проанализированы в работе (Moshtaghian et al., 2023). Данные для исследования были собраны с помощью анкеты, специально разработанной для выявления социально-демографических характеристик респондентов, их отношения и факторов, определяющих выбор творчески переработанных продуктов питания. Вопросы анкеты были преимущественно посвящены воздействию пищевых отходов на окружающую среду, опыту потребления продукции апсайклинга, готовности это делать, значению добавленной стоимости потребления подобной продукции и предпочтительности обычных продуктов. Вопросы были сгруппированы по трем разделам: питательные свойства пищевых продуктов, их экологические характеристики и безопасность. Для ответа на вопросы использовалась пятибалльная шкала Лайкерта. Анкета включала не только определение продуктового апсайклинга (продукты питания, изготовленные из ингредиентов, не предназначенных для употребления в пищу, или из отходов), но и несколько примеров. Ответы фиксировались через платформу SUNET на сайте Буросского университета (University of Borås). С сентября по декабрь 2021 г. эту анкету на английском и шведском языках заполнил 681 житель Швеции в возрасте 18 лет и старше. Демографический анализ показал, что во всех возрастных группах большинство составляли женщины. В группе пожилых людей доля небольших домохозяйств (без детей) была выше, чем в других возрастных когортах.

Согласно полученным данным, респонденты в возрасте 18–39 лет испытывают несколько большую обеспокоенность воздействием пищевых отходов на окружающую среду, чем другие возрастные группы. Все категории опрошенных оказались готовы потреблять трансформированные продукты питания. Примерно половина респондентов уже пробовали такие продукты, вторая не смогла точно ответить на этот вопрос. Один из десяти респондентов во всех трех возрастных группах (18–39, 40–64, 65+) выразил предпочтение традиционным продуктам питания, аналогичная доля сочла важной добавленную стоимость потре-

бления продукции апсайклинга, тогда как ее питательные свойства оказались менее важными для всех групп. Самыми существенными характеристиками такой продукции респонденты сочли ее питательную ценность и минимальный уровень обработки. Ни одна группа не назвала низкокалорийность и низкое содержание жиров важными питательными свойствами творчески переработанных продуктов питания. У более молодых участников опроса проблем с переработанными / минимально обработанными продуктами питания оказалось меньше, чем у респондентов среднего и пожилого возраста. Питательные свойства и содержание витаминов и минералов в таких продуктах оказались для этой группы менее важными, чем для самой старшей. Что касается экологических характеристик, все респонденты поставили на первое место вклад апсайклинга в сокращение пищевых отходов. На втором месте по значимости для молодых респондентов находится зеленое производство, а для людей среднего возраста — зеленая упаковка. Место производства продуктов мало интересует всех респондентов, хотя пожилые люди оценили его важность несколько выше, чем молодые. Самые молодые респонденты оценили роль зеленой упаковки ниже, чем все остальные группы.

Авторы исследования проанализировали характеристики безопасности продукции апсайклинга. Наиболее существенным для всех респондентов оказалось отсутствие в ней примесей и вредных веществ. Представители старшей и средней возрастных групп уделили больше внимания отсутствию ГМО, гормонов, добавок и химикатов, чем младшая группа. В части социально-демографических характеристик первая обобщенная линейная модель (с учетом пола) выявила положительную связь между возрастом и значимостью всех питательных свойств продуктов. Вторая модель (с учетом уровня образования, типа занятости и дохода) не обнаружила аналогичной корреляции для содержания клетчатки, белка и других питательных свойств. Относительно экологических характеристик ни одна модель не установила связи между возрастом и важностью зеленого производства и упаковки. Первая модель показала положительную связь между возрастом и местом производства (предпочтение местной продукции), вторая — нет. Первая модель не выявила связи между признанием значимости сокращения пищевых отходов и возрастом, однако вторая обнаружила отрицательную связь между этими характеристиками. Что касается питательных свойств, то первая модель продемонстрировала положительную связь между восприятием важности всех характеристик безопасности пищевых продуктов и возрастом респондентов, тогда как вторая не показала такой связи в вопросе отсутствия вредных примесей.

Отношение новозеландских потребителей к творчески переработанному крафтовому пиву и возможные эффективные методы его продвижения проанализированы в работе (Goodman-Smith et al., 2023). Для сбора данных исследователи совместно с Citizen Collective разработали анкету и провели пилотное обследование. Полное обследование было выполнено поисковым

методом с применением скорректированной анкеты и целевой (неслучайной) выборки в магазине (в феврале) и онлайн (в марте 2021 г.). В первом случае в магазине с одобрения Комитета по этике Университета Отаго (University of Otago Ethics Committee) был установлен специальный стенд, возле которого покупателей информировали о происхождении пива и способе его производства из непроданного хлеба, а также предлагали его попробовать. Затем респондентов просили ответить на вопросы анкеты, в основном посвященные их предпочтениям в отношении крафтового пива, осведомленности о продуктовом апсайклинге, мнению о трансформированном крафтовом пиве в сравнении с обычным и факторам выбора подобных продуктов в будущем.

Всего было получено 65 ответов. Онлайн-опрос проводился на платформе Yabble в соответствии с этическим кодексом Новозеландской исследовательской ассоциации (Research Association of New Zealand). Обследованием были охвачены потребители крафтового пива — участники панелей PAK'nSAVE и New World. Получено было 300 ответов; после этого было выполнено сравнение двух выборок. Вне зависимости от формата опроса приоритетными факторами выбора крафтового пива респонденты назвали вкус, цену и место производства. Корпоративная этика, устойчивое развитие и вкус пива оказались важнее для участников офлайн-опроса. Z-тест показал, что более высокая доля опрошенных в магазинах была осведомлена о продуктовом апсайклинге. В обоих случаях тремя ключевыми преимуществами таких продуктов питания были названы экологичность, сокращение пищевых отходов и углеродного следа. Среди офлайн-респондентов оказалось больше тех, кто оценивает творчески переработанное пиво как экологически нейтральное, поскольку оно снижает выбросы CO₂ и при этом повышает социальный статус потребителя. Напротив, питательную ценность трансформированного пива и более высокие доходы производителей отмечали в первую очередь участники онлайн-опроса. Сомнения во вкусовых свойствах подобных продуктов чаще выражали офлайн-респонденты.

Статистический тест показал, что стоимость и качество продукции апсайклинга сильнее беспокоят участников офлайн-опроса, тогда как большинство онлайн-респондентов не видят негативных аспектов подобных продуктов. В обеих группах очень немногие выразили беспокойство по поводу безопасности трансформированных продуктов питания. 8 из 10 офлайн-респондентов признали пиво, изготовленное по технологии апсайклинга немногим более привлекательным, чем обычное, и лишь 5 из 10 участников онлайн-опроса разделяли это мнение. Статистический тест выявил значительную разницу между двумя группами респондентов. Почти вдвое большая доля онлайн-респондентов сочла переработанное пиво менее привлекательным, чем обычное, по сравнению с участниками офлайн-обследования, хотя ни один из последних не оценил такое пиво хуже, чем традиционное. В продвижении таких продуктов, по мнению офлайн-респондентов, может помочь соответствующая маркировка, тогда как участники онлайн-опроса приоритетным стимулом к покупке назвали

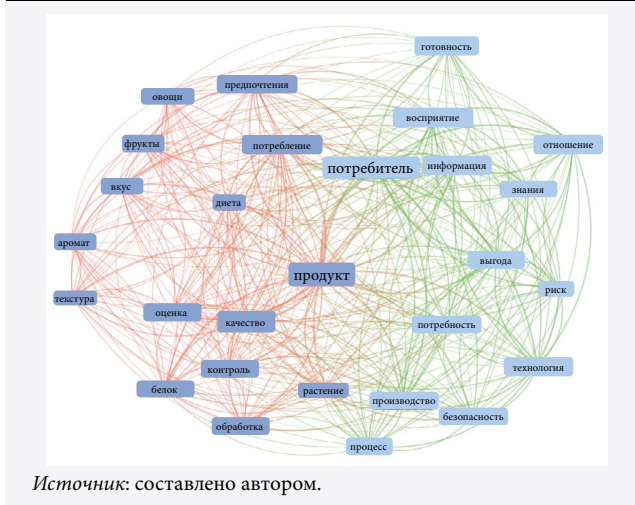
цену, а к другим важным факторам отнесли стороннюю рекламу апсайклинга и специальные отделы с такими продуктами в магазинах.

Факторы потребительского предпочтения продукции апсайклинга и взаимосвязь между ними и сомнениями в части их потребления рассмотрены в работе (Moshtaghian et al., 2024). Для сбора данных была разработана анкета с вопросами по теме обследования и социально-демографическим характеристикам. Ответы измерялись по пятибалльной шкале Лайкерта; респондентам предварительно объяснили, что такое продукция апсайклинга, под которой авторы исследования понимают продукты, изготовленные из ингредиентов, которые обычно выбрасываются в силу низкого качества или брака, либо относятся к категории отходов и побочных продуктов пищевой промышленности. Онлайн-обследование было выполнено в период с 1 сентября по 1 декабря 2021 г. Анкету заполнили 682 жителя Швеции. Почти 8 из 10 участников выразили готовность употреблять продукцию апсайклинга. На основе полученных ответов респондентов разделили на две группы: сторонники и неуверенные. В обеих средний возраст респондентов составил 48 лет, но в первой выше оказались доля женщин, доля занятых полный день и уровень дохода домохозяйств. В группе неуверенных была обнаружена более высокая доля одиноких респондентов с магистерским дипломом.

Объяснительный факторный анализ выявил следующие семь факторов потребления продукции апсайклинга: содержание натуральных компонентов, этические аспекты, полезность для здоровья, информированность, чувственная привлекательность, цена и впечатление. Неуверенные респонденты приоритетным фактором считают вкус, далее идут подтвержденное отсутствие химикатов и наличие натуральных ингредиентов. Более открытые респонденты высоко оценили вклад апсайклинга в сокращение пищевых отходов, спасение животных и минимизацию химических компонентов. Средний уровень значимости натуральных компонентов для обеих групп оказался близким, тогда как в оценке важности информированности, чувственной привлекательности и впечатления от трансформированных продуктов питания обнаружили существенные расхождения. В этических аспектах выявлены глубокие различия в средних оценках важности между двумя группами респондентов применительно к большинству факторов выбора такой продукции: калорийности, содержания жиров и белков. Приоритетными потребители обеих групп считают этическое измерение, на втором и третьем местах оказались содержание натуральных компонентов и чувственная привлекательность соответственно, а фактор впечатления не интересует ни одну из групп.

Сравнительный анализ показал, что, за исключением содержания натуральных компонентов, средние оценки значимости всех факторов существенно различаются для неуверенных и сторонников продуктового апсайклинга. Респонденты, готовые потреблять такие продукты, более важными признают этические аспекты, связанные с сокращением пищевых отходов. Участники

Рис. 3. Информация и производство: главные факторы принятия продуктов потребителями



опроса, которые уделяют внимание этическим аспектам, на 60% реже сомневаются в том, следует ли употреблять творчески переработанные продукты в пищу. Однако те, для кого на первом месте стоят полезность для здоровья и чувственная привлекательность, сомневаются гораздо чаще. Напротив, респонденты, сосредоточенные на этической стороне, реже колеблются в вопросе потребления таких продуктов. Те, кто принимает подобное решение исходя из внешнего вида продуктов, сомневались насчет их потребления в 2.4 раза чаще тех, кто не обращал на этот аспект особого внимания.

Обсуждение

В проанализированных статьях одно и то же явление рассматривалось с различных точек зрения, поэтому обобщить разные переменные и их вклад в принятие потребителями продуктового апсайклинга оказалось сложной задачей. Выделенные переменные релевантны и целям настоящего исследования, которое позволило установить некоторые закономерности. Потребители плохо информированы о трансформированных продуктах питания. Авторы упомянутых работ отмечают, что сторонники экологичного потребления обычно открыты к подобной продукции. В вопросе пищевой ценности представители старшего поколения демонстрируют меньшую требовательность в сравнении с молодыми людьми. Однако этот аспект не очень актуален, поскольку производство продуктов с добавленной стоимостью предполагает глубокую переработку, что является одной из характеристик товаров, изготовленных из побочных продуктов. Напротив, потребители ждут от продукции апсайклинга низкого уровня обработки.

Основными факторами, определяющими потребительские решения, выступают вкус, цена и уровень переработки. Поскольку принятие различных пищевых продуктов потребителями широко изучается, анализ научных публикаций, проиндексированных Web of Science, за последние полвека позволяет определить ряд важных для нашего исследования характеристик.

Рис. 4. Некоторые выгоды раннего принятия трансформированных продуктов питания



На рис. 3 обобщены более 11 000 аннотаций к исследованиям; соответствующие факторы разделены на два принципиально различных кластера.

Красным цветом обозначены характеристики для сравнительной оценки продуктов, термины зеленого цвета описывают отношение потребителей, определяющее значение первой группы факторов, ключевое из которых — высокая потребность в информации. Другой важный аспект связан с производством. Критическим для большинства исследований оказалось информирование респондентов о продукции апсайклинга (определение, примеры, возможность дегустации), поскольку она недавно появилась на рынке и остается малознакомой для публики. Недостаток информации восполняется за счет прямого рекламного продвижения и презентаций в магазинах. Офлайн-формат с дегустацией, как правило, эффективнее в привлечении клиентов, но не меньшую роль играет информирование через интернет. Затраты на охват широкой аудитории могут оказаться значительными, но по сравнению с обычными маркетинговыми издержками реклама творчески переработанных продуктов не требует серьезных ресурсов (Lehn, Schmidt, 2022). Однако во втором случае сложнее преодолеть потребительскую технофобию в отношении производства.

Термин «пищевая технофобия» означает неприятие или сопротивление потребителей необычным пищевым инновациям (Wendt, Weinrich, 2023). Предприятиям розничной торговли следует серьезно относиться к данному фактору как одному из главных препятствий для расширения ассортимента продукции (Siddiqui et al., 2022). Учитывая опасения потребителей, минимальный уровень обработки (например, сушка, измельчение, приготовление) и активное информирование могут открыть новые возможности для реализации трансформированных продуктов питания, изготовленных из излишков. Грамотное позиционирование продуктов может не только снизить финансовые потери в краткосрочной перспективе, но и обеспечить различные выгоды в долгосрочной (рис. 4).

Демонстрация твердой приверженности устойчивым методам ведения бизнеса способна вызвать симпатии экологически сознательных потребителей как свидетельство творческого, инновационного подхода предприятий (Ishaq, Di Maria, 2020; Zameer et al., 2020; Loučanová et al., 2021). Соответствующий имидж может укрепить и позиции брендов розничной торговли. Хотя предложение излишков продовольствия плохо поддается прогнозированию, их реализация сулит немалые выгоды благодаря расширению ассортимента уникальных экологически чистых продуктов, изготовленных из различных нераспроданных товаров (Araujo et al., 2021; Ojha et al., 2020).

Апсайклинг позволяет снизить финансовые потери и обеспечить рост доходов за счет увеличения продаж (Paraskevopoulou et al., 2022; May, Guenther, 2020). Подтвержденное применение передовых методов производства и опыт работы могут положительно отразиться на нефинансовой отчетности, дополнительно привлекая зеленых инвесторов (Jaouhari et al., 2023; Ng, 2021). С точки зрения экологии, апсайклинг существенно сокращает объем пищевых отходов (Tchoukouang et al., 2023), способствуя снижению образующихся при их разложении парниковых газов (Jain, Gualandris, 2023). Апсайклинг имеет и социальный эффект: устойчивый образ жизни и принятие соответствующих ценностей обладают консолидирующим потенциалом для общества и стимулируют потребителей применять подобные методы в частном порядке. Приобщение к творческой переработке продуктов развивает навыки приготовления пищи и правильного питания среди детей (Corpora et al., 2021; Rondeau et al., 2020).

Выводы

К числу вызовов, с которыми сталкиваются предприятия розничной торговли, относятся высокая динамика среды, появление у клиентов новых потребностей и жесткая конкуренция на рынке. В этих условиях преуспеть в продовольственном секторе позволяет инновационная деятельность. Огромные объемы потерь и отходов пищевой продукции, образующихся в розничной торговле, несут потенциальные конкурентные преимущества. Однако, как показывают проанализированные исследования, этот аспект чаще рассматривается в контексте производства. Продуктовый апсайклинг предлагает инновационный метод решения данной

проблемы, пока еще малоизвестный широкой публике. При этом, несмотря на недостаточную информированность потребителей, в рассмотренных статьях не упоминается технофобия, что говорит об общем низком уровне неприятия трансформированных продуктов питания. Их ключевые, отмеченные в публикациях характеристики близки к традиционным, что свидетельствует о перспективной рыночной нише. Дистрибуция подвергнутых апсайклингу продуктов может привести к появлению нового устойчивого альтернативного сегмента в розничной торговле продовольствием, однако это инновационное решение требует масштабных маркетинговых усилий по информированию публики. Презентации и дегустации в магазинах позволяют быстро и эффективно привлечь потребителей, а преимущества инновационного подхода к менеджменту могут быть достигнуты в краткосрочной перспективе.

Продуктовый апсайклинг вносит вклад в реализацию ЦУР. Снижение потерь и отходов пищевых продуктов обеспечит рост предложения продовольствия, причем без дополнительных затрат ключевых ресурсов, способствуя сохранению лесов, других природных территорий и смягчая последствия изменения климата. Учитывая рост экологического сознания потребителей и их чувствительности к ценам, положительный имидж предприятий розничной торговли, придерживающихся принципов устойчивого развития, может вывести их в лидеры отрасли, а благодаря социальному эффекту такие ритейлеры станут предпочтительными для семейных покупок. Вместе с тем, низкая предсказуемость спроса и предложения излишков продовольствия и, как следствие, нестабильность поставок продукции апсайклинга могут разочаровать потенциальных клиентов. Дистрибьюторам следует учитывать также потребности в материальных и человеческих ресурсах, разрабатывать новые рецептуры и продуктовые позиции и следить за их соответствием локальным нормативам.

Несмотря на отмеченные трудности, в текущей ситуации для небольших (например, семейных) предприятий розничной торговли продуктовый апсайклинг открывает серьезные возможности по сокращению издержек и укреплению брендов. Более крупные — национальные или международные — торговые сети могут столкнуться с проблемами стандартизации трансформированных пищевых продуктов, которые заслуживают отдельного рассмотрения.

Библиография

- Abay K.A., Breisinger C., Glauber J., Kurdi S., Laborde D., Siddig K. (2023) The Russia-Ukraine war: Implications for global and regional food security and potential policy responses. *Global Food Security*, 36, 100675. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2023.100675>
- Alao B., Falowo A., Chulayo A., Muchenje V. (2017) The Potential of Animal By-Products in Food Systems: Production, Prospects and Challenges. *Sustainability*, 9(7), 1089, <https://doi.org/10.3390/su9071089>
- Araujo J., Sica P., Costa C., Márquez M.C. (2021) Enzymatic Hydrolysis of Fish Waste as an Alternative to Produce High Value-Added Products. *Waste and Biomass Valorization*, 12(2), 847–855. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01029-x>
- Aschemann-Witzel J., Stangherlin I.D.C. (2021) Upcycled by-product use in agri-food systems from a consumer perspective: A review of what we know, and what is missing. *Technological Forecasting and Social Change*, 168, 120749. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120749>
- Barbu M.C., Montecuccoli Z., Förg J., Barbeck U., Klímek P., Petutschnigg A., Tudor E.M. (2021) Potential of Brewer's Spent Grain as a Potential Replacement of Wood in pMDI, UF or MUF Bonded Particleboard. *Polymers*, 13(3), 319. <https://doi.org/10.3390/polym13030319>

- Bhargava N., Sharanagat V.S., Mor R.S., Kumar K. (2020) Active and intelligent biodegradable packaging films using food and food waste-derived bioactive compounds: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 105, 385–401. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.09.015>
- Bhatt S., Ye H., Deutsch J., Ayaz H., Suri R. (2020) Consumers' willingness to pay for upcycled foods. *Food Quality and Preference*, 86, 104035. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.104035>
- do Canto N.R., Grunert K.G., De Barcellos M.D. (2021) Circular Food Behaviors: A Literature Review. *Sustainability*, 13(4), 1872. <https://doi.org/10.3390/su13041872>
- Chanda R.C., Isa S.M., Ahmed T. (2023) Factors influencing customers' green purchasing intention: evidence from developing country. *Journal of Science and Technology Policy Management* (ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/JSTPM-03-2022-0044>
- Coppola C., Vollero A., Siano A. (2021) Consumer upcycling as emancipated self-production: Understanding motivations and identifying upcycler types. *Journal of Cleaner Production*, 285, 124812. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124812>
- Damiani M., Pastorello T., Carlesso A., Tesser S., Semenzin E. (2021) Quantifying environmental implications of surplus food redistribution to reduce food waste. *Journal of Cleaner Production*, 289, 125813. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125813>
- Dilkes-Hoffman L.S., Lane J.L., Grant T., Pratt S., Lant P.A., Laycock B. (2018) Environmental impact of biodegradable food packaging when considering food waste. *Journal of Cleaner Production*, 180, 325–334. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.169>
- Fan X., Wang X., Xu Z., Skare M. (2023) Food price inflation convergence: An international study from 2000–2020. *British Food Journal*, 125(3), 794–809. <https://doi.org/10.1108/BFJ-12-2021-1314>
- FAO (2011) *Global Food Losses and Food Waste – Extent, Causes and Prevention*, Rome: FAO.
- FAO (2015) *Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction — What is Food*, Rome: FAO.
- Goodman-Smith F., Bhatt S., Grasso S., Deutsch J., Miroso M. (2023) Consumer acceptance of upcycled craft beer: A New Zealand case study. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1235137. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1235137>
- Goodman-Smith F., Miroso M., Skeaff S. (2020) A mixed-methods study of retail food waste in New Zealand. *Food Policy*, 92, 101845. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.101845>
- Hellali W., Korai B. (2023) Understanding consumer's acceptability of the technology behind upcycled foods: An application of the technology acceptance model. *Food Quality and Preference*, 110, 104943. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.104943>
- Herzberg R., Schmidt T., Keck M. (2022) Market power and food loss at the producer-retailer interface of fruit and vegetable supply chains in Germany. *Sustainability Science*, 17(6), 2253–2267. <https://doi.org/10.1007/s11625-021-01083-x>
- Horoš I.K., Ruppenthal T. (2021) Avoidance of Food Waste from a Grocery Retail Store Owner's Perspective. *Sustainability*, 13(2), 550. <https://doi.org/10.3390/su13020550>
- Huang I.Y., Manning L., James K.L., Grigoriadis V., Millington A., Wood V., Ward S. (2021) Food waste management: A review of retailers' business practices and their implications for sustainable value. *Journal of Cleaner Production*, 285, 125484. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125484>
- Ishaq M.I., Di Maria E. (2020) Sustainability countenance in brand equity: A critical review and future research directions. *Journal of Brand Management*, 27(1), 15–34. <https://doi.org/10.1057/s41262-019-00167-5>
- Jain S., Gualandris J. (2023) When does upcycling mitigate climate change? The case of wet spent grains and fruit and vegetable residues in Canada. *Journal of Industrial Ecology*, 27(2), 522–534. <https://doi.org/10.1111/jiec.13373>
- Jamaludin H., Elmaky H.S.E., Sulaiman S. (2022) The future of food waste: Application of circular economy. *Energy Nexus*, 7, 100098. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100098>
- Jaouhari Y., Travaglia F., Giovannelli L., Picco A., Oz E., Oz F., Bordiga M. (2023) From Industrial Food Waste to Bioactive Ingredients: A Review on the Sustainable Management and Transformation of Plant-Derived Food Waste. *Foods*, 12(11), 2183. <https://doi.org/10.3390/foods12112183>
- Jeswani H.K., Figueroa-Torres G., Azapagic A. (2021) The extent of food waste generation in the UK and its environmental impacts. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 532–547. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.12.021>
- Kim N., Lee K. (2023) Environmental Consciousness, Purchase Intention, and Actual Purchase Behavior of Eco-Friendly Products: The Moderating Impact of Situational Context. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(7), 5312. <https://doi.org/10.3390/ijerph20075312>
- Lee J.I., Oh J.S., Yoo S.C., Jho E.H., Lee C.G., Park S.J. (2022) Removal of phosphorus from water using calcium-rich organic waste and its potential as a fertilizer for rice growth. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 10(2), 107367. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107367>
- Lehn F., Schmidt T. (2022) Sustainability Assessment of Food-Waste-Reduction Measures by Converting Surplus Food into Processed Food Products for Human Consumption. *Sustainability*, 15(1), 635. <https://doi.org/10.3390/su15010635>
- Loučanová E., Šupín M., Čorejová T., Repková-Štoková K., Šupínová M., Štoková Z., Olšiaková M. (2021) Sustainability and Branding: An Integrated Perspective of Eco-innovation and Brand. *Sustainability*, 13(2), 732. <https://doi.org/10.3390/su13020732>
- Lowrey J.D., Richards T.J., Hamilton S.F. (2023) Food Donations, Retail Operations, and Retail Pricing. *Manufacturing & Service Operations Management*, 25(2), 792–810. <https://doi.org/10.1287/msom.2022.1185>
- Luo N., Olsen T., Liu Y., Zhang A. (2022) Reducing food loss and waste in supply chain operations. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 162, 102730. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.102730>
- May N., Guenther E. (2020) Shared benefit by Material Flow Cost Accounting in the food supply chain – The case of berry pomace as upcycled by-product of a black currant juice production. *Journal of Cleaner Production*, 245, 118946. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118946>
- Miroso M., Bremer P. (2023) Understanding New Foods: Upcycling. In: *Sustainable Food Innovation* (Sustainable Development Goals Series) (ed. L. Serventi), Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-12358-0_11
- Mishra V., Mishra M.P. (2023) PRISMA for Review of Management Literature – Method, Merits, and Limitations – An Academic Review. In: *Advancing Methodologies of Conducting Literature Review in Management Domain* (vol. 2) (eds. S. Rana, J. Singh, S. Kathuria), Leeds: Emerald, pp. 125–136. <https://doi.org/10.1108/S2754-586520230000002007>
- de Moraes C.C., de Oliveira Costa F.H., Roberta Pereira C., da Silva A.L., Delai I. (2020) Retail food waste: Mapping causes and reduction practices. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120124. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120124>
- Moshtaghian H., Bolton K., Rousta K. (2021) Challenges for Upcycled Foods: Definition, Inclusion in the Food Waste Management Hierarchy and Public Acceptability. *Foods*, 10(11), 2874. <https://doi.org/10.3390/foods10112874>
- Moshtaghian H., Bolton K., Rousta K. (2023) Public preferences for nutritional, environmental and food safety characteristics of upcycled foods in Sweden. *International Journal of Food Science & Technology*, 58(10), 5616–5625. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16588>
- Moshtaghian H., Bolton K., Rousta K. (2024) Upcycled food choice motives and their association with hesitancy towards consumption of this type of food: A Swedish study. *British Food Journal*, 126(1), 48–63. <https://doi.org/10.1108/BFJ-09-2022-0757>

