

В НОМЕРЕ

Будущее сквозь призму
подрывных инноваций

6

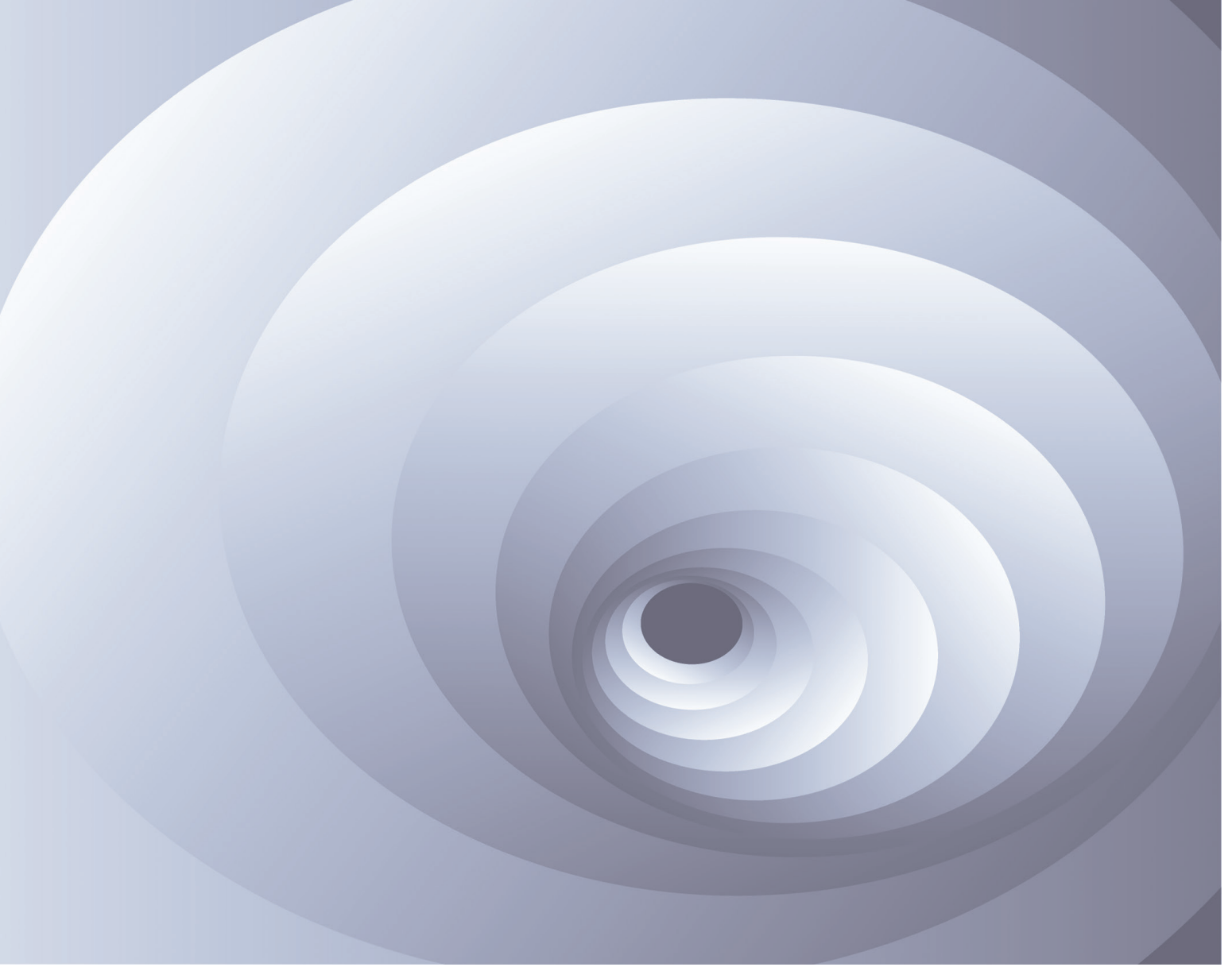
Доверие как детерминант
будущего спроса на технологии

60

Как беспилотный транспорт
меняет облик наших городов?

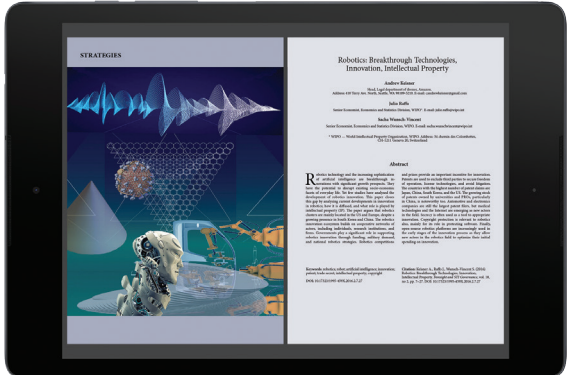
70





ФОРСАЙТ

ТЕПЕРЬ ДОСТУПНЕЕ



РЕЙТИНГ ЖУРНАЛА

по импакт-фактору
в Российском индексе
научного цитирования
(2018 г.)

- Наукоедение 1
- Организация и управление 1
- Экономика 2

В соответствии с решением Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки РФ журнал «Форсайт» включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по направлению «Экономика»

*Протокол заседания президиума ВАК
№ 6/6 от 19 февраля 2010 г.*

Журнал входит во 2-й квартал (Q2) рейтинга Scopus Scimago Journal & Country Rank по направлениям:

- Economics, Econometrics and Finance
- Social Sciences
- Business, Management and Accounting
- Decision Sciences

«Форсайт» вошел в число победителей открытого конкурса Министерства образования и науки РФ по государственной поддержке программ развития и продвижению российских научных журналов в международное научно-информационное пространство

По итогам экспертизы большого числа российских научных журналов, проведенной компанией Macmillan Science Communication (UK), «Форсайт» вошел в тройку наиболее перспективных изданий

ИНДЕКСИРОВАНИЕ

WEB OF SCIENCE™
CORE COLLECTION
EMERGING SOURCES
CITATION INDEX

SCOPUS™

RUSSIAN SCIENCE CITATION INDEX
WEB OF SCIENCE

RePEc ProQuest
Start here.

EBSCO Academic Search Premier

DOAJ DIRECTORY OF OPEN ACCESS JOURNALS

OAJI Open Academic Journals Index
.net

ECONSTOR

ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

GENAMICS™ JOURNALSEEK

eLIBRARY.RU

CYBERLENINKA

ВИНИТИ

ПОДПИСКА

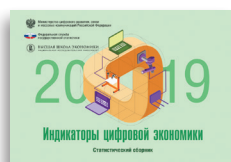
Роспечать
80690

ИЗДАНИЯ ИСИЭЗ

Аналитические
доклады



Статистические сборники



С этими и другими изданиями можно ознакомиться в интернете или приобрести в книжных магазинах



Главный редактор Леонид Гохберг (НИУ ВШЭ)

Заместитель главного редактора Александр Соколов (НИУ ВШЭ)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Татьяна Кузнецова (НИУ ВШЭ)

Юрий Симачёв (НИУ ВШЭ)

Дирк Майсснер (НИУ ВШЭ)

Томас Тернер (НИУ ВШЭ)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Андрей Белоусов (Правительство РФ)

Николас Вонортас (НИУ ВШЭ и Университет Джорджа Вашингтона, США)

Бенуа Годен (Национальный институт научных исследований, Канада)

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

Тугрул Дайм (Портлендский государственный университет, США)

Люк Джорджиу (Университет Манчестера, Великобритания)

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

Криштиану Каньин (Объединенный исследовательский центр Европейской комиссии)

Элиас Караяннис (Университет Джорджа Вашингтона, США)

Майкл Кинэн (ОЭСР)

Ярослав Кузьминов (НИУ ВШЭ)

Джонатан Кэлоф (НИУ ВШЭ и Университет Оттавы, Канада)

Лут Лейдесдорфф (Университет Амстердама, Нидерланды, и Университет Сассекса, Великобритания)

Кэрол Леонард (Оксфордский университет, Великобритания)

Кеун Ли (Сеульский национальный университет, Корея)

Джонатан Линтон (НИУ ВШЭ и Университет Шеффилда, Великобритания)

Йен Майлс (НИУ ВШЭ и Университет Манчестера, Великобритания)

Сандро Мендонса (Университет Лиссабона, Португалия, и Университет Сассекса, Великобритания)

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

Вольфганг Полт (Университет прикладных наук Йоаннеум, Австрия)

Озчан Саритас (НИУ ВШЭ)

Марио Сервантес (ОЭСР)

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)

Александр Чепуренко (НИУ ВШЭ)

Филип Шапира (Университет Манчестера, Великобритания, и Технологический университет Джорджии, США)

Клаус Шух (Центр социальных инноваций, Австрия)

Чарльз Эдквист (Университет Лунда, Швеция)

РЕДАКЦИЯ

Ответственный редактор

Марина Бойкова

Менеджер по развитию

Наталья Гавриличева

Литературные редакторы

Яков Охонько, Кейтлин Монтгомери

Корректор

Екатерина Малеванная

Художник

Мария Зальцман

Верстка

Михаил Салазкин

Учредитель

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»

Свидетельство о регистрации

ПИ № ФС 77-68124 от 27.12.2016 г.

Тираж 600 экз.

Заказ 0000

Отпечатано в АО «Первая Образцовая типография»
Филиал «Чеховский Печатный Двор»
142300, Московская обл., г. Чехов, ул. Полиграфистов, д. 1
www.chpd.ru, e-mail: sales@chpd.ru, тел.: 8 (499) 270-73-59

© Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», 2007–2020

FORESIGHT AND STI GOVERNANCE

National Research University
Higher School of Economics



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.

EDITORIAL BOARD

Tatiana Kuznetsova, HSE, Russian Federation
Dirk Meissner, HSE, Russian Federation
Yury Simachev, HSE, Russian Federation
Thomas Thurner, HSE, Russian Federation

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

Alexander Sokolov, Deputy Editor-in-Chief, HSE, Russian Federation

EDITORIAL COUNCIL

Andrey Belousov, Government of the Russian Federation
Cristiano Cagnin, EU Joint Research Centre
Jonathan Calof, University of Ottawa, Canada
Elias Carayannis, George Washington University, United States
Mario Cervantes, OECD
Alexander Chepureno, 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 Georghiou, University of Manchester, United Kingdom
Benoit Godin, Institut national de la recherche scientifique (INRS), Canada
Karel Haegeman, EU Joint Research Centre
Attila Havas, Institute of Economics, Hungarian Academy of Sciences
Michael Keenan, OECD
Yaroslav Kuzminov, HSE, Russian Federation
Keun Lee, Seoul National University, Korea
Loet Leydesdorff, University of Amsterdam, Netherlands, and University of Sussex, United Kingdom
Carol S. Leonard, University of Oxford, United Kingdom
Jonathan Linton, HSE, Russian Federation, and University of Sheffield, United Kingdom
Sandro Mendonca, Lisbon University, Portugal, and University of Sussex, United Kingdom
Ian Miles, HSE, Russian Federation, and University of Manchester, United Kingdom
Rongping Mu, Institute of Policy and Management, Chinese Academy of Sciences
Fred Phillips, University of New Mexico and Stony Brook University – State University of New York, United States
Wolfgang Polt, Joanneum Research, Austria
Ozcan Saritas, HSE, Russian Federation
Klaus Schuch, Centre for Social Innovation, Austria
Philip Shapira, University of Manchester, UK, and Georgia Institute of Technology, United States
Alina Sorgner, John Cabot University, Italy, and Kiel Institute for the World Economy, Germany
Nicholas Vonortas, HSE, Russian Federation, and George Washington University, United States
Angela Wilkinson, World Energy Council and University of Oxford, United Kingdom

EDITORIAL TEAM

Executive Editor — Marina Boykova
Development Manager — Natalia Gavrilicheva
Literary Editors — Yakov Okhonko, Caitlin Montgomery
Proofreader — Ekaterina Malevannaya
Designer — Mariya Salzman
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/>

Foresight and STI Governance is ranked in Q2 of the Scopus Scimago Journal & Country Rank in the fields: Economics, Econometrics and Finance; Social Sciences; Business, Management and Accounting; Decision Sciences

INDEXING AND ABSTRACTING

WEB OF SCIENCE™
CORE COLLECTION
EMERGING SOURCES
CITATION INDEX

SCOPUS™

RUSSIAN SCIENCE CITATION INDEX
WEB OF SCIENCE

RePEc

ProQuest

ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

EBSCO

Academic Search Premier

GENAMICS™ JOURNALSEEK

ECONSTOR

eLIBRARY.RU

OAJ .net Open Academic Journals Index

DOAJ DIRECTORY OF OPEN ACCESS JOURNALS

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

СТРАТЕГИИ

Будущее сквозь призму подрывных инноваций

Иен Майлс

6

STRATEGIES

A Disrupted Future?

Ian Miles

6

ИННОВАЦИИ

Эффект случайного воздействия цифровой трансформации на общий уровень цен и экономический рост

Бьюнг Гвун Чой

29

INNOVATION

Random Interaction Effect of Digital Transformation on General Price Level and Economic Growth

Byung Gwun Choy

29

Факторы эффективного управления в сфере информационных технологий

Дэвид Энрикес, Рубен Перейра, Рафаэль Алмейда, Мигель Мира да Сильва

48

IT Governance Enablers

David Henriques, Ruben Pereira, Rafael Almeida, Miguel Mira da Silva

48

Доверие как детерминант будущего спроса на технологии

Иоанна Эйдис

60

Trust-Based Determinants of Future Intention to Use Technology

Joanna Ejdys

60

МАСТЕР-КЛАСС

Как беспилотный транспорт меняет облик наших городов?

Алексей Зомарев, Мария Роженко

70

MASTER CLASS

Impact of Self-driving Cars for Urban Development

Aleksey Zomarev, Maria Rozhenko

70

Выбор технологий с помощью метода TOPSIS

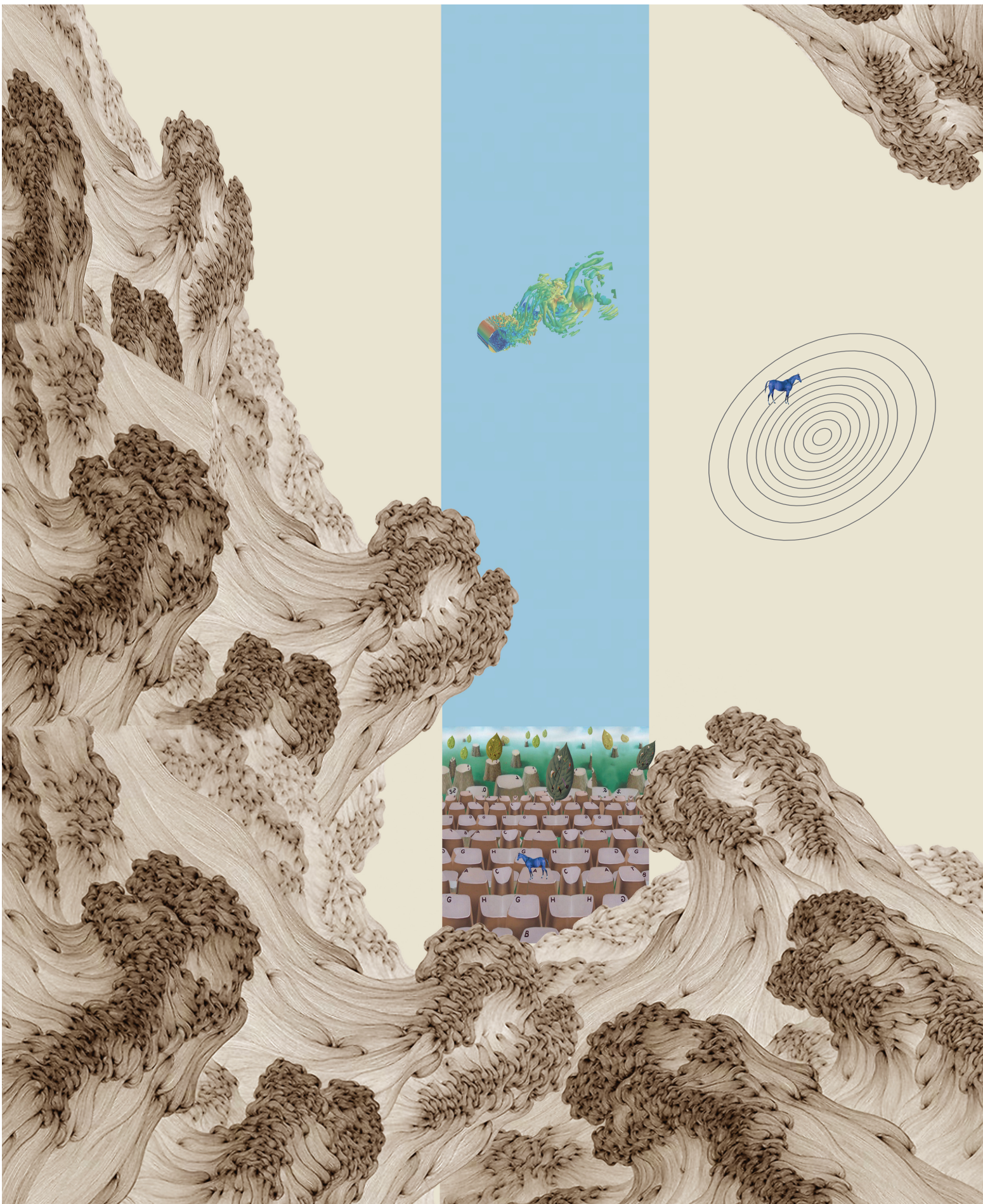
Катаржина Халицкая

85

Technology Selection Using the TOPSIS Method

Katarzyna Halicka

85



Будущее сквозь призму подрывных инноваций

Йен Майлс

Почетный профессор, Манчестерская школа бизнеса «Альянс» (Alliance Manchester Business School)^a; научный руководитель, Лаборатория экономики инноваций, Центр научно-технической, инновационной и информационной политики, Институт статистических исследований и экономики знаний (ИСИЭЗ)^b, imiles@hse.ru

^a Манчестерский университет (University of Manchester), Великобритания, Oxford Rd, Manchester M13 9PL, UK

^b Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 101000, Москва, ул. Мясницкая, 11

Аннотация

Годовые доходы табачной индустрии в мировом масштабе составляют сотни миллиардов долларов, при этом от курения ежегодно умирают миллионы человек. Электронные сигареты задумывались как менее вредная альтернатива традиционным табачным изделиям, позволяющая потребителям вдыхать никотин без побочных продуктов горения табака, существенно снижая риски для здоровья. Эти и подобные разработки обладают потенциалом подрывной инновации, способной радикально изменить существующие рынки. В их создании активно участвуют и новички, и известные табачные производители. Однако эффекты таких продуктов для здоровья пока мало изучены и неоднозначны, к тому же все чаще появляются сообщения о массовых заболеваниях, вызываемых вейпингом. Как

следствие, большинство стран и международных институтов, включая Всемирную организацию здравоохранения, занимают негативную позицию в отношении электронных сигарет.

Станут ли электронные сигареты «троянским коном», который подорвет усилия по борьбе против курения, или окажутся эффективным средством отучить пользователей от вредной привычки, открывающим для общества дорогу к лучшему будущему? В статье обсуждаются будущие последствия для здоровья от употребления электронных сигарет в сравнении с традиционными, а также более широкие проблемы, связанные с данной подрывной инновацией. Обозначены направления дальнейших исследований, в том числе с применением инструментов Форсайта.

Ключевые слова: подрывные инновации; электронные сигареты; сценарии; альтернативные варианты будущего; Форсайт

Цитирование: Miles I. (2020) A Disrupted Future? *Foresight and STI Governance*, vol. 14, no 1, pp. 6–27. DOI: 10.17323/2500-2597.2020.1.6.27

A Disrupted Future?

Ian Miles

Emeritus Professor, Alliance Manchester Business School^a; and Academic Supervisor, Laboratory for Economics of Innovation, Centre for Science and Technology, Innovation and Information Policy, Institute for Statistical Studies and Economics of Knowledge (ISSEK)^b, imiles@hse.ru

^a University of Manchester, Oxford Rd, Manchester M13 9PL, UK

^b National Research University Higher School of Economics, 11, Myasnikskaya str., Moscow 101000, Russian Federation

Abstract

The tobacco industry worldwide has annual revenues of hundreds of billions of dollars, and annual smoking-associated death rates in the millions. Electronic cigarettes designed as a less harmful alternative to traditional tobacco products allow users to inhale nicotine, without consuming the products of burning tobacco, thus significantly lowering health risks. These and similar innovative solutions have a potentially disruptive impact on existing markets. Both newcomers and established cigarette firms have been active around these alternatives. However, the health implications of such products are still poorly studied and seemingly ambiguous. Moreover, there is an increasing number of reports on mass

diseases associated with vaping. As a result, most countries and international institutions, including the World Health Organization, have adopted negative attitudes towards electronic cigarettes.

Do e-cigarettes represent a Trojan Horse that will undermine tobacco control efforts – or are they an effective way to wean users away from cigarettes thus opening the way towards better future? This paper outlines estimates of the future health impacts of cigarette and e-cigarette use, and considers the broader issues surrounding this potentially disruptive innovation. It points to areas requiring further research and suggests how Foresight studies might address the topic.

Keywords: disruptive innovation; e-cigarettes; scenarios; alternative futures; foresight

Citation: Miles I. (2020) A Disrupted Future? *Foresight and STI Governance*, vol. 14, no 1, pp. 6–27. DOI: 10.17323/2500-2597.2020.1.6.27

Подрывные инновации (*disruptive innovation*) (бокс 1) приобрели особую актуальность в исследованиях инновационной деятельности и Форсайт-проектах. В первом случае эксперты изучают природу радикальных инноваций и закономерности их появления; во втором — оценивают потенциальные эффекты подобных нововведений и возможности извлечения из них максимальной выгоды.

Большинство исследований инновационной деятельности основаны на устоявшемся представлении, что успешные инновации непременно принесут человечеству пользу, тогда как в Форсайт-проектах оцениваются прежде всего издержки и выгоды перемен для экономики и общества. Учитывая изменение климата и связанные с ним экологические проблемы, все больше экспертов пересматривают вопрос о том, какие именно инновации считать «успешными».

Однако ни исследователи инноваций, ни специалисты по Форсайту пока не уделяют особого внимания одной потенциально подрывной категории инновационных решений — электронным сигаретам (*e-cigarettes*). Ряд исследователей придерживаются мнения, что на протяжении предстоящих 100 лет эти инновации позволят предотвратить миллионы преждевременных смертей, тогда как другие с этим не согласны и даже считают такие инновации фактором увеличения смертности.

Многие эксперты рассматривают электронные сигареты как подрывную инновацию в полном смысле слова. По их мнению, новые электронные системы доставки никотина (*electronic nicotine delivery systems*, ENDS) должны «подорвать» курение обычных сигарет. За последние полвека последствия для здоровья от вдыхания табачного дыма были исчерпывающе изучены. В мире насчитывается более 1 млрд курильщиков сигарет, что в ближайшие 100 лет обернется колоссальным числом преждевременно умерших людей [WHO, 2008]. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) и профильные ведомства многих государств реализуют различные инициативы по ограничению ущерба от табака. Тем не менее в некоторых регионах мира потребление сигарет продолжает расти, хотя в большинстве развитых стран оно снижается.

Появившись в начале нынешнего века, различные типы электронных сигарет получили широкое распространение. В некоторых государствах сформировался объемный рынок, при том что во многих других они остаются под запретом. В сравнении с традиционными табачными изделиями ENDS как средство доставки никотина предусматривают существенное ограничение содержания смол, газов и других вредных компонентов в сигаретном дыме. Прогнозируется, что в одних только США масштабный переход на ENDS в ближайшие десятилетия предотвратит миллионы преждевременных смертей. В отличие от многих якобы подрывных инноваций, это может быть вопросом «жизни или смерти».

В фокусе исследований, посвященных подрывным инновациям, пока находятся лишь вызовы, которые эти нововведения представляют для «классических» производителей, и стратегии реагирования со стороны

последних. Однако чиновники здравоохранения, политики, которых они консультируют, и различные группы лоббирования могут играть не менее значимую роль. Их реакция оказалась разнообразной и нестабильной. Как следствие, нормативно-правовые структуры и рыночные условия сильно различаются по странам и быстро меняются. Сторонники охраны общественного здоровья нередко сопротивляются инновациям, которые способны уменьшить вред, связанный с курением сигарет. Причина — установка на «ограничение потребления табака», основанная на глубоком недоверии к табачной отрасли и отвращении к никотину. Вместе с тем, философия «снижения вреда» рассматривает ENDS как способ уменьшить смертность, причем значительно результативнее в сравнении с мерами по ограничению потребления табака, даже если это означает терпимость к потребительскому выбору в пользу никотина. В статье рассматриваются противоречия и факторы неопределенности, связанные с указанной подрывной инновацией. Представлены возможные выводы в отношении исследований инновационной деятельности и Форсайта.

Нет дыма без огня: бурная история табака

Производство сигарет и употребление табака имеют длительную и хорошо изученную историю. Изначально культивируемый в Америке, с XVI в. табак стал распространяться по миру. Типичным способом его употребления долгое время оставалось курение. Современные курительные сигареты (табак, завернутый в бумажный цилиндр) стали предметом повседневного потребления во многих странах начиная с XIX в., особенно после изобретения машин для их изготовления. В ряде развивающихся государств до сих пор популярны сигареты, скрученные вручную, например «биди» в сельских районах Индии. К середине XX в. сигареты приобрели огромную популярность. С помощью маркетинговых инструментов в потребление сигарет втягивались женщины и другие социальные группы, для которых курение считалось неприличным. Не только в рекламе, но и, например, во многих художественных фильмах сигареты представлялись как неперенный атрибут жизни, нечто «взрослое» и «стильное». Однако в 1950-х и особенно в 1960-х гг. западные организации здравоохранения начали систематически представлять курение как источник легочных и иных заболеваний.

Общепризнано, что курение выступает ключевым (и вместе с тем предотвратимым) фактором масштабной смертности в связи с легочными, сердечно-сосудистыми, онкологическими и другими заболеваниями, которые оно провоцирует. Рак легких, относительно редкий в XIX в., стал «самой распространенной формой рака в мире... Уровень выживаемости в течение пятилетнего периода для всех стадий этого заболевания в США составляет всего 15%... Выявлены многочисленные причины возникновения рака легких, однако ни в одном случае причинно-следственная связь не была установлена более строго, чем в отношении курения сигарет» [Ruegg, 2015]. Курение ведет к возникновению хрониче-

Бокс 1. Что такое подрывные инновации?