- Nenciu F., Stanciulescu I., Vlad H., Gabur A., Turcu O.L., Apostol T., Vladut V.N., Cocarta M.D., Stan C. (2022) Decentralized Processing Performance of Fruit and Vegetable Waste Discarded from Retail, Using an Automated Thermophilic Composting Technology. *Sustainability*, 14(5), 2835. <https://doi.org/10.3390/su14052835>
- Ng A. (2021) Green Investing and Financial Services: ESG Investing for a Sustainable World. In: *The Palgrave Handbook of Global Sustainability* (ed. R. Brinkmann), Cham: Springer, pp. 1–12, https://doi.org/10.1007/978-3-030-38948-2_104-1
- Ojha S., Bußler S., Schlüter O.K. (2020) Food waste valorisation and circular economy concepts in insect production and processing. *Waste Management*, 118, pp. 600–609, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.09.010>
- Page M.J., McKenzie J.E., Bossuyt P.M., Boutron I., Hoffmann T.C., Mulrow C.D., Shamseer L., Bossuyt I.B., Hoffmann T.C., Mulrow C.D., Shamseer L., Tetzlaff J.M., Akl E.A., Brennan S.E., Chou R., Glanville J., Grimshaw J.M., Hróbjartsson A., Manoj M. Lalu, Li T., Loder E.W., Mayo-Wilson E., McDonald S., McGuinness L.A., Stewart L.A., Thomas J., Tricco A.C., Welch V.A., Whiting P. (2021) The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic Reviews*, 10(1), 89. <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01626-4>
- Papargyropoulou E., Lozano R., Steinberger J., Wright N., Ujang Z.B. (2014) The food waste hierarchy as a framework for the management of food surplus and food waste. *Journal of Cleaner Production*, 76, 106–115. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.04.020>
- Paraskevopoulou C., Vlachos D., Bechtsis D., Tsolakis N. (2022) An assessment of circular economy interventions in the peach canning industry. *International Journal of Production Economics*, 249, 108533. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108533>
- Punia Bangar S., Chaudhary V., Kajla P., Balakrishnan G., Phimolsiripol Y. (2024) Strategies for upcycling food waste in the food production and supply chain. *Trends in Food Science & Technology*, 143, 104314. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104314>
- Raţu R.N., Veleşcu I.D., Stoica F., Usturoi A., Arsenoia V.N., Crivei I.C., Postolache A.N., Lipşa F.D., Filipov F., Florea A.M., Chiţea M.A., Brumă I.S. (2023) Application of Agri-Food By-Products in the Food Industry. *Agriculture*, 13(8), 1559. <https://doi.org/10.3390/agriculture13081559>
- Riesenegger L., Hübner A. (2022) Reducing Food Waste at Retail Stores — An Explorative Study. *Sustainability*, 14(5), 2494. <https://doi.org/10.3390/su14052494>
- Roman B., Brennan R.A. (2021) Coupling ecological wastewater treatment with the production of livestock feed and irrigation water provides net benefits to human health and the environment: A life cycle assessment. *Journal of Environmental Management*, 288, 112361. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112361>
- Rondeau S., Stricker S.M., Kozachenko C., Parizeau K. (2020) Understanding Motivations for Volunteering in Food Insecurity and Food Upcycling Projects. *Social Sciences*, 9(3), 27. <https://doi.org/10.3390/socsci9030027>
- Rondoni A., Grasso S. (2021) Consumers behaviour towards carbon footprint labels on food: A review of the literature and discussion of industry implications. *Journal of Cleaner Production*, 301, 127031, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127031>
- Sharma K., Aswal C., Paul J. (2023) Factors affecting green purchase behavior: A systematic literature review. *Business Strategy and the Environment*, 32(4), 2078–2092. <https://doi.org/10.1002/bse.3237>
- Siddiqui S.A., Zannou O., Karim I., Kasmia Awad N.M.H., Golaszewski J., Heinz V., Smetana S. (2022) Avoiding Food Neophobia and Increasing Consumer Acceptance of New Food Trends — A Decade of Research. *Sustainability*, 14(16), 10391. <https://doi.org/10.3390/su141610391>
- Smith P., Calvin K., Nkem J., Campbell D., Cherubini F., Grassi G., Korotkov V., Le Hoang A., Lwasa S., McElwee P., Nkonya E., Saigusa N., Soussana J.F., Taboada M.A., Manning F.C., Nampanzira D., Arias-Navarro C., Vizzarri M., House J., Roe S., Cowie A., Rounsevell M., Arneeth A. (2020) Which practices co-deliver food security, climate change mitigation and adaptation, and combat land degradation and desertification? *Global Change Biology*, 26(3), 1532–1575. <https://doi.org/10.1111/gcb.14878>
- Spratt O., Suri R., Deutsch J. (2021) Defining Upcycled Food Products. *Journal of Culinary Science & Technology*, 19(6), 485–496. <https://doi.org/10.1080/15428052.2020.1790074>
- Tchonkouang R.D., Onyeaka H., Miri T. (2023) From Waste to Plate: Exploring the Impact of Food Waste Valorisation on Achieving Zero Hunger. *Sustainability*, 15(13), 10571. <https://doi.org/10.3390/su151310571>
- Thorsen M., Skeaff S., Goodman-Smith F., Thong B., Bremer P., Miroso M. (2022) Upcycled foods: A nudge toward nutrition. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1071829>
- Tsalis G., Jensen B.B., Wakeman S.W., Aschemann-Witzel J. (2021) Promoting Food for the Trash Bin? A Review of the Literature on Retail Price Promotions and Household-Level Food Waste. *Sustainability*, 13(7), 4018. <https://doi.org/10.3390/su13074018>
- Wendt M.-C., Weinrich R. (2023) A systematic review of consumer studies applying the Food Technology Neophobia Scale: Lessons and applications. *Food Quality and Preference*, 106, 104811. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.104811>
- Wu Q., Honhon D. (2023) Don't waste that free lettuce! Impact of BOGOF promotions on retail profit and food waste. *Production and Operations Management*, 32(2), 501–523. <https://doi.org/10.1111/poms.13884>
- Zameer H., Wang Y., Yasmeen H. (2020) Reinforcing green competitive advantage through green production, creativity and green brand image: Implications for cleaner production in China. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119119. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119119>
- Zhang K., Zhao H., Wang S.C. (2022) Upcycle olive pomace as antioxidant and recycling agent in asphalt paving materials. *Construction and Building Materials*, 330, 127217. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127217>

Передовые разработки для биоэкономики: кейс продукции из микроводорослей

Ирина Адарченко¹

Аспирант, adarchenok@yandex.ru

Анна Курбатова¹

Доцент, kurbatova-ai@rudn.ru

Наталья Поротникова²

Доцент, заместитель директора, porotnikova@hse.ru

Елена Савенкова¹

Профессор, savenkova-ev@rudn.ru

Винод Кумар^{1,3}

Научный сотрудник, vinodkhatwalia@gmail.com

Яна Скороходова¹

Студент бакалавриата, 1032216649@pfur.ru

¹ Российский университет дружбы народов, ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, 117198

² Институт экологии НИУ ВШЭ, ул. Мясницкая, 20, Москва, 101000

³ Департамент наук о жизни, Университет «Graphic Era» (Department of Life Sciences, Graphic Era Deemed University), Dehradun, Uttarakhand 248002, India

Аннотация

В статье представлен подробный анализ мирового рынка микроводорослей, включая научно-технологические возможности и перспективы их промышленного выращивания и создания производной продукции. Системно оцениваются коммерческий потенциал микроводорослей в разных регионах мира, наиболее перспективные штаммы, типы продуктов и потенциальные сферы их применения, а также траектория дальнейшего развития рынка. Научно-технологический интерес к теме проанализирован на базе ежегодной динамики числа статей, которые содержат ключевое слово «микроводоросли» и опубликованы в журналах, индексируемых Scopus. Результаты представлены в хронологическом, категориальном и региональном измерениях, что дает многомерную картину эволюции внимания ученых во времени и в разных географических контекстах. Коммерческий потенциал детально проанализирован на региональном уровне с акцентом на ключевые

центры разработки микроводорослевой продукции: США, Германию, Китай и Японию. В ходе исследования учитывалась преобладающая динамика рынка в каждом регионе, что позволило комплексно оценить конъюнктуру.

К значимым результатам исследования относятся подробно описанные перспективы развития рынка микроводорослей, новый обоснованный подход, обогащающий существующие представления об этом рынке. Его сегментация по сферам применения продукции, включая производство нутрицевтиков и фармацевтических препаратов, еды и напитков, косметики, кормов для животных и биотоплива, позволила выявить направления устойчивого роста. Среднегодовые темпы роста мирового рынка микроводорослей прогнозируются на уровне 6.8%, к 2030 г. объем этого рынка достигнет 2 млрд долл., что свидетельствует о высоком потенциале производных продуктов в различных отраслях и о важности развития биоэкономики в целом.

Ключевые слова: микроводоросли; рыночный прогноз; биоэкономика; мировой рынок; биомедицина; биотехнологии; нутрицевтики; биотопливо

Цитирование: Adarchenko I., Kurbatova A., Porotnikova N., Savenkova E., Kumar V., Skorokhodova Y. (2024) Advanced Technologies for Bioeconomy. The Case of Microalgae Production. *Foresight and STI Governance*, 18(2), pp. 69–83. DOI: 10.17323/2500-2597.2024.2.69.83

Advanced Technologies for Bioeconomy: The Case of Microalgae Production

Irina Adarchenko¹

PhD Student, adarchenok@yandex.ru

Anna Kurbatova¹

Associate Professor, kurbatova-ai@rudn.ru

Natalia Porotnikova²

Associate Professor, Deputy Director, porotnikova@hse.ru

Elena Savenkova¹

Professor, savenkova-ev@rudn.ru

Vinod Kumar^{1,3}

Researcher, vinodkdhatwalia@gmail.com

Yana Skorokhodova¹

Bachelor Student, 1032216649@pfur.ru

¹ RUDN University, 6 Miklukho-Maklaya str., Moscow, 117198, Russian Federation

² Institute of Ecology NRU HSE, 20 Myasnitskaya str., Moscow, 101000, Russian Federation

³ Department of Life Sciences, Graphic Era (Deemed To Be University), Dehradun, Uttarakhand 248002, India

Abstract

This article presents a meticulous examination of the global microalgae market, analyzing opportunities and prospects rooted in the scientific and technical interest in products derived from microalgae. The research systematically assesses the potential commercialization of these products across diverse regions worldwide, identifies the most promising microalgae strains, the product types themselves, and their potential applications. An integral aspect of this research involves a forward-looking market forecast. The analysis of scientific and technical interest delves into publication activity, considering the yearly output of works in Scopus-indexed journals utilizing the main keyword “microalgae”. This assessment is presented chronologically, categorically, and regionally, offering a nuanced perspective on the evolution of interest over time and in different geographical contexts. The commercialization potential is regionally scrutinized with a focus on key regions conducive to the development of microalgae-based products,

namely the Americas (USA), Asia-Pacific (China, Japan), and Europe (Germany). This evaluation is interlinked with the prevailing market dynamics in each region, providing a holistic understanding of the market landscape.

This article contributes original insights derived from the analysis, offering a nuanced perspective on the microalgae market. It introduces a distinctive and informed viewpoint, enriching existing knowledge of microalgae markets. By categorizing the microalgae market based on applications, including nutraceuticals and pharmaceuticals, food and beverages, cosmetics, animal feed, and biofuels, the study identifies sectors exhibiting steady growth. Notably, each of these sectors contributes to the projected average annual growth rate of 6.8 % on the global microalgae market, forecasted to reach USD 2 billion by 2030. This growth trajectory emphasizes the growing importance and potential of microalgae-derived products in various industries and the importance of developing the bioeconomy as a whole.

Keywords: microalgae; market forecast; spirulina; chlorella; bioeconomy; global market; biomedicine; biotechnology; nutraceuticals; biofuel

Citation: Adarchenko I., Kurbatova A., Porotnikova N., Savenkova E., Kumar V., Skorokhodova Y. (2024) Advanced Technologies for Bioeconomy. The Case of Microalgae Production. *Foresight and STI Governance*, 18(2), pp. 69–83. DOI: 10.17323/2500-2597.2024.2.69.83

Глобальный рост численности населения в сочетании с бурным экономическим развитием и урбанизацией способствуют повышению спроса на продовольствие и энергетические ресурсы, что оказывает негативное влияние на окружающую среду (Ramanauskė et al., 2023). К актуальным примерам таких последствий относятся истощение энергетических и водных ресурсов, увеличение объемов эмиссии CO₂ и загрязнение водоемов (Moreira et al., 2023).

Одним из инструментов противодействия указанным тенденциям служит концепция экономики замкнутого цикла, уже реализуемая в развитых странах, прежде всего в модели биоэкономики — инновационных технологий использования устойчивых возобновляемых биологических ресурсов. Она предлагает ответ на такие важные экономические и экологические вызовы, как истощение природных богатств, сверхпотребление невозобновляемых ресурсов и изменение климата, а также обеспечение продовольственной безопасности (Wydra, 2021; Machado Sierra et al., 2021; Ramírez et al., 2020; Parveen et al., 2023). Благодаря стимулированию глобального перехода к ресурсоэффективной и низкоуглеродной экономике (Kurran et al., 2023; Parveen et al., 2023) биоэкономика может стать крупной новой отраслью, вытеснив ряд других (Befort, 2020; Fernandez et al., 2021).

Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (Food and Agriculture Organization, FAO) определяет биоэкономику как «основанное на знаниях производство и использование биологических ресурсов, биологических процессов и принципов устойчивого предоставления товаров и услуг во всех секторах экономики»¹. В последние годы этот термин из сугубо научного обихода (Bugge et al., 2016) перешел в область принятия государственных решений (Pahun et al., 2018). По мнению Еврокомиссии, биоэкономический подход обеспечит как экологические, так и социально-экономические выгоды. Решения о применении биомассы в значительной мере определяют параметры будущей биоэкономики в терминах устойчивости (Asada et al., 2020). Вместе с тем, сам транзит может происходить по-разному, и ни одна из его траекторий не является прямой (Bauer, 2018).

Биоэкономику можно определить как хозяйственный принцип, при котором «материалы, химикаты и энергия производятся в основном из возобновляемых биологических ресурсов» (McCormick, Kautto, 2013). Замена синтетических продуктов на биомассу несет положительный эффект для окружающей среды и здоровья людей. В работе (Ahmad et al., 2021) описывается интеграция водорослей в производство биотоплива и других продуктов на биоперерабатывающих заводах, что позволит снизить выбросы CO₂ на 80%. Микроводоросли (микрофиты) — одноклеточные микроскопические организмы-эукариоты, которые способны преобразовывать солнечную энергию в химическую посредством фотосинтеза, производят примерно

половину кислорода в атмосфере Земли и перерабатывают углекислый газ для фотоавтотрофного роста. Будучи начальным звеном пищевой цепи, микроводоросли обеспечивают энергией все трофические уровни (Ponnuvel et al., 2023; Masojídek et al., 2023; Parveen et al., 2023; Chunzhuk et al., 2023).

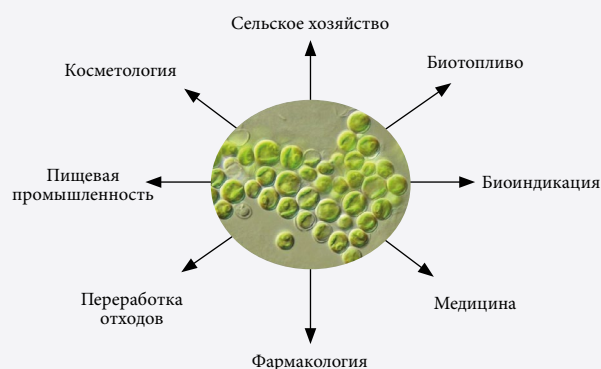
Высокая энергетическая ценность и скорость роста микроводорослей заинтересовали разработчиков технологий производства биотоплива (Hossain et al., 2019). Топливо из микроводорослей является экологически чистым и обладает значительным потенциалом извлечения CO₂ из атмосферы (Onyeaka et al., 2021). Микроводоросли выступают хорошей альтернативой многим промышленным продуктам и материалам и позволяют существенно снизить ущерб окружающей среде. Так, упаковка, изготовленная из различных природных ресурсов, в частности биомассы, микроорганизмов или водорослей, обладает улучшенными физическими характеристиками (Kumar et al., 2022).

Микроводоросли — один из лучших видов сырья для производства биополимеров, чьи характеристики превосходят синтетические полимеры, изготовленные из нефти, благодаря улучшенным механическим свойствам. Их использование способствует переходу к биоэкономике замкнутого цикла в глобальном масштабе (Das et al., 2021). Как отмечено в работах (Khan et al., 2018; Fernandez et al., 2021), микроводоросли выступают ценным источником соединений углерода, углеводов (например, крахмала и глюкозы), белков, клетчатки, эссенциальных кислот, витаминов (B1, B2, B5, B6, B9, A, C и E), которые можно применять в производстве косметики, фармацевтических препаратов и пищевых добавок. При употреблении в пищу микроводоросли обеспечивают профилактику различных заболеваний, а содержащаяся в них эйкозапентаеновая кислота стимулирует развитие мозга у младенцев. В контексте глобального роста населения микроводоросли могут стать удобной альтернативой продуктов животного и растительного происхождения (Barkia et al., 2019; Garrido-Cardenas et al., 2018).

В медицинских и фармакологических исследованиях отмечается высокая эффективность микроводорослей как средства предотвращения и лечения многих заболеваний иммунной, эндокринной, пищеварительной, сердечно-сосудистой и нервной систем человека и животных. Так, *Spirulina Platensis* и ее экстракт способны снижать риск возникновения рака, уровень холестерина в крови и защищать от вредного воздействия радиации (Abeer et al., 2015). Водоросли могут также использоваться для биосинтеза ряда соединений. Так, спирулина позволяет синтезировать йодсодержащие соединения гормональной природы, в частности тироксин и трийодтиронин, которые легко усваиваются организмом человека (Enzing et al., 2014). В фармацевтической промышленности микроводоросли широко применяются в производстве оболочек капсул, диагностических средств, витаминов, антибиотиков, полиненасыщенных

¹ <https://www.fao.org/in-action/sustainable-and-circular-bioeconomy/overview/en/>, дата обращения 17.05.2024.

Рис. 1. Направления использования продуктов из микроводорослей



Источник: составлено авторами.

жирных кислот и антибактериальных препаратов. Они могут продуцировать токсины, блокирующие рост бактерий (Abu Zaid et al., 2015; Fernandez et al., 2021).

Благодаря высокому содержанию масел, пигментов и антиоксидантов существует широкий спектр направлений коммерческого применения водорослей в косметологии (Kuldipsinh et al., 2023). В расчете на гектар из микроводорослей можно получать в 15–100 раз больше масла, чем из любых других растений, а ввиду незначительного содержания лигнина они проще и эффективнее в переработке (Maltsev et al., 2017).

В литературе отмечается потенциальная ценность микроводорослей для развития новых отраслей, таких как производство биоматериалов, сельскохозяйственной продукции, биотоплива и некоторых услуг, в частности очистки сточных вод и промышленных газов (Fernandez et al., 2021). В мировом агросекторе активно внедряются ресурсосберегающие технологии разведения и откармливания животных (Fernandez et al., 2021). Корма, обогащенные микроводорослевой биомассой, положительно влияют на физиологию животных, повышают их иммунитет, репродуктивную способность и привес (Remize et al., 2021), а также решают проблему несбалансированного рациона (Navarro et al., 2016). На фермах в США обустривают пруды с водорослями для утилизации отходов животноводства (Makarova et al., 2009). Кроме того, микроводоросли служат важным биоиндикатором состояния окружающей среды (O'Neill, Rowan, 2022; Cid et al., 2013).

Основные направления применения микроводорослей обобщены на рис. 1.

В контексте современных биотехнологий микроводоросли вызывают большой интерес как биовозобновляемый ресурс для экономически эффективного производства энергии с высокой добавленной стоимостью (Singh et al., 2022). Как уже отмечалось, они широко применяются в производстве биотоплива, благодаря быстрому росту, значительно опережающему традиционные растительные культуры (Priya et al., 2022), произрастанию на непригодных для растениеводства

территориях, безотходности, экологичности, энерго- и ресурсоемкости производимой энергии. В терминах биомассы и концентрации липидов урожайность микроводорослей в десятки раз превышает наземные растения (Vlaskin et al., 2018). Как источник биоэнергии микроводоросли отличаются высокой эффективностью при минимальных экологических издержках (Zhang et al., 2022): их выращивание не требует почвы, пресной воды (пригодны соленые и даже сточные воды), пестицидов и удобрений (Khan et al., 2018).

Содержащиеся в микроводорослях высокопродуктивные липиды находят применение в производстве газообразных (водород и биогаз) и жидких (этанол) топлив, а также жидкого углеводородного топлива (Sanghamitra et al., 2021). Тем самым микроводоросли обладают огромным потенциалом как недорогое и энергоэффективное сырье для производства биотоплива. В соответствии с современной классификацией полученное таким способом топливо относится к биотопливу третьего поколения (Chernova et al., 2012). На текущем этапе развития энергетика на основе биомассы микроводорослей включает производство биодизеля из липидов путем переэтерификации (Vignesh et al., 2021), получение метана методом анаэробного сбраживания (Qi et al., 2017) и производство углеводородов из сырой нефти и аналогичных веществ путем газификации и пиролиза.

Несмотря на отмеченные преимущества биотоплива из микроводорослей, ученым пока не удалось разработать технологии их производства по конкурентоспособной цене. На высокие (в сравнении с традиционными видами сырья) затраты как сдерживающий фактор крупномасштабного производства биоэнергоресурсов третьего поколения указывают авторы работы (Пилигаев и др., 2014); низкая экономическая эффективность в данном случае обусловлена отсутствием оптимальных методов выращивания микроводорослей (Стребков и др., 2012).

Интерес к производству биотоплива в последнее десятилетие объясняется рядом факторов. Помимо снижения выбросов CO_2 , он обусловлен глобальным ростом спроса на углеводородное сырье, запасы которого продолжают истощаться: специалисты отмечают, что при современном уровне потребления запасов нефти хватит не более чем на 40 лет, а природного газа — на 60 лет (Воробьев и др., 2015).

Микроводоросли открывают практически безграничные возможности для развития современной биоэкономики, учитывая их метаболическую гибкость и высокий уровень выхода биомассы даже при выращивании в неблагоприятных условиях, что позволяет использовать их для очистки сточных вод или утилизации топочных газов (Fernandez et al., 2021). Микроводоросли могут сыграть критически важную роль в решении экологических проблем благодаря эффективному улавливанию CO_2 и потенциальному достижению углеродной нейтральности (Mendonça et al., 2024). В свою очередь, биоэкономика замкнутого цикла обеспечит оптимальное применение их биомассы для формирования чистой и устойчивой экономической системы (Ahmad et al., 2021).

Учитывая широкий спектр сфер применения микроводорослей, анализ рынка производной продукции имеет важное научное, экономическое и практическое значение.

Цель исследования

Цель исследования состоит в детальном анализе мирового рынка микроводорослей для комплексной оценки научно-технологических возможностей и перспектив их промышленного выращивания и создания производной продукции. В частности, системно оценивается коммерческий потенциал микроводорослей в разных регионах мира путем выявления наиболее перспективных штаммов, классификации типов продуктов и анализа их применения.

Основными задачами исследования были определены следующие:

1. *Научно-технологическая оценка:* исследовательский интерес к микроводорослям был тщательно проанализирован на материале профильных публикаций в журналах, индексируемых Scopus. Оценка выполнялась в хронологическом, категориальном и региональном разрезе, чтобы глубже понять динамику изучения микроводорослей.

2. *Коммерческий потенциал:* оценка перспектив коммерциализации продуктов на основе микроводорослей с акцентом на ключевых для развития данного направления странах (США, Германия, Китай и Япония) и с учетом их рыночной конъюнктуры.

3. *Прогноз рыночной динамики:* интегральным элементом исследования выступает характеристика ожидаемой траектории роста мирового рынка микроводорослей. При подготовке прогноза будущих размеров и оборота рынка учитывались такие факторы, как предыдущие тенденции, текущая динамика и выявленный коммерческий потенциал.

Ценность исследования

Проведенный анализ значительно расширяет имеющиеся знания о продуктах и услугах на основе микроводорослей. По результатам углубленного поиска и изучения литературы и других имеющихся материалов представлен комплексный обзор современного состояния исследований и отраслевых тенденций в сфере применения микроводорослей. Практическую значимость работе придает региональный разрез в оценке коммерческого потенциала производной продукции с акцентом на ключевых странах.

Проекция полученных результатов на текущую динамику рынка микроводорослей не только сулит многообещающие возможности, но и позволяет извлечь практические идеи и рекомендации для игроков. Тем самым настоящее исследование может служить важным источником информации для ученых, отраслевых специалистов и политиков, желающих углубиться в рассматриваемую проблематику. Выдвинутые прогнозы темпов роста рынка микроводорослей позволяют сформировать представление о его дальнейшем развитии, используя полученные результаты как актуальный информационный ресурс о производной продукции и услугах.

Методология

Использованная методология включала поиск и обзор литературы о микроводорослях и комплексный анализ имеющихся источников о производной продукции и услугах. В основу исследования лег детальный анализ научных публикаций, отраслевых отчетов и других актуальных материалов для оценки глубины и охвата имеющихся в данной области знаний и идей и степени их практической реализации. Благодаря этому получено контекстное представление об эволюции интереса к продуктам из микроводорослей и о тенденциях в данной сфере.

Ключевым элементом замера научно-технологического интереса к упомянутой проблематике стал системный анализ журналов базы данных Scopus на предмет публикаций, содержащих ключевое слово «микроводоросли». Одновременное применение хронологической, категориальной и региональной оптик позволило получить многомерное представление о состоянии исследований и разработок (ИиР) в рассматриваемой области.

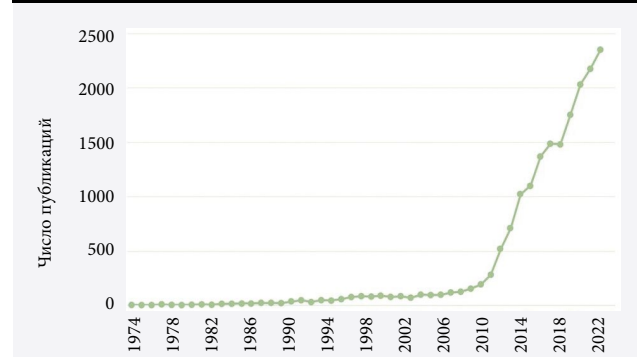
Коммерческий потенциал микроводорослей оценивался посредством регионального подхода с фокусом на страны, представляющие наиболее передовые в развитии данного направления регионы — Северную Америку, Азиатско-Тихоокеанский регион (АТР) и Европу. Такой подход обеспечил объемную картину глобального рынка производной продукции.

Анализ рынка

Оценка научно-технологического интереса к теме дает комплексное понимание тенденций развития рынка микроводорослей. Системный анализ журналов, индексируемых в международной базе Scopus, показывает, что за период с 1974 по 2022 г. в мире были опубликованы 20 472 материала, содержащих ключевое слово «микроводоросли». Динамика таких публикаций представлена на рис. 2.

В 2000–2022 гг. больше всего исследований по теме было опубликовано авторами из Китая (6265), США

Рис. 2. Динамика научных публикаций об исследованиях микроводорослей в журналах, индексируемых Scopus



Источник: составлено авторами на основе базы данных Scopus.

Рис. 3. Динамика научных публикаций об исследованиях микроводорослей в журналах, индексируемых Scopus, по странам и территориям



Источник: составлено авторами на основе базы данных Scopus.

(4231) и Индии (3120) (рис. 3а, 3б). Отечественные авторы, аффилированные с российскими организациями, опубликовали 820 статей (17-е место в рейтинге стран). Значительная часть исследований о микроводорослях в этот период была выпущена в экологических журналах — 12 222 статьи, на втором месте по частоте обращения к теме находятся издания по сельскохозяйственным и биологическим наукам (11 741), за ними следуют специализированные журналы по химическому машиностроению (8101), биохимии, генетике и молекулярной биологии (7225) и энергетике (6858). В первом десятилетии XXI в. (2000–2009 гг.) основная часть профильных работ публиковалась в журналах по сельскохозяйственным и биологическим наукам. В 2010–2019 гг. инициатива в исследовании микроводорослей перешла к представителям экологических наук, в 2020–2022 гг. эта тенденция лишь укрепилась (рис. 4).

База данных Scopus

Описанная тенденция в первую очередь обусловлена тем, что научная повестка в значительной мере определяется ростом экологической информированности и ответственности общества. Кроме того, экологические науки зачастую служат связующим звеном для других областей знания, имеющих то или иное отношение к микроводорослям. Общее число публикаций по теме, вышедших в 2000 и 2022 гг., с разбивкой по отраслям науки представлено на рис. 5.

Большинство статей, выявленных в ходе анализа, посвящены экологическим функциям микроводорослей (8962 публикации) и их применению в пищевой и химической промышленности (4275 и 4271 публикаций, соответственно). Более глубокий анализ показал, что в них чаще всего рассматриваются пигменты (1861), белки (1847), корма (1818), лекарства (1474), биотопливо (1014) и биотехнологии (892). Кроме того, в последнее время начали появляться статьи о нишевых рынках биостимуляторов (13), биопластиков (14), вакцин (16), биоудобрений (22) и нанотехнологий (59).

Рис. 2 наглядно иллюстрирует значительный рост числа статей по рассматриваемой тематике после 2010 г., что может объясняться активным внедрением микроводорослей в инновационном секторе экономик ряда стран, в частности в качестве сырья для производства биотоплива. Хотя в представленной статистике одна и та же публикация может относиться к нескольким странам и научным областям, исключение такого дублирования может исказить интерпретацию данных публикационной активности.

Мировой рынок микроводорослей по траектории своего роста близок к приведенной динамике публикационной активности и сегментирован по типам продуктов, областям их применения, штаммам микроводорослей и регионам (PMR, 2023) (табл. 1).

Рис. 4. Динамика научных публикаций об исследованиях микроводорослей в журналах сельскохозяйственного, биологического и экологического профиля, индексируемых Scopus



Рис. 5. Число научных публикаций об исследованиях микроводорослей в журналах, индексируемых Scopus, по отраслям знания (внешний круг — 2022 г., внутренний — 2000 г.)



Источник: составлено авторами на основе базы данных Scopus.

Региональная сегментация глобального рынка микроводорослей

Крупнейшим мировым рынком микроводорослей в 2022 г. оставалась Северная Америка, за которой следовали Европа и АТР². Лидерство первой обусловлено прежде всего высоким уровнем потребления пищевых добавок населением, строгим регулированием применения синтетических красителей и растущим спросом на натуральную косметику и биоудобрения. Кроме того, в регионе (прежде всего в США) находятся основные мощности ключевых производителей биомассы микроводорослей (The Insight Partners, 2021).

Структура рынка микроводорослей по регионам представлена на рис. 6.

По состоянию на конец 2020 г. объем американского рынка микроводорослей оценивался в 285 млн долл. (29.14% от мирового); прогнозируемый объем китай-

ского рынка к 2026 г. достигнет 253.5 млн долл. Среднегодовые темпы роста двух других заслуживающих внимания рынков — Японии и Германии — в период с 2020 по 2027 г. прогнозируются на уровне 4.2% и 4.7% соответственно³.

США

Благодаря быстрому технологическому развитию и эффективному государственному регулированию Северная Америка стала самым перспективным рынком для производства и реализации продуктов питания и напитков, лекарственных препаратов и товаров личной гигиены. Многие потребители в США и Канаде стремятся вести здоровый образ жизни и предпочитают полезные для здоровья продукты, что придает импульс развитию регионального рынка микроводорослей и производной продукции. Высокий платежеспособный спрос на качественные продукты и услуги подталкивает бизнес к инновационной деятельности для наилучшего его удовлетворения. Рост сопутствующих отраслей в регионе напрямую определяет динамику глобального рынка микроводорослей (The Insight Partners, 2021).

Благоприятный инвестиционный климат, эффективные механизмы привлечения капитала и передовые технологии сыграли ключевую роль в развитии рынка микроводорослей в США. Так, Программа развивающихся рынков (Emerging Markets Program)⁴, координируемая Министерством сельского хозяйства (United States Department of Agriculture, USDA), предусматривает поддержку экспорта сельскохозяйственной продукции (как традиционной, так и инновационной) национальных производителей; стипендиальная программа Борлауга (Borlaug Fellowship Program) направлена на

Рис. 6. Рынок микроводорослей по регионам, млн долл.



Источник: составлено авторами на основе (The Insight Partners, 2021).

² <https://www.researchandmarkets.com/reports/5790809/microalgae-global-market-report#rela1-5140359>, дата обращения 11.09.2023.

³ <https://www.polarismarketresearch.com/industry-analysis/microalgae-market>, дата обращения 11.09.2023.

⁴ <https://fas.usda.gov/programs/emerging-markets-program-emp>, дата обращения 07.01.2024.

Табл. 1. Основные сегменты рынка микроводорослей

Тип продукта
• Спирулина • Хлорелла • Пуфа • Лютеин • Другие
Штамм микроводорослей
• <i>Haematococcus Pluvialis</i> • <i>Phaeodactylum Tricornutum</i> • <i>Porphyridium Cruentum</i> • <i>Nannochloropsis</i> • Другие
Применение
• Продукты питания и напитки • Пищевые добавки • Фармацевтические препараты • Косметика и средства личной гигиены • Биотопливо • Удобрения • Корма • Другое
Регион
• Северная Америка (США, Канада, Мексика) • Европа (Франция, Германия, Британия, Италия, Испания, Нидерланды, Австрия, Россия) • Азиатско-Тихоокеанский регион (Япония, Китай, Индия, Малайзия, Индонезия, Южная Корея) • Латинская Америка (Бразилия, Аргентина) • Ближний Восток и Африка (Саудовская Аравия, ОАЭ, Израиль, Южная Африка)
Источник: составлено авторами.

поддержку ИиР и инновационной деятельности, в частности в области биотехнологий и ГМО⁵, а Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (Food and Drug Administration, FDA) одобрило использование препаратов Lina Blue на основе бета-каротина, полученного из микроводорослей *Spirulina* и *Dunaliella Salina*, в конфетах в качестве альтернативы синтетическим красителям (Chakraborty et al., 2019). Lina Blue позволяет окрашивать пищевые продукты в синий, красный, желтый и оранжевый цвета. Эти красители широко применяются в производстве кондитерских и молочных продуктов, конфет, жевательной резинки, мороженого и йогурта (Wang et al., 2022, Luzardo-Ocampo et al., 2021). В США и Канаде также одобрено использование микроводорослей *Haematococcus Pluvialis* в качестве ингредиента пищевых добавок⁶.

Благодаря этим усилиям, при совокупных годовых темпах роста в 2021–2028 гг. на уровне 8.1%, к 2028 г. североамериканский рынок продуктов из микроводорослей достигнет 776.43 млн долл. (The Insight Partners, 2021).

Азиатско-Тихоокеанский регион (Китай, Япония)
Совокупные годовые темпы роста рынка микроводорослей в АТР на горизонте 10 лет прогнозируются как

самые высокие в Азии вследствие роста потребления производной продукции⁷. Расширение и диверсификация сферы применения биомассы микроводорослей побуждают производителей искать возможности наращивания промышленных мощностей (Sarwer et al., 2022). Дальнейшему росту рынка будет способствовать также рост инвестиций, нацеленных на достижение устойчивого развития (Khan et al., 2018).

Правительство Китая прилагает большие усилия по внедрению продуктов на базе микроводорослей, способствуя наращиванию их производства (Chen et al., 2020). Благодаря этому Китай входит в число крупнейших игроков этого рынка (Chen et al., 2016). Из всех разновидностей в коммерческих целях в Китае (и в мире в целом) больше всего (по тоннажу) выращивается спирулины (*A. Platensis* и *A. Maxima*), впервые выращенной в стране в 1970-е гг., однако в силу технологических ограничений не пущенной в промышленное производство. В настоящее время спирулину разводят почти во всех провинциях и регионах страны, от южного Хайнаня до Внутренней Монголии и от Юньнана до Чжэцзяна (Chen et al., 2016). Базовая посевная площадь в 750 га в Китае обеспечивает сбор свыше 9 600 тонн сухого веса микроводорослей в год. Их розничная стоимость превышает 4 млрд юаней, из которых производственные затраты обычно составляют около 1/10 и увеличиваются по мере движения товара к потребителю (с учетом операционных издержек, инвестиций, маркетинга, формовки (таблетирование и т. п.), упаковки, доставки, распространения, рекламы, организации розничной торговли, налогов и т. д.) (Chen et al., 2016).

Хлореллу начали впервые коммерчески выращивать в Японии и Китае раньше, чем спирулину, в 1960-е гг., но технологические ограничения не позволили масштабировать ее производство в то время (Radmann et al., 2017, Chen et al., 2016). За последнее десятилетие Китай стал одним из крупнейших поставщиков хлореллы в мире, обогнав Японию. Хотя по масштабам выращивания она заметно уступает спирулине (примерно на четверть), цена за тонну хлореллы намного выше. Многие предприятия производят оба вида микроводорослей в рамках более крупного технологического процесса. Производить хлореллу технически сложнее и требует более значительных затрат в силу высоких рисков загрязнения и необходимости применять центрифуги для сбора микроскопических клеток. Это существенно отличается от более простой технологии сбора волокнистой спирулины, высокое содержание бикарбоната в среде выращивания которой существенно снижает экологические издержки. Как и спирулину, хлореллу сушат и продают в качестве пищевой добавки в виде порошка, таблеток или капсул (Chen et al., 2016).

В Китае в коммерческих целях выращивают еще два вида микроводорослей: дуналиеллу (*dunaliella*) и гематококк (*haematococcus*), из биомассы которых извлекают ценные каротиноиды (бета-каротин и астаксантин,

⁵ <https://fas.usda.gov/programs/borlaug-fellowship-program>, дата обращения 07.01.2024.
⁶ <https://www.meticulousresearch.com/product/europe-microalgae-market-5491>, дата обращения 13.05.2023.
⁷ <https://www.transparencymarketresearch.com/microalgae-based-products-market.html>, дата обращения 07.01.2024.

Табл. 2. Компании – производители микроводорослей в промышленных масштабах

Тип микроводорослей	Число компаний-производителей	Объем производства (тонн)
Spirulina	222	142
Chlorella sp.	30	82
Nannochloropsis sp.	25	21
Haematococcus pluvialis	17	66
Tysochrysis lutea	10	Менее 1
Dunaliella salina	8	2
Phaeodactylum tricornutum	8	4
Tetraselmis sp.	16	5
Scenedesmus sp.	9	н/д
Porphyridium	7	Менее 1
Другие*	37	н/д

* *Thalassiosira sp.*, *Acutodesmus obliquus*, *Chaetoceros muelleri*, *Cyanidium caldarium*, *Euglena gracilis*, *Odontella aurita*.

Источник: (Araújo et al., 2021).

соответственно). Дуналиелла была впервые использована в коммерческих целях в Австралии и Израиле в 1980-е гг. (Borowitzka, 2018). Астаксантин применяется в первую очередь как кормовая добавка при разведении лосося и форели, для окраски мяса рыбы (Stachowiak, Szulc, 2021). Рыночная цена синтетического астаксантина составляет около 1000 долл. за 1 кг (Panis, Rosales Carreon, 2016). Природный астаксантин из микроводорослей коммерчески реализуется лишь в качестве пищевой добавки для человека, главным образом в силу высокой стоимости, почти десятикратно превышающей текущую цену синтетического астаксантина (Panis, Rosales Carreon, 2016). В Китае производство последнего из *Haematococcus Pluvialis* растет быстрыми темпами, прежде всего в провинциях Юньнань и Хубэй (Chen et al., 2016).

В Японии выращивание микроводорослей и выпуск производной продукции не рассматриваются в качестве отдельного сектора, поскольку в стране нет специализированных предприятий, несмотря на их очевидный потенциал, например, для поглощения выбросов CO₂ из окружающей среды. Вместе с тем, отдельные японские компании производят биомассу микроводорослей для переработки (Herrador, 2016). Уровень инвестиций в развитие данной технологии (и ожиданий их возврата) в стране остается одним из самых высоких в мире; особое внимание уделяется разработке решений для обеспечения бесперебойного энергоснабжения, формирования новых рынков продуктов питания, кормов и биохимии (например, пластиков). Подобные проекты

реализуются при поддержке правительства Японии, в них участвуют университеты, в частности Университет Цукуба (Tsukuba University) — мировой лидер ИиР в области выращивания различных видов микроводорослей (Herrador, 2016), и такие крупные игроки, как DENSO Corporation, Euglena Corporation, ISUZU Motors Corporation и All Nippon Airways. Японские ученые изучают также возможности применения микроводорослей для удаления радиоактивного цезия, йода и стронция из загрязненной водной среды в рамках устранения последствий аварии на АЭС «Фукусима-1». Установлено, что некоторые виды микроводорослей способны поглощать до 89.2% цезия, 41.3% стронция и 65.9% йода (Fukuda et al., 2014).

Японская Организация по развитию новой энергетики и промышленных технологий (New Energy and Industrial Technology Development Organization, NEDO) в своем докладе 2016 г. отметила важность применения микроводорослей для выработки биоэнергоресурсов и преобразования CO₂ в топливо с помощью возобновляемой солнечной энергии — самой эффективной в сравнении с произведенной из любых других видов растений. В докладе отмечено, что «в будущем для снижения производственных затрат и повышения производительности на единицу площади... будет разработана система сбора, восстановления и очистки нефти», а также налажено производство топлива для реактивных двигателей (Herrador, 2016). Кроме того, в стране успешно реализован ряд проектов по замене традиционного авиационного топлива на экологически чистое, произведенное из микроводорослей, на котором в 2021 г. выполняли внутренние коммерческие рейсы крупнейшие японские авиакомпании⁸.

Европа (Германия)

На 2020 г. европейский рынок продуктов на основе микроводорослей был вторым по размеру в мире⁹. Рост спроса на такие продукты на континенте обусловлен рядом факторов, в частности их широким внедрением в производство продуктов питания и напитков, кормов, лекарственных препаратов и нутрицевтиков, товаров личной гигиены и т. д. Европейский рынок располагает значительным потенциалом для дальнейшего роста этого направления благодаря высоким темпам промышленного развития и уровню инвестиций в ИиР, способствующим диверсификации сфер приложения продуктов на основе микроводорослей. Быстрое расширение производственной базы в сочетании с повышением экономической активности и доступности капитала в регионе также стимулируют применение продуктов на базе микроводорослей (Enzing et al., 2014).

Существенный вклад вносит активное распространение в Европе «зеленой» повестки, прежде всего поиск альтернативных источников энергии для реализации

⁸ <https://www.greenairnews.com/?p=1239>, дата обращения 13.05.2024.

⁹ <https://www.polarismarketresearch.com/industry-analysis/microalgae-market>, дата обращения 11.09.2023.

¹⁰ <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/The%20Long-term%20Strategy%20under%20the%20Paris%20Agreement.pdf>, дата обращения 01.04.2022.

целей Парижского соглашения по климату¹⁰. Текущие приоритеты политики Европейского союза (ЕС) включают стимулирование перехода к устойчивой экономике, обеспечивающей оптимальный баланс роста, защиты окружающей среды и удовлетворения потребностей растущего населения. Биоэкономическая стратегия ЕС, принятая в 2012 г. и обновленная в 2018 г., направлена на формирование устойчивой биоэкономики замкнутого цикла по всей Европе, укрепление и развитие биосектора и устойчивых систем производства продуктов питания и других товаров (Vázquez-Romero et al., 2022). В Стратегии «синего роста» ЕС (EU Blue Growth Strategy) развитие «синих» биотехнологических отраслей объявлено одной из ключевых задач (European Commission, 2022).

В «Зеленом курсе» Европейской комиссии определены приоритетные направления, в которых технологии использования водорослей могут сыграть значимую роль: достижение климатической нейтральности к 2050 г., защита биоразнообразия, развитие экономики замкнутого цикла и реализация стратегии устойчивого развития продовольственного сектора «от фермы до стола» (*farm-to-table*) (European Commission, 2020). ЕС активно поддерживает различные проекты эксплуатации возобновляемых ресурсов, развития биоэнергетики и биопереработки, в том числе связанные с микроводорослями (Enzing et al., 2014).

В 2021 г. крупнейшим рынком микроводорослей на континенте оставалась Германия. Немецкие потребители уделяют серьезное внимание своему здоровью, обладают высокой экологической культурой и готовы больше платить за более натуральные и экологичные продукты с минимальным уровнем обработки. Такой интерес к товарам для улучшения физической формы и самочувствия стимулируется государственными образовательными программами, СМИ и рекламой, пропагандирующими здоровый образ жизни¹¹. Высокий уровень информированности граждан вынуждает игроков пищевой промышленности производить и продавать здоровые продукты и напитки.

Вместе с тем, ряд действующих ограничений приводят к тому, что в коммерческих целях в ЕС используется лишь небольшая часть существующих в природе видов микроводорослей. Освоению новых видов мешают и административные барьеры, а именно необходимость соблюдения Правил в отношении новых продуктов питания (New Foods Regulation) до вывода любых новых товаров на продовольственный рынок. Исполнение подобных требований остается весьма дорогостоящим и времязатратным. Тем не менее некоторые компании уже наладили стабильное производство и реализацию микроводорослей (Araújo et al., 2021) (табл. 2).

Биомасса микроводорослей преимущественно используется для производства пищевых добавок и нутрицевтиков (24%), косметики (24%) и кормов (19%). Спирулину выращивают в основном (75% от общего объема) для производства продуктов питания, пищевых добавок и нутрицевтиков (Araújo et al., 2021).

Несмотря на высокую коммерциализацию рынка микроводорослей в ЕС, производственные издержки и технологические ограничения, а также научные лакуны в понимании некоторых аспектов его развития сдерживают масштабирование выращивания биомассы как продукта с высокой добавленной стоимостью, за исключением выпуска массовой дешевой продукции (например, топлива) (Araújo et al., 2021).

Рыночная стоимость биомассы микроводорослей варьирует в зависимости от таких факторов, как организация производства, затраты на энергию и рабочую силу, география происхождения, порядок сертификации (например, органическое производство) и модель дистрибуции (B2B или B2C) (Lucakova et al., 2022). Так, в секторе B2B стоимость спирулины и хлореллы в пересчете на сухой вес находится в диапазоне 25–50 евро/кг и 30–70 евро/кг. соответственно (Araújo et al., 2021; Verdelho Vieira et al., 2022). В секторе B2C стоимость обоих видов микроводорослей варьирует от 150 до 280 евро/кг, поскольку готовые продукты в мелкой расфасовке стоят дороже (Araújo et al., 2021).

Цена *Nannochromopsis* sp., используемого преимущественно в производстве кормов (Qiao et al., 2019; Premachandra et al., 2023), в секторе B2B составляет от 30 до 110 евро/кг, а в B2C, где водоросль реализуется как морской фитопланктон, — может достигать 1000 евро/кг (Araújo et al., 2021). Цена на *N. pluvialis* в секторе B2C — 150–300 евро/кг, тогда как в B2B чистый астаксантин-олеорезин на основе чистого астаксантина реализуется по 6000–8000 евро/кг (Araújo et al., 2021). Появление новых сфер применения биомассы микроводорослей стимулирует рыночный спрос на нее при наличии значительного потенциала наращивания производства (Barone et al., 2023).

Компании-производители

На мировом рынке микроводорослей присутствует широкий круг игроков, выпускающих производную продукцию. К основным конкурентным преимуществам лидеров рынка относятся собственные инновационные разработки (так, израильская компания Algatech разработала уникальный метод массового выращивания микроводорослей в пустынных районах для последующего производства астаксантина) и высокая рыночная доля в наиболее привлекательных сегментах.

К ключевым производителям пигментов из водорослей относятся Earthrise Nutritionals (США), Cyanotech Corporation (США), Zhejiang Binmei Biotechnology (Китай), Bluetec Naturals (Китай), BlueBioTech (Германия), Algatechologies (Израиль), EID Parry (Индия), DIC Corporation (Япония), Tianjin Norland Biotech (Китай), AlgaeCan Biotech (Канада), AstaReal (Швеция), Algae Health Sciences (США), Sochim International SpA (Италия), DDW, The Color House (США), Chlostanin Nikken Nature (Китай), BASF (Германия) и др. Наряду с крупными компаниями в отрасли микроводорослей активно действуют и новые стартапы (табл. 3 и 4).

¹¹ <https://www.meticulousresearch.com/product/europe-microalgae-market-5491>, дата обращения 13.05.2023.

Табл. 3. Мировые стартапы в области микроводорослей

Название компании, страна, год основания	Направления деятельности
Brevel (Израиль), 2017*	Производство растительного белка, адаптированного к потребностям пищевой промышленности.
Brilliant Planet (Великобритания), 2017*	Уникальные решения по снижению выбросов CO ₂ : резервуары с морской водой, обеспечивающие оптимальные условия для выращивания водорослей, которые способны поглощать большие объемы CO ₂ .
NewFish (Новая Зеландия), 2020	Производство продуктов питания с помощью технологии ферментации микроводорослей.
Quazy Foods (Германия), 2021	Разработка конкурентоспособных полезных и устойчивых функциональных ингредиентов на основе микроводорослей, которые защищают также водные экосистемы; сенсорная и питательная оптимизация штаммов микроводорослей для широкого применения в пищевых продуктах.
PhycoWorks Ltd. (Великобритания), 2021	Производство ценных продуктов из отходов, ускорение перехода к биоэкономике замкнутого цикла.
Minus Materials (США), 2021	Улавливание и фиксация CO ₂ в форме биогенного известняка с помощью микроводорослей, солнечного света и морской воды, что снижает потребность в разработке известняковых карьеров и одновременно обеспечивает изъятие из атмосферы излишка CO ₂ .
Algicel ApS (Дания), 2021	Улавливание CO ₂ при помощи микроводорослей и высокопроизводительных компактных фотобиореакторов, способных поместиться в стандартный транспортный контейнер, с применением новой бизнес-модели распределения доходов.
GC Lipid Tech (Канада), 2021	Разработка экологически чистых, устойчивых, эффективных и безопасных биотехнологических решений с применением микроводорослей.
Ittinsect (Италия), 2020	Биотехнологическая переработка насекомых, микроводорослей и побочных продуктов сельского хозяйства для высокоэффективного и устойчивого производства кормов для аквакультуры в рамках стратегии отделения аквакультуры от морских ресурсов. В отличие от традиционных кормов предлагаемый продукт обеспечивает быстрое и стабильное разведение рыбы с устойчивой иммунной системой и низким риском заболеваний пищеварительной системы; в ходе его производства выбросы CO ₂ -эквивалента в расчете на килограмм продукта на 10% меньше, чем при выпуске традиционных аналогов, что уменьшает воздействие на окружающую среду и способствует снижению стресса для мелкой пелагической рыбы.
Sophie's Bionutrients (Сингапур), 2017	Выращивание микроводорослей в биореакторах, которые обеспечивают контролируемость процесса и получение белка за несколько дней с небольшим расходом воды и переработкой местных пищевых отходов городских агломераций во многих регионах мира; производство ингредиентов для пищевой промышленности исключительно из водорослей, например, в форме мяса растительного происхождения и функциональных продуктов питания.
Realm (Германия), 2022	Разработка нового экономически эффективного подхода к выращиванию микроводорослей при одновременной очистке сточных вод и снижении потребности в пресной воде.
Algaenergy (Испания), 2009	Пионерская разработка сельскохозяйственных биостимуляторов на основе микроводорослей и их дистрибуция по всему миру. Каждый стимулятор представляет собой оптимизированную комбинацию различных видов микроводорослей в определенных пропорциях в зависимости от состава, что обеспечивает необходимые элементы для физиологического развития растений. Огромное биоразнообразие микроводорослей, накопленные компанией знания и опыт и пять используемых технологий выращивания позволяют подобрать наиболее релевантную продукту биомассу. Продуктовая линейка не ограничивается запатентованными микроводорослями и включает также новый уникальный класс культур, сочетающий микроводоросли с питательными веществами для растений и биологическими элементами.
SeaH4 (ЮАР), 2021	Производство инновационной альтернативы ископаемому топливу с нулевой эмиссией CO ₂ , которая готова к конечному использованию, не требует инвестиций в транспортную инфраструктуру, модификации двигателей или распределительной сети.
Algaementum (Португалия), 2023	Создание специализированных полигонов для выращивания водорослей в центральной и восточной Португалии, уникальные возможности которой обусловлены обилием солнечного света, чистой воды и наличием квалифицированных человеческих ресурсов; производство питательных пищевых и кормовых ингредиентов в соответствии с высокими этическими и органическими стандартами ЕС без загрязнения среды пластиком, токсинами и тяжелыми металлами.
Carbon Kapture (Великобритания), 2020	Улавливание и фиксация CO ₂ с помощью глобальной сети ферм морских водорослей.