Исследуя возможности достижения целевых результатов с помощью новых технологий, Крис Фримен (Chris Freeman) предложил классификацию технологических инноваций по масштабам производимого эффекта: инкрементальные, радикальные и революционные [Freeman, 1975]. В развитие идей Фримена, Клейтон Кристенсен (Clayton Christensen) выдвинул концепцию подрывных инноваций, предметом которой является способность новых технологических решений к преобразованию рынков [Christensen, 1997; Christensen, Raynor, 2003]. Эта концепция активно используется исследователями в области маркетинга, стратегического управления, разработки новых продуктов и управления технологиями [Danneels, 2004]. Для реализации новых бизнес-моделей не всегда требуются радикально новые технологии [Christensen, 2006]. Индустрия авиаперевозок существенно изменилась с появлением недорогих «бюджетных» авиакомпаний, ставших своеобразными «подрывниками» (*insurgents*). Они сформировали оптимальное предложение для малообеспеченных потребителей, минимизировав количество «избыточных» услуг (питание, проживание и т. д.), на которых основывалась конкурентоспособность традиционных авиакомпаний. Новички также пользовались возможностями онлайн-маркетинга, бронирования и т. д., но технологии в их случае не имели особого значения. «Классические» игроки стали предлагать собственные «бюджетные» бренды, однако не смогли адаптировать свои практики к новым бизнес-моделям и чаще всего проигрывали «подрывникам».

Подрывные инновации предоставляют возможность новым компаниям преобразовывать рынки и менять правила игры. В тех случаях, когда радикально новые технологии могут быть легко встроены в существующую бизнес-модель, инновации воспринимаются как «поддерживающие» (*sustaining*), а не подрывные. Трансформация рынка происходит только при условии, что появле-

ние нововведения существенно меняет структуру предложения, например ведет к снижению цен.

Как правило, результатом подрывных инноваций становятся более дешевые, простые, надежные, удобные товары и услуги [Christensen, 1997]. На начальном этапе такие предложения обладают нишевым статусом, однако по мере усиления позиций становятся вызовом для устоявшихся продуктов и производителей. «Правила конкуренции» переписываются, ключевые потребительские характеристики продуктов меняются.

В стремлении сохранить рынки традиционные игроки пытаются улучшить свои продукты (или по крайней мере усовершенствовать их маркетинг) либо убедить регуляторов или участников цепочки стоимости ограничить влияние «подрывников». Кроме того, используются встречные подрывные стратегии. Зафиксированы случаи, когда «классические» производители организовывали маркетинговые кампании и пользовались иными способами подорвать имидж новых предложений, представляя их как «второсортные» или «опасные для здоровья и безопасности населения» [Juma, 2016]. Для того чтобы ограничить проникновение инноваций на рынок, также используются налоги или законодательство. Так, производители молочных продуктов смогли убедить регулирующие органы в некоторых штатах США ввести регламенты, обязывающие подкрашивать маргарин неприятным цветом или упаковывать в черную бумагу. Наряду с этим установлены правила, запрещающие маркировать напитки на растительной основе как «молоко» (например, соевое и миндальное молоко) [Mylan et al., 2019].

Альтернативная стратегия для традиционных игроков — «двигаться в потоке», покупая новичков или имитируя их инновации. Если это удастся сделать без серьезного пересмотра налаженных бизнес-моделей, создаются поддерживающие инновации. Возможны смешанные схемы, когда различные бизнес-модели и даже разные рынки сосуществуют в течение долгого времени.

ческих обструктивных болезней легких (ХОБЛ), таких как эмфизема и хронический бронхит, и сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) — сужению или закупорке кровеносных сосудов, что может вызвать сердечные приступы, инсульт, стенокардию и т. д. В состав дыма, образующегося при сжигании табачных листьев в сигаретах (и других ингредиентов), входят многочисленные вредные для здоровья компоненты.¹ Связанный с ними риск в значительной степени обусловлен побочными эффектами метода доставки никотина через курение

сигарет: сам по себе никотин не является существенным фактором.

Табачная промышленность не признавала роль своей продукции в появлении проблем со здоровьем. Компании оказывали поддержку экспертным исследованиям, которые, на первый взгляд, согласовывались с их позицией, и пытались скрыть от общественности результаты, свидетельствующие об обратном [Bero, 2013]. Они утверждали, что корреляция уровня потребления табака и высокой смертности еще не доказывает

¹ Аналогичные риски, в частности рак полости рта, характерны для «бездымных» табачных продуктов, в том числе жевательного и нюхательного табака. Подробнее о рисках курения и потребления других традиционных табачных продуктов см. главу 10 работы [Stratton et al., 2001].

наличия причинно-следственной связи между ними, а у ученых нет единого мнения о последствиях курения для здоровья. Курение преподносилось как индивидуальный выбор: если сигареты действительно опасны, то потребители сами решили пойти на риск (см., например, [Kyriakouides, 2006]). Оспаривались и утверждения, что никотин вызывает зависимость, поскольку они противоречили доводам табачных производителей о том, что потребитель делает свободный выбор. Настойчивые попытки запутать ситуацию вызвали повсеместное недоверие к заявлениям представителей табачной индустрии, особенно у работников сферы здравоохранения, антитабачный настрой которых укрепился.

Влияние на здоровье: сейчас и в будущем

Запуская программу борьбы с табакокурением MPOWER в 2008 г., ВОЗ заявила: «Табак убивает от трети до половины всех людей, которые его употребляют. В среднем продолжительность их жизни сокращается на 15 лет. Сегодня употребление табака является причиной одной из десяти смертей взрослых людей в мире — более 5 млн человек в год. Если не будут приняты срочные меры, к 2030 г. ежегодная смертность от табака превысит 8 млн человек. При сохранении существующих тенденций, по разным оценкам, до конца текущего века никотиновая зависимость способна унести жизни от 0.5 до 1 млрд человек...» [WHO, 2008, р. 1, сноски удалены].

Исследование «Глобальное бремя болезней» (Global Burden of Disease, GBD) содержит более детальные прогнозы [Mathers, Loncar, 2006; GBD, 2017].² В настоящее время почти 1 млрд человек (и каждый четвертый мужчина) являются курильщиками. Если они не откажутся от своего выбора, ожидается, что половина из них умрут преждевременно. Это касается проблемы сокращения продолжительности жизни. По оценкам GBD, ежегодные совокупные потери составят почти 150 млн лет жизни, скорректированных с учетом нетрудоспособности (*disability-adjusted life-years*, DALY).

Базы данных GBD³ отражают демографические тенденции и содержат социально-экономические прогнозы показателей смертности от конкретных причин⁴, составленные на основе различных статистических источников. Их использование позволяет выполнить детальный анализ. В развитых странах потребление табака в большинстве социальных групп, как правило, сокращается. Однако 80% курильщиков живут в регионах с низким и средним уровнями дохода, и в некоторых из

них число курящих растет. Увеличение численности населения в ряде таких государств (в Китае, Индии и т. д.) может привести к росту уровня курения в целом и, следовательно, смертности от него.

В статье [Mathers, Loncar, 2006] представлены прогнозы уровня смертности от потребления табака на перспективу до 2030 г., составленные в ходе исследования GBD⁵. Согласно базовому сценарию ожидается рост этого показателя с 5.4 млн человек в 2005 г. до 8.3 млн в 2030 г. В оптимистичном сценарии величина прогнозного значения составляет 7.4 млн смертей, а в пессимистичном — 9.7 млн. Треть случаев смертности связывается с раком, немного меньшие доли — с ХОБЛ и сердечно-сосудистыми заболеваниями. Прогнозы динамики смертности от курения табака представлены на рис. 1. В разных регионах мира складывается неоднородная ситуация: наблюдаются снижение на 9% в странах с высоким уровнем дохода и 100%-й рост в менее благополучных государствах.

Более поздние прогнозы GBD, рассчитанные на период до 2060 г., представлены в ином разрезе [Mathers, 2018]. В них не учитывается прямое влияние потребления табака на величину смертности, однако приводятся оценки последней в зависимости от разных категорий заболеваний на момент достижения обозначенного горизонта. Ожидается, что стандартизированные по возрасту показатели смертности от большинства причин, включая рак легких, снизятся. Однако ввиду роста численности и старения населения общий уровень смертности будет увеличиваться. На рис. 2 представлен базовый сценарий, в соответствии с которым смертность от рака легких неуклонно растет. Эта болезнь становится наиболее распространенной в числе основных причин смертности. Ожидается, что в течение текущего столетия в результате курения преждевременно обрвется жизнь 1 млрд человек. Расчет с учетом отношения уровня смертности к DALY за 2015 г. показывает, что потери составят около 25 млрд лет жизни (с поправкой на нетрудоспособность). Рассматриваемая проблема, очевидно, носит глобальный характер, даже если она менее заметна и драматична, чем голод, пожары и наводнения.

Ограничение потребления сигарет

Стратегии снижения потребления табака, реализуемые государственными органами здравоохранения и другими стейкхолдерами, имеют два основных вектора: одни

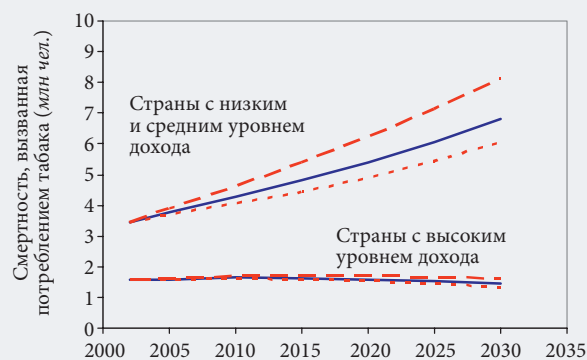
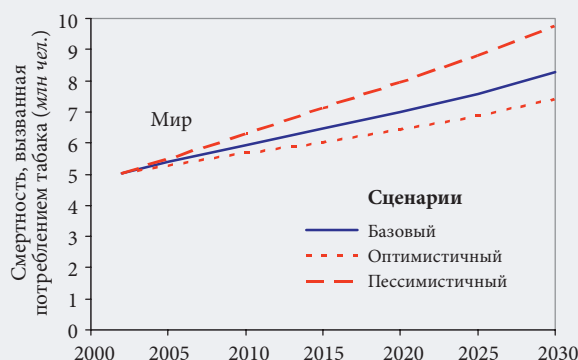
² Последние результаты исследования GBD опубликованы на сайте журнала *The Lancet*. Режим доступа: <https://www.thelancet.com/gbd>, дата обращения 07.10.2019.

³ Данные в формате электронных таблиц представлены на сайте ВОЗ. Режим доступа: https://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/projections/en/, дата обращения 07.10.2019.

⁴ Например, оценки тенденций в период учебы. Течение времени рассматривалось как аналог технологического развития и интервенций в области здравоохранения. Экономическое развитие оценивалось посредством показателей ВВП на душу населения с поправкой на паритет покупательной способности. Проекция основана на прогнозах Всемирного банка.

⁵ «Потребление табака измерялось в терминах “эффекта курения”, т.е. доли наблюдаемой смертности от рака легких, связанной с курением табака. Этот косвенный показатель накопленного вреда обеспечивает более адекватную оценку совокупного воздействия табака на здоровье, чем показатели уровня курения. При его расчете учитываются временной лаг и такие важные аспекты, как продолжительность и способ курения, вид и количество потребляемого табака (подробнее см. Protocol S1). Эффект курения рассчитывался на основе наблюдений уровня смертности в разных странах. Смертность некурящих от рака легких вычиталась из совокупных показателей смертности от данной болезни. Более высокие показатели смертности некурящих от рака легких в Китае и странах Юго-Восточной Азии отражают повышенный уровень заболеваемости рассматриваемой когорты легочной онкологией из-за загрязнения воздуха внутри помещений дымом, образующимся при сжигании твердого топлива...» [GBD, 2017, р. 2014]. Страновые прогнозы уровней курения получены на основе региональных оценок, сделанных в ходе предшествующих исследований, и моделирования показателей уровня курения для отдельных возрастных групп.

Рис. 1. Три сценария динамики глобальной смертности, обусловленной потреблением табака: 2002–2030 гг.



Источник: [Mathers, Loncar, 2006].

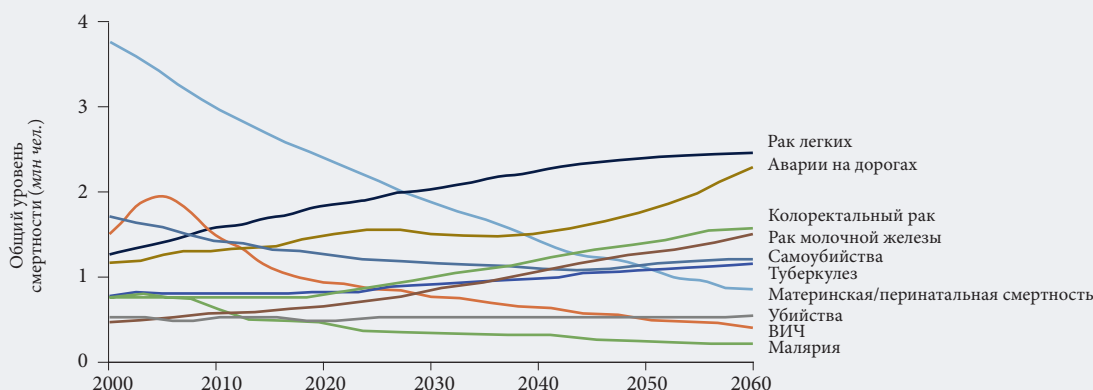
направлены на профилактику курения, другие ставят целью отказ от этой привычки. Информационные кампании повышают уровень осознания последствий курения. Налоги на табачные изделия ведут к росту финансовых расходов на их производство и потребление. Законы и другие нормативные акты ограничивают возможности для курения, продвижения и продажи сигарет.

Профилактические мероприятия предусматривают запрет курения в местах, где воздействию дыма могут подвергаться окружающие, например на работе и в общественном транспорте. Вводятся ограничения на рекламу и продажу сигарет, особенно молодежи. Высокие налоги на табачные изделия стали источником дохода для государства, но некоторые механизмы требуют затрат, в частности телефоны доверия и другие виды помощи желающим бросить курить. Подобные меры, поддерживаемые программой ВОЗ MPOWER⁶, позволили существенно снизить уровень курения в большинстве развитых стран (и в некоторых других, например в Бразилии). Однако в глобальном измерении масштабы

курения сокращаются неравномерно. В соответствии с прогнозами GDB, несмотря на борьбу с потреблением табака, в течение текущего столетия сигареты станут причиной смерти огромного количества людей. ВОЗ призывает удвоить усилия по борьбе с пропагандой сигарет табачной промышленностью (особенно в странах с низким уровнем дохода и среди молодежи).

Другой стратегический вектор — помощь в отказе от курения. Многие потребители имеют никотиновую зависимость, и им трудно даже ограничить потребление сигарет, не говоря уже о том, чтобы бросить курить. Для решения этой проблемы применяются различные медицинские способы [Aveyard, Raw, 2012]. В частности, речь идет о фармацевтических средствах: такие препараты, как цистин и варениклин, уменьшают воздействие никотина на мозг, в результате чего курение становится менее приятным. Попытки создать вакцины, которые нейтрализовали бы эффект привыкания (в отношении некоторых иных наркотиков это удалось), пока безуспешны (интересное социологическое иссле-

Рис. 2. Прогноз динамики глобальной смертности по основным причинам: 2000–2060 гг.



Источник: [Mathers, 2018].

⁶ Подробнее о программах ограничения потребления табака, «историях успеха», статистике результатов реализации различных инициатив и т. п. см.: <https://www.who.int/tobacco/mpower/publications/en/>, дата обращения 09.10.2019, и другие ресурсы ВОЗ.

дование этой проблематики представлено в публикации [Wolters, 2017]). Поскольку главный вред здоровью потребителей (и других людей, вдыхающих дым) причиняют смолы и другие продукты горения табака, широко используется никотинзаместительная терапия (НЗТ). Для нее в качестве способа доставки никотина применяются пластыри, конфеты или жевательная резинка.

Подрывные факторы

Предпринимались многочисленные попытки создать сигаретные продукты, снижающие риски для здоровья или хотя бы создающие видимость такого уменьшения. Так, производители изобрели и активно продвигали фильтры, выпускали «мягкие» сигареты либо сигареты «с низким содержанием смолы». Часть этих продуктов, которые можно отнести к инкрементальным инновациям, призванным поддержать сложившийся статус-кво, имели коммерческий успех. Однако в целом их появление не позволило существенно снизить риск, а в некоторых случаях он даже повысился (например, из-за того, что дым стал проникать глубже в легкие) [Song et al., 2017].⁷

При «обычном» курении табак сгорает, выделяя дым, в котором помимо никотина содержатся другие вещества, вредные для здоровья как потребителей, так и пассивных курильщиков. Исходя из этого, были предприняты усилия по созданию более радикальных инноваций — продуктов, основанных на принципе «не сжигать, а нагревать» (Heat Not Burn, HNB). Табак нагревается с помощью батареи до температур, значительно меньших, чем температура горения; никотин испаряется, и его можно вдыхать.⁸ Но другие вещества также испаряются, поэтому возникли разногласия по поводу того, насколько это относится к канцерогенам. Эффекты варьируют по разным продуктам HNB. В 1980-х гг. табачные компании представили первые устройства HNB, которые, впрочем, мало повлияли на рынок. Потребители критиковали их за внешний вид, неудобство в использовании, неприятный вкус и негативные ощущения от курения. Продвижение этих продуктов как «более безопасных» альтернатив также затруднялось, поскольку означало признание того, что курительные сигареты небезопасны, и создавало проблемы с регуляторами.⁹ Однако при том что перспективы технологии HNB выглядели тупиковыми, как будет показано далее, недавно она возродилась.

Перспективы подрывных технологических инноваций резко улучшились в нынешнем столетии с появлением электронных сигарет ENDS. В отличие от HNB (и, конечно же, традиционных курительных сигарет), ENDS не содержат табачные листья (бокс 2), но все же доставляют никотин и дают ощущения, аналогичные эффекту от «обычного» курения.

В последние годы высказывалось предположение, что ENDS могут подорвать табачную промышленность. Например, компания Citigroup представила электронные сигареты как характерный пример подрывных инноваций [Spielman, Azer, 2013], а Euromonitor причислил их производителя Juul к наиболее ярким «брендам-подрывникам»:

«Независимый стартап, разработавший устройства доставки и испарения никотина... изменил глобальный никотиновый ландшафт. Создана новая категория, которая привела к снижению стоимости акций крупных табачных компаний и спровоцировала пересмотр стратегий. В результате ведущая американская табачная компания прекратила выпуск электронных сигарет. В июне 2018 г. благодаря привлеченным инвестициям на сумму 1.2 млрд долл. капитализация Juul Labs достигла 16 млрд долл. Всего через шесть месяцев Altria¹⁰ приобрела 35% акций Juul Labs примерно за 13 млрд долл., после чего ее рыночная стоимость достигла 38 млрд долл.... Хотя вейп-продукты по-прежнему остаются лишь малой частью рынка сигарет, траектории роста этих сегментов весьма различны. Предполагалось, что в 2018 г. реальный рост розничных продаж вейп-продуктов в стоимостном выражении составит 20.1% по сравнению с 0.4% для сигарет» [Brehmer, Boumphrey, 2019, p. 10].

К крупнейшим рынкам ENDS относят США и Великобританию (см., например, [WHO, 2016]). По оценкам компании маркетинговых исследований Euromonitor, в период с 2011 по 2018 г. число пользователей вейп-продуктов выросло с 7 до 41 млн [Jones, 2019]. К 2021 г. прогнозируется рост до 55 млн человек, но они все еще составляют не более 5% курильщиков. Объем мирового рынка оценивается свыше 19 млрд долл., его основные сегменты — США (7 млрд долл.) и Великобритания (3 млрд долл.), далее идут Франция, Германия и Китай (менее 2 млрд долл. каждая). Соответствующие цифры для мирового рынка сигарет гораздо значительнее, достигая сотен миллиардов долларов.¹¹ Однако данные Euromonitor свидетельствуют, что в терминах «стоимости» (продаж) вейп-продуктов в 2017 г. наблюдалось увеличение до 50.7% против 2.8%

⁷ Упомянутые стратегии и другие попытки очистить табак от ядовитых веществ подробно представлены в монографии [Parker-Pope, 2001].

⁸ Высказывались опасения по поводу безопасности батарей, применяемых в этих устройствах. Известны случаи их взрыва и причинения травм [Rosshem et al., 2019].

⁹ Первые продукты HNB описаны в работе [Parker-Pope, 2001] под рубриками «Высокотехнологичные сигареты» (“High-tech Cigarettes”) и «Бездымное курение» (“Smokeless Smokes”).

¹⁰ Altria (бывш. Philip Morris) — одна из крупнейших табачных компаний в мире. Ее прибыль в 2018 г. превысила 25 млрд долл., доля рынка сигарет в США в настоящее время — около 50%.

¹¹ См., например, данные Statista (<https://www.statista.com/statistics/259204/leading-10-tobacco-companies-worldwide-based-on-net-sales/>, дата обращения 13.10.2019), согласно которым крупнейшими игроками по объему продаж являются Philip Morris International (около 30 млрд долл. в 2018 г.), British American Tobacco (более 26 млрд долл.), Imperial Tobacco, Altria и Japan Tobacco (около 20 млрд долл. у каждой). Следует помнить, что потребительские цены на сигареты значительно различаются по странам, поэтому самые высокие доли курильщиков наблюдаются в государствах с небольшим оборотом табачной продукции. Некоторые рынки обслуживаются кустарным производством (например, в Индии курят преимущественно «биди», а не фабричные сигареты).

Бокс 2. Электронная сигарета

В устройствах ENDS никотин извлекается не из табака, а из жидкого раствора (обычно на базе пропиленгликоля, нередко с добавлением ароматизаторов), который испаряется. Отсюда появились термины «вейп» и «вейпинг» (*vape, vaping*, от англ. *vapourise* — испарение). Идея состоит в том, чтобы получить ощущение, подобное курению сигарет, но со значительным снижением вредных веществ, образующихся при сгорании табака. Если это удастся, ENDS, в принципе, могут подорвать рынки: потребители откажутся от сигарет в пользу менее вредных альтернатив.

Эта идея впервые имела коммерческий успех в Китае, хотя экспериментирование и патентование проводились и ранее. Ее реализовал Хон Лик (Hon Lik), сотрудник компании Golden Dragon Holdings, выпускавшей продукцию на основе женьшеня. На разработку более безопасного продукта Лика подвиг рак легких, которым заболел его отец. Лик запатентовал электронную сигарету в 2003 г. (международный патент зарегистрирован в 2007 г.). Его компания, изменив название на Ruyan («как дым»), коммерциализировала это изобретение на китайском рынке в 2004 г. Экспорт ENDS начался в 2007 г. В августе 2013 г. Imperial Tobacco Group приобрела все права на электронную сигарету Ruyan за 75 млн долл. По данным за 2014 г., 90% мирового производства электронных сигарет приходилось на материковый Китай, прежде всего провинции Гуандун и Чжэцзян [Surgeon General, 2016, p. 10]. Сам Хон Лик в 2013 г. перешел в компанию по производ-

ству электронных сигарет Fontem Ventures, дочернее предприятие табачной компании Imperial. Fontem отвечает за бренд электронного вейпа blu. Согласно сведениям с сайта компании Хон Лик намерен продолжать инновационную деятельность в данной области.

Другие предприятия быстро наладили производство аналогичной продукции (копий и модификаций дизайна Хона Лика) [Surgeon General, 2016]. Стремительное развитие этого изобретения отражает, по крайней мере частично, бурный рост рынка и различную динамику его сегментов. В исследовании [Williams, Talbot, 2019] выделены четыре поколения электронной сигареты. Основные параметры различий между ними:

- форма и внешний вид изделия — может выглядеть как традиционная сигарета либо подходить на iPod или другое устройство;
- батарея (наличие разных режимов работы, т. е. возможность менять напряжение и мощность);
- тип распыляющего устройства ENDS.

Электронные сигареты позволяют не только получать никотин, но и испытывать во многом те же ощущения, что и от курения обычных сигарет, включая вкус, затяжки и т. д. Допускается применение различных ароматизаторов-аэрозолей. Подобные продукты завоевали прочные позиции в разных странах. Производством вейп-жидкостей и устройств занимаются многочисленные новые компании, в разных странах активно создаются вейп-магазины.

для курительных сигарет, а в категориях «удельного роста»¹² соответствующие цифры составляли 36.8 и –1.4% [FSFW, 2018]. Эти радикально разные темпы роста говорят о том, что на сигаретном ландшафте действительно могут идти подрывные процессы.

Использование статистики Euromonitor частично отражает тот факт, что лишь немногие страны располагают точными данными о рассматриваемых нами процессах. Особый интерес представляют сведения о том, отказываются ли потребители от обычных сигарет в пользу электронных, употребляют ли и те, и другие или (что было бы наиболее противоречиво) приучаются к потреблению никотина, используя ENDS.

Определенное представление дает статистика по Великобритании. Число курящих британцев стабильно сокращается — с 20.2% взрослого населения в 2011 г. до 14.7% в 2018 г. [UK ONS, 2019]. В рамках «Обследования мнений и образа жизни» (Opinions and Lifestyle Survey)

начиная с 1974 г. отслеживается уровень курения,¹³ а с 2014 г. — использование электронных сигарет. В 2014–2018 гг. доля «вейперов» выросла с 3.7% до 6.3% взрослого населения. Более половины опрошенных заявили, что перешли на вейпинг, чтобы в перспективе избавиться от курения. Приблизительно треть респондентов сочли вейпинг менее вредным, чем курение. Подробный анализ этих и других данных обследования был представлен Службой общественного здравоохранения Англии (Public Health England) [McNeil et al., 2019]. Обращают на себя внимание следующие моменты:

- большинство взрослых вейперов — бывшие курящие;
- появление ENDS не привело к замедлению темпов роста потребления сигарет;
- начиная с 2015 г. не наблюдается видимого прироста доли вейперов; ряд экспертов связывают этот факт с распространенным убеждением, что элек-

¹² В качестве единицы измерения использовались отдельные сигареты или их эквиваленты.

¹³ Обследуются взрослые жители Великобритании (без учета Северной Ирландии) в возрасте 16 лет и старше.

Рис. 3. Динамика потребления электронных сигарет взрослыми британцами: 2014–2019 гг.



Примечание: За рассматриваемый период доля взрослого населения, использующего ENDS, выросла с 4.2 до 7.1% (в абсолютном выражении — с 2.1 до 3.6 млн человек).

Источник: [ASH, 2019].

тронные сигареты так же вредны для здоровья, как и горючие;¹⁴

- у представителей более состоятельных социально-экономических слоев наблюдается меньшая склонность к курению; они чаще переходят на вейпинг, чтобы бросить курить, тогда как представители менее благополучных групп продолжают курить;
- уровень использования ENDS среди некурящих крайне низок: менее 5% вейперов «никогда не курили», хотя, возможно, эта доля растет (см. нижнюю кривую на рис. 3, которая отражает более свежие данные).