* Указан год основания самой компании. Реализация проекта началась в 2022 г.

Источник: составлено авторами.

Перспективы развития рынка

По прогнозам ООН, к 2050 г. численность мирового населения приблизится к 10 млрд чел. (United Nations, 2022), и удовлетворение их потребностей повлечет за собой необходимость удвоения производства продуктов питания (Henchion et al., 2017). Спрос на белок выступает ключевым драйвером роста рынка микроводорослей (Fatima et al., 2023) и обуславливает взрывной рост интереса к производным биотехнологиям. На сегодняшний день в мире существует множество успешных стартапов и коммерческих предприятий по производству биомассы микроводорослей и биопродуктов

из нее (Garrido-Cardenas, 2018). В качестве примеров успешно реализованных проектов в данной области можно назвать AlgaePARC (Амстердам, Голландия), Cyanotech (Гавайи, США), Roquette Klötze (Клетце, Германия), AstaREAL (Густавсберг, Швеция) и Algatech (Кетура, Израиль).

Значительного прогресса удалось достичь в изучении потенциала микроводорослей в целях разработки широкого спектра препаратов и материалов, от косметики и продуктов питания до различных видов пластмасс и биотоплива (Kandasamy et al., 2022). Их ключевое преимущество состоит в экологической нейтральности

Табл. 4. Российские стартапы в области микроводорослей

Название компании, Год основания	Выручка (тыс. руб., 2022 г.)	Направления деятельности
Биотрек (2022)	-	Разработка решений на базе искусственного интеллекта (ИИ) по выращиванию микроводорослей в наиболее благоприятных условиях.
Альгафуд (2021)	2233	Производство микроводорослей для пищевой промышленности, содержащих полный спектр аминокислот и витаминов.
Ля Водоросля (2023)	-	Разработка технологии выращивания матричных и промышленных культур различных штаммов морских микроводорослей.
Эй Джи Ти (2020)	92	Альгоремедиация водоемов для предотвращения их деградации в результате значительного антропогенного воздействия и выбросов токсичных биогенных элементов (эвтрофикации), концентрация которых обеспечивает быстрый рост водорослей и появление цианобактерий. Хлорелла активно очищает воду не только от органических, но и от неорганических соединений, снижая содержание фосфора, аммония, формальдегида, аммиака и др.
АА+ТЕХ (2020)	-	Переработка парниковых газов в экологически чистую продукцию с помощью фотосинтеза микроорганизмов силами международной команды с межотраслевым опытом. Уникальное сочетание управленческих навыков и специализированных знаний в области биофизики, биологии и цифровых технологий позволяет преобразовывать СО2 в полезные для здоровья продукты — пищевые добавки, нутрицевтики, ингредиенты (белки водорослей, антиоксиданты, пищевые красители, ПНЖК и др.). Проект основан на облачной системе менеджмента с применением ИИ и методов постоянной удаленной неинвазивной диагностики, а также непрерывного сквозного учета эквивалента СО2 в конечном продукте.
ЦВТ (2021)	375	Проектирование и производство биореакторов и мультиплатформенных реакторных биостанций на базе технологии управляемого газового вихря, обеспечивающей бережное и бесконтактное смешивание питательной среды и полезного вещества.
Альгавитапро (2018)	32 724	Услуги генетического секвенирования; разработка и вывод на рынок сельскохозяйственной кормовой добавки, сочетающей свойства пребиотика (зеленая микроводоросль хлорелла) и орексигена (функциональный пептид рубисколин-6), способной увеличивать среднесуточное потребление и конверсию корма, привес и конечную массу скота, что повышает экономическую эффективность агропредприятий и фермерских хозяйств.
Яр Лайн (2015)	111 460	Производство органоминерального удобрения «Чудорост» из биомассы микроводорослей.
Новые Пищевые Биотехнологии (2020)	-	Разработка биодоступных нутрицевтиков и методов их адресной доставки на основе каротиноидных экстрактов микроводорослей хлореллы (ядро), биоразлагаемого материала (оболочка) и технологий производства пищевых продуктов для функционального питания.
Никафреш (2020)	-	Разработка инновационных наноинкапсулированных каротиноидов с высокой биодоступностью и устойчивостью к температурному и ультрафиолетовому воздействию.

Источник: составлено авторами.

их производства и применения (Parveen et al., 2023). Микроводоросли все чаще используются как нутрицевтики в кормовой промышленности, особенно в аквакультуре — для улучшения иммунного ответа морской фауны (Khan et al., 2018; Camacho et al., 2019; Das et al., 2021). Вместе с тем, их коммерциализацию сдерживают высокие издержки хранения и трудности переработки для добавления в корма в качестве пребиотиков (Camacho et al., 2019). Серьезной проблемой остается и расширение производства: в настоящее время полномасштабный коммерческий выпуск налажен только в случае β-каротина и астаксантина (Camacho et al., 2019). Тем не менее выполненный нами библиометрический анализ показывает, что поиски путей интенсификации выращивания микроводорослей и увеличения их биомассы продолжаются.

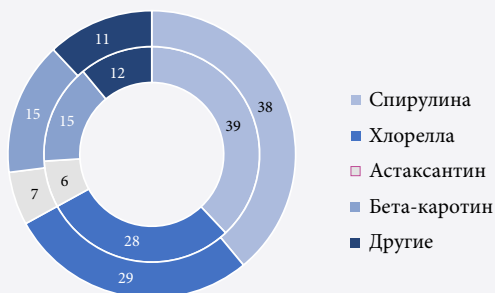
Согласно недавнему исследованию Persistence Market Research, рынок продуктов на основе микроводорослей будет расти в среднем на 5.4% в год, и к 2033 г. его объем превысит 5 млрд долл. (PMR, 2023). Однако, по нашим более консервативным оценкам, учитывающим совокупный годовой темп роста (по данным аналитиков, в среднем 6.8%) и базовый эффект 2021 г. (977.1 млн долл.), его объем составит 2 млрд долл. к 2030 г.

В течение прогнозного периода (2021–2031 гг.) рынки Южной и Восточной Азии будут расти в среднем на

7.8% и 6.8% соответственно, при сохранении лидерства североамериканского (28.8%) и европейского (27.9%) рынков (PMR, 2023). Рост последнего будет в значительной мере обеспечен расширением спектра применения микроводорослей, в особенности спирулины и хлореллы, в производстве пищевой и фармацевтической продукции, отказом от синтетических красителей, ростом спроса на натуральные синие красители и увеличением инвестиций в производство фикоцианинов¹². Вложения ЕС в рынок микроводорослей обусловлены целями развития возобновляемой энергетики и снижения выбросов СО₂. Еврокомиссия поддерживает ряд проектов по развитию производства биотоплива. Дальнейшему росту этого рынка на континенте будут способствовать расширение финансирования профильных ИиР, внедрение методов стандартизации создания и использования производных продуктов и ингредиентов в различных отраслях (Kuech et al., 2023).

Как уже упоминалось, на сегмент пищевых добавок и фармацевтических препаратов приходится основная доля рынка микроводорослей. Тем не менее, смещение потребительского интереса в сторону более питательных кормовых продуктов приведет к высоким совокупным годовым темпам роста сегмента кормов для животных и аквакультуры (PMR, 2023). Распространение лютеина как пищевой и кормовой добавки также может

Рис. 7. Рынок микроводорослей
(внутренний круг — 2020 г.,
внешний круг — прогноз на 2028 г.)



Источник: составлено авторами на основе (The Insight Partners, 2021).

стать перспективным направлением (Lin et al., 2015), в частности благодаря тому, что лютеин обладает антиоксидантными свойствами, противораковым действием, стимулирует развитие нервной системы младенцев (Hu et al., 2018) и играет важную роль в предотвращении катаракты (Manayi et al., 2016). Ожидается, что к 2027 г. продажи продуктов на основе лютеина из микроводорослей достигнут 450 млн долл. (Saha et al., 2020) при совокупном годовом темпе роста около 6.10% (Saha et al., 2020; Fu et al., 2023).

Структуру рынка производных продуктов по видам микроводорослей в 2020 г. (внутренний круг) и 2028 г. (внешний круг) можно отобразить следующим образом (рис. 7).

Библиография

- Воробьев В. В., Кожевников Ю. А., Щекочихин Ю. М. (2015) Микроводоросли для производства энергетической биомассы и топлива. *Инновации в сельском хозяйстве*, 2, 235–243.
- Пилигаев А. В., Самойлова Ю. И., Сорокина К. Н. (2014) Современное состояние и перспективы развития производства биотоплива из микроводорослей. *Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков*, 8, 21–27.
- Стребков Д. С., Щекочихин Ю. М., Росс М. Ю. (2012) Основные направления биотехнологического развития возобновляемой энергетики для производства альтернативных топлив из растительного сырья. *Вестник ВИЭСХ*, 1(6), 43–50.
- Abeer A. Z., Hammad D. M., Sharaf E. M. (2015) Antioxidant and Anticancer Activity of Spirulina Platensis Water Extracts. *International Journal of Pharmacology*, 11 (7), 846–851. <https://doi.org/10.3923/ijp.2015.846.851>
- Abu Zaid A. A., Hammad D. M., Sharaf E. M. (2015) Antioxidant and anticancer activity of spirulina platensis water extracts. *International Journal of Pharmacology*, 11, 846–851. <https://doi.org/10.3923/ijp.2015.846.851>
- Ahmad I., Abdullah N., Iwamoto K., Yuzir A. (2021) The Contribution of Microalgae in Bio-refinery and Resource Recovery: A Sustainable Approach Leading to Circular Bioeconomy. *Chemical Engineering Transactions*, 89, 391–396. <https://doi.org/10.3303/CET2189066>
- Araújo R., Vázquez Calderón F., Sánchez López J. S., Azevedo I. C., Bruhn A., Fluch S., García Tasende M., Ghaderiadekani F., Ilmjärv T., Laurans M., Mac Monagail M., Mangini S., Peteiro C., Rebours C., Stefansson T., Ullmann J. (2021) Current Status of the Algae Production Industry in Europe: An Emerging Sector of the Blue Bioeconomy. *Frontiers in Marine Science*, 7, 626389. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.626389>
- Asada R., Cardellini G., Mair-Bauernfeind C., Wenger J., Haas V., Holzer D., Stern T. (2020) Effective bioeconomy? A MRIO-based socioeconomic and environmental impact assessment of generic sectoral innovations. *Technological Forecasting and Social Change*, 153, 119946. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119946>
- Barkia I., Saari N., Manning S. R. (2019) Microalgae for High-Value Products Towards Human Health and Nutrition. *Marine Drugs*, 17(5), 304. <https://doi.org/10.3390/md17050304>
- Bauer F. (2018) Narratives of biorefinery innovation for the bioeconomy: Conflict, consensus or confusion? *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 28, 96–107. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2018.01.005>
- Befort N. (2020) Going beyond definitions to understand tensions within the bioeconomy: The contribution of sociotechnical regimes to contested fields. *Technological Forecasting and Social Change*, 153, 119923. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119923>
- Borowitzka M. A. (2018) Biology of Microalgae. In: *Microalgae in Health and Disease Prevention* (eds. I. A. Levine, J. Fleurence), Cambridge, MA: Academic Press, pp. 23–72. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811405-6.00003-7>

¹² <https://www.cbi.eu/market-information/natural-ingredients-health-products/chlorella-and-spirulina/market-potential>, дата обращения: 08.01.2024.

Заключение

Микроводоросли — перспективный ресурс, играющий важную роль в функционировании всей биосферы. В последние годы его промышленное выращивание и выпуск производной продукции привлекают растущий интерес, связанный с применением в самых разных отраслях экономики: в производстве продуктов питания, кормов, удобрений или нового источника энергии — биотоплива.

Динамика рынка и потребительский спрос на натуральные и полезные для здоровья продукты побуждают ученых и представителей бизнеса предлагать новые решения с функциональными ингредиентами. Микроводоросли служат ценным источником таких ингредиентов, благотворно воздействующих на здоровье: полиненасыщенных жирных кислот, полисахаридов, натуральных пигментов, необходимых минералов, витаминов, ферментов и биоактивных пептидов.

Объем рынка микроводорослей в 2021 г. составлял 977 млн долл., а его среднегодовые темпы роста прогнозируются на уровне 6.8%. По нашим оценкам, к концу 2030 г. доходы профильных компаний превысят 2 млрд долл. Рост рынков производной продукции в Южной и Восточной Азии в период 2021–2031 гг. в среднем прогнозируется на уровне 7.8% и 6.8% соответственно. Однако лидерами глобального рынка микроводорослей останутся Северная Америка и Европа (28.8% и 27.9%, соответственно).

Таким образом, производство продуктов на основе микроводорослей является динамичным рынком с огромным потенциалом для многих отраслей экономики, и дальнейшие исследования перспектив его развития представляют несомненный интерес.

- Bugge M.M., Hansen T., Klitkou A. (2016) What is the bioeconomy? A review of the literature. *Sustainability*, 8(7), 691. <https://doi.org/10.3390/su8070691>
- Camacho F., Macedo A., Malcata F. (2019) Potential Industrial Applications and Commercialization of Microalgae in the Functional Food and Feed Industries: A Short Review. *Marine Drugs*, 17(6), 312. <https://doi.org/10.3390/md17060312>
- Chakraborty C., Pinaki R., Manasi R., Chatterjee R. (2019) Applications of bio-colour in dairy industry. *The Pharma Innovation Journal*, 8(1), 126–138.
- Chen H., Wang X., Wang Q. (2020) Microalgal biofuels in China: The past, progress and prospects. *GCB Bioenergy*, 12(12), 1044–1065. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12741>
- Chen J., Wang Y., Benemann J., Zhang X., Hu H., Qin S. (2016) Microalgal industry in China: Challenges and prospects. *Journal of Applied Phycology*, 28, 715–725. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0720-4>
- Chernova N.I., Korobkova T.P., Kiseleva S.V., Zaytsev S.I., Radomskii N.V. (2012) Microalgae as source of energy: current situation and perspectives of use. In: *Sustainable Manufacturing* (ed. G. Seliger), Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer, pp. 221–224. https://doi.org/10.1007/978-3-642-27290-5_34
- Chunzhuk E., Grigorenko A., Kiseleva S., Chernova N., Vlaskin M., Ryndin K., Butyrin A., Ambaryan G., Dudoladov A. (2023) Effects of Light Intensity on the Growth and Biochemical Composition in Various Microalgae Grown at High CO₂ Concentrations. *Plants*, 12, 3876. <https://doi.org/10.3390/plants12223876>
- Cid A., Prado R., Rioboo C., Suarez-Bregua P., Herrero C. (2013) Use of microalgae as biological indicators of pollution: Looking for new relevant cytotoxicity endpoints. In: *Microalgae: Biotechnology, Microbiology and Energy* (ed. M.N. Johnsen), New York: Nova Science Publishers, pp. 311–323.
- Das P., Nagappan S., AbdulQuadir M., Thaher M., Khan S., Mahata C., Hareb Al-Jabri, Vatland A.K., Kumar G. (2021) Potential of microalgae as a sustainable feed ingredient for aquaculture. *Journal of Biotechnology*, 341, 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.09.003>
- Enzing C., Ploeg M., Barbosa M., Sijtsma L., Vigani M., Parisi C., Rodriguez Cerezo E. (2014) *Microalgae-based products for the food and feed sector: An outlook for Europe*, Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- European Commission (2020) *Farm to Fork Strategy. For a fair, healthy and environmentally-friendly food system*, Brussels: European Commission.
- European Commission (2022) *EU Bioeconomy Strategy Progress Report. European Bioeconomy policy: stocktaking and future developments* (Report COM (2022) 283 final), Brussels: European Commission.
- Fatima N., Emambux M.N., Olaimat A.N., Stratakos A., Nawaz A., Wahyono A., Gul K., Park J., Hafiz Muhammad Shahbaz H.M. (2023) Recent advances in microalgae, insects, and cultured meat as sustainable alternative protein sources. *Food and Humanity*, 1, 731–741. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.07.009>
- Fernandez F.G.A., Reis A., Wijffels R.H., Barbosa M., Verdelho V., Llamas B. (2021) The role of microalgae in the bioeconomy. *New Biotechnology*, 61, 99–107. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2020.11.011>
- Fu Y., Wang Y., Yi L., Liu J., Yang S., Liu B., Chen F., Sun H. (2023) Lutein production from microalgae: A review. *Bioresource Technology*, 376, 128875. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.128875>
- Fukuda S.Y., Iwamoto K., Atsumi M., Yokoyama A., Nakayama T., Ishida K., Inouye I., Shiraiwa Y. (2014) Global searches for microalgae and aquatic plants that can eliminate radioactive cesium, iodine and strontium from the radio-polluted aquatic environment: A bioremediation strategy. *Journal of Plant Resources*, 127(1), 79–89. <https://doi.org/10.1007/s10265-013-0596-9>
- Garrido-Cardenas J.A., Manzano-Agugliaro F., Acien-Fernandez F.G., Molina-Grima E. (2018) Microalgae research worldwide. *Algal Research*, 35, 50–60.
- Gururani P., Bhatnagar P., Kumar V., Vlaskin M.S., Grigorenko A.V. (2022) Algal Consortia: A Novel and Integrated Approach for Wastewater Treatment. *Water*, 14(22), 3784. <https://doi.org/10.3390/w14223784>
- Henchion M., Hayes M., Mullen A.M., Fenelon M., Tiwari B. (2017) Future Protein Supply and Demand: Strategies and Factors Influencing a Sustainable Equilibrium. *Foods*, 6(7), 53. <https://doi.org/10.3390/foods6070053>
- Herrador M. (2016) *The Microalgae/Biomass Industry in Japan – An Assessment of Cooperation and Business Potential with European Companies*, Tokyo: EU-Japan Centre for Industrial Cooperation.
- Hossain N., Mahlia T.M.I., Saidur R. (2019) Latest development in microalgae-biofuel production with nano-additives. *Biotechnology for Biofuels and Bioproducts*, 12, 125. <https://doi.org/10.1186/s13068-019-1465-0>
- Hu J., Nagarajan D., Zhang Q., Chang J.-S., Lee D.-J. (2018) Heterotrophic cultivation of microalgae for pigment production: A review. *Biotechnology Advances*, 36(1), 54–67. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2017.09.009>
- Kandasamy S., Zhang B., He Z., Bhuvanendran N., Elseesy A., Wang Q., Narayanan M., Thangavel P., Dar M. (2022) Microalgae as a multipotential role in commercial applications: Current scenario and future perspectives. *Fuel*, 308, 122053. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.122053>
- Khan M.I., Shin J.H., Kim J.D. (2018) The promising future of microalgae: Current status, challenges, and optimization of a sustainable and renewable industry for biofuels, feed, and other products. *Microbial Cell Factories*, 17, 36. <https://doi.org/10.1186/s12934-018-0879-x>
- Kuech A., Breuer M., Popescu I. (2023) *Research for PECH Committee – The future of the EU algae sector*, Brussels: European Parliament.
- Kuldipsinh C., Tiwari N., Patani P. (2023) Algae: An Extensive Analysis Of Its Role In The Cosmetic Landscape. *Journal of Population Therapeutics & Clinical Pharmacology*, 30(1), 3826. <https://doi.org/10.53555/jptcp.v30i1.3826>
- Kumar K.J., Gururani P., Vlaskin M.S., Parveen A., Nanda M., Kurbatova A., Gautam P., Grigorenko A.V. (2022) Bio-flocculation of oleaginous microalgae integrated with municipal wastewater treatment and its hydrothermal liquefaction for biofuel production. *Environmental Technology & Innovation*, 26, 102340. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102340>
- Kuppan P., Sudharsanam A., Venkateswarlu K., Megharaj M. (2023) Solar technology-closed loop synergy facilitates low-carbon circular bioeconomy in microalgal wastewater treatment. *Clean Water*, 6, 43. <https://doi.org/10.1038/s41545-023-00256-8>
- Lin J.-H., Lee D.-J., Chang J.-S. (2015) Lutein production from biomass: Marigold flowers versus microalgae. *Bioresource Technology*, 184, 421–428. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.09.099>
- Lucakova S., Branyikova I., Hayes M. (2022) Microalgal Proteins and Bioactives for Food, Feed, and Other Applications. *Applied Sciences*, 12, 4402. <https://doi.org/10.3390/app12094402>
- Luzardo-Ocampo I., Ramirez-Jimenez A.K., Yañez J., Mojica L., Luna-Vital D.A. (2021) Technological Applications of Natural Colorants in Food Systems: A Review. *Foods*, 10, 634. <https://doi.org/10.3390/foods10030634>
- Machado Sierra E., Serrano M.C., Manares A., Guerra A., Aranguren Diaz Y. (2021) Microalgae: Potential for Bioeconomy in Food Systems. *Applied Sciences*, 11, 11316. <https://doi.org/10.3390/app112311316>
- Makarova E.I., Oturina I.P., Sidiyakin A.I. (2009) Applied aspects of the use of microalgae – inhabitants of aquatic ecosystems. *Ecosystems*, 12(2), 120–133.
- Maltsev Y.I., Konovalenko T.V., Barantsova I.A., Maltseva I.A., Maltseva K.I. (2017) Prospects of using algae in biofuel production. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 3(8), 455–460. <https://doi.org/10.15421/021770>
- Manayi A., Abdollahi M., Raman T., Nabavi S.F., Habtemariam S., Daglia M., Nabavi S.M. (2016) Lutein and cataract: From bench to bedside. *Critical Reviews in Biotechnology*, 36(5), 829–839. <https://doi.org/10.3109/07388551.2015.1049510>
- Masojidek J., Lhotský R., Štěrbová K., Zittelli C.G., Torzillo G. (2023) Solar bioreactors used for the industrial production of microalgae. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 107, 1–20. <https://doi.org/10.1007/s00253-023-12733-8>
- McCormick K., Kautto N. (2013) The bioeconomy in Europe: An overview. *Sustainability*, 5(6), 2589–2608. <https://doi.org/10.3390/su5062589>

- Mendonça I., Faria M., Rodrigues F., Cordeiro N. (2024) Microalgal-based industry vs. microplastic pollution: Current knowledge and future perspectives. *Science of The Total Environment*, 909, 168414. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168414>
- Moreira J.B., Duarte S.T., Duarte J.S., Bezerra P.Q.M., Greque de Morais M., Vieira Costa J.A. (2023) Role of microalgae in circular bioeconomy: From waste treatment to biofuel production. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 25, 427–437. <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02149-1>
- Navarro F., Forján E., Vázquez M., Montero Z., Bermejo E., Castaño M.Á., Toimil A., Chagüaceda E., García-Sevillano M.Á., Sánchez M., Domínguez M.J., Pávaro R., Garbayo I., Vilchez C., Vega J.M. (2016) Microalgae as a safe food source for animals: Nutritional characteristics of the acidophilic microalga *Coccomyxa onubensis*. *Food and Nutrition Research*, 60, 30472. <https://doi.org/10.3402/fnr.v60.30472>
- O'Neill E.A., Rowan N.J. (2022) Microalgae as a natural ecological bioindicator for the simple real-time monitoring of aquaculture wastewater quality including provision for assessing impact of extremes in climate variance – A comparative case study from the Republic of Ireland. *Science of the Total Environment*, 802, 149800. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149800>
- Onyeaka H., Miri T., Obileke K.C., Hart A., Anumudu C., Zainab T. (2021) Minimizing carbon footprint via microalgae as a biological capture. *Carbon Capture Science & Technology*, 1, 100007. <https://doi.org/10.1016/j.ccst.2021.100007>
- Pahun J., Fouilleux E., Daviron B. (2018) De quoi la bioéconomie est-elle le nom? Genèse d'un nouveau référentiel d'action publique. *Natures Sciences Sociétés*, 26, 3–16. <https://doi.org/10.1051/nss/2018020>
- Panis G., Rosales Carreon J. (2016) Commercial astaxanthin production derived by green alga *Haematococcus pluvialis*: A microalgae process model and a techno-economic assessment all through production line. *Algal Research*, 18, 175–190. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2016.06.007>
- Parveen A., Bhatnagar P., Gautam P., Bisht B., Nanda M., Kumar S., Vlaskin M.S., Kumar V. (2023) Enhancing the bio-prospective of microalgae by different light systems and photoperiods. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 22(11), 2687–2698. <https://doi.org/10.1007/s43630-023-00471-9>
- PMR (2023) *Microalgae-based Products Market. Market study on microalgae-based products: market progressing on back of demand for more efficient animal feed solutions. Microalgae market segmented by spirulina, Chlorella, Dunaliella Salina product in food and feed industry, pharmaceutical industry, chemical industry*, London: Persistence Market Research.
- Ponnuvel D., Sowndhararajan K., Kim S. (2023) A Review of the Harvesting Techniques of Microalgae. *Water*, 15, 3074. <https://doi.org/10.3390/w15173074>
- Premachandra E., Balasooriya W., Premarathna M., Ekanayaka I. (2023) Nannochloropsis sp.: Culturing and Potential for Fish Feed Production. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 22, 2687–2698. <https://doi.org/10.1007/s43630-023-00471-9>
- Priya N., Deora P.S., Verma Y., Muhal R.A., Goswami C., Singh T. (2022) Biofuels: An alternative to conventional fuel and energy source. *Materials Today: Proceedings*, 48(5), 1178–1184. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.08.227>
- Qi Y., Zhang X.J., Renier N., Wu Z., Atkin T., Sun Z., Ozair M.Z., Tchieu J., Zimmer B., Fattahi F., Ganat Y., Azevedo R., Zeltner N., Brivanlou A.H., Karayorgou M., Gogos J., Tomishima M., Tessier-Lavigne M., Shi S.H., Studer L. (2017) Combined small-molecule inhibition accelerates the derivation of functional cortical neurons from human pluripotent stem cells. *Nature Biotechnology*, 35(2), 154–163. <https://doi.org/10.1038/nbt.3777>
- Qiao H., Hu D., Ma J., Wang X., Wu H., Wang J. (2019) Feeding effects of the microalga *Nannochloropsis* sp. on juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Algal Research*, 41, 101540. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101540>
- Radmann E.M., Reinehr C.O., Costa J.A.V. (2007) Optimization of the repeated batch cultivation of microalga *Spirulina platensis* in open raceway ponds. *Aquaculture*, 265(1–4), 118–126. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.02.001>
- Ramanauskas N., Balezantis T., Streimikiene D. (2023) Biomass use and its implications for bioeconomy development: A resource efficiency perspective for the European countries. *Technological Forecasting and Social Change*, 193, 122628. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122628>
- Ramírez B.D.G., Valencia J.U.S., Arbelaez A.F.A., Herrera J.M., Rojano B.A. (2020) Oxidative, sensory and fatty acid profile evaluation of a yogurt with docosahexaenoic acid (Dha) extracted from microalgae oil. *Revista Chilena de Nutrición*, 47, 568–579.
- Remize M., Brunel Y., Silva J.L., Berthon J.Y., Filaire E. Microalgae n-3 PUFAs Production and Use in Food and Feed Industries. *Marine Drugs*, 19(2), 113. <https://doi.org/10.3390/md19020113>
- Saha S.K., Ermis H., Murray P. (2020) Marine Microalgae for Potential Lutein Production. *Applied Sciences*, 10, 6457. <https://doi.org/10.3390/app10186457>
- Sanghamitra P., Mazumder D., Mukherjee S. (2021) Treatment of wastewater containing oil and grease by biological method – a review. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 56, 394–412. <https://doi.org/10.1080/10934529.2021.1884468>
- Sarwer A., Hamed S.M., Ahmed I., Osman A.I., Jamil F., Al-Muhtaseb A.H., Alhajeri N.S., Rooney D.W. (2022) Algal biomass valorization for biofuel production and carbon sequestration: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 20, 2797–2851. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01458-1>
- Singh A., Kushwaha A., Goswami S., Tripathi A., Bhasney S.M., Goswami L., Hussain C.M. (2022) Roadmap from microalgae to biorefinery: A circular bioeconomy approach. In: *Trends to Approaching Zero Waste* (eds. C.M. Hussain, S. Singh, L. Goswami), Amsterdam: Elsevier, pp. 339–360. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85403-0.00006-2>
- Stachowiak B., Szulc P. (2021) Astaxanthin for the Food Industry. *Molecules*, 26(9), 2666. <https://doi.org/10.3390/molecules26092666>
- The Insight Partners (2021) *Trends and growth analysis reports related to North America Microalgae-Based Products Market*, Pune (India): The Insight Partners.
- United Nations (2022) *World Population Prospects 2022: Summary of Results* (Report UN DESA/POP/2022/TR/NO. 3), Vienna: United Nations.
- Vázquez-Romero B., Perales J.A., Pereira H., Barbosa M., Ruiz J. (2022). Techno-economic assessment of microalgae production, harvesting and drying for food, feed, cosmetics, and agriculture. *Science of The Total Environment*, 837, 155742. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155742>
- Verdelho Vieira V., Cadoret J.-P., Acien F.G., Benemann J. (2022) Clarification of Most Relevant Concepts Related to the Microalgae Production Sector. *Processes*, 10, 175. <https://doi.org/10.3390/pr10010175>
- Vignesh K.S., Anandakumar I., Ranjan R., Borah D. (2021) Flood vulnerability assessment using an integrated approach of multi-criteria decision-making model and geospatial techniques. *Modeling Earth Systems and Environment*, 7, 767–781. <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00997-2>
- Vlaskin M.S., Vladimirov G.N. (2018) Hydrothermal Carbonization of Organic Components from Municipal Solid Waste. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 52(6), 996–1003. <https://doi.org/10.1134/S0040579518050421>
- Wang J., Hu X., Chen J., Wang T., Huang X., Chen G. (2022) The Extraction of β -Carotene from Microalgae for Testing Their Health Benefits. *Foods*, 11, 502. <https://doi.org/10.3390/foods11040502>
- Wydra S., Hüsing B., Köhler J., Schwarz A., Schirrmeister E., Voglhuber-Slavinsky A. (2021) Transition to the bioeconomy – Analysis and scenarios for selected niches. *Journal of Cleaner Production*, 294, 126092. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126092>
- Zhang S., Zhang L., Xu G., Li F., Li X. (2022) A review on biodiesel production from microalgae: Influencing parameters and recent advanced technologies. *Frontiers in Microbiology*, 13, 970028. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.970028>

Преодоление внутренних и внешних барьеров для инновационного развития компаний

Валерия Власова ^a

Заведующий отделом исследований инноваций, научный сотрудник, доцент, Институт статистических исследований и экономики знаний (ИСИЭЗ), vvlasova@hse.ru

Ксения Бойко ^b

Старший преподаватель, Департамент менеджмента, kboiko@hse.ru

Татьяна Кузнецова ^a

Научный руководитель Центра научно-технической, инновационной и информационной политики ИСИЭЗ, tkuznetzova@hse.ru

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

^a 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, 11

^b 190008, г. Санкт-Петербург, ул. Союза Печатников, 16

Аннотация

Усиление внутренних и внешних вызовов последних лет стало стресс-тестом для российских инновационных компаний. Оценить их адаптационный потенциал и готовность к продолжению инновационной деятельности в условиях кризиса позволяют агрегирование и систематизация настроений и ожиданий бизнес-сообщества в условиях изменения деловой среды. В расчет принимается набор из 47 факторов, объединенных в восемь групп: рынки сбыта, конкурентная среда, материальная база, обеспеченность кадрами, доступность финансовых ресурсов, качество инфраструктуры, государственное регулирование и общественная среда. Источником данных выступают результаты специализированного опроса руководителей 1 121 организации

традиционного хайтека и сферы услуг, проведенного в январе–марте 2022 г. Установлено, что восприятие условий для инноваций и зон неэффективности деловой среды слабо коррелирует со сферой деятельности и в значительной мере связано с реализуемыми моделями инновационного поведения. Наиболее пессимистичны в своих оценках организации, не имеющие опыта создания инноваций. Ключевыми барьерами для их развития выступают факторы качества государственного регулирования и доступности внешнего финансирования. Полученные результаты позволяют расширить представление об особенностях адаптации бизнеса к внешним ограничениям и сформулировать некоторые рекомендации для инновационной политики.

Ключевые слова: деловая среда; экономический кризис; рамочные условия для инноваций; инновационное развитие; инновационные стратегии; барьеры для инноваций; инновационная политика

Цитирование: Vlasova V., Boiko K., Kuznetsova T. (2024) Overcoming Internal and External Barriers for the Innovative Development of Businesses. *Foresight and STI Governance*, 18(2), pp. 85–96. DOI: 10.17323/2500-2597.2024.2.85.96

Overcoming Internal and External Barriers for the Innovative Development of Businesses

Valeriya Vlasova ^a

Head of Unit for Innovation Studies, Research Fellow, Associate Professor, Institute for Statistical Studies and Economics of Knowledge (ISSEK), vvlasova@hse.ru

Kseniia Boiko ^b

Senior Lecturer, Department of Management, kboiko@hse.ru

Tatiana Kuznetsova ^a

Academic Supervisor, ISSEK Centre for Science, Technology, Innovation and Information Policy, tkuznetsova@hse.ru

National Research University Higher School of Economics

^a 11, Myasnitskaya str., Moscow 101000, Russian Federation

^b 16, Souza Pechatnikov str., Saint Petersburg 190008, Russian Federation

Abstract

Recent years have become a stress test for Russian innovative business due to increased internal and external barriers to development. In order to assess the adaptive capacity of firms and their readiness to continue innovation activities in times of crisis, this paper proposes an approach to identifying and systematizing the attitude and expectations of the business community toward the changing framework conditions for innovation. The innovation climate is measured as a set of 47 factors combined into eight groups: markets, competitive environment, material base, availability of human and financial resources, quality of infrastructure, government regulation, and social environment. The analysis is

based on the results of a specialized survey of 1,121 high-tech manufacturing and service firms, conducted between January and March 2022. The results show that business perceptions of framework conditions for innovation and areas of inefficiency vary weakly across industries, but are strongly related to firms' patterns of innovative behavior. Non-innovative firms are the most pessimistic in their assessments. The key barriers to innovation are related to the quality of government regulation and the availability of external financing. The results obtained allow for expanding the understanding of the peculiarities of business adaptation to external constraints and formulating some recommendations for innovation policy.

Keywords: business environment; economic crisis; framework conditions for innovation; innovation development; innovation strategies; barriers to innovation; innovation policy

Citation: Vlasova V., Boiko K., Kuznetsova T. (2024) Overcoming Internal and External Barriers for the Innovative Development of Businesses. *Foresight and STI Governance*, 18(2), pp. 85–96. DOI: 10.17323/2500-2597.2024.2.85.96

Обеспечение устойчивого экономического роста и достижение технологического суверенитета многими государствами рассматриваются как ключевые стратегические цели. Для России, столкнувшейся с беспрецедентным санкционным давлением вкупе с другими деструктивными внешними факторами и внутренними барьерами развития, они стали критическими. Под угрозой оказывается эффективность всей национальной экономики, деятельность экономических акторов, работа систем, моделей и инструментов управления на всех уровнях.

Как показывает международный опыт, в ситуации кризиса бизнес меняет поведенческие паттерны, запускает процессы адаптации, пытается сбалансировать стратегии развития (наращивания преимуществ для повышения устойчивости, конкурентоспособности и эффективности) и выживания (удержания в допустимых пределах влияния негативных внешних условий, все более сдерживающих, а иногда и полностью довлеющих). Многие компании избирают предельно консервативную стратегию, полагаясь преимущественно на собственный опыт преодоления возникающих трудностей, например пандемийного периода. При этом способы адаптации и факторы, влияющие на их выбор, весьма разнообразны в силу базовых характеристик организации (размеров, возраста, сферы деятельности), секторальных и культурно-исторических особенностей, а также специфики национальной деловой среды, определяющих условия ведения бизнеса и инновационной деятельности (Paunov, 2012).

В научной литературе в рассматриваемом контексте особое внимание уделяется изменению рамочных условий для ведения бизнеса — внешнего фона деятельности организации. Последний не контролируется руководством компаний, но ощутимо влияет на процесс принятия управленческих решений, в частности, на склонность и возможности бизнеса внедрять технологические решения, создавать новую продукцию и участвовать в глобальных цепочках создания стоимости (Baier, Zenker, 2022; Brancati et al., 2017). Отмечается также значение скорости, с которой компании могут реагировать на происходящие изменения, перенастраивать стратегии и модели поведения. Комплексная оценка параметров деловой среды для инноваций и факторов, сдерживающих их создание, необходима и самим компаниям, и органам управления, обеспечивающим их поддержку в новых условиях.

Концепция деловой среды для инноваций (инновационного климата) широко используется в экономических исследованиях, однако на практике получение комплексных (количественных) оценок в этой области сильно затруднено. Одним из немногих инструментов, применяемых для измерения столь сложных и многомерных концепций, выступают композитные индексы инноваций (Власова, 2023), которые, впрочем, дают лишь агрегированную оценку, не отражающую консен-

сусный взгляд бизнеса на действующие правила игры и актуальный статус-кво.

Предлагаемый подход к анализу настроений бизнес-сообщества относительно условий для инновационной деятельности в России основан на методологии конъюнктурных исследований (OECD, 2003) и результатах специализированного опроса предприятий высокотехнологичных отраслей обрабатывающей промышленности и сферы услуг, проведенного ИСИЭЗ НИУ ВШЭ в начале 2022 г. Основная задача — изучить адаптационный потенциал российского бизнеса, его готовность перестроиться и развиваться в новых экономических реалиях.

На базе классификации факторов внешней среды для развития инноваций, представленной в рекомендациях по сбору и анализу данных по инновациям в бизнес-секторе (OECD, Eurostat, 2018), получены оценки удовлетворенности российского бизнес-сообщества текущими условиями для инновационной деятельности и систематизированы его ожидания относительно изменений на горизонте трех лет. Особое внимание уделено изучению различий в настроениях и ожиданиях и дефектов деловой среды среди предприятий разных секторов экономики (традиционного хайтека и сферы услуг), демонстрирующих разные модели инновационного поведения (факт реализации инновационной и экспортной деятельности). В частности, для учета высокой разнородности запросов компаний различного типа к потенциальным мерам государственной поддержки (Roud, 2018; Власова, Рудь, 2020) применялась типология организаций в зависимости от опыта реализации инноваций, участия в экспортной деятельности и выполнения исследований и разработок (ИиР).

Полученные результаты позволяют расширить представления о факторах адаптации бизнеса к внешним ограничениям и сформулировать некоторые рекомендации для российской инновационной политики. Опрос не затрагивает собственно санкционный период, однако, во-первых, дает возможность оценить исходное положение дел в обследованных организациях, что важно для понимания восприятия ими дальнейшего хода событий. Во-вторых, сделанные выводы будут с высокой вероятностью актуальны в текущих обстоятельствах, что подтверждается существующей литературой. Отечественный бизнес (особенно в высокотехнологичных секторах) уже сталкивался с серьезными внешними ограничениями начиная с 2014 г.¹ и ранее, а также в период пандемийного кризиса, когда приходилось искать различные способы преодоления внешних шоков.

В первом разделе статьи представлен обзор литературы о гетерогенности поведенческих реакций инновационного бизнеса на экзогенные вызовы. Во втором систематизированы факторы внешней среды для инноваций и обоснована необходимость их измерения для оценки адаптационного потенциала бизнеса. В третьем разделе описаны методология и информационная база

¹ Отдельные санкции вводились зарубежными странами и после 2014 г.

исследования. В четвертом приведены результаты комплексной эмпирической оценки параметров деловой среды, включая зоны неэффективности, отмеченные российским бизнес-сообществом. В заключении обсуждаются основные выводы и рекомендации для государственной политики.

Инновационные стратегии бизнеса в условиях экзогенных шоков

В последние десятилетия бизнес в России и других странах регулярно сталкивается с различными кризисами, трансформирующими рынки, воздействующими на инновационную активность, результативность деятельности организаций и т. д. Экзогенные шоки подавляют мотивацию компаний к инновационной деятельности в условиях высокой неопределенности (Spatt, 2020) и вынужденных ресурсных ограничений, включая сокращение спроса и доходов, снижение ликвидности и доступности внешнего финансирования (Huang, Lee, 2023). В сравнении с периодом роста в ситуации турбулентности краткосрочная отдача от реализации инноваций оказывается меньше, что побуждает бизнес сокращать расходы на сопутствующие ИиР (Mand, 2019).

Вместе с тем, периоды кризиса играют важную роль в формировании новых инновационных траекторий. Опыт работы в экстремальных условиях подталкивает компании к поиску новых стратегий развития (Leduc, Sill, 2013). Так, финансовый кризис 2008–2009 гг. стал катализатором цифровизации финансовых услуг, породив эффективные финансовые технологии, опирающиеся на большие данные, искусственный интеллект, машинное обучение и облачные сервисы. Импульс к развитию получили малый инновационный бизнес, а также компании, интенсивно инвестировавшие в инновации в докризисный период (Archibugi et al., 2013).

Наиболее значимой характеристикой кризисов (хотя и обусловленной различными причинами), вызванных санкционными и пандемическими ограничениями, стали многочисленные разрывы в глобальных цепочках создания стоимости (Alcorta et al., 2021). Структурные изменения достигают отдельных отраслей и оказывают негативное влияние не только на заведомо неэффективные предприятия, но и на конкурентоспособные компании с высоким технологическим потенциалом. Так, вследствие введенных в 2022 г. санкций более половины российских предприятий обрабатывающей промышленности столкнулись с проблемами в области логистики и импорта товаров и услуг, ростом цен на сырье, материалы и комплектующие (Симачев и др., 2023).

Воздействие внешних шоков на настроения бизнес-сообщества неоднородно и зависит от различных факторов, связанных как с природой самого кризиса, так и со страновой, отраслевой и организационной спецификой, а также с антикризисной политикой государства. Анализ литературы об инновациях показывает высокий интерес исследователей к изучению характеристик и условий деловой среды, определяющих устойчивость бизнеса в период турбулентности и выбор корпоратив-

ных адаптационных стратегий. В качестве значимых факторов выделяются накопленный опыт создания инноваций (Archibugi et al., 2013), осуществление экспортной деятельности (Jung et al., 2018), а также научный потенциал, эквивалентный объему затрат на ИиР (Mand, 2019). Несмотря на проциклический характер таких инвестиций, в период кризиса они могут служить инструментом повышения конкурентоспособности компаний. Сходное действие могут оказывать и другие выделенные исследователями факторы.

Так, во время кризиса 2008 г. наблюдались не только рост затрат на ИиР в таких секторах, как фармацевтика, биотехнологии и химическое производство (Lech, 2011), но и низовая активизация инновационной деятельности: многие компании создавали технологические инновации, каждая третья внедряла процессные инновации, каждая пятая инвестировала в продуктовые инновации (Paunov, 2012). При прочих равных условиях слабая зависимость от импорта и отсутствие экспортной деятельности могут несколько смягчать негативное влияние санкционных и иных внешних вызовов. Одновременно инновационно активные и экспортно ориентированные компании имеют более широкий спектр источников финансирования, меньше зависят от конъюнктуры внутреннего спроса, что высвобождает дополнительные ресурсы для выстраивания эффективных адаптационных стратегий и преодоления кризисных ограничений.

Российский бизнес проходит период адаптации к новым условиям и поиска наилучших способов реагирования на них. Оценка корпоративных поведенческих стратегий в ситуации масштабных изменений показывает, что первоначально нейтральное, а порой и позитивное восприятие новых вызовов топ-менеджментом способствовало ставке на инновации и расширение рынков сбыта (Симачев и др., 2023). Ограничения, связанные с пандемией COVID-19, и санкции 2022 г. подталкивали российский бизнес расширять присутствие на традиционных и выходить на новые рынки, осваивать перспективные ниши для новой продукции и др. В частности, активно развивались организации сферы услуг, обеспечивающие коммуникацию в цифровой среде, различные форматы удаленной занятости, жизненно важные онлайн-сервисы доставки (Кузьминов, Серков, 2020). Лишь около трети российских предприятий (преимущественно не вовлеченных в инновационную деятельность) не предпринимали каких-либо адаптационных усилий ни во время острой фазы пандемии COVID-19, ни в период санкционного давления. Статистические данные по итогам 2022 г.² зафиксировали незначительное снижение инновационной активности российских организаций (11% против 11,9% — в 2021 г.) при сохранении в постоянных ценах общего объема соответствующих затрат и росте их интенсивности (2,1% против 2%). В условиях кризиса бизнес хотя и переориентировался с долгосрочных стратегических целей на решение оперативных базовых задач, но продолжил рассматривать инновации как фактор поддержания и развития своей деятельности.

Роль деловой среды в инновационном развитии

Среди множества предпосылок корпоративной инновационной деятельности и условий ее продуктивности в литературе особо выделяются характеристики деловой среды. Их перечень приводится в Руководстве Осло — рекомендациях по сбору и анализу данных по инновациям в бизнес-секторе (OECD, Eurostat, 2018). Будучи неподконтрольны руководству компаний, эти факторы оказывают серьезное влияние на принятие управленческих решений в части реализации инноваций. Инновационно продуктивная среда обусловлена географией (расположением организации), параметрами рынков и механизмов распространения и обмена знаниями (кадровое обеспечение, доступность финансовых ресурсов и инфраструктуры), а также особенностями государственного регулирования и общественной сферы.

Стабильный спрос на производимую продукцию и возможность рыночной экспансии, которые определяют потенциальную прибыль, относятся к ключевым внешним факторам увеличения корпоративных затрат на инновационную деятельность и — в более общем плане — формирования «инновационного ответа» на изменение условий функционирования (Раупов, 2012). В ситуации экономического шока деловая активность и потребительский спрос снижаются, что требует пересмотра и перестройки конкурентно-рыночных стратегий. Так, в период пандемии предприятия различных отраслей (в частности, в фармацевтической промышленности) значительно расширили продуктовые линейки и развивали интернет-экономику, наращивая сбыт на существующих рынках и осваивая новые (Huang, Lee, 2023). Не менее важный аспект — выход на зарубежные рынки. Диверсификация и международная открытость, как правило, обеспечивают большую отдачу от инноваций и доступ к дополнительным ресурсам (Panwar et al., 2022).

Важнейшей характеристикой деловой среды выступает уровень конкуренции. Однако связь с инновационной деятельностью здесь не столь однозначна (Aghion et al., 2018; Negassi, Hung, 2014). Конкуренция служит одним из ключевых стимулов к поиску новых стратегий и источников роста, особое место среди которых занимают технологические или организационные нововведения (Camps, Marques, 2014; Баранов, Долгопятова, 2013). Вместе с тем, слишком высокий или слишком низкий уровень конкуренции иногда может подавлять инновационную активность компаний в силу повышения издержек, создания барьеров для выхода на рынок, отсутствия стимулов и т. д.

Наращиванию конкурентных преимуществ в период рецессии может способствовать кооперация, например в форме совместных ИиР или цифрового взаимодействия — на базе маркетплейсов либо цифровых платформ (D'Agostino, Moreno, 2018). Объединение усилий позволяет не только снизить риски и затраты на реализацию инноваций, но и ускорить их разработку. Решающими факторами для развития кооперации в кризисный период выступают макроэкономическая

динамика и финансовая устойчивость отдельных организаций и отрасли в целом.

Другой важный компонент инновационного климата — инфраструктура, обеспечивающая взаимную выгоду субъектов образовательной, научной, производственной и иной деятельности (Gorzeleny-Dziadkowiec et al., 2019). Транспортная, энергетическая, информационно-коммуникационная (связь, интернет) и социальная (жилье, здравоохранение, образование и т. д.) инфраструктура выступает залогом успешной предпринимательской активности и развития связей между ключевыми участниками процесса коммерциализации результатов ИиР (Дежина, Салтыков, 2004).

Помимо состояния рынков и инфраструктуры, условием быстрой адаптации бизнеса к новым экономическим реалиям и активизации инновационных процессов выступает ресурсная обеспеченность организации — материальная (оборудование, площади, сырье, материалы и т. п.), кадровая (прежде всего высококвалифицированные работники и специалисты, поддерживающие критические бизнес-процессы), финансовая. Хотя они и контролируются менеджментом, возможности привлечения, накопления и распределения этих ресурсов в значительной мере обусловлены экономической конъюнктурой и политикой государства.

Результаты множества исследований подтверждают, что в кризисный период выживание и инновационная активность компаний, включая выполнение ИиР, положительно связаны с наличием финансовой поддержки со стороны государства в форме грантов и субсидий (Becker, 2015; Jung et al., 2018). Ощутимо влияет на ресурсный потенциал организаций и доступность заемных средств (банковских кредитов, облигационных займов, лизинга, ресурсов экспортных кредитных агентств) и венчурного финансирования (Peia, Romelli, 2022).

Значимое влияние на деловую и инновационную активность оказывает социальный контекст, в том числе интерес и уровень доверия населения к новым технологиям и научно-технологическому развитию в целом. Хотя общество, как правило, склонно положительно оценивать вклад науки и технологий в социально-экономический прогресс (Naor et al., 2015), именно в период кризисов его отношение зачастую меняется, причем разнонаправленно для разных групп граждан. Поскольку спады различной природы становятся все более непредсказуемыми, а их последствия плохо поддаются купированию традиционными антикризисными мерами, например, монетарными, растет недоверие экономических субъектов, в том числе граждан, ко всей вертикали органов управления и аффилированных с ними структур (консультационных, информационных, экспертных, посреднических), государству, институтам власти в целом, их действиям и решениям. Открытость новым технологиям и инновациям, как и отношение населения к ним, напрямую связана с уровнем жизни и образования, с восприятием возможностей и простотой применения, полезности и надежности технологических новшеств (Пишняк, Халина, 2021). Существенную

роль играет и спрос на инновации со стороны государства (Patanakul, Pinto, 2014).

Последними, но не менее важными составляющими делового климата остаются государственное регулирование и административные барьеры. Экономическая политика страны в целом и отдельные ее элементы, включая налоговое и таможенное законодательство, качество судебной системы, деятельность контрольно-надзорных органов, в значительной мере определяют модели инновационного поведения бизнеса (Пахомова и др., 2015). Особую роль играет также режим защиты прав интеллектуальной собственности. Как показывает зарубежный опыт, в отраслях с высокой патентной активностью компании, как правило, менее чувствительны к экзогенным шокам, поэтому в период рецессий придерживаются своей докризисной стратегии и не снижают инновационной активности (Archibugi et al., 2013; Fabrizio, Tsolmon, 2014). При низком уровне защиты этих прав получают распространение копирование и имитация, а их хорошая защита гарантирует бизнесу доход от изобретений и нововведений, т. е. финансовую устойчивость, в том числе в условиях турбулентности внешней среды.

Таким образом, результаты многочисленных исследований свидетельствуют о том, что среда, в которой оперируют компании, выступает одним из важнейших факторов их инновационного развития. Она определяет правила игры, возможности и барьеры на пути адаптации бизнеса к изменению условий его функционирования.