Таким образом, можно предположить, что появление ENDS действительно произведет подрывной эффект, побуждая потребителей отказаться от обычных сигарет. Многие вейперы намерены полностью исключить никотин. Тем не менее некоторые из них уже сформировали определенную субкультуру с ежегодными конференциями, конкурсами на способность пускать самые красивые «дымовые» кольца и т. п. [Usborne, 2018].¹⁵

Считается, что потребители принимают подрывные инновации, если последние предлагают больше преимуществ либо позволяют снизить затраты. Для того чтобы выйти за рамки нишевой инновации, ENDS должны доставлять потребителю удовольствие (преимущество) и при этом снижать издержки (риски для здоровья). Мнение потребителей в отношении потенциального вреда здоровью определяется сведениями, поступающими из достоверных источников, например от ученых (хотя научная информация обычно опосредована СМИ,

пресс-релизами и т. п.). Рассмотрим возможные угрозы от ENDS для здоровья.

Риск для здоровья и ENDS

Использование ENDS напрямую сравнивается с курением обычных сигарет всего в нескольких исследованиях. В работе [Stephens, 2017] проанализированы выбросы от устройств ENDS, HNB, традиционных сигарет и медицинского ингалятора никотина (по одному представителю каждой категории). Несмотря на то что аэрозоли ENDS содержат различные канцерогены, в большинстве случаев их эффект составлял менее 1% активности канцерогенов, содержащихся в табачном дыме. Примечательно, что если мощность нагревательной спирали устройства ENDS существенно увеличить, уровень выбросов некоторых канцерогенов также повышается. Наименьший канцерогенный риск представляют медицинские ингаляторы. За ними следуют ENDS, затем HNB и, наконец, курительные сигареты. Необходимо учитывать, что воздействие на здоровье устройств и приложений ENDS может быть различным. По мере роста их разнообразия делать обобщения станет труднее.¹⁶ В идеале дальнейшая инновационная деятельность должна быть направлена на снижение вреда здоровью. Успех будет зависеть от технологических возможностей, законодательства и рыночного спроса.

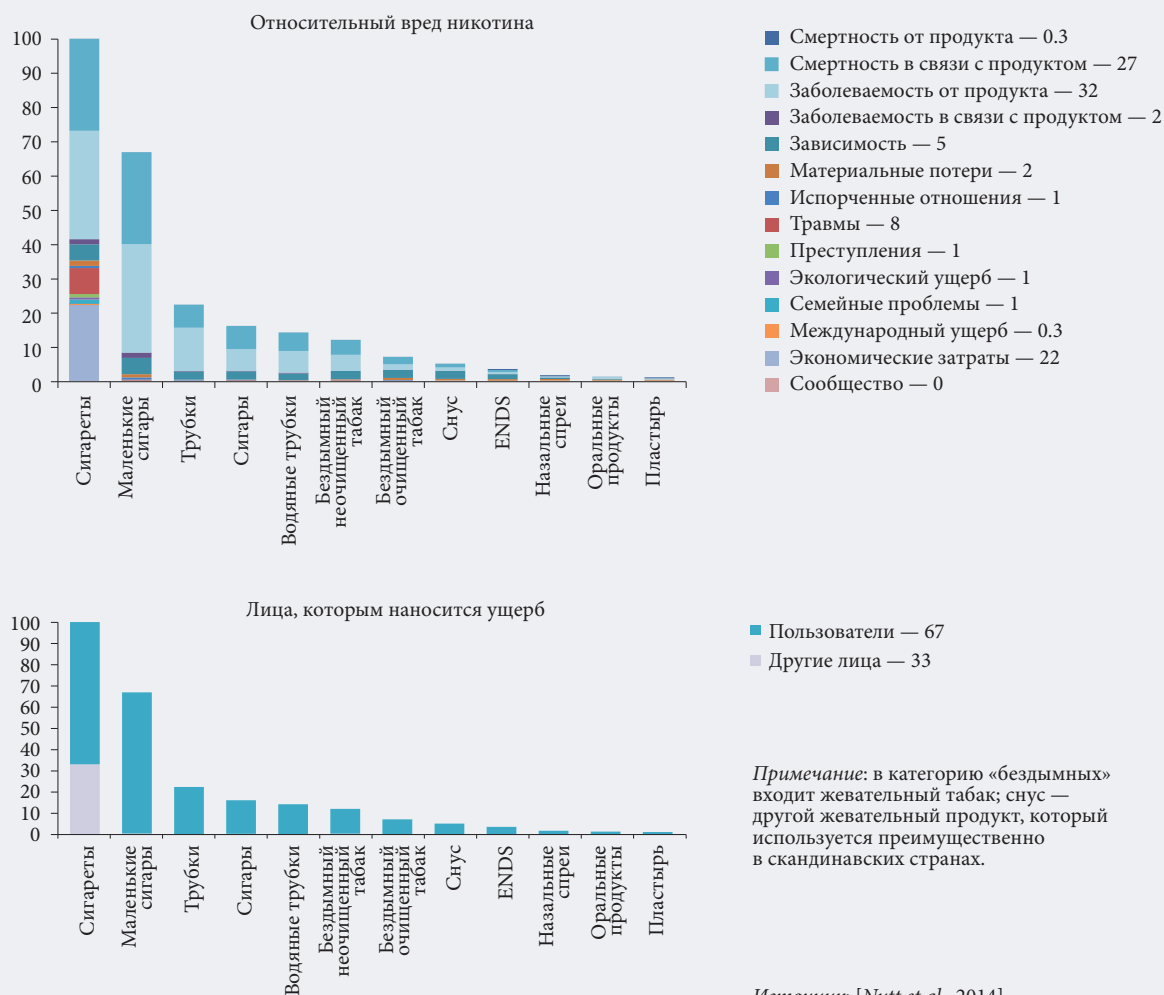
В другом исследовании сравнение ENDS с курительными сигаретами проводилось по методологии оценки риска, разработанной Агентством по охране окружающей среды США (U.S. Environmental Protection Agency)

¹⁴ По данным ASH [ASH, 2019], доля взрослого населения, считающего, что электронные сигареты вредны «настолько же, как и обычное курение, или более», выросла с 7% в 2013 г. до 25% в 2017 г.

¹⁵ О ситуации с курением, регулированием, ENDS и HNB см.: <https://gsth.org/global-data/>, дата обращения 14.11.2019.

¹⁶ Это подтверждает исследование [NASEM, 2018, p. 6]: «Вывод 5-2. Доказано, что помимо никотина количество, объем и характеристики потенциально токсичных веществ, выделяемых электронными сигаретами, сильно варьируют и зависят от параметров продукта (включая характеристики устройства и электронной жидкости) и от того, как устройство работает». См. также: «Вывод 5-3. Существуют убедительные доказательства того, что за исключением никотина при обычном использовании воздействие потенциально токсичных веществ, выделяющихся из электронных сигарет, значительно ниже по сравнению с курительными табачными сигаретами».

Рис. 4. Оценка различных способов получения никотина по методу МКА: взвешенные результаты (%)



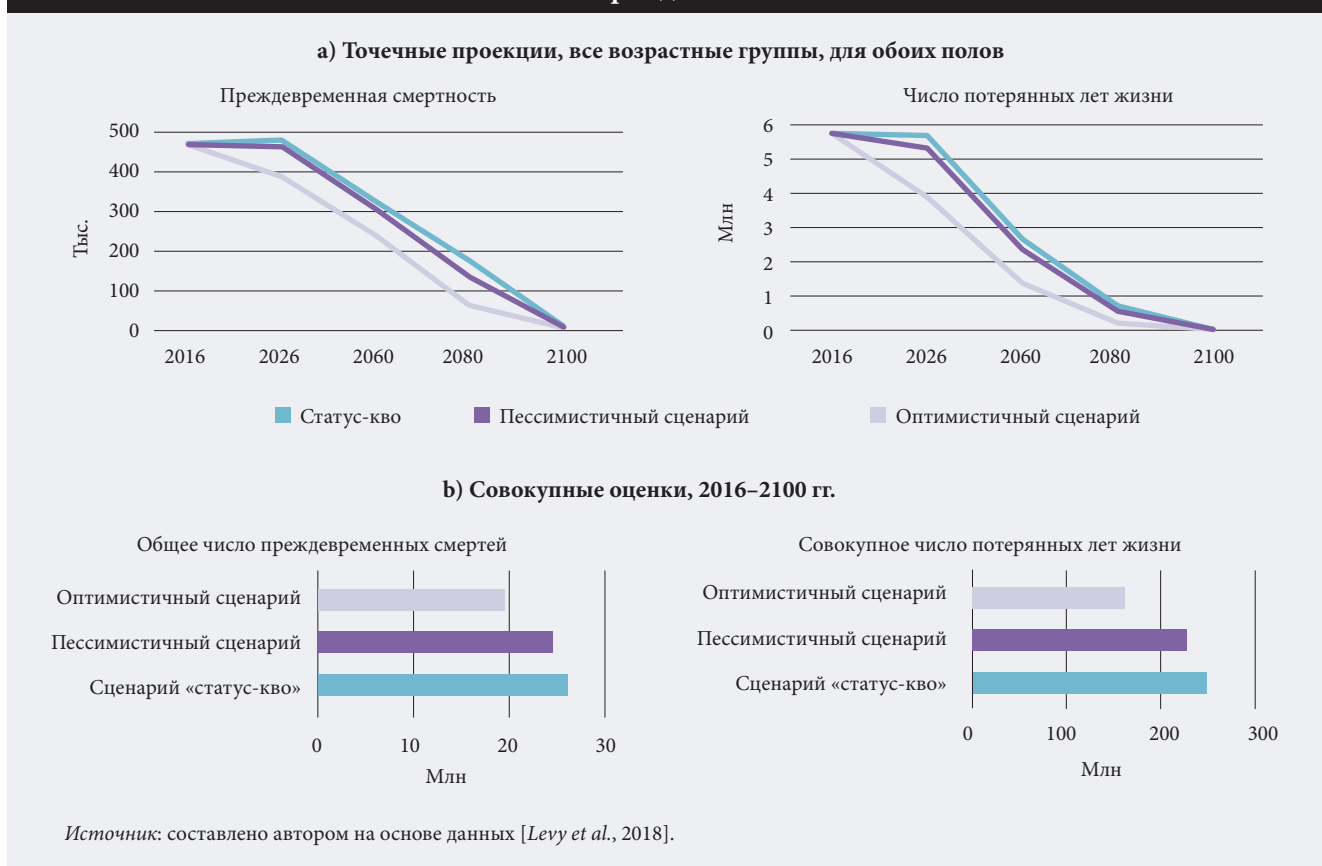
[Chen et al., 2017]. Критериями для сравнения служили 12 предварительно отобранных токсикантов, представляющих наибольший риск для здоровья, эффект которых оценивался на основе схожих моделей потребления ENDS и обычных сигарет. Вредное воздействие доказано для обеих категорий курительных средств, однако в случае «классических» сигарет опасность значительно выше. При использовании некачественных ENDS риски также возрастают по сравнению с устройствами, соответствующими высоким производственным стандартам. Авторы пришли к заключению, что переход на качественные электронные сигареты может спасти миллионы жизней.

Эксперты Национальных академий наук, инжиниринга и медицины США (National Academies of Science, Engineering and Medicine) провели углубленный эмпирический анализ. Ключевой вывод заключается в том, что «полная замена курительных табачных сигарет электронными снижает воздействие на потребителей многочисленных токсичных веществ и канцерогенов, присутствующих в традиционных сигаретах». Более конкретно: «...ряд исследований и результатов показыва-

ли, что электронные сигареты представляют меньший риск для человека, чем курительные табачные сигареты» [NASEM, 2018, p. 11].

В 2014 г. Независимый научный комитет по лекарствам (Independent Scientific Committee on Drugs), базирующийся в Великобритании, сформировал международную экспертную панель с участием представителей различных дисциплин [Nutt et al., 2014]. Методологической основой экспертизы послужил мультикритериальный анализ (МКА), активно используемый в Форсайт-исследованиях. Применение данного инструментария позволило сопоставить мнения экспертов в отношении вероятных последствий для здоровья (и других негативных эффектов) от использования различных путей доставки никотина. Эксперты обсудили 12 различных продуктов и измерили 14 возможных негативных эффектов для курильщиков и других людей по семи критериям, которые ранжировались по относительной значимости. Оценки выставлялись по шкале от 0 до 100, где 100 означало максимальный вред продукта по соответствующему критерию, а 0 — полное отсутствие вреда. Как видно из рис. 4, сигареты и ма-

Рис. 5. Прогнозный эффект перехода от курения табака к использованию ENDS в США за период с 2016 по 2100 г.



ленькие сигары были признаны гораздо более вредными, чем другие системы доставки никотина. Данное исследование получило широкую цитируемость и стало ориентиром для аналогичных оценок. В ходе последующих дискуссий его авторы предположили, что если интерпретировать результаты упрощенно, электронные сигареты можно считать в 20 раз менее вредными, чем обычные [Nutt et al., 2016].

Каковы были бы эффекты для здоровья в случае успеха рассматриваемой подрывной инновации? Очевидно, чтобы обеспечить соответствие прогнозов вероятным тенденциям, помимо фактического снижения рисков для здоровья необходимо учитывать такие факторы, как скорость распространения/замещения, сходство моделей потребления и влияние на уровень полного отказа от никотина. Наиболее совершенные модели построены по заказу табачных компаний [Lee et al., 2017; Djurdjevic et al., 2018], которые пристально следят за динамикой рынков. Дэвид Леви (David Levy) и его коллеги попытались оценить последствия перехода на ENDS в США с горизонтом до 2100 г. [Levy et al., 2018]. Уровень смертности и число потерянных лет жизни (ПЛЖ) сравниваются в рамках сценариев «статус-кво», «оптимистичный» и «пессимистичный». В первом из них уровень курения 2016 г. проецируется на основе данных о числе начавших и бросивших

курить в 1965–2012 гг. для разных возрастных и гендерных групп. Остальные сценарии различаются по трем аспектам. В первом случае «остаточное» курение (*residual smoking*) составляет всего 5% уровня «статус-кво», во втором — 10%. Предполагается, что эти показатели будут достигнуты через 10 лет. Число новых потребителей электронных сигарет варьирует в зависимости от сценария. В оптимистическом варианте указанный показатель предполагается равным числу новых курильщиков сигарет в сценарии «статус-кво» после достижения уровня курения в размере 5% (по группам). При пессимистичном раскладе предполагается, что в результате использования электронных сигарет потребление никотина станет более «нормализованным». Ожидается, что скорость прироста числа новых пользователей ENDS будет увеличиваться. По сравнению со сценарием «Статус-кво» темп увеличения числа новых курильщиков составит 150%. Кроме того, в оптимистичном сценарии избыточный риск ENDS принимается равным 5% соответствующего показателя для обычных сигарет, а в пессимистичном — 40%.¹⁷

На рис. 5 проиллюстрированы ключевые последствия отмеченных сценариев. В отношении преждевременной смертности и числа ПЛЖ в 2100 г. кривые сходятся. Однако в рамках пессимистичного сценария за 84 года удастся предотвратить 1.6 млн смертей

¹⁷ В модели также учитывается эффект отказа от курения в пользу вейпинга.

по сравнению со сценарием «статус-кво», т. е. будет потеряно примерно на 20.8 млн лет жизни меньше. Согласно оптимистичному сценарию число преждевременных смертей снижается на 6.6 млн, количество ПЛЖ — примерно на 86.7 млн. Эти совокупные результаты означают, что массовый переход на ENDS может привести к колоссальному снижению заболеваемости. Углубленный анализ ситуации в разных возрастных и гендерных группах показывает, что, например, наибольшего эффекта от перехода на ENDS в США следует ожидать в более молодых когортах.

В исследовании [NASEM, 2018] применялся гораздо более широкий диапазон допущений для моделирования ПЛЖ — до 2050 и 2070 гг. Сравнивались разные предположения (во многих случаях весьма экстремальные) по следующим аспектам:

- вред электронных сигарет по сравнению с обычными (от 0 до 50% ущерба);
- их потенциальное влияние на темпы роста количества новых курильщиков обычных сигарет (от нейтрального до увеличения на 50%);
- эффект отказа от обычных сигарет (от снижения числа курильщиков на 5% до роста на 15%).

Проанализированы 85 комбинаций подобных допущений. Некоторые из них предполагают существенное сокращение ПЛЖ, поскольку считается, что ENDS дают исключительно преимущества. Другие рисуют гораздо более угрожающие перспективы. Например, если ENDS существенно способствуют началу курения, это обусловит рост смертности и ПЛЖ в последующие годы. Выгоды от более масштабного отказа от курения проявляются быстрее, чем негативные последствия роста числа новых курильщиков. Допустим, ENDS не причиняют прямого вреда, но, тем не менее, способствуют увеличению числа новых курильщиков на четверть при снижении их общего числа к 2015 г. на 5% (до 4.57%). В этом случае сохранение почти 1 млн ПЛЖ к 2050 г. обернется чистой потерей свыше 0.5 млн ПЛЖ к 2070 г. Вывод о том, что ENDS, несмотря на положительные эффекты для здоровья в ближайшие десятилетия, способны привести к отрицательным последствиям в более долгосрочной перспективе, получил широкую огласку. Вместе с тем согласно внутренним выводам NASEM: «Результаты моделирования свидетельствуют: при вероятных сценариях потребление электронных сигарет даст чистый положительный эффект в отношении здоровья общества... При крайне неблагоприятных допущениях такой эффект будет отрицательным».¹⁸ Предположим, что при использовании ENDS риски для здоровья уменьшаются в 10 раз по сравнению с курением обычных сигарет. Переход на ENDS ведет к росту числа новых курильщиков на 10%, а бросивших курить — на 5%. При таких условиях по худшему из возможных сценариев в период с 2012 по 2017 г. снижение числа ПЛЖ составляет 1 млн, а при оптимальном раскладе превышает эту цифру более чем в шесть раз.

Кеннет Уорнер (Kenneth Warner) и Дэвид Мендес (David Mendez) [Warner, Mendez, 2018] также рассматривают эффект ENDS в отношении начала и прекращения курения обычных сигарет в США до 2070 г., анализируя несколько сценариев. В варианте «статус-кво», основанном на исторических данных и исходящем из того, что ENDS не существует, рост числа новых курильщиков замедляется с 20% в 2010 г. до 10% в 2028 г., после чего стабилизируется. При этом уровень отказа от курения увеличивается с 4.18% в 2010 г. до 6% в 2028 г.¹⁹ Затем показатель ПЛЖ, принятый в данном сценарии, сравнивался с тремя другими вариантами («анализ чувствительности»). Для того чтобы проверить робастность результатов базового сценария, в каждом из них учитывались допущения, противоречащие поиску «чистых» преимуществ от вейпинга [Warner, Mendez, p. 43]. В первом случае в ходе анализа чувствительности исходили из того, что для каждого курильщика, перешедшего на вейпинг, уровень снижения смертности составляет лишь 10% величины, которой удалось бы достичь в результате полного отказа от курения. Во втором варианте предполагался 6%-й прирост числа новых курильщиков в результате перехода на вейпинг, что втрое превысило значение наиболее вероятного, по мнению авторов, эффекта. В третьем сценарии предусматривались рост числа новых курильщиков на 6%, бросивших курить — на 5%, а также значение показателя смертности, на 10% более высокое в сравнении с тем, которое стало бы возможным при отказе от курения без обращения к вейпингу. Результаты этих аналитических расчетов приведены на рис. 6.

Рис. 6. Сценарии эффекта в отношении потерянных лет жизни в США



¹⁸ Эта формулировка приведена на слайде 40 презентации доклада [NASEM, 2018]; см.: <https://www.nap.edu/resource/24952/NASEM-E-Cigs-Webinar-Slides.pdf>, дата обращения: 17.12.2019.

¹⁹ Впоследствии темпы роста числа новых курильщиков и бросивших курить стабилизируются на уровне 2028 г.

Согласно представленным сценариям, положительные эффекты ENDS для общественного здоровья (вследствие отказа от курения) достигают значительного перевеса в сравнении с негативными последствиями, выражаемыми в росте числа молодых курильщиков. Выводы Уорнера и Мендеса согласуются с результатами моделирования, приведенными в большинстве других исследований. Леви с соавторами [Levy et al., 2018] предполагают, что число сохраненных лет жизни к 2100 г. составит десятки миллионов. В свою очередь Уорнер и Мендес оценивают величину данного показателя на уровне 3.3 млн лет к 2070 г. По их мнению, это соответствует результатам предшествующего исследования с учетом сценария, в котором вейпинг полностью заменил курение в течение 10 лет (колоссальный подрывной эффект), тогда как они сами рассматривали «маргинальные изменения в числе начавших и бросивших курить на основе фактических данных» [Warner, Mendez, 2018, p. 44]. Заметим, что ожидаемые преимущества лишь ненамного компенсируют колоссальную величину ПЛЖ, обусловленную курением. Тем не менее в плане охраны общественного здоровья их эффекты довольно значимы.

Заметим, что результаты моделирования в настоящее время относятся только к США. Несомненно, если подобный анализ охватит другие страны и регионы, глобальные показатели окажутся огромными. Там, где потребление сигарет (пока?) не сокращается, эффект ENDS ожидается еще более радикальным. Однако переход на ENDS может затрудниться, если текущие цены на новые устройства будут недоступны для многих потребителей.

Реакция на подрыв

В ответ на вызов со стороны рассматриваемой подрывной инновации некоторые ведущие сигаретные производители полностью или частично покупают главных подрывников — например упомянутые blu (Imperial) и Dragonite, а также Altria и Juul. К концу 2015 г. имели место более чем 20 поглощений или партнерских соглашений между ведущими компаниями и новичками — производителями ENDS [Surgeon General, 2016, Table 4.3]. История с British American Tobacco в мае 2019 г. попала на обложку журнала Newsweek [Newsweek, 2015].

Наряду с этим крупные производители разрабатывают собственные альтернативные продукты. Подобная стратегия согласуется с их прежними попытками уменьшить опасения по поводу вреда табака для здоровья. Так, Philip Morris International предлагает IQOS — новый продукт, базирующийся на принципе HNB. Новинка оказалась гораздо успешнее предыдущих аналогов. В 2014 г. стартовали продажи IQOS в Японии. В настоящее время продукт представлен также на ряде

других рынков, в частности в США — с октября 2019 г., после получения разрешения регулирующих органов.²⁰ British American Tobacco предлагает HNB-продукт glo. Оба продукта — IQOS и glo — разрешены и продаются в торговых центрах в России.

Таким образом, одни участники традиционной табачной отрасли ищут собственные инновационные решения (HNB), а другие приспосабливаются к подрывной технологии, нередко в партнерстве с новыми конкурентами. Ситуация значительно различается по странам, компании практикуют разные стратегии (иногда сразу несколько). Особый случай представляет Китай, в котором табачная промышленность фактически принадлежит государству [Li, 2012]. Цены на сигареты по международным стандартам являются низкими. При этом потребители слабо осведомлены о рисках курения для здоровья [ITC, 2017; Horwitz, 2019]. Сравнение активности информационных кампаний в интернете показало, что в Китае организации здравоохранения публикуют значительно меньше информации об ENDS в сравнении с западными [Chen et al., 2020]. В Китае самый большой контингент курильщиков — свыше 300 млн [ITC, 2017]. От болезней, связанных с курением, в стране ежегодно умирают более миллиона человек. По прогнозам, если не будут приняты эффективные меры, к 2050 г. этот показатель утроится [ITC, 2017]. Парадокс в том, что современные ENDS были «изобретены» в Китае, компании из этой страны активно работают на международных рынках, однако число вейперов здесь невелико. China Tobacco изучает возможности производства продуктов HNB, но не электронных сигарет, регулирование которых ужесточается [Horwitz, 2019; Kirton, 2019].

Различаются не только отраслевые и регулирующие структуры, но и рынки отдельных стран. Ценовая доступность ENDS или HNB может представлять проблему для более бедных групп населения, особенно в небогатых государствах. Там, где ENDS доступны, появились и продолжают развиваться новые компании и цепочки поставок. Они предлагают собственные модификации соответствующих устройств²¹, вейпжидкостей, ароматизаторов и картриджей. Часто встречаются «пользовательские инновации» (например, энтузиасты меняют характеристики багарей устройств ENDS). В ряде случаев существуют незаконные продукты и рынки, в том числе вейпы, предназначенные для вдыхания не никотина, а веществ, полученных из каннабиса, или «дизайнерских наркотиков».

Ключевую роль в развитии рынков обычных и альтернативных никотиновых продуктов играют регулирующие органы и организации здравоохранения. В некоторых случаях они поддерживают распространение менее вредной альтернативы сигаретам и помогают подрывным инновациям. В то же время во многих дру-

²⁰ По данным официального сайта, Philip Morris разрабатывает «четыре бездымные продуктовые платформы; две предполагают нагревание табачных продуктов, а две другие — использование электронного испарения». Подробнее см.: <https://www.pmisce.com/our-products>, дата обращения: 15.11.2019.

²¹ Пользователи модифицируют устройства ENDS, чтобы получить новые результаты (например, видимый пар, возможность вдыхать разные аэрозоли). Представление о широком спектре существующих модификаций можно получить, ознакомившись с продуктами, представленными на сайте: <https://vaping360.com/best-vape-mods/>, дата обращения 02.11.2019.

гих ситуациях их отношение оказывается враждебным и проявляется в нескольких аспектах. Многие сторонники вейпинга рассматривали эту инновацию как вызов «большому табаку». В свою очередь те, кто высказывается за ограничение потребления табака, посчитали крепнущие связи между сигаретными фирмами и «подрывниками» как возникновение нового поля битвы для «большого табака». Адепты политики ограничения потребления табака во многих странах в течение долгого времени вели активную полемику с теми, кто выступал против регулирования. Табачные производители прибегали к различным уловкам, в частности подрывали научные доказательства прямой связи между курением и ухудшением здоровья и отрицали, что никотин вызывает зависимость. Результатом подсознательной реакции общественности стало подозрительное отношение к любым аргументам, выдвигаемым табачными компаниями. Достаточно сложно восстановить доверие даже к какой-либо одной корпорации, но здесь «смолой замазана» практически вся отрасль (каламбур случайный).