Методология и данные исследования

Проведенный анализ базируется на результатах специализированного обследования инновационного поведения российских предприятий, проведенного в январе-марте 2022 г. Институтом статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ. Его методологическую основу составили конъюнктурные исследования, позволяющие в ходе структурированных интервью выявлять настроения и ожидания руководителей, связанные с текущей ситуацией в их организациях, а также планами развития на горизонте трех лет. Эмпирическим материалом для анализа послужили данные о 1121 действующих предприятии из высокотехнологичных отраслей обрабатывающей промышленности (ОКВЭД 20, 21, 26, 30) и сферы услуг (ОКВЭД 61, 62, 63)³ с численностью работников более 10 человек.

Отраслевая структура выборки обусловлена тем, что указанные сектора отечественной экономики характеризуются высоким уровнем инновационной активности: в 2021 г. 17.4% — в промышленности, 44.5% — в традиционном хайтеке (фармацевтика, производство

электроники, химических продуктов, транспортных средств) и 10.5% — в сфере услуг. Выборка стратифицирована и репрезентативна с точки зрения введенных критериев, на основании которых, а также с использованием данных базы Ruslana Bureau Van Dijk⁴, для целей эмпирического анализа и учета реальных параметров российской экономики было произведено нормирование. Общая структура выборки представлена в табл. 1. Опросный инструментарий гармонизирован с международным стандартом измерения инновационной деятельности и помимо вопросов о рамочных условиях для нее включает данные о создании компаниями в течение последних трех лет новых продуктов и/или бизнес-процессов (инновационная активность), наличии затрат на ИиР и проведении экспортных операций.

На базе выделенных характеристик компаний-респондентов была разработана типология, позволяющая оценить их адаптационный потенциал с учетом реализуемых ими моделей инновационного поведения. В ходе эмпирического анализа рассматривались следующие типы организаций: 1 — неинновационные (не внедряли новую продукцию за последние три года); 2 — инновационные, но не осуществлявшие экспортную деятельность (в течение 2021 г.); 3 — инноваторы-экспортеры; 4 — инноваторы, осуществлявшие ИиР (имевшие в 2021 г. затраты на ИиР, выполненные собственными силами и/или с привлечением сторонних организаций). Такая классификация позволила выявить барьеры и зоны неэффективности для интенсификации инновационной деятельности в зависимости от соответствующей степени зрелости российского бизнеса.

Условия для инновационного развития бизнеса оценивались респондентами по набору из 47 факторов, объединенных в восемь групп: рынки сбыта, конкурентная среда, материальные, кадровые, финансовые ресурсы, качество инфраструктуры, государственное регулирование и общественная среда. Перечень рассматриваемых параметров деловой среды сформирован с учетом экзогенных факторов инновационной деятельности, включенных в новейшую редакцию Руководства Осло (OECD, Eurostat, 2018), и систематизации соответствующей научной литературы. Их краткая характеристика представлена в табл. 2.

Каждый фактор оценивался руководителями организаций с точки зрения его текущего состояния и ожидаемой динамики на горизонте трех лет по шкале Лайкерта, где 1 балл — негативная оценка текущей ситуации / ожидание ухудшений, а 5 баллов — позитивная оценка / ожидание улучшений. На основе полученных значений в рамках комплексной оценки бизнес-среды для инноваций рассчитывались индексы по отдельным факторам и их группам (среднее значение для факторов, имеющих равный вес), а также композитный индекс

² <https://rosstat.gov.ru/statistics/science#>, дата обращения: 22.12.2023.

³ Коды ОКВЭД: 20 — Производство химических веществ и химических продуктов; 21 — Производство лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях; 26 — Производство компьютеров, электронных и оптических изделий; 30 — Производство прочих транспортных средств и оборудования; 61 — Деятельность в сфере телекоммуникаций; 62 — Разработка компьютерного программного обеспечения, консультационные услуги в данной области и другие сопутствующие услуги; 63 — Деятельность в области информационных технологий.

⁴ <https://www.bvdinfo.com/>, дата обращения 11.04.2022.

Табл. 1. Структура выборки

Параметры	Число организаций в выборке	Число организаций во взвешенной выборке
Размер		
Малые (менее 50 работников)	724	10 688
Средние (51–250)	280	2666
Крупные (более 250)	116	669
Сектор экономики		
Высокотехнологичные отрасли обрабатывающей промышленности	486	3088
Сфера услуг	635	10 945
Типы организаций		
Неинновационные	286	2 411
Инноваторы, не экспортеры	632	8048
Инноваторы, экспортеры	203	3574
Инноваторы, выполнявшие ИиР	820	10 396
Всего	1121	14 033
Источник: составлено авторами.		

настроений и ожиданий (среднее значение по группам факторов).

На первом этапе анализировалось, как именно российское бизнес-сообщество оценивает текущие условия для развития инноваций и перспективы изменения ситуации в ближайшие три года — в целом, по группам и по отдельным факторам. На втором этапе были выявлены дефекты деловой среды — потенциальные барьеры для интенсификации инновационной деятельности. Статистическая значимость расхождений в оценках барьеров компаниями, реализующими различные модели инновационного поведения, тестировалась с помощью однофакторного дисперсионного анализа (one-way ANOVA) (Rueda, 2023). Статистическая значимость

различий средних между кластерами проверялась с помощью критерия Краскела-Уоллиса. Рассматривались непересекающиеся множества организаций в зависимости от факта осуществления инновационной и экспортной деятельности. Анализ проводился для всех рассматриваемых видов экономической деятельности в целом, а также в отраслевом разрезе — традиционный хайтек и сфера услуг.

Результаты анализа

Деловая среда для инноваций: настроения и ожидания бизнес-сообщества

По состоянию на начало 2022 г. российское бизнес-сообщество оценило условия для развития инноваций сдержанно позитивно: индекс настроений составил 3.47 балла из 5 возможных (табл. 3). Поскольку обследование совпало с началом системной санкционной политики западных стран против России, улучшения ситуации на трехлетнем горизонте руководители компаний предсказуемо не ожидали (за некоторыми незначительными исключениями по отдельным группам факторов). При этом не наблюдалось и резкое ухудшение оценок. Подобная картина характерна как для предприятий высокотехнологичных отраслей обрабатывающей промышленности, так и для сферы услуг.

По мнению респондентов, в текущих реалиях наиболее серьезно сдерживают инновационное развитие барьеры, связанные с государственным регулированием (3.19) и обеспеченностью финансовыми ресурсами (3.25). Что касается отдельных факторов, в группе финансовых ресурсов самые значительные трудности компании испытывают (и, вероятно, продолжают испытывать) с привлечением внешнего финансирования, особенно от экспортных кредитных агентств, облигационных займов и венчурных инвестиций. Обеспокоенность бизнеса вызывают качество судебной системы и деятельность контрольно-надзорных органов, а также, по понятным причинам, жесткие пределы

Табл. 2. Систематизация факторов состояния деловой среды для развития инноваций

Группы факторов	Число факторов	Описание
Рынки сбыта	5	Устойчивость спроса на производимую продукцию, возможности освоения новых и расширение присутствия на текущих рынках сбыта
Конкурентная среда	6	Постоянство конкурентных преимуществ, факторы их получения и удержания, возможности сотрудничества
Материальная обеспеченность	4	Материальные факторы производства: площади, сырье, материалы и оборудование, включая импортные
Кадры	6	Укомплектованность персоналом, специализирующимся на различных бизнес-процессах (производство, администрирование, маркетинг и продажи, сбыт и логистика, разработка новой продукции и др.)
Финансовые ресурсы	7	Наличие собственных ресурсов и доступность внешних источников финансирования (кредиты, займы, лизинг, венчурные инвестиции, государственная поддержка)
Инфраструктура	6	Качество инфраструктуры (транспортной, энергетической, социальной, информационно-коммуникационной и др.)
Государственное регулирование	9	Экономическая политика и отдельные ее элементы (налоговое и таможенное регулирование, качество судебной системы, режим защиты интеллектуальной собственности и др.)
Общественная среда	4	Уровень доверия между партнерами и бизнеса к государству, интерес общества к новым технологиям, государственный спрос на инновации
Источник: составлено авторами.		

Табл. 3. Индексы настроений и ожиданий по группам факторов деловой среды и видам экономической деятельности

Группы факторов	Традиционный хайтек		Сфера услуг		Всего	
	Текущая ситуация	Ожидания на 3 года	Текущая ситуация	Ожидания на 3 года	Текущая ситуация	Ожидания на 3 года
Рынки сбыта	3.52	3.46	3.41	3.38	3.44	3.40
Конкурентная среда	3.58	3.56	3.53	3.57	3.54	3.57
Материальная обеспеченность	3.63	3.38	3.55	3.29	3.57	3.31
Кадры	4.05	3.83	3.75	3.65	3.82	3.69
Финансовые ресурсы	3.41	3.36	3.20	3.29	3.25	3.31
Инфраструктура	3.86	3.61	3.65	3.43	3.70	3.47
Государственное регулирование	3.27	3.25	3.17	3.11	3.19	3.14
Общественная среда	3.70	3.68	3.52	3.55	3.56	3.58
Композитный индекс	3.60	3.49	3.44	3.38	3.47	3.40

Примечание: Композитный индекс — обобщенная оценка условий для инновационной деятельности и перспектив их изменения в восприятии руководителей организаций. Оценивается по 47 факторам, сгруппированным в 8 групп, и рассчитывается как их среднее арифметическое значение. Для измерения на каждом уровне используется пятибалльная шкала, где 1 балл — негативная оценка текущей ситуации / ее ухудшение через три года, 5 баллов — позитивная оценка / улучшение через 3 года, 3 — нейтральная оценка / отсутствие изменений.

Источник: составлено авторами.

масштабирования бизнеса посредством выхода на зарубежные рынки.

Максимальные баллы (по текущему состоянию и по ожиданиям) получили группы факторов, характеризующие кадровую укомплектованность (3.82) и качество инфраструктуры (3.70). Как и по ряду других элементов деловой среды, по обеим группам возможно незначительное ухудшение через три года (–0.13 и –0.23). С точки зрения различных бизнес-процессов наиболее пессимистично респонденты были настроены по отношению к обеспеченности кадрами, ответственными за разработку новой продукции, включая выполнение ИиР, ее производство / оказание услуг. В части инфраструктуры опрошенные позитивно оценили факторы, отражающие развитие связи и интернета, сравнительно негативно — доступность социальной инфраструктуры: жилья, медицины, школ и детских садов, зон рекреации и отдыха, а также удобство и стоимость услуг по утилизации отходов.

Анализ настроений бизнеса в зависимости от реализуемых моделей инновационного поведения показал, что компании, имеющие опыт такой деятельности, в целом более позитивно оценивают условия для нее (табл. 4).

Неинновационные компании более пессимистичны по отношению к текущей ситуации (показатель для хайтек-предприятий — 3.40, для сферы услуг — 3.21). По отдельным группам факторов для сферы услуг были также получены неудовлетворительные баллы (< 3 баллов). Как и в ряде предыдущих исследований (например, Roud, 2018), этот вывод свидетельствует о том, что в отсутствие опыта внедрения инноваций именно характеристики деловой среды выступают значимым фактором при принятии решения о запуске новых инновационных проектов.

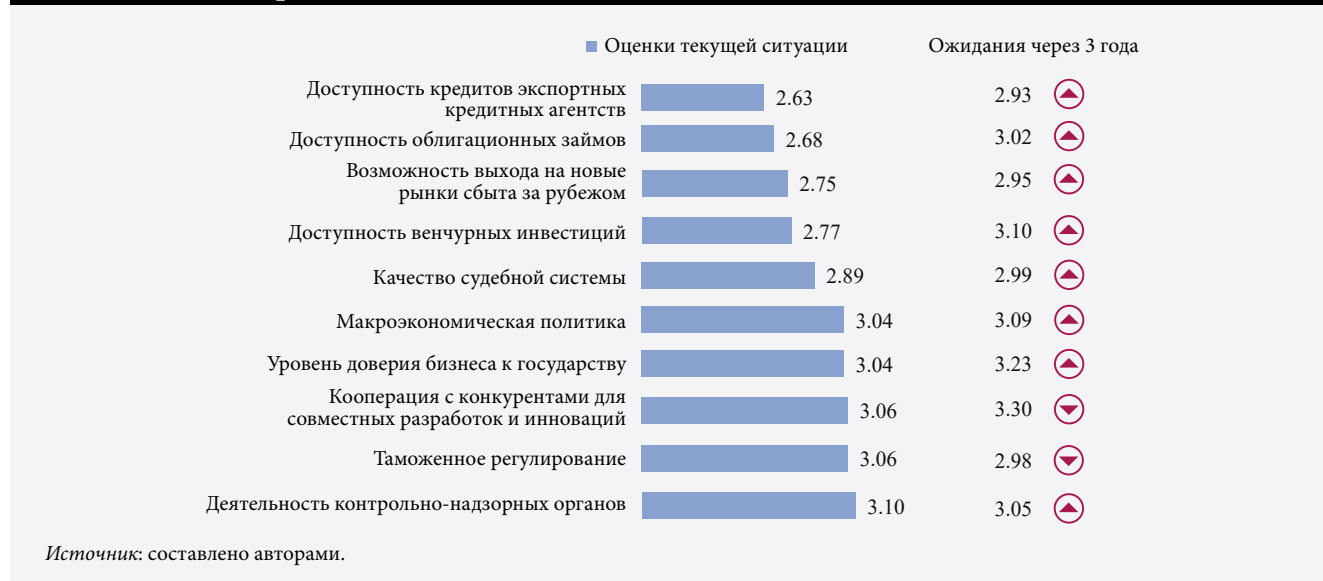
Инновационные организации сферы услуг, осуществляющие экспортную деятельность, оценивают условия для развития инноваций умеренно позитивно (3.58). Руководители таких компаний также демонстрируют

Табл. 4. Индексы настроений по группам факторов деловой среды и моделям инновационного поведения

Группы факторов	Неинновационные		Инноваторы, не экспортеры		Инноваторы, экспортеры		Инноваторы, выполнявшие ИиР	
	Хайтек	Сфера услуг	Хайтек	Сфера услуг	Хайтек	Сфера услуг	Хайтек	Сфера услуг
Рынки сбыта	3.07	2.86	3.51	3.42	3.74	3.81	3.65	3.57
Конкурентная среда	3.33	3.16	3.71	3.59	3.53	3.65	3.65	3.62
Материальная обеспеченность	3.51	3.30	3.69	3.61	3.61	3.61	3.65	3.60
Кадры	3.89	3.69	4.16	3.77	3.97	3.75	4.10	3.77
Финансовые ресурсы	3.10	2.92	3.57	3.23	3.35	3.33	3.47	3.27
Инфраструктура	3.74	3.47	3.90	3.67	3.87	3.74	3.86	3.67
Государственное регулирование	3.10	2.99	3.39	3.11	3.18	3.22	3.29	3.15
Общественная среда	3.43	3.29	3.88	3.58	3.58	3.53	3.78	3.59
Композитный индекс	3.40	3.21	3.73	3.50	3.60	3.58	3.68	3.53

Источник: составлено авторами.

Рис. 1. Факторы с самыми низкими оценками в 2022 г. и ожидания изменений по ним



сравнительно высокий уровень удовлетворенности рыночными условиями (3.81), в частности стабильностью спроса, возможностями наращивания объемов сбыта и выхода на новые рынки, готовностью потребителей платить больше за технологически усовершенствованные продукты и услуги.

Среди предприятий высокотехнологичных отраслей обрабатывающей промышленности, напротив, более высокие оценки деловой среды были выявлены в группе инноваторов, оперирующих исключительно на российском рынке (3.73) и инвестирующих в ИиР (3.68). Респонденты этой категории отмечают относительно благоприятную ситуацию с обеспеченностью кадрами и инфраструктурой, доверием к контрагентам и государству, общественным и государственным спросом на инновации.

Дефекты деловой среды для развития инноваций

На фоне умеренно положительных оценок (общих, по текущей ситуации и на трехлетнем горизонте) респондентов довольно сильно тревожат отдельные обстоятельства (рис. 1), прежде всего ограниченный доступ к внешнему финансированию. Неудовлетворительные оценки получены также по характеристикам деловой среды, связанным с источниками заемного капитала, а именно доступностью ресурсов экспортных кредитных агентств (2.63), облигационных займов (2.68) и венчурных инвестиций (2.77). Несмотря на удовлетворительную оценку собственных финансовых возможностей (3.77), бизнес-сообщество и здесь ожидает ухудшения положения в будущем (–0.12). Таким образом, и без того не слишком благоприятная ситуация со стабильным финансовым обеспечением инновационной деятельности становится все более неопределенной.

Ожидание затруднения для компаний создает выход на зарубежные рынки сбыта (2.75), доступность которых в условиях растущего санкционного давления в ближайшее время не повысится. Столь же пессими-

стично респонденты оценивают возможности сотрудничества с конкурентами для выполнения совместных ИиР и реализации инноваций (3.06), хотя в нормальных обстоятельствах кооперация вносит решающий вклад в продуктивность подобной деятельности. Значительно ослабляет инновационный потенциал России также низкий уровень рамочных условий для нее и несовершенство государственного регулирования. Помимо недоверия к действиям государства (3.04) и обеспокоенности макроэкономической политикой в целом (3.04), респонденты отмечают слабость судебной системы (2.89), неэффективность налогового (3.15) и таможенного (3.06) механизмов, деятельности контрольно-надзорных органов (3.10), недостаточность мер антикризисной поддержки периода пандемии (3.12).

Восприятие узких мест интенсификации инновационной деятельности слабо дифференцировано в секторальном разрезе и существенно варьирует в зависимости от реализуемой модели поведения. Анализ ANOVA и критерий Краскелла-Уоллиса выявили статистически значимые (на уровне 1%) различия между средними значениями — как по текущему состоянию, так и по ожиданиям — практически по всем негативным факторам деловой среды (табл. 5). Исключение составляет лишь качество судопроизводства, которое респонденты считают одним из самых слабых мест российской инновационной системы безотносительно факта осуществления инновационной и экспортной деятельности.

Инновационные компании, осуществляющие экспортную деятельность, менее критичны в оценках существующих барьеров, тогда как в отношении изменений на горизонте трех лет более оптимистично настроены руководители неэкспортных компаний. Вероятно, устойчивые позиции на внутреннем рынке сбыта (собственная ниша, стабильный спрос и т. д.) позволяют инновационным компаниям испытывать уверенность в своем будущем даже в случае изменения экономических условий.

Табл. 5. Оценки факторов деловой среды по типам организаций (результаты дисперсионного анализа)

Фактор	Типы организаций	Число наблюдений	Среднее по текущей оценке /по ожиданиям	Стандартное отклонение
Доступность кредитов экспортных кредитных агентств	Инноваторы, экспортеры	2019	3.01/2.92	1.15/1.05
	Инноваторы, не экспортеры	3736	2.59/3.02	1.05/1.13
	Неинновационные	1487	2.20/2.71	1.09/0.97
	ANOVA		***	
Доступность облигационных займов	Инноваторы, экспортеры	2175	2.90/2.95	1.17/1.01
	Инноваторы, не экспортеры	4066	2.68/3.11	1.00/1.01
	Неинновационные	1606	2.41/2.88	1.02/0.95
	ANOVA		***	
Возможность выхода на новые рынки сбыта за рубежом	Инноваторы, экспортеры	3270	3.49/3.40	1.24/1.23
	Инноваторы, не экспортеры	5379	2.56/2.82	1.32/1.12
	Неинновационные	1830	1.99/2.57	1.14/1.09
	ANOVA		***	
Доступность венчурных инвестиций	Инноваторы, экспортеры	2195	3.10/3.12	1.13/1.11
	Инноваторы, не экспортеры	3981	2.75/3.19	0.93/1.06
	Неинновационные	1531	2.37/2.79	1.04/0.98
	ANOVA		***	
Качество судебной системы	Инноваторы, экспортеры	2788	2.87/3.00	1.08/1.01
	Инноваторы, не экспортеры	6439	2.90/2.99	0.99/0.92
	Неинновационные	1945	2.86/3.00	1.06/1.01
	ANOVA			
Кооперация с конкурентами для совместных разработок и инноваций	Инноваторы, экспортеры	3168	3.03/3.37	1.23/0.93
	Инноваторы, не экспортеры	6432	3.18/3.33	1.06/0.91
	Неинновационные	2038	2.70/3.08	1.01/0.89
	ANOVA		***	
Макроэкономическая политика	Инноваторы, экспортеры	3154	3.04/3.06	1.14/1.20
	Инноваторы, не экспортеры	6879	3.11/3.19	1.06/1.10
	Неинновационные	2029	2.79/2.76	1.03/1.10
	ANOVA		***	
Деятельность контрольно-надзорных органов	Инноваторы, экспортеры	3177	3.20/3.21	1.03/1.04
	Инноваторы, не экспортеры	7337	3.10/3.00	0.97/0.97
	Неинновационные	2142	2.96/2.94	0.99/1.00
	ANOVA		***	
Таможенное регулирование	Инноваторы, экспортеры	2709	3.18/3.03	1.05/1.06
	Инноваторы, не экспортеры	4950	3.00/2.97	0.79/0.91
	Неинновационные	1662	3.05/2.91	0.84/0.97
	ANOVA		***	
Уровень доверия бизнеса к государству	Инноваторы, экспортеры	3305	2.96/3.21	1.18/0.99
	Инноваторы, не экспортеры	7455	3.16/3.32	1.17/1.15
	Неинновационные	2209	2.72/2.94	1.11/1.05
	ANOVA		***	

Примечание: ***, **, * означают значимость на уровне 10, 5 и 1% соответственно. Медианное значение по всем факторам составляет 3.00. Результаты сравнения групп с помощью критерия Краскела-Уоллиса могут быть представлены авторами по запросу.
Источник: составлено авторами.

Выводы и обсуждение

При помощи анализа настроений и ожиданий бизнес-сообщества, связанных с изменением рамочных условий инновационной деятельности, оценена готовность российского бизнеса к развитию инноваций на фоне неблагоприятной внешней и внутренней конъюнктуры. Сформированная уникальная база данных позволяет исследовать характеристики инновационного климата и систематизировать ключевые барьеры для его улуч-

шения на уровне организаций из различных секторов экономики (в нашем случае — высокотехнологичная обрабатывающая промышленность и сфера услуг) и реализующих различные модели поведения (осуществление инновационной и экспортной деятельности, выполнение ИиР). Хотя положенный в основу исследования опрос проводился в преддверии масштабных санкционных ограничений, его результаты применимы и к оценке динамики инновационной сферы и корректировке соответствующих мер государственной поли-

тики. В частности, они свидетельствуют, что руководители российских организаций видят потенциал для улучшения инновационного климата (композитный индекс настроений на начало 2022 г. как в традиционном хайтеке, так и в сфере услуг — около 3,5 баллов из 5), однако и до обострения кризисных тенденций не ожидали зримых улучшений на трехлетнем горизонте, в том числе в силу дефектов деловой среды, с которыми постоянно сталкиваются в своей деятельности.

Результаты опроса также подтверждают, что в условиях турбулентной внешней среды и серьезной задержки в публикации данных официального статистического наблюдения сохраняет актуальность регулярный сбор информации о настроениях бизнес-сообщества. Эти данные облегчают налаживание обратной связи с органами управления и обществом в целом и расширяют эмпирическую базу исследования инноваций и инновационной политики. Полученные оценки подтверждают результаты существующих исследований (Archibugi et al., 2013; Jung et al., 2018) и свидетельствуют о принципиальных различиях в восприятии условий для развития инноваций компаниями, реализующими разные модели инновационного поведения. Не вовлеченные в подобную деятельность организации оценивают практически все аспекты деловой среды как неудовлетворительные (< 3 баллов). Общая оценка статус-кво и образ будущего оптимистичнее в группе инноваторов, осуществлявших экспортную деятельность или инвестировавших в ИиР (особенно в хайтеке), — от 3,50 до 3,73 балла.

К ключевым факторам стабильного развития и успешной адаптации к внешней турбулентности бизнес-сообщество относит кадровую обеспеченность и доступность качественной инфраструктуры, в первую очередь информационно-коммуникационной и энергетической. В свою очередь, общественный интерес к новым технологиям и инновациям позволяет рассчитывать на высокий потребительский спрос на товары и услуги даже в условиях кризиса.

Негативное влияние на скорость адаптации к новым экономическим реалиям, по мнению респондентов, могут оказать трудности с привлечением финансирования (как заемного капитала, так и государственных средств), ограничение доступа на зарубежные рынки, а также несовершенство институтов и системы регулирования. Постоянной критике подвергаются масштабы прямого государственного участия в отечественной экономике, дополнительно возрастающего в период турбулентно-

сти. По мнению некоторых экспертов, в условиях санкционного давления органы власти с большой вероятностью будут опираться на проектную модель и целевое (адресное) финансирование организаций государственного сектора, включая крупные госкомпании. В результате могут вырасти и сроки принятия управленческих решений на всех уровнях, и расходы на их реализацию, а ожидаемые эффекты, напротив, снизиться⁵.

Проведенное исследование показало, что бизнес-сообщество гораздо сильнее заинтересовано в смещении государственной активности от прямого участия в бизнесе к роли регулятора, заботящегося в том числе об улучшении деловой среды. Скорейшее решение ряда системных вопросов, определяющих правила игры в предпринимательском секторе, позволит поддержать рыночную конкуренцию и создать более благоприятные условия для интенсификации инновационной деятельности.

В зависимости от степени вовлеченности в инновационную и экспортную деятельность значимо различается восприятие компаниями ключевых дефектов деловой среды. Для организаций-инноваторов, интегрированных в глобальные цепочки создания стоимости, ключевые барьеры связаны с сужением возможностей взаимодействия с конкурентами при выполнении ИиР (особенно актуально для хайтек-предприятий), а также со сравнительно низким уровнем доверия к действиям властей. Активизацию экспорта инновационных компаний в большей степени ограничивают несовершенство таможенного регулирования и трудности привлечения внешнего финансирования (ресурсов экспортных кредитных организаций, облигационных займов и венчурных инвестиций). Помимо финансовых ограничений инновационной деятельности препятствует еще и негативное восприятие топ-менеджментом условий освоения новых, особенно зарубежных, рынков сбыта.

Выявленная вариативность в оценках дефектов деловой среды для инноваций в зависимости от моделей поведения создает эмпирическую основу для разработки мер поддержки бизнеса в период экономической нестабильности. Устранение таких ключевых дефектов способно дать импульс быстрой адаптации реального сектора к инновационному развитию в условиях внешних ограничений.

Статья подготовлена в рамках Программы фундаментальных исследований Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики».

Библиография

- Баранов А.Ю., Долгопятлова Т.Г. (2013) Эмпирический анализ инновационного поведения фирм при различных институциональных условиях, М.: НИУ ВШЭ.
- Власова В.В. (2023) Международные рейтинги как инструмент оценки инновационного климата страны: позиции России. *Вопросы государственного и муниципального управления*, 3, 155–180. <http://doi.org/10.17323/1999-5431-2023-0-3-155-180>
- Власова В., Рудь В. (2020) Кооперационные стратегии предприятий в эпоху открытых инноваций: пространственные и временные аспекты. *Форсайт*, 14 (4), 80–94. <http://doi.org/10.17323/2500-2597.2020.4.80.94>
- Дежина И.Г., Салтыков Б.Г. (2004) Механизмы стимулирования коммерциализации исследований и разработок, М.: Институт экономической политики им. Е.Т. Гайдара.

⁵ <https://kiozk.ru/article/ekspert/30-let-russkih-innovacij-pocemu-ne-slozilsa-pazl/>; <https://stimul.online/articles/interview/vyyti-s-tekhnologicheskoy-poluperiferii/>; <https://stimul.online/articles/sreda/nuzhna-dostroyka-innovatsionnoy-sistemy/>, дата обращения 14.08.2023.

- Кузьминов А.В., Серков Л.Н. (2020) Инновации на рынке телекоммуникационных услуг. В сб. докл. конф.: Экономика: управление, финансы в XXI веке: взгляд современного научного мира, 26.12.2020, Казань, с. 151–159.
- Пахомова Н.В., Кнут Р., Малышков Г.Б., Бондаренко Ю.П. (2015) Организационно-институциональные условия формирования спроса на инновации. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*, 2, 4–33.
- Пишняк А., Халина Н. (2021) Восприятие новых технологий населением как показатель открытости к инновациям. *Форсайт*, 15(1), 39–54. <http://doi.org/10.17323/2500-2597.2021.1.39.54>
- Симачев Ю.В., Яковлев А.А., Голикова В.В., Городный Н.А., Кузнецов Б.В., Кузык М.Г., Федюнина А.А. (2023) Адаптация российских промышленных компаний к санкциям: первые шаги и ожидания, М.: НИУ ВШЭ.
- Aghion P., Bechtold S., Cassar L., Herz H. (2018) The causal effects of competition on innovation: Experimental evidence. *Journal of Law, Economics, and Organization*, 34 (2), 162–195. <https://doi.org/10.1093/jleo/ewy004>
- Alcorta A., Porta A., Tárrega A., Dolores Alvarez M., Pilar Vaquero M. (2021) Foods for plant-based diets: Challenges and innovations. *Foods*, 10(2), 293. <https://doi.org/10.3390%2Ffoods10020293>
- Archibugi D., Filippetti A., Frenz M. (2013) Economic crisis and innovation: Is destruction prevailing over accumulation? *Research Policy*, 42 (2), 303–314. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.07.002>
- Baier E., Zenker A. (2020) Regional autonomy and innovation policy. In: *Regions and Innovation Policies in Europe. Learning from the Margins* (eds. M. González-López, B.T. Asheim), Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited, pp. 66–91.
- Becker B. (2015) Public R&D policies and private R&D investment: A survey of the empirical evidence. *Journal of Economic Surveys*, 29 (5), 917–942. <https://doi.org/10.1111/joes.12074>
- Brancati E., Brancati R., Maresca A. (2017) Global value chains, innovation and performance: Firm-level evidence from the Great Recession. *Journal of Economic Geography*, 17 (5), 1039–1073. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbx003>
- Camps S., Marques P. (2014) Exploring how social capital facilitates innovation: The role of innovation enablers. *Technological Forecasting and Social Change*, 88, 325–348. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.10.008>
- D'Agostino L.M., Moreno R. (2018) Exploration during turbulent times: An analysis of the relation between cooperation in innovation activities and radical innovation performance during the economic crisis. *Industrial and Corporate Change*, 27 (2), 387–412. <https://doi.org/10.1093/icc/dtx035>
- Fabrizio K.R., Tsolmon U. (2014) An empirical examination of the procyclicality of R&D investment and innovation. *Review of Economics and Statistics*, 96 (4), 662–675. <https://www.jstor.org/stable/43554947>
- Gorzalany-Dziadkowiec M., Gorzelany J., Stauskis G., Hernik J., Van Assche K., Noszczyk T. (2019) The innovation process in local development—the material, institutional, and intellectual infrastructure shaping and shaped by innovation. *Technological and Economic Development of Economy*, 25 (6), 1232–1258. <https://doi.org/10.3846/tede.2019.11094>
- Huang H.Y., Lee Y.C. (2023) Modern pandemic crises and R&D investment. *Applied Economics*, 1–14. <https://search.bvsalud.org/global-literature-on-novel-coronavirus-2019-ncov/resource/en/covidwho-2323682>, дата обращения 15.02.2024.
- Jung H., Hwang J.T., Kim B.K. (2018) Does R&D investment increase SME survival during a recession? *Technological Forecasting and Social Change*, 137, 190–198. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.07.042>
- Lech A. (2011) Research and Development Expenditures of Innovative Enterprises in the Time of Crisis. *Comparative Economic Research. Central and Eastern Europe*, 14 (3), 71–86. <https://doi.org/10.2478/v10103-011-0019-x%0A>
- Leduc S., Sill K. (2013) Expectations and economic fluctuations: An analysis using survey data. *Review of Economics and Statistics*, 95(4), 1352–1367. <https://www.jstor.org/stable/43554832>
- Mand M. (2019) On the cyclicity of R&D activities. *Journal of Macroeconomics*, 59, 38–58. <https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2018.10.008>
- Naor M., Bernardes E.S., Druhl C.T., Shifan Y. (2015) Overcoming barriers to adoption of environmentally-friendly innovations through design and strategy: Learning from the failure of an electric vehicle infrastructure firm. *International Journal of Operations & Production Management*, 35(1), 26–59. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-06-2012-0220>
- Negassi S., Hung T.Y. (2014) The nature of market competition and innovation: Does competition improve innovation output? *Economics of Innovation and New Technology*, 23(1), 63–91. <https://doi.org/10.1080/10438599.2013.811936>
- OECD (2003) *Business Tendency Surveys: A Handbook*, Paris: OECD.
- OECD, Eurostat (2018) *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation* (4th ed.), Paris: OECD, Eurostat.
- Panwar R., Pinkse J., De Marchi V. (2022) The future of global supply chains in a post-COVID-19 world. *California Management Review*, 64 (2), 5–23. <https://doi.org/10.1177/00081256211073355>
- Patanakul P., Pinto J.K. (2014) Examining the roles of government policy on innovation. *Journal of High Technology Management Research*, 25 (2), 97–107. <https://doi.org/10.1016/j.hitech.2014.07.003>
- Paunov C. (2012) The global crisis and firms' investments in innovation. *Research Policy*, 41 (1), 24–35. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.07.007>
- Peia O., Romelli D. (2022) Did financial frictions stifle R&D investment in Europe during the great recession? *Journal of International Money and Finance*, 120, 102263. <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2020.102263>
- Roud V. (2018) Understanding the heterogeneity of innovation modes: Performance effects, barriers, and demand for state support. *Technological Forecasting and Social Change*, 133, 238–253. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.04.025>
- Rueda A.P.M. (2023) Analysis of variance: ANOVA. In: *Handbook for Designing and Conducting Clinical and Translational Research, Translational Sports Medicine* (eds. A.E.M. Eltorai, J.A. Bakal, S.F. DeFroda, B.D. Owens), Amsterdam: Elsevier, pp. 157–160. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91259-4.00099-0>
- Spat C.S. (2020) A tale of two crises: The 2008 mortgage meltdown and the 2020 COVID-19 crisis. *Review of Asset Pricing Studies*, 10(4), 759–790. <https://doi.org/10.1093/rapstu/raaa019>

Интрапренерство как драйвер инноваций в бизнесе

Виджай Вивек

Доцент, achvivekvijay@gmail.com

Академия менеджмента им. Г.Р. Дамодарана (G.R. Damodaran Academy of Management), Индия, Coimbatore, Tamil Nadu, India

Кумар Чандрасекар

Доцент, chandrasekark@alagappauniversity.ac.in

Университет Алагатта (Alagappa University), Индия, Karaikudi, Sivaganga – 630003, Tamil Nadu, India

Аннотация

Необходимость постоянного поиска возможностей и обновления ценных активов в усложняющемся контексте представляет экстраординарную задачу для компаний. Одним из наиболее релевантных инструментов ее решения видятся скрытые внутренние ресурсы в виде предпринимательских инициатив персонала — интрапренерство. Интерес к новому типу предпринимательства в последнее десятилетие устойчиво растет. Статья вносит вклад в понимание факторов, влияющих на его развитие, рассматривая пример предприятий обрабатывающей промышленности в наиболее развитых штатах Индии.

Раскрывается роль таких ключевых предпосылок, как индивидуальные предпринимательские способности и приобретенные компетенции (стратегическое мышление и проактивное поведение), а также искусство культивирования уникального рабочего климата, благоприятствующего появлению инноваций. Авторские выводы усиливают аргументационную базу в пользу новых форматов экономического развития в дополнение к классическому предпринимательству. Они могут быть полезны для лиц, принимающих решения о способах обновления и наращивания конкурентных преимуществ в динамичной бизнес-среде.

Ключевые слова: новые стратегии; предпринимательство; бизнес; интрапренерство; рабочий климат; инновации; развитие предпринимательства, новые возможности; реализация потенциала; трансформации

Цитирование: Vivek V., Chandrasekhar K. (2024) Intrapreneurship as a Driver of Business Innovation. *Foresight and STI Governance*, 18(2), pp. 97–105. DOI: 10.17323/2500-2597.2024.2.97.105

Intrapreneurship as a Driver of Business Innovation

Vijay Vivek

Assistant Professor, achvivekvijay@gmail.com

G.R. Damodaran Academy of Management, Coimbatore, Tamil Nadu, India

Kumar Chandrasekhar

Assistant Professor, chandrasekark@alagappauniversity.ac.in

Alagappa University, Karaikudi, Sivaganga – 630003, Tamil Nadu, India

Abstract

The need for constant renewal with new capabilities and valuable assets in an increasingly complex context represents an extraordinary challenge for companies. One of the most relevant sources is hidden internal resources in the form of the entrepreneurial initiatives of personnel - intrapreneurship. Interest in this new type of entrepreneurship has been growing steadily over the last decade. This article contributes to the understanding of the factors influencing its development using the example of manufacturing enterprises

in the most developed states of India. The role of key prerequisites such as individual entrepreneurial ability and acquired competencies (strategic thinking and proactive behavior) as well as the art of cultivating a unique innovation-friendly climate is revealed. The author's findings strengthen the case for new formats of economic development in addition to classical entrepreneurship. These findings may be useful for decision-makers deciding how to renew and build competitive advantage in a dynamic business environment.

Keywords: new strategies; entrepreneurship; business; intrapreneurship; working climate; innovation; development of entrepreneurship; new opportunities; realization of potential; transformations

Citation: Vivek V., Chandrasekhar K. (2024) Intrapreneurship as a Driver of Business Innovation. *Foresight and STI Governance*, 18(2), pp. 97–105. DOI: 10.17323/2500-2597.2024.2.97.105

Предпринимательство играет важную роль в переходе экономики к новым технологическим укладам, обеспечивает рост числа рабочих мест (Parker, 2011; Gawke et al., 2019) и улучшение общей экономической ситуации (Yang et al., 2009). Поиск новых бизнес-моделей в современном усложняющемся контексте требует развитых способностей балансировки между многообразными факторами с разнонаправленным влиянием и компетенций более высокого уровня (Mom et al., 2015). Одной из набирающих популярность стратегий становится интрапренерство — разновидность предпринимательства, при котором новые предприятия создаются персоналом и являются частью материнской компании (Antoncic, Hisrich, 2003). Если в традиционном предпринимательстве основатель компании как независимый субъект берет на себя все риски, связанные с ее выживанием и развитием, то интрапренер получает всемерную поддержку со стороны работодателя, включая покрытие рисков (Bosma et al., 2013; Klofsten et al., 2021; Kuratko, Audretsch, 2013). Интерес к такому механизму развития бизнеса со стороны академических исследователей устойчиво растет (Hornsby et al., 2013).

Внутреннее предпринимательство можно рассматривать как безопасное пространство, которое позволяет выращивать новые бизнес-проекты для постоянного обновления и сохранения устойчивых позиций компании. Формирование такого пространства представляет сложную проблему, для работы с которой требуются управленческие компетенции высокого порядка.

Среди базовых условий для стимулирования творческого процесса — предоставление персоналу с предпринимательской ориентацией определенного свободного времени в рамках рабочего графика для реализации подобных проектов. Отсутствие жестких рамок, предписывающих следовать официальному содержанию рабочих функций, дает сотрудникам возможность запускать новые начинания, мотивирует экспериментировать с новыми идеями (Menzel et al., 2007). Такое сочетание своеобразного «свободного плавания» и лояльности к работодателю является базовым элементом уникальной корпоративной философии (Bolino et al., 2003; Schneider, Bowen, 1993). Факторы, которые обуславливают развитие интрапренерства, пока не получили достаточного освещения в исследованиях. Задача нашей статьи — восполнить этот пробел. Мы ставим целью изучить взаимосвязь между предпринимательскими компетенциями и развитием интрапренерства, оценить вклад в этот процесс рабочего климата в производственных компаниях.

Статья начинается с обзора литературы по теоретическим основам интрапренерства и его практикам в общемировом и индийском контекстах. Затем раскрываются закономерности и условия его развития или блокировки, проиллюстрированные авторским эмпирическим исследованием, основанным на опросе сотрудников ведущих промышленных компаний Индии. В заключении суммируются ключевые выводы, обосновывается их значимость для культивирования новых форматов инновационного развития.

Обзор литературы

Феномен интрапренерства обсуждается в академической литературе с середины 1980-х гг. (Pinchot, 1985; Drucker, 1986; Pinchot, Pellman, 1999). На старте развития этой исследовательской области (1985–2007 гг.) к ней проявляли интерес преимущественно узкие специалисты. Переломным моментом стал 2008 г., поскольку наступивший глобальный финансовый кризис побудил к пересмотру бизнес-моделей и поиску новых стратегий обновления. В этом контексте рассматриваемый формат предпринимательства стал восприниматься как привлекательная и надежная альтернатива рисковому начинанию. Как следствие, в его изучение стали вовлекаться эксперты из разных сфер (Valencia, 2016). Интрапренерство рассматривается как один из ключевых механизмов генерации инноваций, в которых нуждаются компании для достижения устойчивости на динамичных рынках. Ежегодный прирост числа публикаций по этой теме приобрел экспоненциальный характер и достиг своего максимума в 2020 г. Таким образом, несмотря на относительно молодой возраст, исследования интрапренерства уже «обросли» множеством публикаций (Hernández-Perlines et al., 2022). В процессе развития исследований интрапренерства появились синонимичные термины, которые хотя и имели связь с корпоративным предпринимательством, тем не менее носили разные коннотации. Некоторые исследователи проводят различия между корпоративным предпринимательством, предпринимательской ориентацией и внутренним предпринимательством, причем последнее воспринимается с индивидуальной точки зрения (Amo, 2010). Предпринимательская ориентация как один из аспектов предпринимательства раскрыта в работах (Wahyudi et al., 2021a; Wahyudi et al., 2021b). В интрапренерство вовлечены разные виды стейкхолдеров, чьи роли зависят от многих характеристик, включая бэкграунд и личностные качества (Mudambi et al., 2007; Reuber et al., 2018). Как и другие виды предпринимательства, интрапренерство предполагает поиск возникающих возможностей и создание новой экономической ценности для повышения конкурентоспособности (Drucker, 1986; Pinchot, 1985).

Предлагаются различные классификации как самих видов интрапренерства, так и направлений его исследований. Например, в статье (Blanca, 2018) выделены пять исследовательских направлений с позиций фокусного предмета: индивиды, организации, контекст, факторы и результаты. В свою очередь авторы исследования (Gawke et al., 2017) обозначили три типа внутреннего предпринимательства. Первый относится к предпринимательской ориентации и является фактором более высокого порядка, при котором сотрудники проявляют инициативу, разрабатывают инновации, разделяют риски (Félício et al., 2012; Rigtering and Weitzel, 2013; De Jong et al., 2013; Valsania et al., 2012; Valsania et al., 2013). Второй фокусируется на результатах, анализируя вклад персонала в развитие компании (Hornsby et al., 2009; Matthews et al., 2009; Bager et al., 2010; Camelo-Ordaz et al., 2011; Urbano, Turró, 2013; Belousova, Gailly, 2013). Третий акцентируется на поведении работников, способствующем

щем укоренению культуры интрапренерства. Он синтезирует концепции предпринимательского поведения (Edquist et al., 2001; Park et al., 2014) и стратегического обновления компаний в ответ на внешние и внутренние изменения (Zampetakis et al., 2009; Mustafa et al., 2016; Gawke et al., 2017; Woo, 2018). Именно этот тип выглядит наиболее перспективным в плане развития исследований интрапренерства.

Потенциал интрапренерства определяется двумя взаимосвязанными группами факторов (Antoncic, Hisrich, 2000). Первая относится к внешней среде и включает динамику рынков, технологическую базу, темпы промышленного роста и спрос на новые продукты. В отношении второй, касающейся внутрикорпоративных аспектов, выделяются свобода и вознаграждение (De Villiers-Schippers, 2012; Galván-Vela, Sánchez-Limón, 2017), социальные нормы и особенности характера сотрудников (Ajzen, 1991; Neessen et al., 2019), дизайн должностей (Bakker, Demerouti, 2014), проактивное поведение (Parker et al., 2010), открытость новым идеям, креативность, терпимость к ошибкам и инновационность (Santos-Vijande et al., 2022). При создании новых бизнес-проектов предъявляется требование их согласованности с основным профилем деятельности компании. Притом что интрапренерство в целом считается более «защищенным» и «комфортным» по сравнению с классическим предпринимательством (Buekens, 2014), внутрикорпоративная среда оказывает на него неоднозначное влияние. В некоторых случаях она может стать сдерживающим фактором, например, если компания «закрыта» для новых форматов развития и отличается жесткой внутренней бюрократией.

Успех или провал интрапренерских проектов во многом зависит от наличия целостного видения и восприимчивости к сложной динамике (De Keyser, Vandenbempt, 2023; Glinyanova et al., 2021), которая требует комбинирования трудно сочетаемых противоречий как минимум по четырем направлениям: альтруизма с личными интересами, свободы действий с подчинением, теории с практикой, открытости с личными границами. Но наиболее значимые способности в этом отношении связаны с поиском и освоением новых возможностей.

Поиск новых возможностей

В контексте интрапренерства основное внимание уделяется выявлению возможностей (Neessen et al., 2019) и их разных комбинаций. Возможности не возникают случайно и изолированно, а появляются как результат приобретения высоких компетенций, усилий, последовательности в действиях, корректировок в стратегии и т. п. Разные типы возможностей раскрываются соответствующими управленческими подходами (Verbecke, Yuan, 2022). В рамках интрапренерства выявляются новые взаимосвязи между целями и доступными средствами их достижения, которые затем проверяются на практике, создавая условия для прибыльной реализации новых товаров, услуг и организационных методов (Shane, Venkataraman, 2000).

Новые комбинации ресурсов могут возникать при скоординированных действиях участников совместного предприятия, альянса (Sun et al., 2021) или международной платформы (Nambisan et al., 2019). Объединение активов, будь то в сфере новых рынков, продуктов, процессов, способов организации и источников поставок, может представлять собой как радикально новое соотношение средств и целей, так и небольшую модификацию существующего расклада (Shane, 2012; O'Brien et al., 2019).

Среди внутрикорпоративных источников «генерации» возможностей можно выделить способности налаживать партнерские сети внутри и вовне компании, открытый и творческий тип мышления, умелое взаимодействие со сложностью и рисками, изобретательность, приверженность высоким стандартам, эмпатию и т. п. Однако не меньшее значение имеет умение вести поиск возможностей за пределами организации (Pett, Wolff, 2016).

Влияние корпоративного климата на интрапренерство

Внутриорганизационное взаимодействие во многом определяется идентичностью и ценностями компании. Исследование успешных практик интрапренерства показывает, что компании, активно его практикующие, освоили механизмы формирования атмосферы созидательного многообразия (Hornsby et al., 2017). Один из таких концептов — «инновационный дизайн» (design innovation), комбинирующий дизайн-мышление с ориентированностью на пользователя и инновационные стратегии, делающий ставку на проактивность и самообновление. Примечательно, что на выбор между классическим предпринимательством и интрапренерством влияет возрастной фактор. Сотрудники в возрасте от 24 до 44 лет с определенным внутренним потенциалом чаще всего выбирают статус независимого предпринимателя (Parker, 2009). В свою очередь наемные работники, чей возраст ниже или выше указанного возрастного диапазона, более склонны участвовать в интрапренерстве.

В работе (Verma, 2016) анализируются причины, по которым работникам не удалось стать интрапренерами, вследствие чего они перешли в «классическое» предпринимательство. В числе основных факторов называются неприятие их инновационных идей материнскими компаниями либо недостаточно активная поддержка. Более конкретное распределение по факторам, которые могут воспрепятствовать интрапренерству и одновременно стимулировать к классическому предпринимательству, выглядит следующим образом:

- стремление сотрудников к индивидуальным достижениям и признанию;
- чужеродность их новаторских и креативных качеств для корпоративной среды;
- невосприимчивость руководства к обновлению компании;
- неприемлемость идеи интрапренерства среди большинства сотрудников;

- сокращение корпоративной финансовой поддержки по причине предыдущих неудач, прямые штрафы;
- отсутствие политики вознаграждения и распределения прибыли в организации;
- излишняя нетрадиционность, радикальность предлагаемых идей в глазах руководства компании;
- долгое ожидание одобрения проекта от руководства, и т. п.

Интрапренерство в транснациональных компаниях

Интрапренерские проекты «выращивают» многие известные высокотехнологичные компании. Например, Google в рамках специальной программы «20% time» поощряет персонал посвящать пятую часть рабочего времени индивидуальным проектам. Именно таким образом возникли популярные сервисы, вроде Gmail и Google Maps. Компания 3M реализует аналогичную программу «Innovation Time Off». Здесь работникам на соответствующую деятельность выделяется до 15% рабочего времени, что обеспечило поток успешных разработок, включая, например, стикеры Post-it. В Apple практика поощрения интрапренерства вылилась в реализацию сервиса App Store. Персонал, к тому же, обладает существенной автономией в разработке и запуске собственных инициатив. В случае Amazon понимание потребностей клиентов и инновационное мышление привели к созданию таких революционных продуктов, как Echo и Alexa. Компания Adobe создала платформу Kickbox, содержащую ресурсы и инструкции для разработки новых идей. Используя ее, сотрудники получают возможность протестировать свои предпринимательские способности и компетенции, провести эксперименты в безопасном пространстве «домашней» организации.

Интрапренерство в индийском контексте

Многие индийские предприниматели, начинавшие как интрапренеры, внесли существенный вклад в национальную экономику. В Индии уже сложилась культура поддержки интрапренерства, имеются истории успеха. Так, ИТС наделяет персонал широким кругом полномочий в реализации инновационных разработок. Компания закупает сельскохозяйственную продукцию у фермеров, одновременно обеспечивая им доступ на внешние рынки. Как следствие, повышается производительность и конкурентоспособность аграрного сектора и экономики в целом. SAP Labs (дочерняя компания SAP, действующая на индийском рынке) реализует программу под названием «InnVent», нацеленную на развитие нестандартного мышления. В Hindustan Unilever результатом интрапренерских инициатив стало формирование новых маршрутов для дистрибуции продукции в отдаленные районы. Успех подобных кейсов определяется цепочкой причинно-следственных связей. Предоставление свободы действий, гарантии вознаграждения, терпимое отношение к ошибкам, многосторонняя ресурсная поддержка развивают у интрапренеров сильное чувство сопричастности и энтузиазма, что формирует требуемую благоприятную экосреду.

Расширяются стимулы к сотрудничеству, усиливается инновационная активность, повышается уровень эмоциональной и психологической привязанности к организации (Stander, Rothmann, 2010).

Многие из этих компаний практикуют «обучение в действии» (*learning by doing*) с использованием прогрессивных аудиовизуальных средств и других образовательных технологий, инвестируют в инфраструктуру для создания инноваций, организуют наставничество, прививают работникам уникальные ценности (Srivastava, Bhatnagar, 2008). Между подразделениями устанавливаются координируемая горизонтальная коммуникация и кросс-поддержка.

Постановка гипотез

Анализ исследовательской литературы позволил сформулировать следующие гипотезы.

H1: *Прослеживается тесная связь между предпринимательскими способностями и развитием интрапренерства.*

Согласно данной гипотезе, для реализации как классической предпринимательской деятельности, так и интрапренерства, в целом требуются одни и те же навыки и тип мышления. Речь идет о распознавании скрытых возможностей, управлении рисками, инициативности в запуске новых начинаний, генерации оригинальных идей, выявлении возникающих рыночных ниш и др.

H2: *Рабочий климат оказывает опосредующее влияние на связь между предпринимательскими способностями и развитием интрапренерства.*

Корпоративная экосистема с ее ментальными установками способна в значительной мере усиливать либо ослаблять мотивацию к интрапренерству у персонала с предпринимательскими склонностями. В созидательном, благополучном климате у работников формируется ощущение психологической безопасности и раскрывается потенциал для перехода на более сложные уровни достижений.

Методология

Эмпирическое исследование проводилось опросным методом. Анкета содержала вопросы о развитии интрапренерства в компании, персональном отношении к нему и наличии соответствующего корпоративного климата (табл. 1). Ответы измерялись с использованием пятибалльной шкалы Лайкерта (Joshi et al., 2015). Респондентами выступили представители компаний из пяти наиболее промышленно развитых штатов Индии — Тамил Наду, Махараштра, Гуджарат, Уттар-Прадеш и Андхра-Прадеш. Опрашивались сотрудники научно-исследовательских групп. В ответ на рассылку по электронной почте поступило 426 заполненных анкет, восемь из которых были отсеяны ввиду некорректного заполнения. Итоговая выборка составила 418 ответов, которые обрабатывались посредством регрессионного анализа. Измерялись надежность и валидность конструкций, соответствующих каждому блоку исследовательской модели, а также категории анкетных вопросов. Анализ посреднической роли выполнялся с применением макросов SPSS.