Противодействие распространению ENDS обусловлено и тем, что эту инновацию воспринимают как «троянского коня». Вейпинг может стать «каналом» (*gateway*), ведущим к никотиновой зависимости, восприятию курения как нормы и, следовательно, увеличению числа курильщиков (особенно молодых) [Chapman, Wakefield, 2013].²² Многие исследователи не согласны с таким аргументом: критика «теории канала» (*gateway theory*) содержится, например, в работах [Etter, 2017; Bell, Keane, 2014; Phillips, 2015]. Доводы о том, что ENDS подрывают достижения в борьбе против табака, недостаточно обоснованы. Высказывается серьезная обеспокоенность, особенно в США, по поводу использования молодыми людьми электронных сигарет. Бренду Juul приписывается ярлык главного «разрушителя здоровья». Напротив, Служба общественного здравоохранения Англии пришла к выводу, что вейпинг часто рассматривается как способ бросить курить. В связи с этим в Великобритании поддерживается сочетание строгого регулирования продуктов и относительно либеральной политики в отношении продаж взрослым. Обзор последних данных по этой тематике приведен в докладе [McNeill et al., 2018].²³

Другой аспект заключается в потенциальной опасности ENDS для здоровья. Поскольку это достаточно новые технологии, пока сложно оценить долгосрочный эффект их применения. Мы уже упоминали о мнениях экспертов об относительных рисках новых продуктов по

сравнению с традиционными табачными изделиями, и соответствующие аргументы учитываются в британской политике. Однако дискуссии о том, насколько опасны сами электронные сигареты, продолжаются. Вейперы вполне могут вдыхать вредные для здоровья вещества, особенно в ситуациях, когда качество продуктов должным образом не регулируется. Травмы и смертельные исходы нередко обусловлены взрывами батарей, которые в ряде случаев стали результатом пользовательских модификаций этого компонента электронных сигарет [Equation, 2019].²⁴ В Великобритании несколько человек пострадали из-за того, что наркоторговцы продавали вейп-жидкости якобы с каннабисом, которые на самом деле содержали опасный «дизайнерский наркотик» [Day, 2019]. Летом 2019 г. в США появился «джокер» — «таинственная вейп-болезнь», вызвавшая тысячи случаев повреждения легких и несколько смертельных исходов (бокс 3).

Возможно, данный аспект возражений против ENDS в меньшей степени относится к продуктам HNB, технологический разрыв которых с курительными табачными изделиями меньше. Между тем четвертая группа причин противодействия ENDS в равной степени относится и к HNB. При этом стигматизации подвергается не табачная отрасль, а никотин как таковой. Озвучиваются опасения о возможном негативном влиянии употребления никотина на молодой развивающийся мозг. Сам факт того, что подобные «открытия» имеют место, выглядит странным — как будто бы упомянутые отрицательные эффекты не доказаны исследованиями, проводившимися в течение десятилетий. Но главное беспокойство вызывает эффект привыкания. Никотиновая зависимость воспринимается как абсолютно неприемлемая социальная и медицинская проблема, несмотря на аргументы о том, что вейпинг не обязательно приводит к курению обычных сигарет, а никотин сам по себе при обычном уровне потребления не представляет особого риска для здоровья.

Многие эксперты описывают столь разную реакцию медицинского сообщества на ENDS как отражение столкновения запретительных подходов и философии минимизации вреда (бокс 4). Подобные позиции («запретить» и «снизить вред») вступают в конфликт во многих областях, и никотиновые продукты — один из недавних примеров. В подобном контексте электронные сигареты выглядят типичным проявлением подрывных инноваций. Ситуация сильно различается по странам. Она в существенной мере определяется реак-

²² Данная точка зрения наверняка беспокоит чиновников здравоохранения и подкрепляет мнение о том, что табачная отрасль стремится нажиться на HNB и ENDS. Она получила отражение в справочнике для инвесторов, опубликованном British American Tobacco в марте 2019 г. [British American Tobacco, 2019].

²³ Позиции британского правительства четко изложены в разделе об электронных сигаретах на сайте: <https://www.gov.uk/government/publications/health-matters-stopping-smoking-what-works/health-matters-stopping-smoking-what-works>, опубликовано 25.09.2018; дата обращения 21.11.2019. В частности, говорится: «Ведущие британские медицинские организации и органы здравоохранения... согласны с тем, что хотя электронные сигареты сопряжены с определенным риском, они гораздо менее вредны, чем курение... В настоящее время электронные сигареты являются наиболее популярным способом отказа от курения в Англии. Более половины вейперов (51%) бросили курить полностью, а половина из тех 45%, которые пока продолжают курить, говорят, что вейпят, чтобы бросить... Появляется все больше свидетельств того, что электронные сигареты помогают тысячам курильщиков в Англии отказаться от курения. Имеющиеся данные научных исследований свидетельствуют, что их эффективность в целом аналогична назначенным врачами лекарствам для прекращения курения, и они лучше, чем продукты НЗТ, если последние используются без профессиональной поддержки...».

²⁴ Дискуссии в пользовательских сообществах см. также на сайте: <https://www.e-cigarette-forum.com/threads/exploding-vape.896751/>, дата обращения 25.11.2019.

Бокс 3. Загадка «вейпинг-болезни»

В 2019 г. стали появляться сообщения — сначала из США, а затем и из Канады — о том, что у пользователей вейпинг-устройств возникают серьезные проблемы с легкими («попкорновая болезнь легких» (*popcorn lung*), которая может иметь смертельный исход). На рисунке ниже представлена динамика возникновения и последующего снижения заболеваемости в США. Многие эксперты посчитали маловероятным, что это результат использования электронных сигарет (причем того типа, который в течение многих лет использовался без последствий). Причина, скорее всего, в вейп-жидкостях, содержащих не никотин и обычные ароматизаторы, а иные вещества. Несмотря на это, органы здравоохранения многих стран выпустили срочное предупреждение о возможных последствиях использования ENDS в целом, которое распространилось по всему миру.

Через несколько месяцев власти США официально подтвердили, что отмеченные случаи вызваны применением вейпинг-устройств для вдыхания тетрагидроканнабиола (ТНС, активного компонента каннабиса).

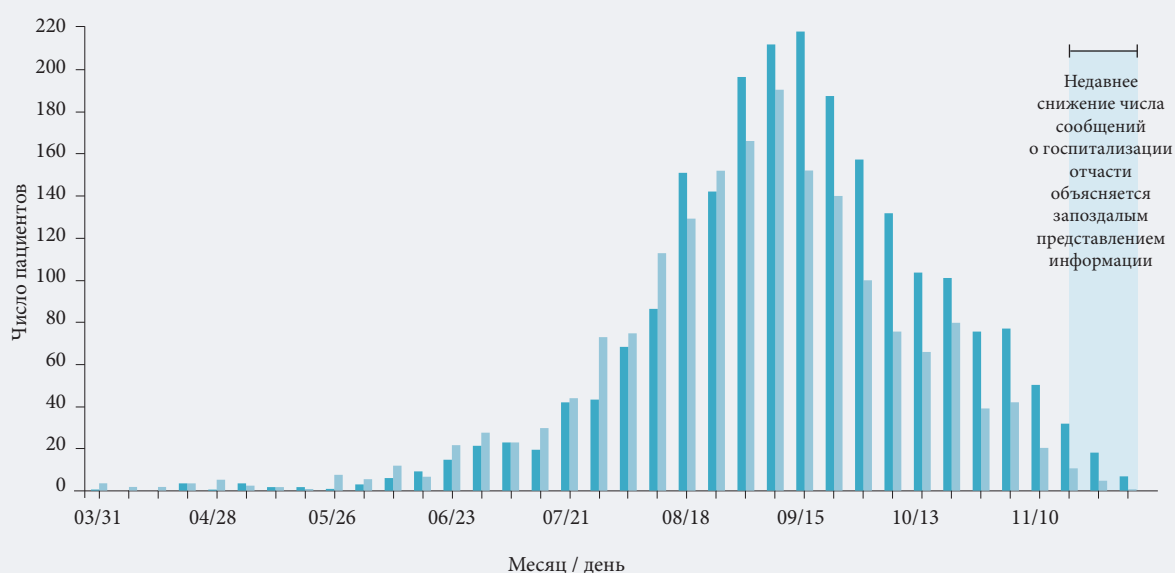
Центр по контролю и профилактике заболеваний (Center for Disease Control and Prevention,

CDC) [CDC, 2019] установил, что «химическим веществом, вызывающим повреждение легких у людей, пользующихся электронными сигаретами (вейпингом), является ацетат витамина Е... Лабораторные исследования... образцов жидкости, взятых из легких... [пациентов]... выявили присутствие ацетата витамина Е во всех образцах. Ацетат витамина Е используется в качестве добавки, прежде всего, как загуститель вейп-жидкостей, содержащих ТНС...».

По состоянию на 10 декабря 2019 г. CDC зафиксировал 2400 случаев госпитализации и свыше 50 летальных исходов. Сообщения о новых инцидентах продолжают поступать, хотя их число снижается. По данным CDC, «большинство таких случаев связаны с употреблением продуктов для электронных сигарет, или вейпинга, содержащих ТНС, в особенности тех, что получены из неформальных источников (от друзей, членов семьи или приобретены у дилеров лично или через интернет). Эти изделия сыграли важную роль в возникновении заболеваний. Чаще всего пациенты употребляли продукцию бренда Dank Vapes — по большей части ТНС-содержащие контрафакты неизвестного происхождения».

Источник: https://www.cdc.gov/tobacco/basic_information/e-cigarettes/severe-lung-disease.html#what-is-new (по состоянию на 15.12.2019).

Даты появления симптомов и госпитализации пациентов с повреждением легких, связанным с использованием электронных сигарет или вейпингом: США, 31 марта — 10 декабря 2019 г.



Источник: https://www.cdc.gov/tobacco/basic_information/e-cigarettes/severe-lung-disease.html#epi-chart (по состоянию на 15.12.2019).

Бокс 4. Запрет vs. снижение вреда

Указанные два термина не полностью определяют соответствующие альтернативные концепции, однако они давно и широко используются.

Подход «запретителей», или «абстенционистов», нацелен на предотвращение поведения, способного причинить вред. Во многих случаях речь идет о поведении, которое можно охарактеризовать как безнравственное: сексуальная распущенность, злоупотребление наркотиками, езда с превышением скорости. К рискам, связанным, например, с традиционными видами спорта, подобный принцип применяется реже.

В данном случае «запретители» подчеркивают важность мер по ограничению потребления табака. Они зачастую видят в ENDS серьезную угрозу для результативности таких усилий (по причинам, изложенным в основном тексте). Иными словами, рассматриваемой инновации противодействуют стороны, в целом настроенные против отраслей, которым грозит подрыв. Это типичная позиция многих национальных и международных органов здравоохранения. Тем самым запретительное регулирование может ограничить или даже аннулировать описываемую подрывную технологию.

Сторонники подхода *снижения вреда* признают, что большинство людей все равно будут сохранять нездоровые привычки, несмотря на официальные запреты. Соответственно предлагаются меры, которые помогут уменьшить вред.¹

Применение принципа снижения вреда имеет долгую историю: например, обязательные автомобильные ремни безопасности и мотоциклетные шлемы. Тем не менее этот термин вошел в широкое употребление лишь с началом активного распространения СПИДа в 1980-х гг. Так, использование презервативов уменьшает риск, связанный с половыми отношениями. Применение одноразовых игл и иные подобные средства позволяют ограничить распространение заболевания внутри сообществ потребителей инъекционных наркотиков и заражение других людей [Berridge, 1999]. Подобный подход обрел многочисленных сторон-

ников в спорных областях социальной политики и политики здравоохранения, таких как сексуальное поведение и наркотики (подробнее см. [Hunt, 2003]). Примеры применения принципа снижения вреда по отношению к ENDS изложены в публикации [Polosa et al., 2013], где также рассматривается снус — инновационная альтернатива жевательному табаку.

Можно придерживаться запретительных позиций по одним вопросам и практиковать принцип снижения вреда по другим, в частности, в зависимости от возможностей обеспечить исполнение правил и снизить риск. Тем не менее заслуживает внимания позиция «запретителей», высказанная представителями Tobacco Tactics — организации, анализирующей стратегии и тактики табачной индустрии, направленные на подрыв усилий системы общественного здравоохранения:

«Установка на снижение вреда выглядит деликатным аспектом, в частности, из-за того, что подобные меры могут включать сотрудничество с табачной отраслью, которая имеет опыт манипулирования общественным мнением и политикой здравоохранения... Чтобы адекватно оценить вред продуктов с потенциально пониженным риском и их эффективность с точки зрения отказа от курения, следует тщательно проанализировать инвестиции табачной отрасли в разработку таких продуктов и в соответствующие научные исследования... В реальности ряд ученых, возглавляющих дискуссии о снижении вреда либо продуктах с потенциально пониженным риском, получают финансирование от табачной индустрии»¹¹.

Примечания:

¹ Организация Harm Reduction International проводит ежегодные «полевые» конференции и публикует обширную документацию на своем сайте: <https://www.hri.global/about>. Информация о применении этого подхода (особенно в отношении употребления наркотиков) постоянно обновляется. См.: <https://www.hri.global/global-state-harm-reduction-2018>, дата обращения 24.11.2019.

¹¹ Источник: https://www.tobaccotactics.org/index.php?title=Harm_Reduction, дата обращения 23.11.2019.

цией на такие события, как упомянутая «таинственная вейпинг-болезнь». Ранее мы подчеркивали, что отмеченный феномен во многом связан с вторичными инновациями, порожденными появлением рассматриваемой подрывной разработки. Во многих случаях традиционные игроки стремились адаптироваться к ней, предлагая собственные новые продукты. Спротивление ее распространению было в первую очередь организовано заинтересованными сторонами, противостоящими поставщикам традиционного продукта, который данная инновация угрожает вытеснить. Подрывной потенциал технологии ENDS поляризовал дискуссии представите-

лей двух упомянутых философий о том, как эффективно справиться с рисками для здоровья от курения.

Таким образом, электронные сигареты выглядят очевидной попыткой создания подрывной инновации. Во многих странах возникла необычная конфигурация интересов и подходов, препятствующая ее продвижению. Радикальные перемены, видимо, произойдут в результате появления поддерживающей инновации — HNB.

Как отмечалось, потенциальный вред от потребления табака является крайне неопределенным. Выше приведены оценки смертности и потерянных лет жизни в случае сохранения текущих тенденций, а также по-

следствий более или менее активного перехода на ENDS. Политика и законодательные нормы в отношении этой технологии существенно варьируют по странам. Появились многочисленные альтернативные продукты (не только ENDS, но и, например, HNB и снусы), по поводу которых высказываются разнообразные точки зрения. В связи с этим изучаемая нами область представляется важной темой для Форсайт-исследования. Рассмотрим, какие формы оно могло бы принять.

Форсайт²⁵

В рамках Форсайт-проектов эксперты и стейкхолдеры обсуждают факторы неопределенности, альтернативные варианты будущего, модели развития и возможности их формирования. Подобные исследования выходят за рамки прогнозирования и, следовательно, моделирования. В нашем случае важным исходным материалом для них представляются оценки уровня смертности и значения ПЛЖ в разных сценариях. Эти данные придают количественное измерение сценарному анализу и разработке политики. В дополнение к США предстоит проанализировать последствия перехода на ENDS для других государств. Подобное исследование, базирующееся на реалистичной информации о темпах роста числа курильщиков и бросивших курить, может стать основой для бенчмаркинга ситуаций в разных странах.

Фокус

В рассматриваемом случае предметом Форсайт-исследования видятся потребление табака в целом, его последствия и альтернативные стратегии ограничения вреда здоровью. Участники подобных проектов могут ориентироваться на подрывные инновации и анализировать инновационные продукты и методы, способные изменить ландшафт курения. Целесообразно в первую очередь рассмотреть не только подрывной эффект ENDS, но и поддерживающие инновации, такие как HNB, на основе которой созданы продукты вроде IQOS и glo, успешно выведенные на несколько рынков.²⁶ Разработанные крупными производителями, они, тем не менее, радикально отличаются от обычных табачных продуктов, в потенциале могут значительно снижать вред для здоровья и требуют изменения подходов со стороны как потребителей, так и производителей. Их социальный эффект более ощутим, чем получение статуса подрывной инновации.

Фокус исследования включает как основную тему, так и географическое и временное измерения. Охватываемые регионы и временные горизонты в значительной степени определяются организацией-спонсором. Зачастую подобные проекты выполняются по заказу государственных учреждений или международных организаций, например Европейской Комиссии

или ее департаментов. Во многих отношениях идеальным было бы многонациональное исследование, охватывающее основные регионы мира, включая районы с высоким потреблением сигарет, такие как Китай, и страны с разными подходами к ограничению потребления табака и альтернативным, менее вредным продуктам. Например, в Швеции и Японии сложились интересные практики в отношении снуса и продуктов HNB соответственно. Ситуация осложняется тем, что многие организации, в частности ВОЗ, уже заняли жесткие позиции по этим вопросам. Временной горизонт может быть относительно коротким или простирается на несколько поколений в будущее. Для широкого распространения технологических инноваций часто требуется несколько десятилетий,²⁷ а эффект курения сигарет (и использования ENDS?) в отношении здоровья проявляется в течение столь же значительного периода. Учитывая сказанное, целесообразно охватить исследованием по крайней мере следующие 20 лет.

Сценарии

Перспективы рассматриваемого нами направления характеризуются высокой неопределенностью. В разработке и реализации политики, связанной с ограничением потребления табака и снижением вреда от него, участвуют многочисленные стейкхолдеры, также реагирующие на эти меры. Целесообразно принимать в расчет политику в отношении ENDS, HNB и других новых подходов к доставке никотина. Полезным инструментом для их анализа выглядит организация сценарных семинаров. Сценарии могут разрабатываться на основе идентифицированных ключевых движущих сил и факторов [Miles et al., 2016]. Еще один возможный инструмент — выявление правдоподобных крайностей, например, в рамках сценарной матрицы 2×2, где одно измерение демонстрирует экстремальное развитие мер по ограничению курения обычных сигарет, а другое — избыточные формы регулирования ENDS. Наиболее вероятные крайности подлежат обсуждению на семинарах, включая факторы и движущие силы, способные обусловить такое развитие событий. Было бы полезно смоделировать реакцию стейкхолдеров путем организации ролевых игр между участниками семинара, отражающих специфику разных стран и регионов мира, а также эффекты для различных социальных групп.

Сканирование горизонтов

Сценарные семинары должны базироваться на результатах сканирования горизонтов, проведенного посредством таких инструментов, как изучение литературы, позволяющее оценить современное состояние исследований и разработок, библиометрический анализ и т. п., или с помощью целенаправленного сбора экспертных мнений, например, в ходе Дельфи-опросов.

²⁵ Данный раздел подготовлен по материалам работ [Georghiou et al., 2008; Miles et al., 2016].

²⁶ В интернете разворачиваются дискуссии общественности и пользователей о различных продуктах и технологиях (см., например, [Koshelev, 2019]). Обзор литературы об использовании продуктов HNB и связанных с ними рисках для здоровья см. в [Simonavicius et al., 2019].

²⁷ Примечательно, что прогнозировать технологические инновации с горизонтом более чем на два десятилетия вперед сложно, поскольку они зачастую основываются на прорывных открытиях, которые на момент составления прогноза еще не осуществлены.

Табл. 1. Инновации, связанные с ENDS и их использованием

<p>Возможные направления для появления технологических или иных инноваций</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Обычные сигаретные продукты (например, новые добавки, фильтры) • Производство курительных табачных продуктов (автоматизация, 3D-печать и др.) • Конструкция и компоненты ENDS (методы испарения, источники энергии и т. д.) • Вейп-жидкости (ароматизаторы, аэрозоли, другие ингредиенты) • Альтернативные рекреационные решения для потребителей табака (новые либо усовершенствованные негорючие продукты, например снус, HNB) • Заменители никотина (новые рекреационные наркотики или практики, которые вытеснят употребление никотина) • Медицинские методы лечения никотиновой зависимости (системы замещения никотина — пластыри и т. д.) и ее уменьшения (лекарственные препараты, вакцинация, новые подходы на основе нейробиологии и др.) • Психологические инструменты снижения никотиновой зависимости (когнитивно-поведенческая терапия, гипнотерапия, новые службы помощи через интернет или носимые устройства, поддерживающие здоровый образ жизни) • Меры по ограничению потребления табака (передовые стратегии и использование новаторских технологий в кампаниях по охране здоровья, ограничения на курение и рекламу табачных изделий)
<p>«Нисходящие» (downstream) инновации</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Медицинские (и, возможно, иные) методы ограничения или нейтрализации вреда от потребления табака либо применения новых продуктов для доставки никотина • Изменение медицинских критериев в отношении лечения заболеваний, вызванных рискованными видами деятельности (например, ограничение доступа к медицинским услугам для курильщиков)
<p>«Восходящие» (upstream) инновации</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Выращивание табака (в связи с изменением климата, появлением новых методов обработки почвы и т.п.) • Сельскохозяйственная деятельность (включая распределение и хранение табачного сырья) • Использование табачного сырья — других частей растения, которые в настоящее время не перерабатываются, а также табака для других целей помимо изготовления никотина/сигарет • Синтезирование никотина (например, крупномасштабный и недорогой биосинтез с использованием модифицированных дрожжей или бактерий)
<p>Источник: составлено автором.</p>	

Подобное сканирование направлено на оценку потенциала создания технологических (и социальных) инноваций, способных определять развитие событий в рассматриваемой области. В частности, это могут быть инновационные продукты, производственные процессы, социальная практика, нормативные акты и системы регулирования, а также новые методы измерения и мониторинга деятельности и результатов.

Таблица 1 дает представление о широком спектре потенциальных тем для рассмотрения. Такое разнообразие типично для сложного динамичного контекста, который анализируется в ходе многих технологических Форсайт-исследований. Изучение литературы позволяет выявить новые возможности для инноваций в различных областях. Экспертные знания, полученные в ходе «мозговых штурмов», и креативные решения, ставшие их результатом, а также методы системного стимулирования творчества способствуют всестороннему осмыслению возможных перспектив. Идентифицированные ключевые инновации подлежат оцениванию на семинарах, с помощью Дельфи-опросов и т. п. Организация Дельфи-опроса обеспечит сбор компетентных мнений по таким аспектам, как:

- степень готовности инновации к реализации;
- сроки появления на рынке;
- основные эффекты (например, в терминах рисков для здоровья и других социальных и экономических издержек и выгод);
- драйверы и барьеры для развития и т. д.

Для оценки перспектив развития рынков и появления новых правил нередко анализируются ключевые движущие силы, в том числе методом STEEPV. Эти факторы могут варьировать в зависимости от направ-

лений (и внутри них). В их число входят социальные тенденции (возникновение потребности снять стресс, отношение к использованию психотропных препаратов, уровень беспокойности по поводу здоровья и образа жизни и др.), экономические и политические факторы. В частности, важную роль могут играть доходы государства от налога на табак. В некоторых странах существуют тесные связи между табачной отраслью и государством вплоть до того, что крупные производители сигарет могут находиться в собственности государства. Подобные аспекты целесообразно анализировать путем изучения публикаций в СМИ и сбора экспертных мнений.

«Джокеры»

Под «джокерами» (*wild cards*) понимают события с вероятностью осуществления в пределах 10%, которые в случае реализации влекут за собой радикальные трансформации. Идентификация таких событий обычно предшествует сценарному анализу и ложится в его основу. В отношении «таинственной вейпинг-болезни», развившейся летом 2019 г. (см. бокс 3), выделяются два аспекта, по которым сигналы раннего предупреждения прослеживались еще годом ранее. Вейпинг-системы служили для вдыхания не только никотина, но и других наркотиков. Дополнительные и пользовательские инновации нередко оказываются «джокерами» для создателя исходной разработки, существенно меняя способ ее применения, восприятие и имидж. Кроме того, возникли непредвиденные риски для здоровья, возможно, связанные с ENDS. Внезапно проявившийся «джокер» синтезирует оба эти аспекта. СМИ и политики интерпретировали последствия незаконного вейпинга как

доказательство опасности всех электронных сигарет. Тем самым не только подтвердились опасения о потенциальном вреде вейпинга. В СМИ появились публикации об «эпидемии» вейпинга среди молодежи. Тревога по поводу «таинственной вейпинг-болезни» наложилась на обеспокоенность «значительным ростом доли школьников в США, сообщивших, что на протяжении последнего месяца они занимались вейпингом в любой форме, с 11.7% в 2017 г. до 27.5% в 2019 г.» [Fairchild et al., 2019, p. 1319]. Реакцией как в США, так и в ряде других стран стали ограничения на ароматизаторы, которые считаются особенно привлекательными для молодежи, или на использование ENDS в целом.²⁸ Парадокс в том, что, вполне вероятно, именно угроза для здоровья побудила потенциальных пользователей обратиться к продуктам HNB вместо ENDS.

Можно ожидать появления и других «джокеров», даже если впоследствии они будут признаны менее невероятными, чем представлялись изначально. В ходе Форсайт-исследований речь о «джокерах» заходит часто, но они заслуживают отдельного внимания. В качестве основы для «мозгового штурма» по выявлению «джокеров» можно использовать STEEPV-анализ и затем подробно обсудить результаты на семинарах. Опыт показывает, что хотя выявить события-«джокеры» удастся часто, их конкретные формы и каскадная реакция социальных субъектов могут радикально отличаться от предполагаемых. Не исключено появление целой «колоты» «джокеров», а эффекты будут сильно зависеть от интенсивности и последовательности этих событий.

Выявление «джокеров» — один из наиболее сложных аспектов Форсайт-исследований. Сформировалось отдельное направление по «оценке риска» для изучения подобных катастрофических событий. К ним относятся и явления, которые считаются вероятными, но время их возникновения характеризуется высокой неопределенностью (например, природные катаклизмы — от землетрясений до солнечных бурь типа геомагнитной бури Каррингтона²⁹). В истории зафиксировано множество «джокеров», но на практике детальному анализу поддаются лишь малая часть из них из-за многообразия возможностей и форм для реализации подобных событий. Выявленные «джокеры» могут приниматься в расчет при оценке рисков, а также при разработке систем раннего предупреждения для дальнейшего мониторинга событий в соответствующей области.

Практические мероприятия

На последующих этапах Форсайт-исследования формулируются предложения по разработке политики и стратегий достижения предпочтительного будущего. Для определения приоритетов и последовательности необ-

ходимых мероприятий формируются дорожные карты, служащие навигатором в будущее, желательность которого в той или иной степени общепризнана. Кроме того, дорожные карты применимы при анализе действий, которые могут потребоваться в случае реализации альтернативных сценариев.

Большое значение имеет привлечение участников, компетентных в таких вопросах, как планирование и формулировка политики, инструменты, доступные различным субъектам, и способных убедить стейкхолдеров ориентироваться на долгосрочную перспективу. В этой противоречивой сфере достичь консенсуса бывает непросто. Например, конфликт подходов «запрет/воздержание» и «снижение вреда», скорее всего, сохранится в долгосрочной перспективе. Тем не менее диалог противоположных точек зрения (для организации которого может потребоваться искусный модератор) представляется полезным для всех, поскольку будет способствовать более глубокому пониманию соответствующих аргументов, контраргументов, надежд и страхов.