Табл. 1. Анкетные утверждения, предложенные респондентам для оценки рассматриваемых компонентов модели исследования

Предпринимательская компетентность
Навыки творческого мышления помогают мне в решении проблем и создании инноваций
Риск для меня не является препятствием для открытия новых возможностей
Мне легко дается генерация новых идей, способствующих развитию бизнес-проектов
Мне не сложно оптимизировать цепочки поставок и налаживать качественное управление ресурсами
Мои финансовые компетенции облегчают управление активами
Мне удастся эффективно выстраивать коммуникации для расширения возможностей
Развитие интрапренерства
Мое участие в новых бизнес-проектах в компании довольно активно
Предлагая и реализуя новые идеи, я вношу вклад в развитие потенциала компании
Я выбираю постоянное самообновление и личностный рост
В принятии решений я руководствуюсь проактивными установками
Рабочий климат
Моя компания поощряет культуру творчества и инноваций
Сотрудники могут проявлять инициативу и самостоятельно принимать решения
У нас вознаграждаются риск и творческие эксперименты
Поощряется сотрудничество и культивируется командный дух
Примечание: на основе оценок респондентов по 5-балльной шкале Лайкерта: 1 – «категорически не согласен»; 2 – «скорее не согласен»; 3 – «затрудняюсь ответить»; 4 – «скорее согласен»; 5 – «полностью согласен». Дополнительный вопрос касался общей оценки: «Как бы вы оценили общую предпринимательскую культуру в вашей организации?» (варианты ответа: «плохо»; «удовлетворительно»; «хорошо»; «очень хорошо»; «отлично»).
Источник: здесь и далее: составлено авторами по результатам опроса.

Результаты

Оценка измерительной модели проводилась с помощью подтверждающего факторного анализа (*confirmatory factor analysis*, CFA). В соответствии с подходом, представленным в работе (Bjornali, Støren, 2012), для проверки конструкции модели рассчитывались извлеченная средняя дисперсия, совокупная надежность и коэффициент альфа Кронбаха. В табл. 2 представлены значения коэффициента альфа Кронбаха, признанные надежными в соответствии с критериями, обозначенными в работе (Singh, Smith, 2006), поскольку превышают 0.80. Дискриминантная и конгруэнтная достоверность оценивались с использованием полученной средней дисперсии. Из табл. 3 видно, что величины AVE и коррелирующих факторов превышают 0.5, что считается признаком соответствия (Singh, Smith, 2006).

Оценка структурной модели

Для проверки гипотезы H1 измерялась взаимосвязь между исследуемыми конструкциями и значениями регрессии, полученными из анализа траекторий, который

Табл. 2. Результаты факторного анализа

Латентные конструкты	CA	AVE	CR	Corr
Предпринимательская компетентность				
Возможности	0.812	0.723	0.821	0.723
Отношения	0.836	0.711	0.878	0.705
Концепты	0.924	0.703	0.816	0.748
Организация	0.817	0.719	0.806	0.789
Стратегии	0.856	0.752	0.863	0.764
Обязательства	0.803	0.741	0.841	0.748
Развитие интрапренерства				
Венчурный бизнес	0.834	0.729	0.874	0.814
Инновационность	0.867	0.815	0.816	0.748
Самообновление	0.851	0.836	0.857	0.761
Проактивность	0.829	0.841	0.803	0.709
Рабочий климат	0.816	0.869	0.856	0.736
Примечание: CA – альфа Кронбаха; AVE – извлеченная средняя дисперсия; CR – комплексная надежность; Corr – корреляция.				

проводился с помощью программы AMOS (версия 23). Индексы соответствия CFA и SEM показаны в табл. 4. Согласно (Burgne, 2004), их значения признаны «удовлетворительными». Расчеты, представленные в табл. 5, демонстрируют тесную связь между предпринимательскими способностями и развитием интрапренерства ($p < 0.05$), объясняя 86% различий. Результаты аналогичны представленным в работе (Boon et al., 2013a). Таким образом, стратегические и организационные факторы тесно связаны с развитием интрапренерства, что подтверждает гипотезу 1.

Оценка медиации

Для проверки гипотезы H2 посредническая роль рабочего климата в отношениях между предпринимательскими способностями и развитием интрапренерства анализировалась с использованием макросов процесса (Hayes, 2012). Гипотеза подтвердилась, поскольку установлено сильное косвенное влияние корпоративной экосистемы на связь между предпринимательскими способностями и развитием интрапренерства ($b = 0.268$,

Табл. 3. Показатели согласованности

Степень соответствия	Модель CFA	Модель SEM
Базовое соответствие		
Хи-квадрат	232.789	245.268
Степени свободы	145	145
Абсолютный индекс соответствия		
Хи-квадрат/степени свободы	1.426	1.502
RMSEA	0.043	0.044
GFI	0.861	0.856
AGFI	0.906	0.917
CFI	0.962	0.978
RMR	0.046	0.038
SRMR	0.024	0.003
Примечание: RMR < 0.08. RMSEA < 0.08. CFI > 0.95. GFI > 0.90. AGFI > 0.90. SRMR < 0.05.		

Табл. 4. Оценка структурной модели

Отношение	ЕС -> ID
Стандартизированный вес регрессии	0.796
Стандартизированные оценки	0.189
p-значение	0.00*
Квадрат множественного коэффициента корреляции	0.864
Результат проверки гипотезы	Подтверждена
* Значимость при $p < 0.05$.	

$t = 5.496$). При наличии данного опосредованного фактора прямое влияние оказалось значимым ($b = 0.289$, $p < 0.001$). Результаты проверки гипотезы H2 приведены в табл. 5.

Обсуждение

Наше исследование выявило тесную связь между предпринимательскими способностями и развитием интрапренерства в индийских производственных компаниях. В дополнение к аналогичным выводам предыдущих исследований (Bjornali, Støren, 2012; Boon et al., 2013b) обнаружено, что развитие подобного типа предпринимательства коррелирует с наличием концептуальных и стратегических факторов предпринимательской приверженности.

В развитие предыдущих исследований (González-Tejero, Molina, 2022; Rasca et al., 2018) в нашей работе было уделено внимание обучению корпоративной культуре и моделям организационной работы, установлены взаимосвязи между ними. Исследование выявило, что внутренняя экосреда опосредует связь между предпринимательскими способностями и интрапренерством. В обрабатывающих отраслях прослеживается тесная взаимозависимость двух видов предпринимательства. Модель измерения признана достоверной и надежной, поскольку значения альфа Кронбаха превысили 0.80. В пользу данного вывода свидетельствуют расчеты по модели SEM, установившие значительную связь между предпринимательской компетентностью и развитием интрапренерства ($p < 0.05$). Анализ посредничества с использованием макросов процесса Хейса продемонстрировал опосредующую роль рабочего климата, ко-

торая проявляется в существенном косвенном влиянии на связь между предпринимательскими способностями и развитием интрапренерства ($b = 0.268$, $t = 5.496$). Учитывая, что в присутствии этого фактора прямое влияние деловых качеств на развитие интрапренерства оставалось значимым ($b = 0.289$, $p < 0.001$), его посреднические функции можно считать частичными.

Кроме того, исследование осветило малоизученную область медиаторного эффекта рабочего климата, продемонстрировало его ключевую роль в содействии развитию интрапренерства наряду с предпринимательскими компетенциями в обрабатывающих отраслях. Подчеркнута важная взаимозависимость между предпринимательскими способностями, интрапренерством и рабочим климатом в повышении инновационной активности и конкурентоспособности бизнеса.

Заключение

Усложняющийся динамичный контекст требует от организаций и компаний поиска новых методов и практик внутренней реконфигурации и сканирования скрытых возможностей. На первый план выходит проблема непрерывного обновления стратегий развития. В последние десятилетия получила распространение практика интрапренерства, в рамках которого персоналу компаний предоставляются определенная свобода действий и многоуровневая поддержка для реализации новаторских инициатив. Сотрудники рассматриваются как носители инновационного потенциала, раскрытию которого способствует уникальная благоприятная корпоративная среда.

Нами было проанализировано влияние предпринимательских компетенций на развитие интрапренерства, прежде всего в стратегическом и организационном аспектах. Исходные данные были получены из опроса 418 респондентов, представлявших производственные компании пяти промышленно развитых штатов Индии. Факторный анализ валидировал модель измерения, продемонстрировав надежность конструкций. Моделирование структурными уравнениями (SEM) выявило тесную связь между предпринимательскими способностями и развитием интрапренерства. Посредническая функция рабочего климата указывает на важность формирования благоприятной корпоративной среды, стимулирующей интрапренерскую активность. Не меньшее значение имеет культивирование стратегического мышления и проактивного поведения. Создать подобную развивающуюся и самообновляющуюся среду довольно сложно, для этого требуются компетенции высокого порядка. Осознание ценности интрапренерского феномена станет мотиватором для лиц, принимающих решения в разных сферах, к его культивированию посредством надлежащей инвестиционной поддержки. Исследование расширяет представление о вкладе альтернативных видов предпринимательства в стимулирование экономического развития.

Табл. 5. Сводная информация по анализу медиации

Отношение	ЕС -> WC -> ID
Общий эффект	0.542 (0.000)
Прямой эффект	0.289 (0.000)
Косвенный эффект	0.268
Доверительный интервал (от нижнего до верхнего диапазона)	0.186 – 0.367
t-статистика	5.496
Вывод	Частичное посредничество

Библиография

- Ajzen I. (1991) The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Alpkan L., Bulut C., Gunday G., Ulusoy G., Kilic K. (2010) Organizational support for intrapreneurship and its interaction with human capital to enhance innovative performance. *Management Decision*, 48(5), 732–755. <https://doi.org/10.1108/00251741011043902/FULL/XML>
- Amo B.W. (2010) Corporate entrepreneurship and intrapreneurship related to innovation behaviour among employees. *International Journal of Entrepreneurial Venturing*, 2(2), 144–158. <http://dx.doi.org/10.1504/IJEV.2010.034819>
- Antoncic B., Hisrich R.D. (2000) Intrapreneurship modeling in transition economies: A comparison of Slovenia and the United States. *Journal of Developmental Entrepreneurship*, 5(1), 21–40.
- Antoncic B., Hisrich R.D. (2003) Clarifying the intrapreneurship concept. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 10(1), 7–24. <https://doi.org/10.1108/14626000310461187>
- Bager T., Ottosson H., Schott T. (2010) Intrapreneurs, entrepreneurs and spin-off entrepreneurs: Similarities and differences. *International Journal of Entrepreneurship and Small Business*, 10(3), 339–358. <http://dx.doi.org/10.1504/IJESB.2010.033572>
- Bakker A.B., Demerouti E. (2014) Job demands-resources theory. In: *Work and well-being: A complete reference guide* (eds. P.Y. Chen, C.L. Cooper), New York, NY: John Wiley & Sons, pp. 1–28.
- Begeç S., Arun K. (2021) The bottleneck of intrapreneurship: Are social positions and held expectations constraints in organizations' entrepreneur process? A conceptual view. *Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies*, 13(1), 131–151. <https://doi.org/10.1108/JEEE-08-2019-0120/FULL/XML>
- Belousova O., Gailly B. (2013) Corporate entrepreneurship in a dispersed setting: Actors, behaviors, and process. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 9(3), 361–377. <https://doi.org/10.1007/s11365-013-0259-2>
- Bjornali E.S., Støren L.A. (2012) Examining competence factors that encourage innovative behaviour by European higher education graduate professionals. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 19(3), 402–423. <https://doi.org/10.1108/14626001211250135/FULL/XML>
- Blanka C. (2018) An individual-level perspective on intrapreneurship: A review and ways forward. *Review of Managerial Science*, 12(1), 1–43. <https://doi.org/10.1007/s11846-018-0277-0>
- Bolino M.C., Turnley W.H., Averett T. (2003) Going the extra mile: Cultivating and managing employee citizenship behavior. *Academy of Management Perspectives*, 17(3), 60–73. <https://doi.org/10.5465/AME.2003.10954754>
- Boon J., Van der Klink M., Janssen J. (2013a) Fostering intrapreneurial competencies of employees in the education sector. *International Journal of Training and Development*, 17(3), 210–220. <https://doi.org/10.1111/IJTD.12010>
- Bosma N., Wennekers S., Guerrero M., Amoros J.E., Martiarena A., Singer S. (2013) *Global Entrepreneurship Monitor. Special Report on Entrepreneurship Employee Activity*, Wellsley, LA: Babson College; Santiago de Chile: Universidad Dessoarollo; Kuala Lumpur; Tun Abdul Razak Universiti.
- Buekens W. (2014) Fostering Intrapreneurship: The Challenge for a New Game Leadership. *Procedia Economics and Finance*, 16, 580–586. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(14\)00843-0](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(14)00843-0)
- Byrne B.M. (2004) Testing for multigroup invariance using AMOS graphics: A road less traveled. *Structural Equation Modeling*, 11(2), 272–300. https://doi.org/10.1207/S15328007SEM1102_8
- Camelo-Ordaz C., Fernandez-Alles M., Ruiz-Navarro J., Sousa-Ginel E. (2012) The intrapreneur and innovation in creative firms. *International Small Business Journal*, 30 (5), 513–535. <https://doi.org/10.1177/0266242610385396>
- Chakrabarti A., Vidal E., Mitchell W. (2011) Business transformation in heterogeneous environments: The impact of market development and firm strength on retrenchment and growth reconfiguration. *Global Strategy Journal*, 1, 6–26. <https://doi.org/10.1002/gsj.3>
- De Keyser B., Vandenbempt K. (2023) Processes of practice in the realm of theory: Unveiling the dynamics of academic intrapreneurship. *Technovation*, 126(C), 102811. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102811>
- de Villiers-Scheepers M.J. (2012) Antecedents of strategic corporate entrepreneurship. *European Business Review*, 24(5), 400–424. <https://doi.org/10.1108/09555341211254508>
- Dörnyei Z., Al-Hoorie A.H. (2017) The Motivational Foundation of Learning Languages Other than Global English: Theoretical Issues and Research Directions. *The Modern Language Journal*, 101(3), 455–468. <https://doi.org/10.1111/MODL.12408>
- Edquist C., Hommen L., McKelvey M.D. (2001) *Innovation and employment: Process versus product innovation*, Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Felicio J.A., Rodrigues R., Caldeirinha V.R. (2012) The effect of intrapreneurship on corporate performance. *Management Decision*, 50(10), 1717–1738. <https://doi.org/10.1108/00251741211279567>
- Galvan-Vela E., Sanchez-Limon M. (2017) Autonomy and rewards as organizational factors triggering intrapreneurship. *Ciencias Administrativas. Teoría y Praxis*, 2(13), 237–249 (in Spanish).
- Gawke J.C., Gorgievski M.J., Bakker A.B. (2017) Employee intrapreneurship and work engagement: A latent change score approach. *Journal of Vocational Behavior*, 100, 88–100. <https://doi.org/10.1016/j.jvb.2017.03.002>
- Gelade G.A., Ivery M. (2003) The Impact of Human Resource Management and Work Climate on Organizational Performance. *Personnel Psychology*, 56(2), 383–404. <https://doi.org/10.1111/J.1744-6570.2003.TB00155.X>
- González-Tejero C.B., Molina C.M. (2022) Training, corporate culture and organizational work models for the development of corporate entrepreneurship in SMEs. *Journal of Enterprising Communities*, 16(1), 168–188. <https://doi.org/10.1108/JEC-12-2021-0178/FULL/XML>
- Hayes A. (2012) *PROCESS: A versatile computational tool for observed variable mediation, moderation, and conditional process modeling* (White Paper). https://is.muni.cz/el/1423/podzim2014/PSY704/50497615/hayes_2012_navod_process.pdf
- Hernández-Perlines F., Ariza-Montes A., Blanco-González-Tejero C. (2022) Intrapreneurship research: A comprehensive literature review. *Journal of Business Research*, 153, 428–444. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.08.015>
- Hornsby J.S., Kuratko D.F., Shepherd D.A., Bott J.P. (2009) Managers' corporate entrepreneurial actions: Examining perception and position. *Journal of Business Venturing*, 24(3), 236–247. <https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2008.03.002>
- Joshi A., Kale S., Chandel S., Pal D.K. (2015) Likert Scale: Explored and Explained. *Current Journal of Applied Science and Technology*, 7(4), 396–403. <https://doi.org/10.9734/BJAST/2015/14975>
- Kanungo R.N., Misra S. (2016) Managerial Resourcefulness: A Reconceptualization of Management Skills. *Human Relations*, 45(12), 1311–1332. <https://doi.org/10.1177/001872679204501204>
- Kassa A.G., Raju R.S. (2015) Investigating the relationship between corporate entrepreneurship and employee engagement. *Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies*, 7(2), 148–167. <https://doi.org/10.1108/JEEE-12-2014-0046/FULL/XML>
- Klofsten M., Urbano D., Heaton S. (2021) Managing intrapreneurial capabilities: An overview. *Technovation*, 99, 102177. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102177>
- Kovid R.K., Bhati B., Sharma G.M. (2021) Entrepreneurial Competencies, Institutional Voids and Performance of Small and Medium Enterprises: Evidence from an Emerging Economy. *Vision* (forthcoming). <https://doi.org/10.1177/09722629211058809>
- Kuratko D.F., Audretsch D.B. (2013) Clarifying the domains of corporate entrepreneurship. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 9, 323–335. <https://doi.org/10.1007/s11365-013-0257-4>
- Matthews C.H., Schenkel M.T., Ford M.W., Human S.E. (2009) Comparing nascent entrepreneurs and intrapreneurs and expectations of firm growth. *Journal of Small Business Strategy*, 20(1), 53–80.

- Menzel H.C., Aaltio I., Ulijn J.M. (2007) On the way to creativity: Engineers as intrapreneurs in organizations. *Technovation*, 27(12), 732–743. <https://doi.org/10.1016/J.TECHNOVATION.2007.05.004>
- Mom T.J.M., Fourné S.P.L., Jansen J.P. (2015) Managers' work experience, ambidexterity, and performance: The contingency role of the work context. *Human Resource Management*, 54(S1), 133–153. <http://dx.doi.org/10.1002/hrm.21663>
- Mom T.J.M., Oshri I., Volberda H.W. (2012) The skills base of technology transfer professionals. *Technology Analysis & Strategic Management*, 24(9), 871–891. <https://doi.org/10.1080/09537325.2012.718663>
- Mudambi R., Mudambi S.M., Navarra P. (2007) Global innovation in MNCs: The effects of subsidiary selfdetermination and teamwork. *Journal of Product Innovation Management*, 24, 442–455. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2007.00262.x>
- Mustafa M., Martin L., Hughes M. (2016) Psychological ownership, job satisfaction, and middle manager entrepreneurial behavior. *Journal of Leadership & Organizational Studies*, 23(3), 272–287. <https://doi.org/10.1177/1548051815627360>
- Nambisan S., Zahra S.A., Luo Y. (2019) Global platforms and ecosystems: Implications for international business theories. *Journal of International Business Studies*, 50, 1464–1486. <https://doi.org/10.1057/s41267-019-00262-4>
- Neessen P., Daniels M.C., Vos B., De Jong J.P. (2019) The intrapreneurial employee: Toward an integrated model of intrapreneurship and research agenda. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 15(2), 545–571. <https://doi.org/10.1007/s11365-018-0552-1>
- O'Brien D., Scott P.S., Andersson U., Ambos T., Fu N. (2019) The microfoundations of subsidiary initiatives: How subsidiary manager activities unlock entrepreneurship. *Global Strategy Journal*, 9, 66–91. <https://doi.org/10.1002/gsj.1200>
- Park S.H., Kim J.N., Krishna A. (2014) Bottom-up building of an innovative organization: Motivating employee intrapreneurship and scouting and their strategic value. *Management Communication Quarterly*, 28(4), 531–560. <https://doi.org/10.1177/0893318914541667>
- Parker S.C. (2011) Intrapreneurship or entrepreneurship? *Journal of Business Venturing*, 26(1), 19–34. <https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2009.07.003>
- Parker S.K., Bindl U.K., Strauss K. (2010) Making things happen: A model of proactive motivation. *Journal of Management*, 36(4), 827–856. <https://doi.org/10.1177/0149206310363732>
- Peña I. (2004) Business Incubation Centers and New Firm Growth in the Basque Country. *Small Business Economics*, 22(3), 223–236. <https://doi.org/10.1023/B:SBEJ.0000022221.03667.82>
- Pett T., Wolff J.A. (2016) Entrepreneurial orientation and learning in high and low-performing SMES. *Journal of Small Business Strategy*, 26(2), 71–86.
- Pinchot G. (1985) *Intrapreneuring*, New York: Harper & Row.
- Pinchot G., Pellman R. (1999) *Intrapreneuring in action: A handbook for business innovation*, Berrett-Koehler Publishers.
- Poduška Z., Nedeljković J., Nonić D., Ratknić T., Ratknić M., Živojinović I. (2020) Intrapreneurial climate as momentum for fostering employee innovativeness in public forest enterprises. *Forest Policy and Economics*, 119, 102281. <https://doi.org/10.1016/J.FORPOL.2020.102281>
- Rasca L., Deaconu A., True S. (2018) From successful SMEs to entrepreneurial society and the importance of the entrepreneurial mindset. In: *Doing Business in Europe. Contributions to Management Science* (ed. A. Dima), Cham: Springer, pp. 315–328. https://doi.org/10.1007/978-3-319-72239-9_15/COVER
- Reuber A.R., Knight G.A., Liesch P.W., Zhou L. (2018) International entrepreneurship: The pursuit of entrepreneurial opportunities across national borders. *Journal of International Business Studies*, 49, 395–406. <https://doi.org/10.1057/s41267-018-0149-5>
- Rigtering J.C., Weitzel U. (2013) Work context and employee behaviour as antecedents for intrapreneurship. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 9(3), 337–360. <https://doi.org/10.1007/s11365-013-0258-3>
- Salanova M., Agut S., Peiró J.M. (2005) Linking organizational resources and work engagement to employee performance and customer loyalty: The mediation of service climate. *Journal of Applied Psychology*, 90(6), 1217–1227. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.90.6.1217>
- Santos-Vijande M.L., Lopez-Sanchez, J.A., Loredó E., Rudd J., Lopez-Mielgo N. (2022) Role of innovation and architectural marketing capabilities in channelling entrepreneurship into performance. *Journal of Innovation & Knowledge*, 7(2), 100174. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2022.100174>
- Schneider B., Bowen D.E. (1993) The service organization: Human resources management is crucial. *Organizational Dynamics*, 21(4), 39–52. [https://doi.org/10.1016/0090-2616\(93\)90032-V](https://doi.org/10.1016/0090-2616(93)90032-V)
- Shane S. (2012) Reflections on the 2010 “AMR” decade award: Delivering on the promise of entrepreneurship as a field of research. *Academy of Management Review*, 37, 10–20. <https://doi.org/10.5465/amr.2011.0078>
- Singh P.J., Smith A. (2006) An empirically validated quality management measurement instrument. *Benchmarking: An International Journal*, 13(4), 493–522. <https://doi.org/10.1108/14635770610676317>
- Sinha N., Srivastava K.B.L. (2013) Association of Personality, Work Values and Socio-cultural Factors with Intrapreneurial Orientation. *The Journal of Entrepreneurship*, 22(1), 97–113. <https://doi.org/10.1177/0971355712469186>
- Srivastava P., Bhatnagar J. (2008) Talent acquisition due diligence leading to high employee engagement: Case of Motorola India MDB. *Industrial and Commercial Training*, 40(5), 253–260. <https://doi.org/10.1108/00197850810886496>
- Sun P., Deng Z., Wright M. (2021) Partnering with Leviathan: The politics of innovation in foreign-hoststate joint ventures. *Journal of International Business Studies*, 52, 595–620. <https://doi.org/10.1057/s41267-020-00340-y>
- Tehseen S., Ramayah T. (2015) Entrepreneurial competencies and smes business success: The contingent role of external integration. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 6(1), 50–61. <https://doi.org/10.5901/MJSS.2015.V6N1P50>
- Urbano D., Turro A. (2013) Conditioning factors for corporate entrepreneurship: An in (ex) ternal approach. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 9(3), 379–396. <https://doi.org/10.1007/s11365-013-0261-8>
- Verbeke A., Yuan W. (2022) Rethinking intrapreneurship in the established MNE. *Global Strategy Journal*, 12(4), 738–758. <https://doi.org/10.1002/gsj.1461>
- Verma N. (2016) *Role of Intrapreneurs in the Industrial Development of India (An Empirical Study)* (SSRN Paper 2988224). <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2988224>
- Wahyudi I., Suroso A.I., Arifin B., Syarif R., Rusli M.S. (2021a) Multidimensional aspect of corporate entrepreneurship in family business and SMEs: A systematic literature review. *Economics*, 9(4), 156. <https://doi.org/10.3390/economics9040156>
- Wickramaratne A., Kiminami A., Yagi H. (2014) Entrepreneurial Competencies and Entrepreneurial Orientation of Tea Manufacturing Firms in Sri Lanka. *Asian Social Science*, 10(18), 50. <https://doi.org/10.5539/ASS.V10N18P50>
- Woo H.R. (2018) Personality traits and intrapreneurship: The mediating effect of career adaptability. *Career Development International*, 23(1). <https://doi.org/10.1108/CDI-02-2017-0046>
- Yang Y., Narayanan V.K., Zahra S. (2009) Developing the selection and valuation capabilities through learning: The case of corporate venture capital. *Journal of Business Venturing*, 24(3), 261–273. <https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2008.05.001>
- Zampetakis L.A., Beldekos P., Moustakis V.S. (2009) “Day-to-day” entrepreneurship within organisations: The role of trait Emotional Intelligence and Perceived Organisational Support. *European Management Journal*, 27(3), 165–175. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2008.08.003>
- Zarefard M., Jeong D.Y. (2019) The influence of entrepreneurial competencies of project leader on innovative idea generation in the ICT firms. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 97(17), 4612–4622.