Форсайт-исследование перспектив потребления табака и потенциальных подрывных инноваций в данной области выглядит вполне целесообразным. Табачная индустрия оперирует многомиллиардными оборотами в долларовом исчислении, и потребление ее продукции представляет угрозу для жизни миллионов людей. Представляется чрезвычайно важной поддержка подобного исследования неким «честным брокером», который не воспринимался бы пытающимся навязать ту или иную повестку и был бы способен вовлечь в проект специалистов с необходимым опытом. Кто за это возьмется?

Статья подготовлена по итогам предварительного этапа планируемого международного Форсайт-проекта. Средства на его организацию автор получил в конце 2018 — начале 2019 г. от Фонда за мир без курения (Foundation for a Smoke-Free World, FSFW)³⁰. Спонсором Фонда выступает табачная компания Philip Morris International. Несмотря на деклариремую независимость и самоорганизацию FSFW³¹, сообщество Tobacco Tactics считает его «подставным агентом» табачной индустрии.³² Кроме того, некоторые корреспонденты журнала The Lancet недавно заявили: «Сейчас, как никогда, мы должны поддержать убедительные призывы ВОЗ и медицинского сообщества отказаться от сотрудничества с FSFW» [Legg et al., 2019, p. 2478]. При подготовке данного Форсайт-исследования многие потенциальные участники выразили значительную настороженность. Исследование частично профинансировано из средств Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ, а также за счет субсидии на государственную поддержку ведущих университетов Российской Федерации в целях повышения их конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров (Программы 5-100), выделенной НИУ ВШЭ. Ответственность за мнения, высказанные в статье, несет автор.

²⁸ В числе недавних новостей — сообщения в прессе о давлении на британских регуляторов [Waldie, 2019].

²⁹ В ходе геомагнитной бури Каррингтона 1859 г. наблюдалось красивое полярное сияние, но нарушилась телеграфная связь. Считается, что ее повторение серьезно повредило бы глобальные электрические и коммуникационные сети. Подход к оценке вероятности такого события в ближайшие десятилетия предложен в [Morina et al., 2019].

³⁰ Режим доступа: <https://www.smokefreeworld.org>, дата обращения 17.12.2019.

³¹ Режим доступа: <https://www.smokefreeworld.org/governance/>, дата обращения 15.02.2020.

³² Режим доступа: https://www.tobaccotactics.org/index.php?title=Category:Front_Groups, дата обращения 17.12.2019.

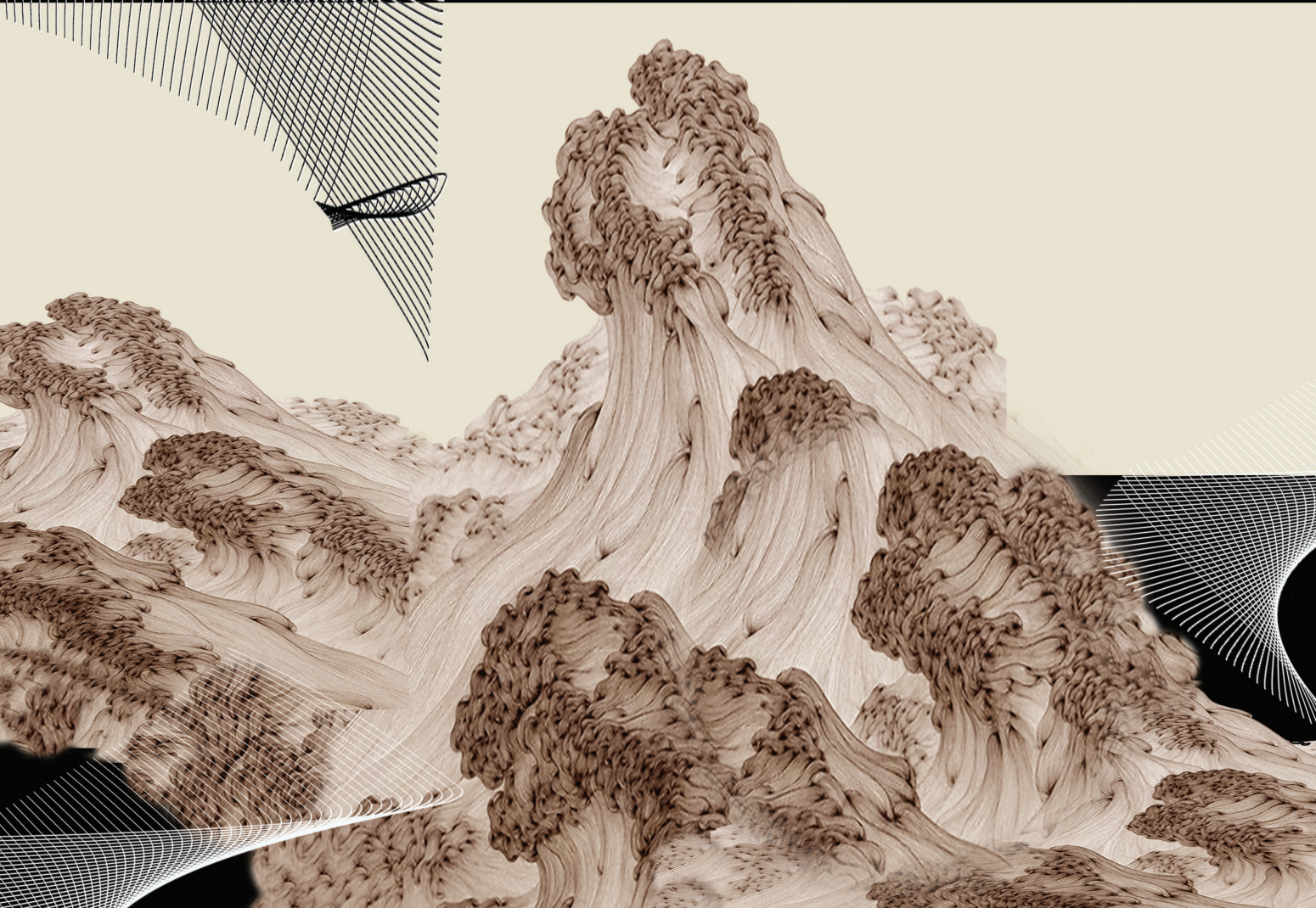
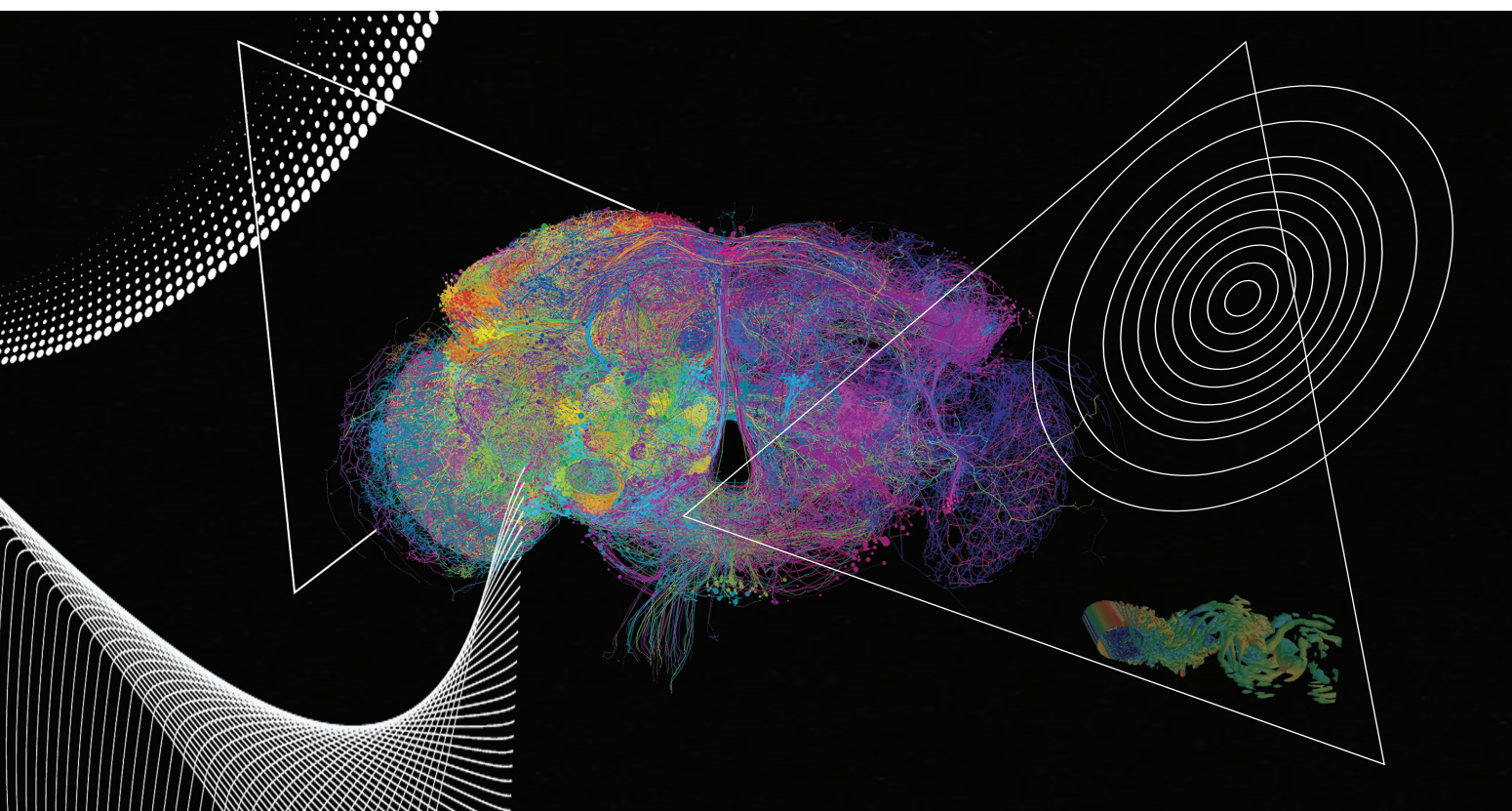
Библиография

- ASH (2019) Use of e-cigarettes (vapourisers) among adults in Great Britain. London: Action on Smoking and Health. Режим доступа: <https://ash.org.uk/wp-content/uploads/2019/09/Use-of-e-cigarettes-among-adults-2019.pdf>, дата обращения 13.10.2019.
- Aveyard C., Raw M. (2012) Improving smoking cessation approaches at the individual level // *Tobacco Control*. Vol. 21. № 2. P. 252–257.
- Bell K., Keane H. (2014) All gates lead to smoking: The ‘gateway theory’, e-cigarettes and the remaking of nicotine // *Social Science & Medicine*. Vol. 119. P. 45–52.
- Bero L. (2013) Tobacco industry manipulation of research // *Late lessons from early warnings: Science, precaution, innovation / Eds. D. Gee, P. Grandjean, S. Foss Hansen, S. van den Hove*. Copenhagen: European Environmental Agency. P. 151–178. Режим доступа: <https://www.eea.europa.eu/publications/late-lessons-2>, дата обращения 14.02.2020.
- Berridge V. (1999) Histories of Harm Reduction: Illicit Drugs, Tobacco, and Nicotine // *Substance Use & Misuse*. Vol. 34. № 1. P. 35–47.
- Brehmer Z., Boumphrey S. (2019) How to Be a Disruptive Brand: Reinventing Consumer Markets. London: Euromonitor International. Режим доступа: <https://go.euromonitor.com/white-paper-ec-2019-how-to-be-a-disruptive-brand-reinventing-consumer-markets.html>, дата обращения 23.09.2019.
- British American Tobacco (2019) Step-Changing New Categories: A Very Significant Growth Opportunity. Режим доступа: [https://www.bat.com/group/sites/UK__9ZTFCM.nsf/vwPagesWebLive/DOBA7JRL/\\$FILE/Step-Changing_New_Categories_-_A_very_significant_growth_opportunity.pdf?openelement](https://www.bat.com/group/sites/UK__9ZTFCM.nsf/vwPagesWebLive/DOBA7JRL/$FILE/Step-Changing_New_Categories_-_A_very_significant_growth_opportunity.pdf?openelement), дата обращения 15.02.2020.
- CDC (2019) Outbreak of Lung Injury Associated with the Use of E-Cigarette, or Vaping, Products. Washington, D.C.: Center for Disease Control and Prevention. Режим доступа: https://www.cdc.gov/tobacco/basic_information/e-cigarettes/severe-lung-disease.html, дата обращения 22.11.2019.
- Chapman S., Wakefield M.A. (2013) Large-scale unassisted smoking cessation over 50 years: Lessons from history for endgame planning in tobacco control // *Tobacco Control*. Vol. 22. № 1. P. 33–35.
- Chen J., Bullen C., Dirks K. (2017) A Comparative Health Risk Assessment of Electronic Cigarettes and Conventional Cigarettes // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Vol. 14. № 4. Article 382 (online). DOI: 10.3390/ijerph14040382. Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5409583/>, дата обращения 12.12.2019.
- Christensen C.M. (1997) *The Innovator’s Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Cambridge, MA: Harvard Business School Press.
- Christensen C.M. (2006) The ongoing process of building a theory of disruption // *Journal of Product Innovation Management*. Vol. 23. P. 39–55.
- Christensen C.M., Raynor M.E. (2003) *The Innovator’s Solution: Creating and Sustaining Successful Growth*. Cambridge, MA: Harvard Business School Press.
- Danneels E. (2004) Disruptive technology reconsidered: A critique and research agenda // *Journal of Product Innovation Management*. Vol. 21. P. 246–258.
- Day R. (2019) Kids thought this was ‘natural cannabis’ vape juice... it was Spice. Nine people who ended up in hospital could have died. Режим доступа: <https://www.manchestereveningnews.co.uk/news/greater-manchester-news/kids-thought-natural-cannabis-vape-16591853>, дата обращения 25.11.2019.
- Djordjevic S., Sponsiello-Wang Z., Lee P.N., Fry J.S., Weitkunat R., Lüdicke F., Baker G. (2018) Modeling the impact of changes in tobacco use on individual disease risks // *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. Vol. 87. P. 88–97. DOI: 10.1016/j.yrtph.2018.06.001.
- Equation D. (2019) Why Do Vapes Explode? The #1 Most Common Reason (And How to Avoid It). Режим доступа: <https://vapebeat.com/vape-user-guides/why-do-vapes-explode>, дата обращения 25.11.2019.
- Etter J.-F. (2017) Gateway effects and electronic cigarettes // *Addiction*. Vol. 113. № 10. P. 1776–1783. DOI: 10.1111/add.13924.
- Fairchild A., Heaton C., Curran J., Abrams D., Bayer R. (2019) Evidence, alarm, and the debate over e-cigarettes // *Science*. № 366 (6471). P. 1318–1320.
- Freeman C. (1975) *The Economics of Industrial Innovation*. Harmondsworth: Penguin.
- FSFW (2018) *Global Trends in Nicotine*. New York: Foundation for a Smoke-Free World. Режим доступа: <https://www.smokefreeworld.org/sites/default/files/fsfw-report-trends-in-nicotine-1005201811.pdf>, дата обращения 18.11.2019.
- GBD (2017) Smoking prevalence and attributable disease burden in 195 countries and territories, 1990–2015: A systematic analysis from the Global Burden of Disease Study 2015 // *The Lancet*. № 389 (10082). P. 1885–1906. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)30819-X.
- Georghiou L., Cassingena Harper J., Keenan M., Miles I., Popper R. (eds.) (2008) *The Handbook of Technology Foresight*. Cheltenham, UK; Northampton, MA, USA: Edward Elgar.
- Horwitz J. (2019) China’s tobacco monopoly means big risks for e-cigarette startups. Режим доступа: <https://www.reuters.com/article/us-china-ecigarettes-insight/chinas-tobacco-monopoly-means-big-risks-for-e-cigarette-startups-idUSKBN1XH0LW>, дата обращения 17.11.2019.
- Hunt N. (2003) *A review of the evidence-base for harm reduction approaches to drug use*. London: Forward Thinking on Drugs Initiative. Режим доступа: <https://www.hri.global/files/2010/05/31/HIVTop50Documents11.pdf>, дата обращения 24.11.2019.
- ITC (2017) *International Tobacco Control (ITC) Policy Evaluation Project. China Executive Summary Report. Findings from the Wave 1 to 5 Surveys (2006–2015)*. Waterloo, ON: Canada University of Waterloo; Beijing, China: Tobacco Control Office, Chinese Center for Disease Control and Prevention.
- Jones L. (2019) Vaping: How popular are e-cigarettes? Режим доступа: <https://www.bbc.co.uk/news/business-44295336>, дата обращения 13.10.2019.
- Juma C. (2016) *Innovation and Its Enemies: Why People Resist New Technologies*. New York: Oxford University Press.
- Kirton D. (2019) China may roll out e-cigarette rules amid global vaping backlash: State media. Режим доступа: <https://www.reuters.com/article/us-china-ecigarettes-idUSKBN1W9141>, дата обращения 17.11.2019.

- Koshelev D. (2019) Big comparison of tobacco heating devices: IQOS and glo vs Pod-systems: Logic Compact, JUUL, Joint. Режим доступа: <https://root-nation.com/gadgets-en/en-tobacco-heating-devices-and-nicotine-salts/>, дата обращения 17.12.2019.
- Kyriakouides L.M. (2006) "Historians' testimony on "common knowledge" of the risks of tobacco use: A review and analysis of experts testifying on behalf of cigarette manufacturers in civil litigation // *Tobacco Control*. Vol. 15. № 4. P. 107–116.
- Lee P.N., Fry J.S., Hamling J.F., Sponsiello-Wang Z., Baker G., Weitkunt R. (2017) Estimating the effect of differing assumptions on the population health impact of introducing a Reduced Risk Tobacco Product in the USA // *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. Vol. 88. P. 192–213. DOI: 10.1016/j.yrtph.2017.06.009.
- Legg T., Peeters S., Chamberlain P., Gilmore A.B. (2019) The Philip Morris-funded Foundation for a Smoke-Free World: Tax return sheds light on funding activities // *The Lancet*. № 393 (10190). P. 2487–2488. Режим доступа: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(19\)31347-9/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(19)31347-9/fulltext), дата обращения 24.11.2019.
- Levy D.T., Borland R., Lindblom E.N., Goniewicz M.L., Meza R., Holford T.R., Yuan Z., Luo Y., O'Connor R.J., Niaura R., Abrams D.B. (2018) Potential deaths averted in USA by replacing cigarettes with e-cigarettes // *Tobacco Control*. Vol. 27. № 1. P. 18–25.
- Li C. (2012) *The Political Mapping of China's Tobacco Industry and Anti-Smoking Campaign*. Washington, D.C.: Brookings Institution. Режим доступа: <https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/06/25-china-tobacco-li.pdf>, дата обращения 17.11.2019.
- Mathers C.D. (2018) New Projections of Mortality and Causes of Death to Year 2060. Режим доступа: <https://colinmathers.com/2018/11/14/new-projections-of-mortality-and-causes-of-death-to-year-2060/>, дата обращения 07.10.2019.
- Mathers C.D., Loncar D. (2006) Projections of global mortality and burden of disease from 2002 to 2030 // *PLoS Medicine*. Vol. 3. № 11. Art. e442. P. 2011–2030.
- McNeill A., Brose L.S., Calder R., Bauld L., Robson D. (2018) Evidence review of e-cigarettes and heated tobacco products 2018. A report commissioned by Public Health England. London: Public Health England.
- McNeill A., Brose L.S., Calder R., Bauld L., Robson D. (2019) Vaping in England: An evidence update February 2019. London: Public Health England. Режим доступа: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/821179/Vaping_in_England_an_evidence_update_February_2019.pdf, дата обращения 12.10.2019.
- Miles I., Saritas O., Sokolov A. (2016) *Foresight for Science, Technology and Innovation*. Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer.
- Moriña D., Serra I., Puig P., Corral A. (2019) Probability estimation of a Carrington-like geomagnetic storm // *Nature Scientific Reports*. Vol. 9. Report 2393. Режим доступа: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-38918-8>, дата обращения 11.12.2019.
- Mylan J., Morris C., Beech E., Geels F.W. (2019) Rage against the regime: Niche-regime interactions in the societal embedding of plant-based milk // *Environmental Innovation and Societal Transitions*. Vol. 31. P. 233–247.
- NASEM (2018) Public Health Consequences of E-Cigarettes. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM) Report 2018. Washington, D.C.: National Academies of Sciences. Режим доступа: <http://nationalacademies.org/hmd/Reports/2018/public-health-consequences-of-e-cigarettes.aspx>, дата обращения 15.11.2019.
- Newsweek (2015) Big Tobacco Fights Back: How The Cigarette Kings Bought The Vaping Industry. Режим доступа: <https://www.newsweek.com/big-tobacco-fights-back-how-cigarette-kings-bought-vaping-industry-327758>, дата обращения 27.11.2019.
- Nutt D.J., Phillips L.D., Balfour D., Curran H.V., Dockrell M., Foulds J., Fagerstrom K., Letlape K., Polosa R., Ramsey J., Sweanor D. (2014) Estimating the harms of nicotine-containing products using the MCDA approach // *European Addiction Research*. Vol. 20. P. 218–225.
- Nutt D.J., Phillips L.D., Balfour D., Curran V.H., Dockrell M., Foulds J., Fagerstrom K., Letlape K., Polosa R., Ramsey J., Sweanor D. (2016) E-cigarettes are less harmful than smoking // *The Lancet*. № 387 (10024). P. 1160–1162. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)00253-6. Режим доступа: http://eprints.lse.ac.uk/66173/1/Phillips_E-cigarettes%20are%20less%20harmful%20than%20smoking.pdf, дата обращения 17.10.2019.
- Parker-Pope T. (2001) *Cigarettes: Anatomy of an Industry from Seed to Smoke*. New York: Free Press.
- Phillips C.V. (2015) Gateway Effects: Why the Cited Evidence Does Not Support Their Existence for Low-Risk Tobacco Products (and What Evidence Would) // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Vol. 12. № 5. P. 5439–5464.
- Polosa R., Rodu B., Caponnetto P., Maglia M., Raciti C. (2013) A fresh look at tobacco harm reduction: The case for the electronic cigarette // *Harm Reduction Journal*. Vol. 10. № 19 (online). Режим доступа: <http://www.harmreductionjournal.com/content/10/1/19>, дата обращения 04.03.2019.
- Rosshem M.E., Livingston M.D., Soule E.K., Zeraye H.A., Thombs D.L. (2019) Electronic cigarette explosion and burn injuries, US Emergency Departments 2015–2017 // *Tobacco Control*. Vol. 28. № 4. P. 472–474.
- Ruegg T.A. (2015) Historical Perspectives of the Causation of Lung Cancer: Nursing as a Bystander // *Global Qualitative Nursing Research*. Vol. 2. Art. 2333393615585972 (online). Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28462309>, дата обращения 23.11.2019.
- Simonavicius E., McNeill A., Shahab L., Brose L.S. (2019) Heat-not-burn tobacco products: A systematic literature review // *Tobacco Control*. Vol. 28. P. 582–594. DOI: 10.1136/tobaccocontrol-2018-054419.
- Song M., Benowitz N.L., Berman M., Brasky T.M., Cummings K.M., Hatsukami D.K., Marian C., O'Connor R., Rees V.W., Woroszylo C., Shields P.G. (2017) Cigarette filter ventilation and its relationship to increasing rates of lung adenocarcinoma // *Journal of the National Cancer Institute*. Vol. 109. № 12. Art. PMC6059254 (online). DOI: 10.1093/jnci/djx075. Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6059254/>, дата обращения 14.10.2019.
- Spielman A., Azer V. (2013) E-cigarettes // *Disruptive Innovation: Ten Things to Stop and Think About*. Disruptive Innovation Series. Iss. 1. New York: Citigroup. Режим доступа: <https://www.citivelocity.com/citigps/disruptive-innovation/>, дата обращения 23.10.2019.
- Stephens W.E. (2018) Comparing the cancer potencies of emissions from vapourised nicotine products including e-cigarettes with those of tobacco smoke // *Tobacco Control*. Vol. 27. № 1. P. 10–17.
- Stratton K., Shetty P., Wallace R., Bondurant S. (eds.) (2001) *Clearing the Smoke: Assessing the Science Base for Tobacco Harm Reduction*. Washington, D.C.: The National Academies Press.

- Surgeon General (2016) E-Cigarette Use Among Youth and Young Adults: A Report of the Surgeon General. Rockville, MD: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service Office of the Surgeon General.
- UK ONS (2019) Adult smoking habits in the UK: 2018. London: HMSO Office for National Statistics. Режим доступа: <https://www.ons.gov.uk/peoplepopulationandcommunity/healthandsocialcare/healthandlifeexpectancies/bulletins/adultsmokinghabitsingreatbritain/2018#toc>, дата обращения 13.10.2019.
- Usbourne S. (2018) Squonkers, drippers and cloud chasers: The rise of vape culture. Режим доступа: <https://www.theguardian.com/society/2018/jun/09/vape-culture-squonkers-drippers-cloud-chasers-simon-usborne>, дата обращения 02.11.2019.
- Waldie P. (2019) Growing backlash against vaping in Canada, U.S. raises public-health concerns in Britain. Режим доступа: <https://www.theglobeandmail.com/canada/article-growing-backlash-against-vaping-in-canada-us-raises-public-health/>, дата обращения 25.11.2019.
- Warner K.E., Mendez D. (2019) E-cigarettes: Comparing the Possible Risks of Increasing Smoking Initiation with the Potential Benefits of Increasing Smoking Cessation // *Nicotine & Tobacco Research*. Vol. 21. № 13. P. 41–47.
- WHO (2008) WHO Report on the Global Tobacco Epidemic. Geneva: World Health Organisation. Режим доступа: <https://www.who.int/tobacco/mpower/2008/en/>, дата обращения 04.10.2019.
- WHO (2016) Electronic Nicotine Delivery Systems and Electronic Non-Nicotine Delivery Systems (ENDS/ENNDS). Report FCTC/COP/7/11. Geneva: World Health Organisation. Режим доступа: https://www.who.int/fctc/cop/cop7/FCTC_COP_7_11_EN.pdf, дата обращения 18.11.2019.
- Williams M., Talbot P. (2019) Design Features in Multiple Generations of Electronic Cigarette Atomizers // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Vol. 16. № 16. Art. 2904. DOI: 10.3390/ijerph16162904. Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6720609/>, дата обращения 19.11.2019.
- Wolters A. (2017) The Vaccination of 'Unhealthy' Lifestyles? (PhD Thesis). Maastricht: University of Maastricht. Режим доступа: <https://waw.nu/wp-content/uploads/2017/11/Anna-Wolters-2017-Dissertation-The-vaccinisation-of-unhealthy-lifestyles.pdf>, дата обращения 09.10.2019.

ИННОВАЦИИ



Эффект случайного воздействия цифровой трансформации на общий уровень цен и экономический рост

Бьюнг Гвун Чой

Адъюнкт-профессор, bgchoy@snu.ac.kr

Сеульский национальный университет (Seoul National University), Республика Корея, 1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul 08826, Republic of Korea

Аннотация

В статье предпринята попытка оценить влияние цифровой трансформации на производительность, используя многоуровневую структурную модель случайного эффекта на основе байесовского подхода. Цифровая трансформация существенно повысила общий уровень цен в России. Она оказала значительное

положительное воздействие на экономический рост в терминах как фиксированного, так и случайного эффектов. Применительно к России констатируется, что в 2018 г. цифровая трансформация сыграла роль локомотива технологического прогресса, способствуя экономическому росту в ущерб экономической стабильности.

Ключевые слова: цифровая трансформация; экономический рост; технологический прогресс; оценка эффектов; случайные взаимодействия

Цитирование: Choy B.G. (2020) Random Interaction Effect of Digital Transformation on General Price Level and Economic Growth. *Foresight and STI Governance*, vol. 14, no 1, pp. 29–47. DOI: 10.17323/2500-2597.2020.1.29.47

Random Interaction Effect of Digital Transformation on General Price Level and Economic Growth

Byung Gwun Choy

Adjunct Professor, bgchoy@snu.ac.kr

Seoul National University, 1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul 08826, Republic of Korea

Abstract

The paper attempts to evaluate the impact of digital transformation on productivity using a multi-level structure model of a random effect based on the Bayesian approach to cross section data. Digital transformation significantly raised general price levels in

Russia and had consistently significant positive effects upon economic growth through the random interaction effect. Therefore, in Russia in 2018, digital transformation played a role as a driver of technological progress that prompted economic growth rather than economic stability.

Keywords: digital transformation; economic growth; technological progress; effects estimation; random interactions

Citation: Choy B.G. (2020) Random Interaction Effect of Digital Transformation on General Price Level and Economic Growth. *Foresight and STI Governance*, vol. 14, no 1, pp. 29–47. DOI: 10.17323/2500-2597.2020.1.29.47

Признаки цифровой трансформации (ЦТ) (*digital transformation*) как процесса интеллектуального развития цифровых технологий, сравнимого с человеческим и затрагивающего практически все аспекты жизни общества, в сфере бизнеса наблюдаются с 2010 г. ЦТ может происходить случайным образом, в виде некоего шока, но при этом она представляет собой стадию технологического прогресса, т. е. в определенный момент дает начало новому бизнес-циклу и сказывается на экономическом росте.

С учетом этой двойственной природы ЦТ в статье, во-первых, анализируется ее влияние на производительность, общий уровень цен и экономический рост в России. Во-вторых, исследуются различия в оценках эффекта в отношении общего уровня цен и темпов экономического роста, сделанных разными группами экспертов. Наконец, рассматривается эффект случайного взаимодействия ЦТ с общим уровнем цен и экономическим ростом.

Теоретическая основа

Изучение влияния ЦТ на экономику прежде всего предполагает анализ ее воздействия на производительность, которое носит шоковый характер. Но в какой мере ЦТ обусловила сокращение производственных затрат и рост производительности в России в 2018 г.? Взаимосвязь между цифровизацией и производственными затратами исследована в работе [Goldfarb et al., 2015]. ЦТ способна снизить транзакционные издержки, включая связанные с изменением цен, затраты на поиск информации и стоимость предварительных заказов, а также производственные расходы, в частности, на изготовление и хранение продукции, управленческие и торговые издержки (выплаты по контрактам, дистрибуцию, маркетинг и др.). Отдельного внимания заслуживает эффект в отношении информационных затрат. ЦТ позволяет быстро и легко выявлять экономические риски, обеспечивая снижение соответствующих расходов (в том числе связанных с идентификацией, моральными рисками и негативным отбором (*adverse selection*)). По мере углубления ЦТ снижение совокупных затрат отражается на общем уровне цен в экономике.

В исследовании [Draco et al., 2015] влияние информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) на производительность проанализировано на основе теоремы о взаимосвязи затрат и объема выпуска: снижение себестоимости ведет к росту производительности, поскольку фирмы получают возможность выпускать больше продукции при сохранении заданных производственных факторов. Увеличение производительности за счет ЦТ в свою очередь может напрямую повлиять на фактический объем производства в национальном масштабе в соответствии с производственной функцией. Следовательно, ЦТ в любой момент времени косвенно влияет на экономический рост через изменение производительности.

В статье предпринята попытка ввести четыре *скрытые переменные*, каждая из которых оценивается согласно данным измерений соответствующих переменных. Значения *измеренных переменных*, отобранных

с опорой на теорию экономического роста, были определены в ходе обследования и эмпирически верифицированы в течение длительного периода.

Измеренные переменные экономического роста (PEG)

Чарльз Джонс (Charles Jones) [Jones, 1995] протестировал АК-модель с помощью динамических рядов данных. В соответствии с АК-моделью роста производственная функция определяется следующим образом:

$$y = Ak, A > 0 \text{ технический уровень} \quad (1)$$

где $y = Y/L$, $k = K/L$.

Y, K, L — фактический объем производства, капитал (включая человеческий) и труд соответственно.

В любой момент времени ЦТ влияет на значение A , отражающее технологический уровень в производственной функции (1). В свою очередь изменение технологического уровня (A) напрямую влияет на объем производства в уравнении (1).

Этот концепт используется в статье в качестве скрытой переменной. Другую скрытую переменную — экономический рост — можно описать с помощью семи измеренных переменных (табл. 1). В этом качестве рассматриваются следующие показатели: увеличение инвестиций в исследования и разработки (ИиР), рост численности населения, интенсификация сетевой экономической активности, реформирование нормативно-правовой базы, увеличение средней продолжительности обучения, рост производительности, увеличение инвестиций.

В исследовании [Caballé, Santos, 1993] человеческий и физический капиталы определялись эндогенно и внесли решающий вклад в темпы экономического роста. Для целей настоящей статьи человеческий капитал рассматривается в качестве одной из измеренных переменных, а средняя продолжительность обучения (в годах) — в качестве косвенной переменной человеческого капитала. В работе [Howitt, 1999] аргументируется, что рост численности населения может влиять на аккумуляцию человеческого капитала. Даже если эта гипотеза ошибочна, существует положительная связь между демографическими характеристиками страны и числом выдающихся работников среди ее жителей, а значит, и темпами экономического роста. К другим измеренным переменным были отнесены системы социального обеспечения, реформирование нормативно-правовой базы и сетевая экономическая активность. В теории эндогенного роста инвестиции в ИиР рассматриваются как фактор оптимизации, наряду с выведением продуктов на рынок. Инвестиции в ИиР включены в число измеренных переменных, поскольку играют ключевую роль в аккумуляции человеческого капитала и в инновационной политике. Перечисленные семь измеренных переменных были выбраны как фундаментальные факторы развития в соответствии с теорией экономического роста (см. табл. 1).

Дискуссии о том, влияет ли рост денежной массы на реальный национальный доход, имеют долгую историю. Роберт Лукас (Robert Lucas) [Lucas, 1972] на основе

Табл. 1. Скрытые и измеренные переменные

Скрытая переменная ¹	Измеренная переменная	Характер измеренной переменной
Экономический рост (PEG)	Увеличение инвестиций в исследования и разработки (ИиР)	Эндогенная
	Рост численности населения	Эндогенная
	Интенсификация сетевой экономической активности	Эндогенная
	Реформирование нормативно-правовой базы	Эндогенная
	Увеличение средней продолжительности обучения	Эндогенная
	Рост производительности	Эндогенная
	Увеличение инвестиций	Эндогенная
Цифровая трансформация (DT)	Искусственный интеллект (ИИ)	Эндогенная
	Мобильный банкинг	Эндогенная
	Бизнес совместного потребления	Эндогенная
	Финтех	Эндогенная
	Интернет вещей и «умные» фабрики	Эндогенная
	Большие данные и облачные вычисления	Эндогенная
	Навигационные приложения	Эндогенная
	Мобильные игры	Эндогенная
Беспилотные автомобили	Эндогенная	
Производительность (PRD)	Реальный уровень оплаты труда	Эндогенная
	Капиталоемкость	Эндогенная
	Активизация переобучения персонала	Эндогенная
Общий уровень цен (PRS)	Увеличение денежного предложения	Эндогенная
	Рост государственных расходов	Эндогенная
	Рост цен на импортную продукцию	Эндогенная
	Рост ожидаемого уровня инфляции	Эндогенная
	Рост обменного курса	Эндогенная

¹ Из четырех скрытых переменных одна — «цифровая трансформация» (DT) — является экзогенной, остальные — эндогенные.
 Источник: составлено автором.

теории рациональных ожиданий попытался доказать, что роль денег остается нейтральной как в кратко-, так и в долгосрочной перспективе. В ответ Лоуренс Болл (Laurence Ball) и Дэвид Ромер (David Romer) [Ball, Romer, 1990] показали, что даже если исходить из рациональности ожиданий, при жесткой структуре цен размер денежной массы может быть вполне значимым фактором. Рассмотрим далее, повлияло ли увеличение денежной массы на экономический рост.

Измеренные переменные ЦТ (DT)

В качестве измеренных переменных были выбраны продукты, услуги и технологии ЦТ, активно используемые на рынке. На основе классификации технологий ЦТ, представленной на рис. 1, была предпринята попытка выбрать переменные для измерения, которые бы адекватно характеризовали ход ЦТ в России в 2018 г. Ими стали (1) искусственный интеллект (ИИ), (2) мобильный банкинг, (3) бизнес совместного потребления, (4) финтех, (5) интернет вещей и умные фабрики, (6) большие данные

и облачные вычисления, (7) навигационные приложения, (8) мобильные игры, (9) беспилотные автомобили (см. табл. 1).

Измеренные переменные производительности (PRD)

В статье использованы следующие три измеренные переменные, достаточные для характеристики третьей скрытой переменной — производительности: реальный уровень оплаты труда, коэффициент капиталоемкости и обучение персонала¹.

В исследовании [Akerlof, 1984] представлена гипотеза эффективности заработной платы. В условиях информационной асимметрии компании могут повышать производительность путем увеличения реальной зарплаты, что позволит избежать негативного отбора и снизить моральные риски. Реальная заработная плата рассматривается в качестве измеренной переменной для оценки производительности на основе упомянутой гипотезы (уравнение (2)).

¹ Одна из причин, по которым производительность и экономический рост выступают в качестве скрытых переменных (хотя и поддающихся измерению), заключается в «компьютерном парадоксе», сформулированном Робертом Солоу (Robert Solow). По его словам, «компьютеры проникли всюду, кроме статистики производительности» [Solow, 1987; Triplett, 1999].

Рис. 1. Классификация цифровой трансформации



$$y = f(e(\omega)), f'(\cdot) > 0, e'(\cdot) > 0, \quad (2)$$

где y , e , ω означают реальный объем производства, трудозатраты и реальную зарплату соответственно.

В качестве второй измеренной переменной в статье используется коэффициент капиталоемкости. На основе производственной функции Кобба-Дугласа были рассчитаны большинство производственных функций в уравнении (3), в частности постоянная эластичность замещения (CES), переменная эластичность замещения (VES) и транслог-функция, извлеченная из соотношения капитала и труда. Иными словами, коэффициент капиталоемкости положительно влияет на среднюю производительность труда работника.

$$\ln\left(\frac{Y}{L}\right) = a + b \ln\left(\frac{W}{P}\right) + c \ln\left(\frac{K}{L}\right), \quad (3)$$

где $b > 0$, $c > 0$.

Y/L , W/P и K/L — средняя производительность труда, реальная зарплата и коэффициент капиталоемкости, соответственно.

Наконец, были использованы показатели уровня образования работников и их вовлеченности в переобучение. Развитие профессиональных навыков позволяет достичь эффекта экономии на масштабе, усилив действие всех факторов производства [Davis et al., 2017].

Измеренные переменные общего уровня цен (PRS)

Четвертую скрытую переменную — общий уровень цен — можно измерить через значения роста денежной массы, государственных расходов, цен на импортные товары, обменного курса рубля и инфляционных ожиданий (см. табл. 1).

В соответствии с теорией денежной массы [Friedman, 2017] в долгосрочной перспективе темпы роста этого показателя пропорциональны уровню инфляции в уравнении (4).

$$MV = PT, \\ m + v = \pi + t,$$

где M , V , P , T — это денежная масса, скорость обращения денег, уровень цен и объем сделок соответственно, а m , v , π , t — темпы изменения значений M , V , P , T во времени.

В долгосрочной перспективе $v = t = 0$

$$\therefore m = \pi. \quad (4)$$

Попробуем оценить общий уровень цен через измеренную переменную государственных расходов. Их наращивание, согласно одному из базовых постулатов кейнсианства, ведет к изменению цены со стороны спроса, по крайней мере в долгосрочной перспективе. Насколько именно вырастут цены с учетом будущих ожиданий, остается предметом споров. Несомненно лишь, что это может произойти в средне- и долгосрочной перспективе, вызвав рост общего уровня цен.

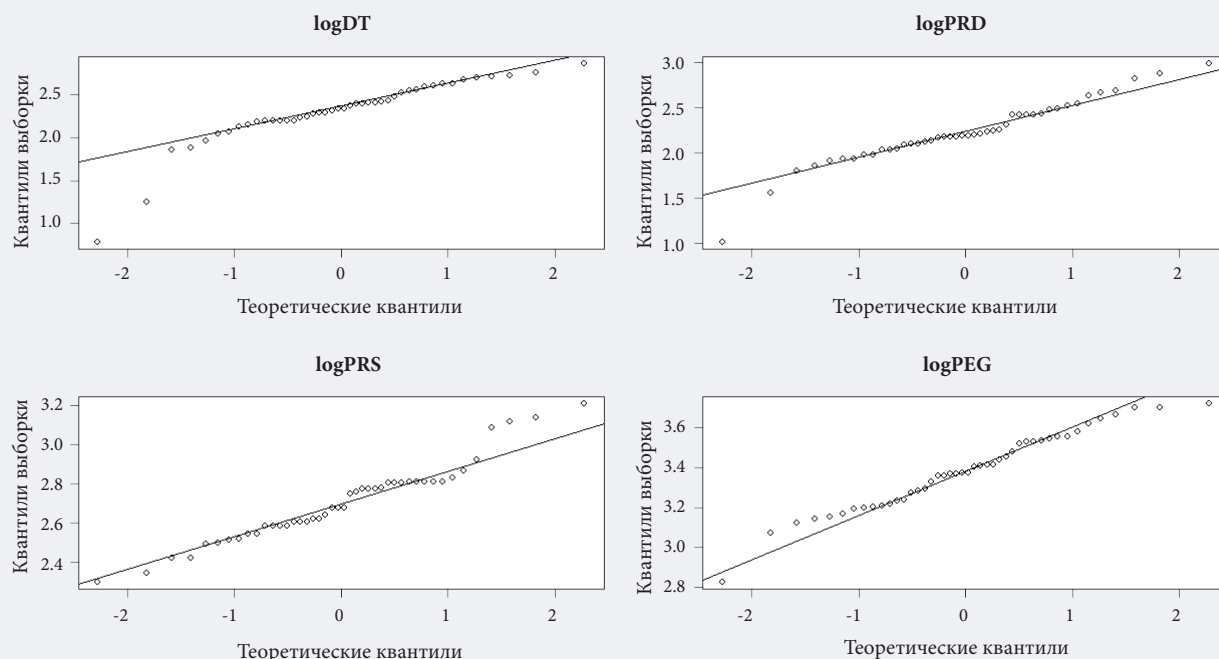
Внимание к уровню цен на импортные товары обусловлено тем, что их повышение может привести к повышению оптовых или розничных цен, которые подтолкнут вверх общий уровень цен в стране. Такая динамика выглядит типичной для России, чья экономика зависит от импорта товаров первой необходимости, цены на которые привязаны к обменному курсу рубля. Данный показатель был выбран в качестве измеренной переменной, характеризующей общий уровень цен в стране.

Наконец, ожидаемый уровень инфляции оценивался в соответствии с теорией рациональных ожиданий. Ожидаемый рост цен ведет к повышению реальных цен в будущем, а фактический уровень роста зависит от кратко- или долгосрочного горизонта и типа ожиданий.

Опорная структура обследования

Для сбора информации о ходе ЦТ, соответствующих технологиях, продуктах и услугах была предпринята их классификация с выделением базовых, сквозных и прикладных технологий (рис. 1). К базовым технологиям отнесены ИИ и полупроводники, к прикладным — спо-

Рис. 2. Проверка распределения на нормальность QQ



Источник: составлено автором.

собы реального (практического) применения базовых технологий. Шесть технологий, охватывающих широкий спектр сфер приложения, были включены в категорию сквозных.

Обследование проводилось в форме личных собеседований на протяжении примерно двух месяцев, в ноябре и декабре 2018 г.² В нем участвовала группа экспертов из Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ) в Москве. Опрос проводился на основе многоуровневой модельной структуры, а его респонденты были разделены на две группы: опорную и неопорную. Члены каждой группы оценили четыре скрытые и 24 измеренные переменные, указанные в табл. 1. Всего были заполнены 44 анкеты, восемь из них вошли в опорную группу, остальные 36 — в неопорную. Каждый эксперт был включен либо в первую (1-й этап), либо во вторую (2-й этап)³.

В опорную группу вошли эксперты, имеющие возможность принимать политические решения самостоятельно или рекомендовать их уполномоченным лицам. В частности, речь идет о директорах, их заместителях, членах редколлегии журнала, руководителях подразделений и их заместителях. Причастность к принятию решений легко проверяется в ходе личного опроса. Назовем опорную группу первой (type1), а неопорную — второй (type2). Для того чтобы прояснить

различия в оценках представителей двух групп, был выполнен односторонний непараметрический тест Краскела–Уоллиса. Хотя респонденты включались в опорную группу в зависимости от своего положения в корпоративной иерархии, была предпринята попытка проверить экономическую и статистическую значимость такого разграничения. Тест Краскела–Уоллиса был выполнен потому, что, как видно на рис. 2, все четыре скрытые переменные, а именно ЦТ, производительность, общий уровень цен и экономический рост, не соответствовали норме.

С учетом сказанного были сформулированы гипотезы — нулевая (НГ) и альтернативная (АГ).

НГ: распределение значений скрытых переменных остается одинаковым независимо от группы.

АГ: по крайней мере в одной группе распределение значений скрытых переменных отличается от других.

При проведении дисперсионного анализа оценок респондентов (независимо от группы) исходили из того, что каждая из четырех указанных скрытых переменных нарушает допущения в отношении нормальности или равенства дисперсии. Разница значений переменной производительности оказалась статистически значимой (табл. 2). На близком к этому уровне находится и разница в значениях общего уровня цен. Эти переменные опровергают нулевую гипотезу и подтверждают

² В ходе обследования респондентам была сообщена простая информация в соответствии с теорией рациональных ожиданий. При проведении личного опроса респондентам предоставлялись сведения, необходимые для ответа на поставленные вопросы. Опросник состоял из пяти разделов: ЦТ, производительность, общий уровень цен, потенциальный экономический рост и личная информация о респонденте.

³ Эрве Мулен (Herve Moulin) [Moulin, 1986] предложил использовать опорный механизм с квазилинейной функцией полезности для анализа решений, связанных с общественными благами.

Табл. 2. Односторонний тест Краскела–Уоллиса

Статистика Переменные	χ^2	Степень свободы	p-значение
Производительность (логарифмическое значение)	4.9101	1	0.0415*
Общий уровень цен	3.612	1	0.057(.)

Коды значимости: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘.’ 1
 Источник: составлено автором.

альтернативную. Кроме того, имеются различия (также на грани значимости) в величинах показателя ЦТ. Переменная экономического роста соответствует нулевой гипотезе. Результаты показывают, что, хотя выборка опиралась на однородную совокупность (Московский кампус НИУ ВШЭ), рассматриваемые группы респондентов характеризуются определенными различиями⁴.

Формирование аналитической модели

Использованная модель откликов имеет два уровня: респондентов из числа экспертов включали либо в опорную, либо в неопорную группу. Из четырех скрытых переменных модели — DT, PRD, PEG и PRS — первая является внешней, а остальные — внутренними, на которые оказывает влияние DT. Все внутренние переменные имеют соответствующие внутренние ошибки. Каждой скрытой переменной соответствуют свои измеренные переменные. У DT таковых девять, у PRD — три, у PEG — семь, а у PRS — пять (см. табл. 1). Все измеренные переменные имеют ошибки измерения, всего 24. Таким образом, двухуровневая модель включает четыре скрытые переменные, 24 измеренные переменные, три внутренние ошибки и 24 ошибки измерения⁵.

К-факторная модель

Существует несколько подходов к измерению скрытых переменных [Anderson, Rubin, 1956; Lawley, Maxwell, 1962; Bartholomew et al., 2011]: пакет программ обработки статистических данных LISREL8.8, разработанный Карлом Йорескогом (Karl Joreskog) [Joreskog, 1990] на основе подхода Теодора Андерсона (Theodore Anderson) и Хермана Рубина (Herman Rubin) [Anderson, Rubin, 1956], а также приложения R2WinBUGS и MCMCglmm для программы R. С учетом существующих методов расчета скрытых переменных для оценки их значений была построена модель факторного анализа (5)⁶, которая выглядит следующим образом:

$$Y = ZX + \xi, \text{ где } X \sim N(0, I), \xi \sim N(0, \Phi), \Phi = \text{diag}(\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_k). \quad (5)$$

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, Z = \begin{bmatrix} \rho_{11} & \dots & \rho_{1k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{n1} & \dots & \rho_{nk} \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_k \end{bmatrix}, \xi = \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \vdots \\ \xi_n \end{bmatrix}.$$

В уравнении множественного регрессионного анализа (5) измеренная переменная становится зависимой, а скрытая — независимой. Коэффициент регрессии называется здесь факторной нагрузкой. Последнюю применяли как значение скрытой переменной. В этом качестве использовали значимую величину факторной нагрузки на уровне 0.3 или выше. При расчетах исходили из того, что величины остатков не связаны между собой, а X и ξ не зависят друг от друга. Каждое значение X_i рассматривали как независимое.

Модель смешанных эффектов

Уравнение (6) призвано было помочь определить, различаются ли значения пересечения logDT в группах 1 и 2. Полученная оценка этого пересечения — 1.129 — оказалась значимой на уровне 95% (табл. 3), что соответствует и значению случайного эффекта, составившего 1.114 (I-95% CI, U-95% CI) = (0.0002, 3.168).

Эти данные подтверждают также ненулевое (0.1205) значение коэффициента внутригрупповой корреляции (КВК) в формуле (7). Поскольку $\vartheta^2 = 0$, КВК $\neq 0$. Это означает наличие разницы между группами 1 и 2, т. е. необходимость учитывать случайный эффект. Соответственно, для оценки фиксированного и случайного эффектов ЦТ применяется обобщенная линейная смешанная модель (generalised linear mixed model, GLMM)⁷.

$$DT_{ij} = \mu + TYPE_j + u_{ij},$$

$$TYPE_j \sim iid N(0, \vartheta^2), u_{ij} \sim iid N(0, \Phi^2), \quad (6)$$

где μ — среднее.

КВК рассчитывается по формуле:

$$ICC = \frac{\vartheta^2}{(\vartheta^2 + \Phi^2)} \quad (7)$$

Табл. 3. Эффект локации: logDT~1

Статистика Пересечение	Post-среднее	I-95% CI	u-95% CI	pMCMC
Пересечение	1.129	0.216	2.066	0.038*

Коды значимости: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘.’ 1
 Источник: составлено автором.

⁴ Опорная группа была впоследствии также разделена на две, и односторонний тест Краскела–Уоллиса был выполнен для трех групп насыщенной модели.

⁵ По поводу размера выборки высказываются самые разные мнения — см., в частности [Westland, 2010]. Практика показывает, что соотношения анализируемых ситуаций к числу параметров 10:1, как правило, достаточно. В настоящем исследовании используются три параметра и 46 анкет, т. е. оно удовлетворяет критерию 10:1.

⁶ После расчета структурного уравнения с помощью статистического приложения AMOS скрытые переменные были измерены как среднее значение оцененных коэффициентов, однако факторный анализ дал более качественные результаты.

⁷ Использование метода Монте-Карло с цепями Маркова (ЦММК) позволяет минимизировать отклонения дискретных значений благодаря дискретности самих наблюдений. Более того, этот метод особенно эффективен для учета недостающих значений.

Табл. 4. Эффект цифровой трансформации в отношении производительности

Эффект	Статистика	Оцениваемый параметр (переменная вероятности)	Оценочное значение ¹	Установленное значение (1-95%, U-95%)	P-значение
Фиксированный эффект		α_0	1.9334	-0.67307, 4.66381	0.0738
		α_1	0.0882	-0.24370, 0.41349	0.5886
Случайный эффект		W_{0j}	292.2	0.01188, 19.11	
		W_{1j}	0.0603	0.01605, 0.119	
Дисперсия остаточных значений		ϵ_{ij}	0.1043	0.04851, 0.1705	
DIC			39.49293		

¹ Оценки относятся к среднему значению и дисперсии точечных оценок эффективной выборки, полученных с использованием функции предельной плотности вероятности.
 Коды значимости: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘.’ 1
 DIC — информационный критерий отклонения [Hadfield, 2010]. DIC = 2D - D(η), где D = -2log(Prob(y | η)), η — набор используемых в модели параметров.
 Источник: составлено автором.

Использование байесовского подхода в линейной смешанной модели с многоуровневым откликом

В линейной смешанной структуре с многоуровневым откликом остатки, рассчитанные для разных групп на 2-м этапе, были независимы друг от друга. Предполагается также, что на 1-м и 2-м этапах распределение ошибок является нормальным.

Рассмотрим пример скрытой переменной ЦТ со средним значением (μ) и дисперсией (σ²), о которых нам ничего не известно. Байесовский подход предполагает, что апостериорная функция плотности вероятности пропорциональна функции правдоподобия, умноженной на предыдущую функцию плотности вероятности в соответствии с байесовским правилом, как представлено ниже:

$$P(\mu, \sigma^2 | DT) \propto P(DT | \mu, \sigma^2) P(\mu, \sigma^2). \tag{8}$$

В ходе исследования функция плотности априорной вероятности была рассчитана с помощью произвольного априорного распределения вероятностей⁸ и обратного априорного распределения Уишарта. В функции плотности априорной вероятности Уишарта ожидаемое среднее значение и дисперсия были скорректированы с учетом сходимости каждой переменной в случае фиксированных и случайных эффектов. Начальными значениями были дисперсия σ² = 1 и ожидаемое значение μ = 0.002 при моделировании ЦММК. Выборка Гиббса была выполнена от 1 млн до 2 млн раз; половина была отброшена, чтобы исключить автокорреляцию и зависимость от исходного значения. Эффективная выборка была установлена на уровне около 100 тыс.; значение параметра было рассчитано как среднее для эффективной выборки.

Расчетная обобщенная линейная смешанная модель и результаты

На каждом этапе были определены обобщенные линейные смешанные модели для анализа влияния ЦТ

на производительность, общий уровень цен и экономический рост. Применялся также байесовский подход через учет априорного распределения вероятности произвольной априорной функции вероятности и функции обратного априорного распределения Уишарта в каждом уравнении, чтобы сделать возможным использование ЦММК.

Эффект ЦТ в отношении производительности

Анализ влияния ЦТ на производительность отражен в следующих уравнениях:

$$PRD_{ij} = \alpha_{0j} + \alpha_{1j}DT_{ij} + \epsilon_{ij}, \quad \epsilon_{ij} \sim iid N, \tag{9}$$

$$\alpha_{0j} = \alpha_0 + W_{0j}, \quad W_{0j} \sim iid N(0, \theta_0^2), \tag{10}$$

$$\alpha_{1j} = \alpha_1 + W_{1j}, \quad W_{1j} \sim iid N(0, \theta_1^2), \tag{11}$$

$$PRD_{ij} = \alpha_0 + \alpha_1 DT_{ij} + W_{0j} + W_{1j} DT_{ij} + \epsilon_{ij}, \quad \epsilon_{ij} \sim iid N(0, \sigma^2) \tag{12}$$

Подставив уравнения (10) и (11) в уравнение (9), получаем уравнение (12). В уравнении (12) j означает группы 1 и 2 соответственно, i — индивидуальных экспертов — членов каждой группы.

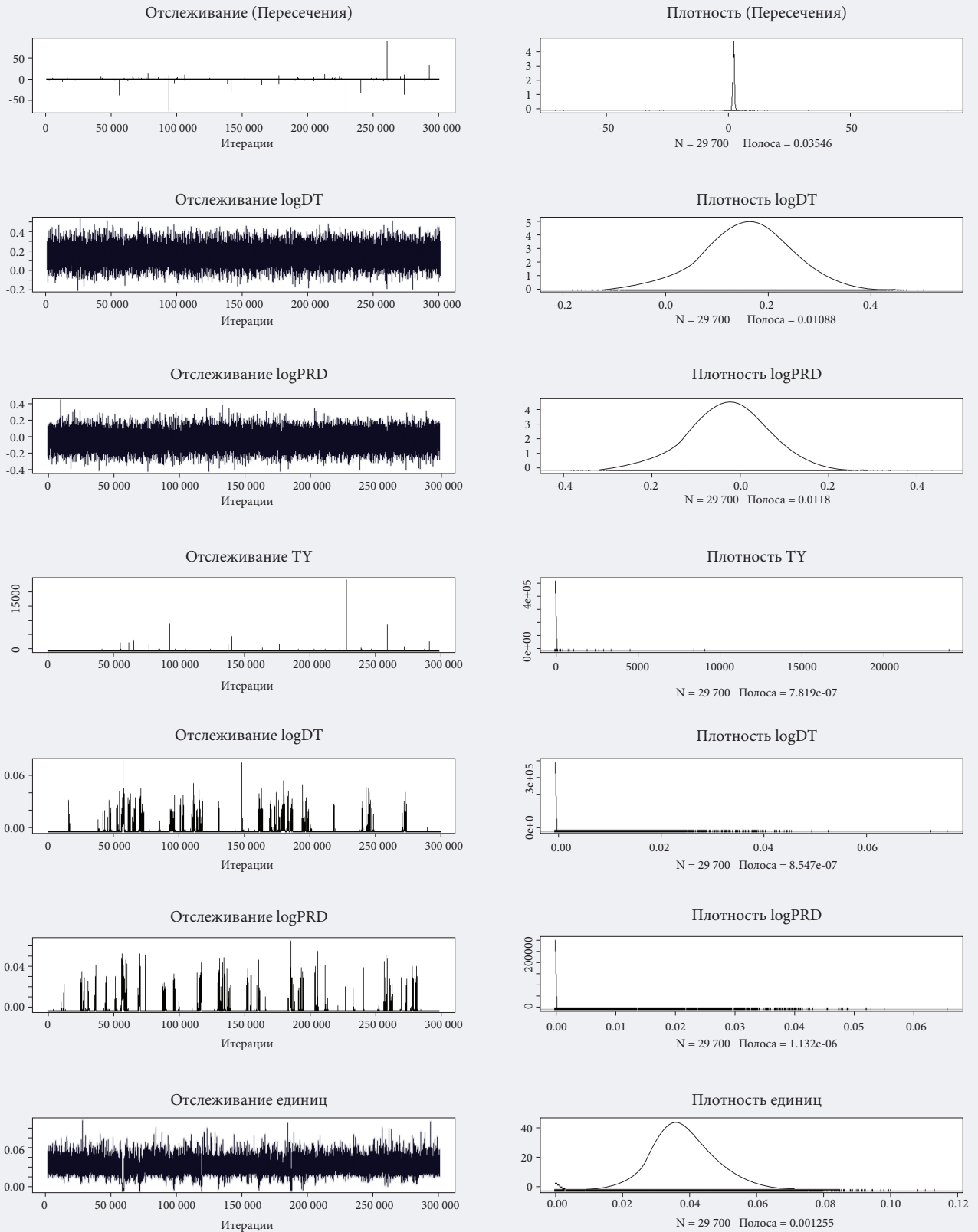
Первый компонент уравнения (12) — α₀ + α₁DT_{ij} — описывает фиксированный эффект; второй — W_{0j} + W_{1j}DT_{ij} — случайный. Эта часть показывает степень волатильности пересечения и уровень колебания значений α₀, α₁ в зависимости от принадлежности экспертов к группе 1 или 2. Остаточное значение ε_{ij} означает совокупную дисперсию, которую невозможно объяснить DT. ε_{ij} также показывает совокупную дисперсию в каждой группе, W_{0j} — дисперсию пересечения вследствие различий между группами, а W_{1j} — дисперсию наклона кривых вследствие различий между группами.

В уравнении (12) используются три переменных вероятности: ε_{ij}, W_{0j} и W_{1j}. Соответственно в описанной ранее модели необходимо оценить два параметра и три переменные вероятности: α₀, α₁, W_{0j}, W_{1j}, ε_{ij}.

Полученные оценки приведены в табл. 4. Для расчета значений уравнения (12) выборка Гиббса была вы-

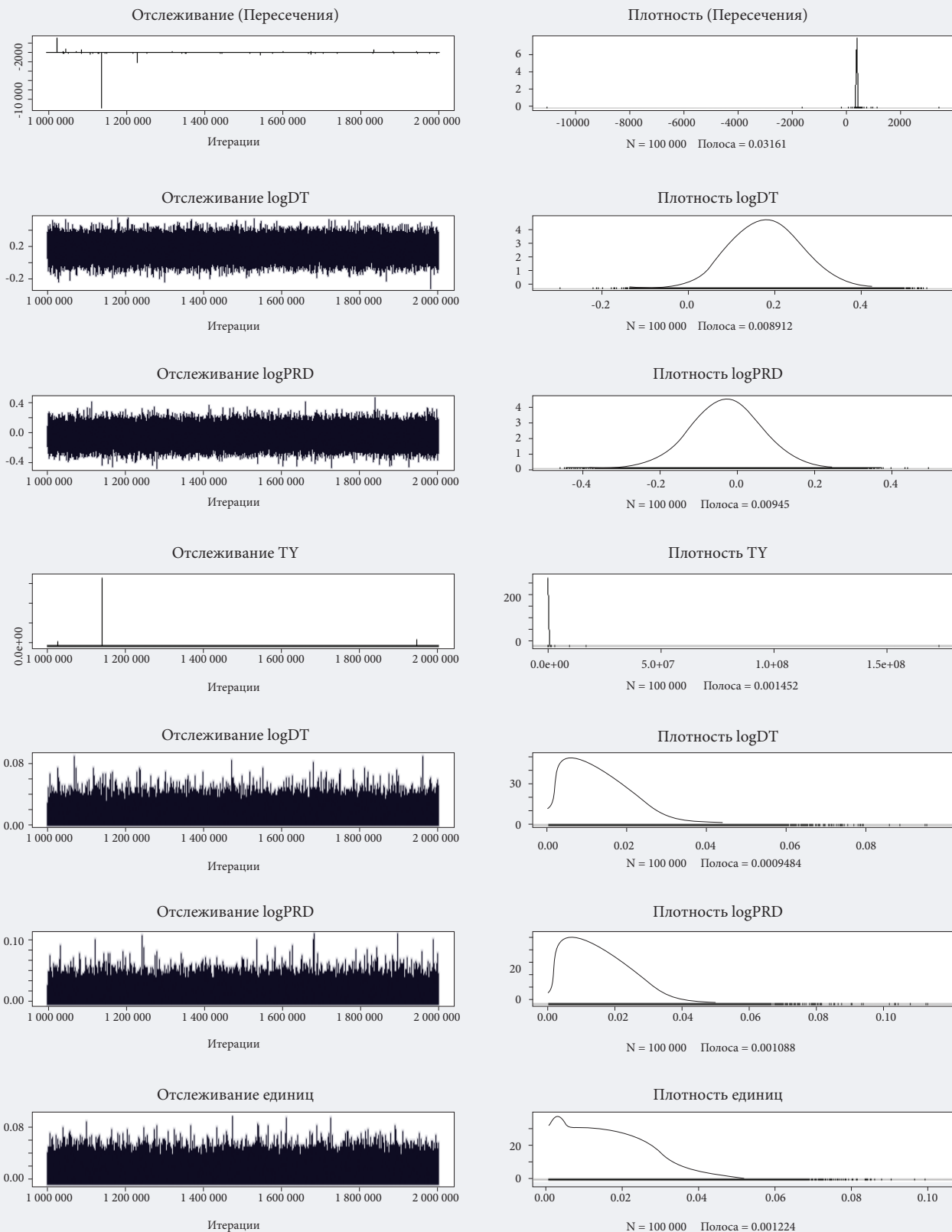
⁸ В общем случае произвольная функция предварительного распределения вероятностей означает плоскую функцию распределения, но для целей нашей статьи ожидаемое среднее значение и дисперсия равны нулю.

Рис. 3. Предельная апостериорная функция распределения вероятностей с использованием произвольной функции распределения вероятностей в уравнении (17)



Источник: составлено автором.

Рис. 4. Предельная апостериорная функция распределения вероятностей с использованием функции обратного априорного распределения вероятности Уишарта в уравнении (17)



Источник: составлено автором.

Табл. 5. Эффект ЦТ в отношении общего уровня цен

Единица		Произвольное априорное распределение			Обратное априорное распределение Уишарта		
Статистика	Оцениваемый параметр (переменная вероятности)	Среднее	Установленное значение (1-95%, U-95%)	P-значение	Среднее	Установленное значение (1-95%, U-95%)	P-значение
Фиксированный эффект	β_0	2.3659	1.841143, 2.903513	0.00162 **	2.3312	1.732990, 3.108864	0.0085 **
	β_1	0.1652	0.001229, 0.321681	0.0421 *	0.1609	-0.005971, 0.326778	0.0571
	β_2	-0.0232	-0.196255, 0.150911	0.7878	-0.0438	-0.216958, 0.136778	0.6184
Случайный эффект	U_{0j}	2.3750	1.784e-17, 0.009582		2018	1.149e-05, 0.5329	
	U_{1j}	0.0011	7.634e-17, 0.007833		0.0133	0.000652, 0.03041	
	U_{2j}	0.0012	8.439e-17, 0.007718		0.0159	0.0009982, 0.03512	
Дисперсия остатков	ε_{ij}	0.0385	0.0184, 0.06123		0.0166	0.0002196, 0.03767	
DIC			-18.47206			-57.35371	

Коды значимости: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '.' 1
 DIC: информационный критерий отклонения
 Источник: составлено автором.

полнена 2 млн раз с использованием обратной функции плотности вероятности Уишарта. Приведенные в табл. 4 результаты рассчитаны на основе функции предельной плотности вероятности, которая позволила получить 100 тыс. эффективных выборок из отброшенного 1 млн.

Фиксированный эффект ЦТ в отношении производительности находится на незначимом уровне 0.0821. Случайный эффект был значимо оценен на уровне 0.0603, совокупный фиксированный — 2.0216. Таким образом, общий эффект ЦТ в отношении производительности оказался положительным и цикличным, но со слабой статистической значимостью. Кроме того, на начальном уровне ЦТ совокупный случайный эффект равен 292.2603. Это — эффект DT в отношении PRD с учетом различий между группами.

Наконец, дисперсия внутри групп оценена на уровне 0.1043, дисперсия пересечений — 292.2, дисперсия наклона кривых — 0.0603. Дисперсию оценок групп 1 и 2 следует считать значимой, поскольку показатель дисперсии между группами оказался выше, чем внутри них.

Эффект ЦТ в отношении общего уровня цен

Для анализа вклада ЦТ в общий уровень цен была создана система, включающая уравнения (13), (14), (15), (16) и (17). По итогам расчетов выявлен случайный эффект для всех пересечений и наклонов кривых DT и PRD в обеих группах.

$$PRS_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}DT_{ij} + \beta_{2j}PRD_{ij} + \varepsilon_{ij}, \quad \varepsilon_{ij} \sim iid N(0, \rho^2), \quad (13)$$

$$\beta_{0j} = \beta_0 + U_{0j}, \quad U_{0j} \sim iid N(0, \tau_0^2), \quad (14)$$

$$\beta_{1j} = \beta_1 + U_{1j}, \quad U_{1j} \sim iid N(0, \tau_1^2), \quad (15)$$

$$\beta_{2j} = \beta_2 + U_{2j}, \quad U_{2j} \sim iid N(0, \tau_2^2), \quad (16)$$

$$PRS_{ij} = \beta_0 + \beta_1DT_{ij} + \beta_2PRD_{ij} + U_{0j} + U_{1j}DT_{ij} + U_{2j}PRD_{ij} + \varepsilon_{ij}, \quad \varepsilon_{ij} \sim iid N(0, \rho^2). \quad (17)$$

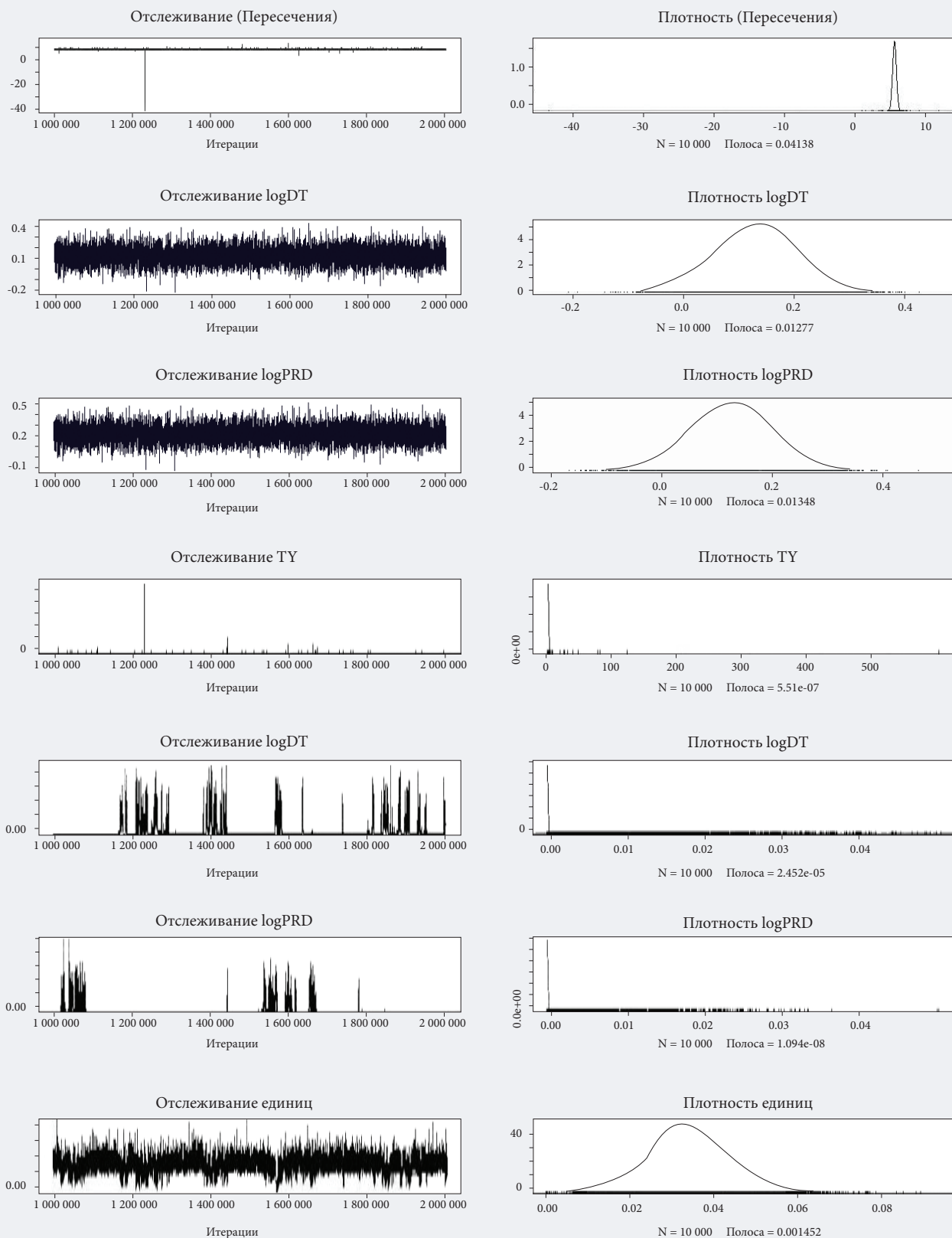
Подставив уравнения (14), (15) и (16) в уравнение (13), получаем уравнение (17).

Первая часть уравнения (17) — $\beta_{0j} + \beta_{1j}DT_{ij} + \beta_{2j}PRD_{ij}$ — описывает фиксированный эффект, вторая — $U_{0j} + U_{1j}DT_{ij} + U_{2j}PRD_{ij}$ — случайный. Остаточное значение ε_{ij} соответствует совокупной дисперсии, которую невозможно объяснить DT и PRD. В уравнении (17) использованы четыре переменные вероятности: ε_{ij} , U_{0j} , U_{1j} и U_{2j} . Тем самым оценке в описанной выше модели подлежат три параметра и четыре переменных вероятности (табл. 5).

Расчет уравнения (17) выполнялся на базе произвольной априорной функции плотности вероятности и функции обратного априорного распределения плотности вероятности Уишарта. Сравнение двух моделей показало, что значение DIC для первой (–18.47206) выше, чем для второй (–57.35371), т. е. модель обратного априорного распределения Уишарта превосходит произвольную априорную модель. Более того, использовать произвольное априорное распределение невозможно, поскольку все переменные являются нестабильными и не сходятся в случайном эффекте (рис. 3). Вместе с тем, все переменные случайного эффекта, рассчитанные с помощью обратного априорного распределения Уишарта, сходятся на рис. 4.⁹ Таким образом, эффект ЦТ в отношении общего уровня цен продуктивно анализировать с учетом оценок, полученных с помощью обратного априорного распределения Уишарта.

⁹ Все переменные независимо от типа функции априорной информации сошлись в фиксированном эффекте.

Рис. 5. Предельная апостериорная функция распределения вероятностей с использованием произвольной функции распределения вероятностей в уравнении (22)



Источник: составлено автором.

Фиксированный эффект ЦТ в отношении общего уровня цен находится на грани статистической значимости ($\beta_1 = 0.1609$). ЦТ отразилась скорее на росте цен, нежели на их снижении, т. е. привела не к росту производительности и падению цен, а к увеличению затрат. Аналогичный результат был получен и в отношении случайных эффектов (статистически значимая величина $U_{ij} = 0.0133$). ЦТ обусловила существенный рост цен в терминах как фиксированного, так и случайного эффектов. Однако влияние обоих типов эффектов производительности на уровень цен носит различный характер. Фиксированные эффекты вызывают незначимое снижение, тогда как случайные ведут к росту (при доверительном уровне 95%). Следовательно, совокупный эффект производительности в отношении уровня цен остается неоднозначным. Наконец, оценочная дисперсия результатов внутри групп оказывается значимой на уровне 0.0166 (при доверительном уровне 95%) — меньше, чем между группами 1 и 2. В итоге, хотя изменение общего уровня цен было выявлено внутри групп, следует учитывать также дисперсию результатов между группами 1 и 2.

Эффект ЦТ в отношении экономического роста

Для отражения разницы между оценками влияния ЦТ на экономический рост, полученными в группах 1 и 2, была сформирована следующая система уравнений, отражающая случайный эффект на точку пересечения и наклон кривых DT и PRD.

$$PEG_{ij} = \gamma_{0j} + \gamma_{1j}DT_{ij} + \gamma_{2j}PRD_{ij} + v_{ij}, v_{ij} \sim iid N(0, \phi^2), \quad (18)$$

$$\gamma_{0j} = \gamma_0 + V_{0j}, V_{0j} \sim iid N(0, \phi_0^2), \quad (19)$$

$$\gamma_{1j} = \gamma_1 + V_{1j}, V_{1j} \sim iid N(0, \phi_1^2), \quad (20)$$

$$\gamma_{2j} = \gamma_2 + V_{2j}, V_{2j} \sim iid N(0, \phi_2^2), \quad (21)$$

Подставим уравнения (19), (20) и (21) в уравнение (18) и получим уравнение (22):

$$PEG_{ij} = \gamma_0 + \gamma_1 DT_{ij} + \gamma_2 PRD_{ij} + V_{0j} + V_{1j} DT_{ij} + V_{2j} PRD_{ij} + v_{ij}, v_{ij} \sim iid N(0, \phi^2). \quad (22)$$

Первая часть уравнения (22) — $\gamma_0 + \gamma_1 DT_{ij} + \gamma_2 PRD_{ij}$ — описывает фиксированный эффект; вторая — $V_{0j} + V_{1j} DT_{ij} + V_{2j} PRD_{ij}$ — случайный. Остаточное значение означает совокупную дисперсию, которую невозможно объяснить DT и PRD. В уравнении (22) использованы четыре переменные вероятности: v_{ij}, V_{0j}, V_{1j} и V_{2j} . Соответственно три параметра и четыре переменных вероятности подлежали оценке, результаты которой приведены в табл. 6.

Расчет уравнения (22) был выполнен с применением произвольной априорной функции плотности вероятности и функции обратного априорного распределения плотности вероятности Уишарта. Сравнение двух моделей показало, что значение DIC для первой (−23.1925) ниже, чем для второй (−94.69512) (табл. 7), т. е. модель обратного априорного распределения Уишарта превосходит произвольную априорную модель. Как оказалось, использовать произвольное априорное распределение невозможно, поскольку все переменные являются нестабильными и не сходятся в случайном эффекте (рис. 5)¹⁰. Вместе с тем все переменные случайного эффекта, рассчитанные с помощью обратного априорного распределения Уишарта, сходятся на рис. 6, поэтому эффект ЦТ в отношении экономического роста продуктивно анализировать с учетом оценок, полученных с помощью обратного априорного распределения Уишарта.

Фиксированный эффект ЦТ в отношении экономического роста находится на грани статистической значимости ($\gamma_1 = 0.1379$), случайный — в области положительных значений ($V_{ij} = 0.0176$) с доверительным

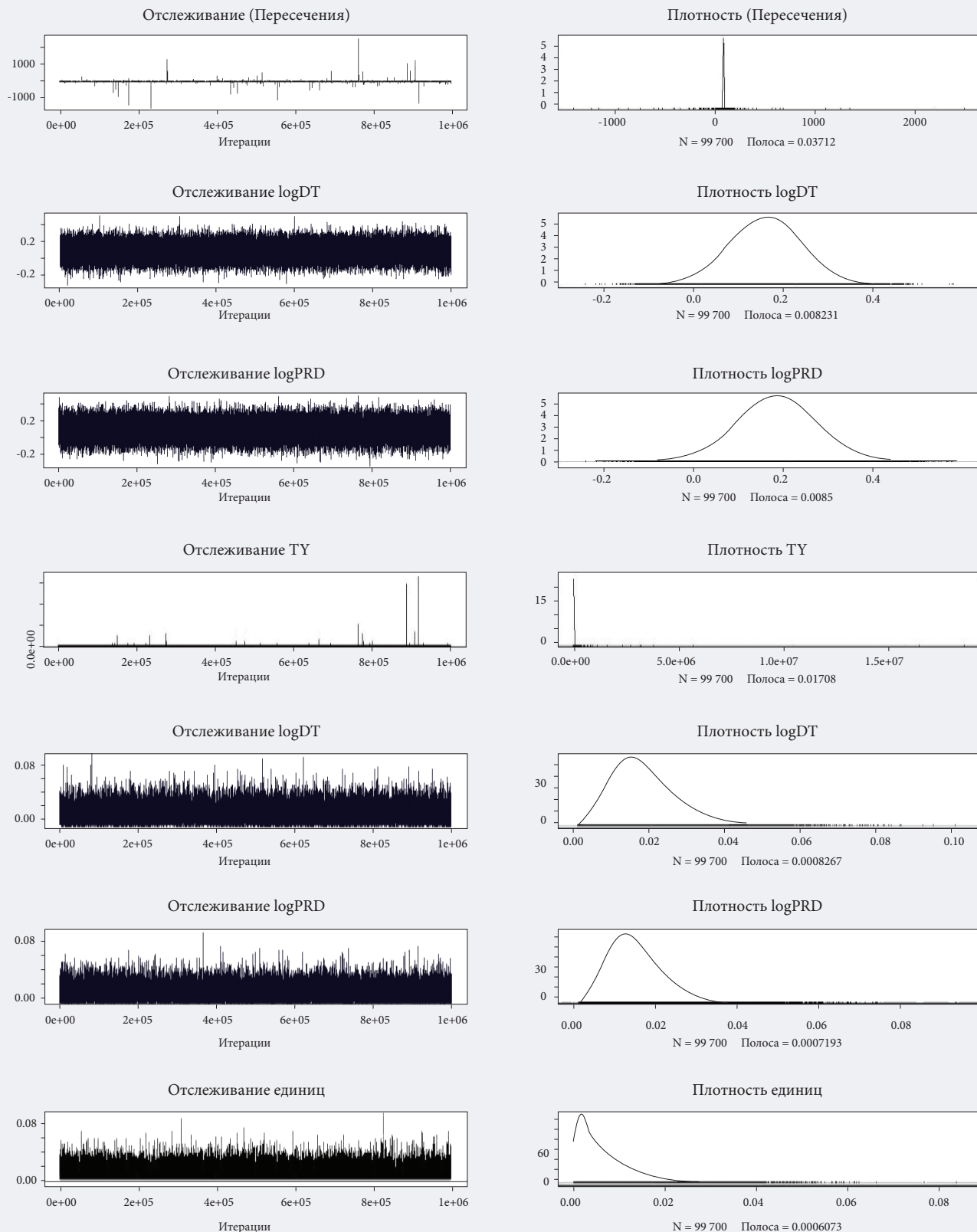
Табл. 6. Эффект ЦТ в отношении экономического роста

Единица		Произвольное априорное распределение			Обратное априорное распределение Уишарта		
Статистика	Оцениваемый параметр	Оценочное значение	Установленное значение (I-95%, U-95%)	Р-значение	Оценочное значение	Установленное значение (I-95%, U-95%)	Р-значение
Фиксированный эффект	γ_0	2.7668	2.298004, 3.255209	0.001***	2.6861	1.352031, 4.119781	0.0249*
	γ_1	0.1388	−0.012589, 0.290072	0.0742(.)	0.1379	0.014989, 0.291980	0.0766(.)
	γ_2	0.1428	−0.007986, 0.309799	0.0780(.)	0.1654	0.004368, 0.324948	0.0434*
Случайный эффект	V_{0j}	0.1201	2.295e-17, 0.006076		699.4	0.0009326, 5.569	
	V_{1j}	0.0022	1.206e-16, 0.01666		0.0176	0.003383, 0.03356	
	V_{2j}	0.0009	9.235e-17, 0.006303		0.0150	0.002911, 0.02884	
Дисперсия остатков	v_{ij}	0.0322	0.01144, 0.05125		0.0071	0.000173, 0.02024	
DIC			−23.1925			−94.69512	

Коды значимости: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘.’ 1
 DIC: информационный критерий отклонения
 Источник: составлено автором.

¹⁰ Все переменные независимо от формы функции априорной информации сошлись в фиксированном эффекте.

Рис. 6. Предельная апостериорная функция распределения вероятностей с использованием функции обратного априорного распределения вероятности Уишарта в уравнении (22)



Источник: составлено автором.

Табл. 7. Эффект случайного взаимодействия ЦТ и общего уровня цен

Эффект	Статистика	Оцениваемый параметр	Post-среднее	Установленное значение (I-95%, U-95%)	p-значение
Фиксированный эффект		β_0	2.3022	1.63339, 2.97441	<1e-05***
		β_1	0.2094	0.01253, 0.41527	0.0431*
		β_2	-0.0552	-0.25718, 0.14320	0.5760
Случайный эффект		TY:TY.logDT	0.0070	0.003159, 0.01154	
		TY:TY.logPRD	0.0064	0.002962, 0.01076	
Дисперсия остатков		Variance	0.0041	0.0001579, 0.0123	
Степень соответствия модели		DIC	-113.17		

Коды значимости: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '.' 1
 DIC: информационный критерий отклонения
 Источник: составлено автором.

уровнем 95%. Тем самым подтверждено влияние ЦТ на экономический рост в терминах как фиксированного, так и случайного эффектов. Это значит, что ЦТ может сыграть важную роль в ускорении экономического роста в России. Производительность характеризуется минимально значимыми фиксированным и случайным эффектами в отношении экономического роста — $\gamma_2 = 0.1654$ и $V_{ij} = 0.0150$ соответственно при том же 95%-м доверительном уровне. На этом основании можно констатировать, что ЦТ позитивно влияет на экономический рост по двум направлениям: непосредственно — благодаря технологическому развитию — и опосредованно — через рост производительности.

Дисперсия внутри групп оценена на уровне 0.0071, а между группами (при пересечении) составляет 699.4 с 95%-м доверительным уровнем. Таким образом, различия между группами также оказывают значимый эффект.

Анализ эффекта случайного взаимодействия с ЦТ

Эффект случайного взаимодействия ЦТ, общего уровня цен и экономического роста был проанализирован с использованием функции дисперсии отдельно для групп 1 и 2.

$$V_{DT} = \begin{bmatrix} V_{1,1} & V_{1,2} \\ V_{2,1} & V_{2,2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{type1}^2 & \sigma_{type1, type2} \\ \sigma_{type2, type1} & \sigma_{type2}^2 \end{bmatrix} \quad (23)$$

$$V_{PRD} = \begin{bmatrix} V_{1,1} & V_{1,2} \\ V_{2,1} & V_{2,2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{type1}^2 & \sigma_{type1, type2} \\ \sigma_{type2, type1} & \sigma_{type2}^2 \end{bmatrix} \quad (24)$$

В качестве исходного было принято допущение о том, что оценки DT и PRD, принадлежащие членам разных групп, являются независимыми: поскольку функции дисперсии (23-1), (24-1), $V_{1,2} = V_{2,1}$ равны нулю, нет никаких признаков связи между значениями type1 и type2. На основе данного предположения была сделана попытка оценить дисперсию, обусловленную взаимодействием DT и PRD внутри групп 1 и 2 соответственно [Hadfield, 2019].

$$V_{DT} = \begin{bmatrix} V_{1,1} & V_{1,2} \\ V_{2,1} & V_{2,2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{type1}^2 & 0 \\ 0 & \sigma_{type2}^2 \end{bmatrix} \quad (23-1)$$

$$V_{PRD} = \begin{bmatrix} V_{1,1} & V_{1,2} \\ V_{2,1} & V_{2,2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{type1}^2 & 0 \\ 0 & \sigma_{type2}^2 \end{bmatrix} \quad (24-1)$$

Если в оценку случайного эффекта ввести функцию дисперсии, распределение априорной вероятности следует определять иначе, чем мы делали ранее, поскольку функция дисперсии рассчитывается по матрице, а не по скалярному значению. Если матрица в уравнениях (23-1) и (24-1) отражена в обратном распределении априорных вероятностей Уишарта, то функция распределения плотности апостериорных вероятностей будет изменяться при изменении функции правдоподобия.

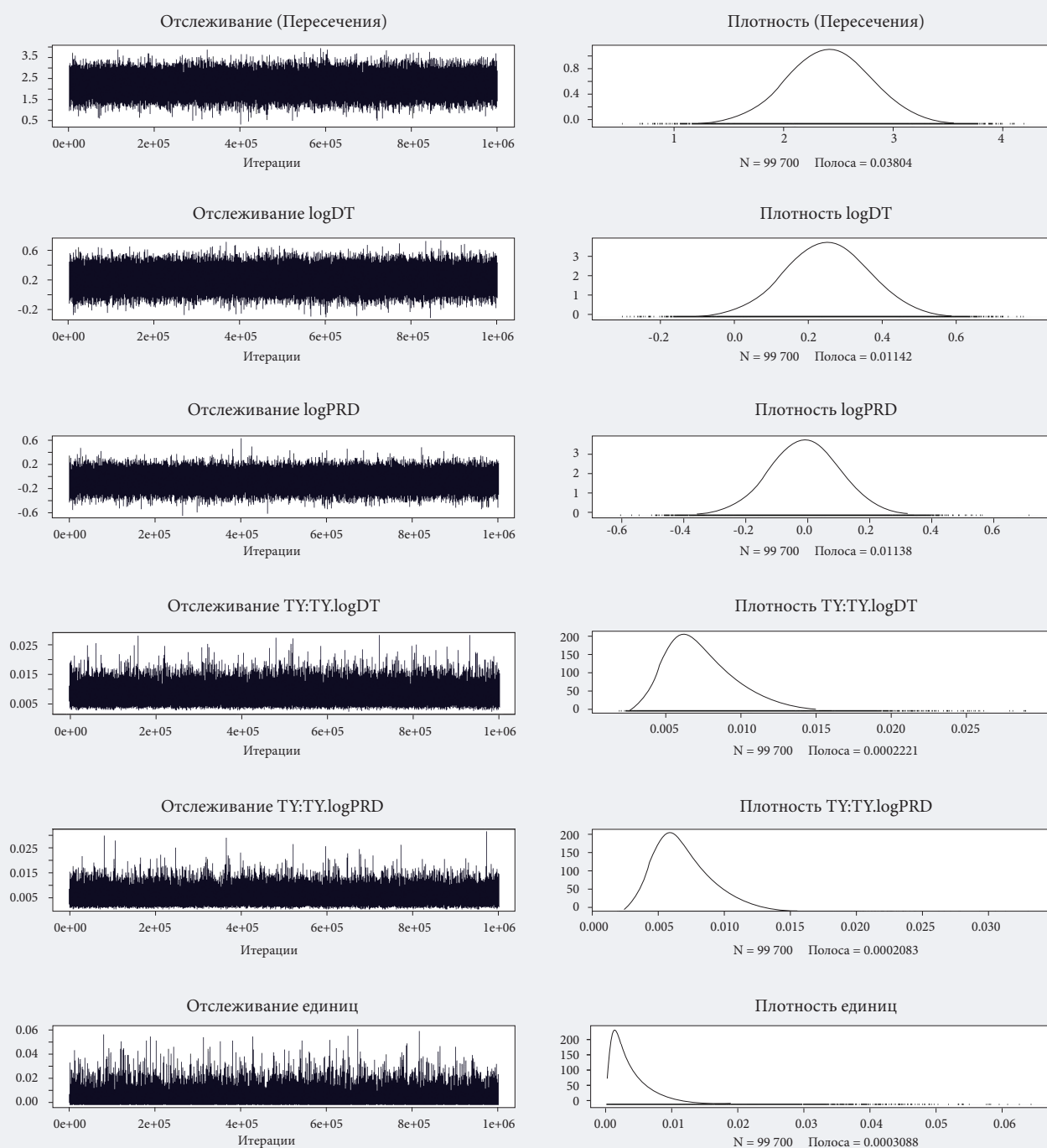
Эффект случайного взаимодействия ЦТ и общего уровня цен

Эффект взаимодействия ЦТ определяется совокупным действием множества факторов, поэтому мы рассмотрели эффект logDT и logPRD в отношении общего уровня цен для групп 1 и 2. Функция дисперсии (23) описывает действие соответствующего logDT для групп 1 и 2 в случайном эффекте, функция (24) — действие соответствующего logPRD для тех же групп. Результаты оценки приведены в табл. 7.

Показатель DIC = -113.17 настолько низок, что наглядно подтверждает высокую степень соответствия модели. На рис. 7 видно, что временные характеристики (трассировки) каждой переменной, соответствующие ЦММК, распределяются в область как положительных, так и отрицательных значений. Предельная апостериорная функция распределения плотности вероятностей, основанная на эффективных выборках, имеет симметричную форму.

С точки зрения фиксированного эффекта (0.2094) ЦТ ведет к существенному повышению цен, тогда как рост производительности (-0.0552) отражается на их снижении (впрочем, эта связь не является значимой). Подобные результаты совпадают с предыдущим анализом (без учета эффекта случайного взаимодействия), подтверждая, что ЦТ может вызвать рост уровня цен в России безотносительно эффекта случайного взаимодействия. Установлено также, что колебания logDT в группах 1 и 2 (0.0070) значительно увеличивают уровень цен. Этому же в существенной степени способ-

Рис. 7. Предельное апостериорное распределение эффекта случайного взаимодействия и logPRS



Источник: составлено автором.

ствуют колебания производительности (0.0064). При очень близких значениях колебания цен вследствие эффекта logDT несколько более выражены в сравнении с logPRD. Таким образом, ЦТ в России, хотя и находится на начальном этапе, ведет к росту затрат и цен, а не к повышению эффективности инвестиций (при 95%-м доверительном уровне всех оценок, кроме производительности).

ЦММК для пересечения logDT и logPRD отражены на рис. 7. Слева на рисунке представлены 1 млн времен-

ных характеристик (трассировок) данных параметров. Первые 500 тыс. были отброшены, чтобы исключить эффект начального значения обратного распределения вероятностей Уишарта. В правой части показаны результаты расчета предельной апостериорной функции вероятности оцениваемых параметров на основе эффективных выборок. Все переменные оценивались в стационарном состоянии (изображение справа). Пересечение колеблется в районе 2,3, а небольшой разброс свидетельствует о стабильности оценочной моде-

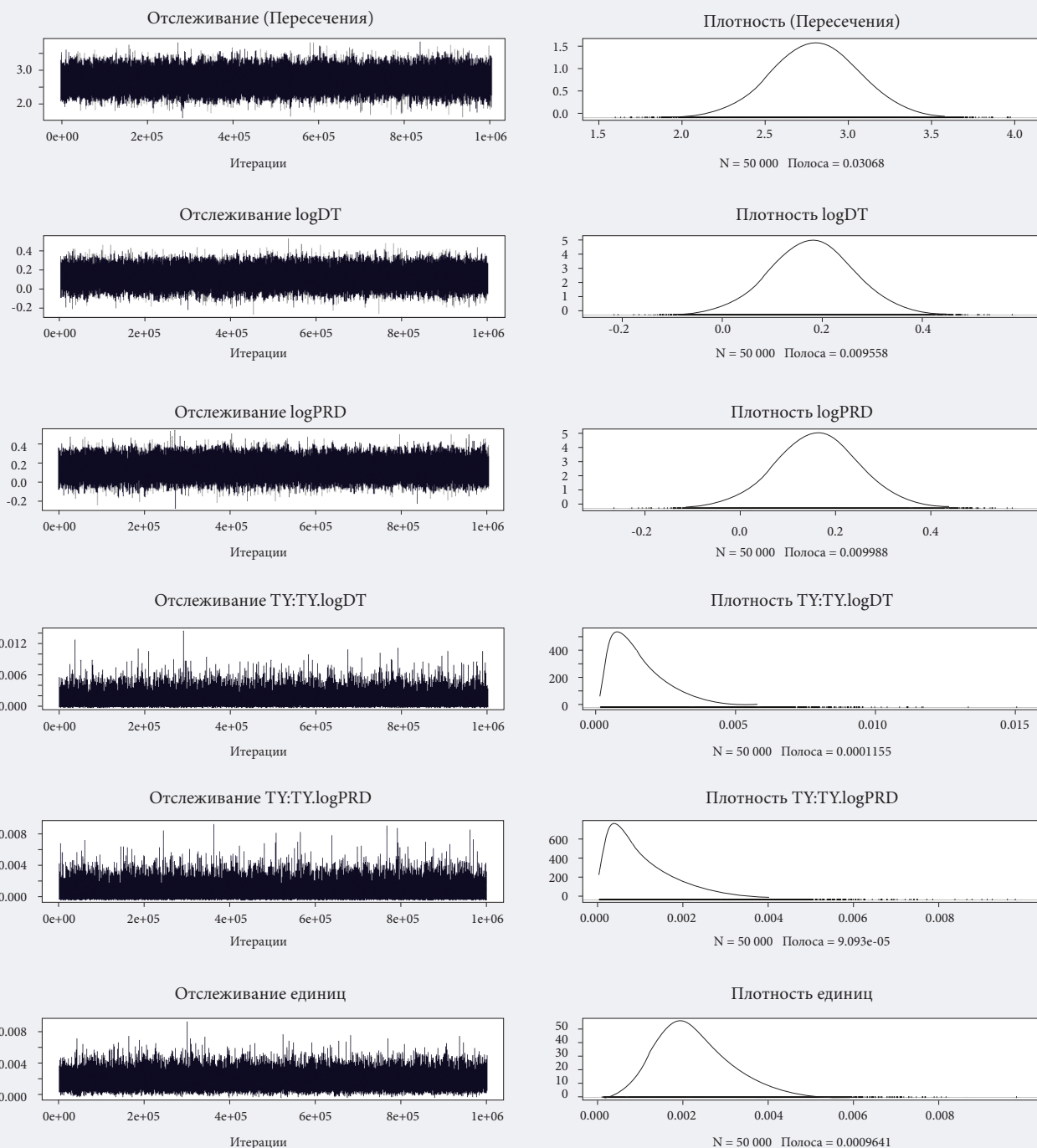
ли. Функция предельной апостериорной вероятности $\log DT$ и $\log PRD$ также симметрична слева и справа, т. е. показывает почти нормальное распределение. Значения $\log DT$ и $\log PRD$ колеблются вокруг 0.2 и -0.05 . Кривые симметричны слева и справа, что также свидетельствует о нормальном распределении. На графике также видна сходимость случайных эффектов $\log DT$ и $\log PRD$. Значения $\log DT$ сосредоточены вокруг 0.0070, а $\log PRD$ показывает нормальное распределение симметрии слева направо на уровне 0.0064. Дисперсия демонстрирует определенную нестабильность.

Эффект случайного взаимодействия ЦТ и экономического роста

Дисперсионная структура (23), (24) была заменена случайным эффектом уравнения (22) для оценки эффекта случайного взаимодействия ЦТ с экономическим ростом.

Крайне низкое значение DIC (-31.07074) в табл. 8 свидетельствует о высокой степени соответствия модели. На рис. 8 показано, что все переменные с фиксированным эффектом хорошо сходятся. В то же время предельная апостериорная функция вероятности эффекта

Рис. 8. Предельное апостериорное распределение эффекта случайного взаимодействия с $\log PEG$



Источник: составлено автором.

Табл. 8. Эффект случайного взаимодействия ЦТ и экономического роста

Эффект	Статистика	Оцениваемый параметр	Post-среднее	Установленное значение (I-95%, U-95%)	p-значение
Фиксированный эффект		γ_0	2.7641	2.264627, 3.267249	2e-05***
		γ_1	0.1528	0.004667, 0.307963	0.0561
		γ_2	0.1355	0.024912, 0.300192	0.0999
Случайный эффект		TY:TY.logDT	0.0015	0.000115, 0.003585	
		TY:TY.logPRD	0.0010	5.066e-05, 0.002675	
Дисперсия остатков		Variance	0.0207	0.006324, 0.0373	
Степень соответствия модели		DIC		-31.07074	

Коды значимости: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '.' 1
 DIC: информационный критерий отклонения.
 Источник: составлено автором.

случайного взаимодействия logDT и logPRD склоняется влево под влиянием первоначального ожидаемого значения. По мере повторения распределение должно приблизиться к нормальному уровню.

Фиксированный эффект logDT и logPRD в отношении экономического роста составляет 0.1528 и 0.1355 соответственно (положительный эффект на грани значимости). Изменчивость случайного эффекта logDT достигает 0.0015, что превосходит аналогичный показатель logPRD (0.0010) при 95%-м доверительном уровне обоих. Дисперсия остатков оценена на уровне 0.0207; функция демонстрирует устойчивую сходимую, а распределение предельной апостериорной вероятности является почти нормальным.

Заключение

Примененные в исследовании байесовский подход к анализу пересечения скрытых переменных (данные за 2018 г.) и теория рациональных ожиданий позволили прийти к следующим выводам.

Во-первых, фиксированный эффект ЦТ в отношении производительности незначителен, тогда как случайный носит значительный положительный характер. Вместе с тем нельзя однозначно утверждать, что ЦТ в существенной степени влияет на производительность в форме случайного эффекта, но не фиксированного.

Во-вторых, в терминах как фиксированного, так и случайного эффекта ЦТ способствовала повышению цен независимо от используемой функции распределения априорной вероятности. ЦТ ведет к повышению цен, поскольку ее эффект в отношении производительности остается неясным.

В-третьих, колебания в оценке эффекта случайного взаимодействия (с учетом функции дисперсии) между группами оказались статистически значимыми, но в целом ЦТ способствовала повышению общего уровня цен. Отмеченные три вывода позволяют заключить, что Россия может использовать ЦТ при проведении инновационной политики для стабилизации уровня цен путем повышения производительности в будущем.

В-четвертых, в той мере, в которой оценки, сделанные членами опорной и неопорной групп, обусловили дисперсию эффекта в отношении общего уровня цен и экономического роста, эти различия следует учитывать.

В-пятых, выявлено статистически значимое и стабильно существенное положительное влияние ЦТ и производительности на экономический рост в терминах фиксированного и случайного эффектов. Эти результаты были получены независимо от типа априорного распределения, однако при использовании обратного априорного распределения Уишарта данная связь оказалась более стабильной (благодаря сходимости переменных), чем при произвольном априорном распределении.

В-шестых, случайный эффект ЦТ и производительности в отношении экономического роста оказался существенным, по оценке обеих групп. Эффект случайного взаимодействия ЦТ и экономического роста был более выраженным, чем в отношении производительности. Из этого можно сделать вывод, что развитие цифровых технологий напрямую влияет на экономический рост. Кроме того, по мнению респондентов, ЦТ положительно влияет на экономический рост и косвенно — за счет повышения производительности. Это явное свидетельство того, что в России она воспринимается как технологический шок, вызывающий экономический рост.

Тем самым ЦТ в 2018 г. в России можно уподобить технологическому прогрессу: она способствовала экономическому росту, а не экономической стабильности.

Ограничения изложенных в статье результатов обусловлены тем, что в ходе анализа с использованием многоуровневой линейной модели и байесовского подхода переменные ЦТ, производительности, общего уровня цен и экономического роста оценивались на основе измеренных переменных, а не фактических данных. В будущем следует эмпирически проверить полученные выводы, несмотря на труднодоступность реальных данных, релевантных теме нашего исследования.

Библиография

- Akerlof G.A. (1984) Gift Exchange and Efficiency-Wage Theory: Four Views // *The American Economic Review*. Vol. 74. № 2. P. 79–83.
- Anderson T.W., Rubin H. (1956) *Statistical Inference in Factor Analysis* // *Proceedings of the Third Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*. Vol. 5. Berkeley, CA: University of California Press. P. 111–150.
- Ball L., Romer D. (1990) Real Rigidities and the Non-Neutrality of Money // *The Review of Economic Studies*. Vol. 57. № 2. P. 183–203.
- Bartholomew D., Knott M., Moustaki I. (2011) *Latent Variable Models and Factor Analysis: A Unified Approach* (3rd ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. P. 157–189.
- Caballé J., Santos M.S. (1993) On Endogenous Growth with Physical and Human Capital // *Journal of Political Economy*. Vol. 101. № 6. P. 1042–1067.
- Davis J.M.V., Guryan J., Hallberg K., Ludwig J. (2017) *The Economics of Scale-Up*. NBER Working Paper no 23925. Cambridge, MA: NBER.
- Draco M., Sadun R., van Reenen J. (2015) *Productivity and ICT: A Review of the Evidence*. CEP Discussion Paper 749. London: Center for Economic Performance.
- Friedman M. (2017) *Quantity Theory of Money*. *The New Palgrave Dictionary of Economics*. P. 1–31. Режим доступа: https://miltonfriedman.hoover.org/friedman_images/Collections/2016c21/Palgrave_1987_c.pdf, дата обращения 24.11.2019.
- Goldfarb A., Greestein S.M., Tucker C.E. (eds.) (2015) *Economic Analysis of Digital Economy*. Chicago: University of Chicago Press.
- Hadfield J. (2010) MCMC Methods for Multi-Response Generalized Linear Mixed Models: The MCMCglmm R Package // *Journal of Statistical Software*. Vol. 33. № 2. P. 1–22. Режим доступа: <https://doi.org/10.18637/jss.v033.i02>, дата обращения 15.10.2019.
- Hadfield J. (2019) MCMCglmm Course Notes. Режим доступа: <https://cran.r-project.org/web/packages/MCMCglmm/vignettes/Course-Notes.pdf>, дата обращения 15.10.2019.
- Howitt P. (1999) Steady Endogenous Growth with Population and R&D Inputs Growing // *Journal of Political Economy*. Vol. 107. № 4. P. 715–730.
- Jones C.I. (1995) Time Series Tests of Endogenous Growth Models // *The Quarterly Journal of Economics*. Vol. 110. № 2. P. 495–525.
- Joreskog K.G. (1990) New developments in LISREL analysis of ordinal variables using poly-choric correlations and weighted least squares // *Quality and Quantity*. Vol. 24. P. 387–404.
- Lawley D.N., Maxwell A.E. (1962) Factor Analysis as a Statistical Method // *Journal of the Royal Statistical Society. Series D (The Statistician)*. Vol. 12. № 3. P. 209–229.
- Lucas R.E. (1972) Expectations and the neutrality of money // *Journal of Economic Theory*. Vol. 4. № 2. P. 103–124.
- Moulin H. (1986) Characterizations of the Pivotal Mechanism // *Journal of Public Economics*. Vol. 31. № 1. P. 53–78.
- Solow R.M. (1987) “We’d Better Watch out”. Review of S.S. Cohen and J. Zysman, *Manufacturing Matters: The Myth of the Post-Industrial Economy* // *New York Times*. 12 July 1987. Режим доступа: https://pdfs.semanticscholar.org/cef1/49b3dbdaa85f74b114c2c7832982f23bcbf0.pdf?_ga=2.192560554.1655282957.1574608201-410801543.1574608201, дата обращения 26.10.2019.
- Triplet J.E. (1999) The Solow productivity paradox: What do computers do to productivity? // *The Canadian Journal of Economics*. Vol. 32. № 2. P. 310–334.
- Westland J.C. (2010) Lower Bounds on Sample Size in Structural Equation Modelling // *Electronic Commerce Research and Applications*. Vol. 9. № 6. P. 476–487.

Факторы эффективного управления в сфере информационных технологий

Дэвид Энрикес

Магистрант, davidrh89@hotmail.com

Рубен Перейра

Профессор, ruben.filipe.pereira@iscte.pt

Университетский институт Лиссабона (Instituto Universitario de Lisboa, ISCTE-IUL), Португалия,
Av. das Forças Armadas, 1649-026 Lisboa, Portugal

Рафаэль Алмейда

Аспирант, rafael.d.almeida@ist.utl.pt

Мигель Мира да Сильва

Профессор, mms@ist.utl.pt

Высший технический институт Лиссабонского университета (Instituto Superior Tecnico — Universidade de Lisboa), Португалия, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa, Portugal

Аннотация

Траектория эволюции информационных технологий (ИТ) предполагает регулирование. Наиболее эффективный механизм управления в этой сфере предлагает методология «задачи управления информационными и смежными технологиями» (*Control Objectives for Information and Related Technologies, COBIT*) в актуальной версии 5. В ней концептуализированы факторы управления в сфере ИТ, имеющие критическое значение при принятии решений и разработке стратегии в данной области. Задачей исследования, легшего в основу статьи, было уточнить определения указанных в COBIT-5 факторов, чтобы облегчить управление ИТ в организациях.

Рассматриваемые факторы пока недостаточно четко описаны в литературе. Несмотря на всю строгость

их характеристики, представленной в COBIT, среди ученых и практиков они порождают сомнения и разногласия. В настоящем исследовании предпринята попытка определить каждый фактор управления ИТ с учетом методологии COBIT-5. Чтобы обеспечить требуемый уровень качества научных результатов, авторы выполнили фильтрацию анализируемых публикаций с применением на разных этапах различных критериев. В контексте поставленной цели авторы предприняли систематический обзор литературы для обобщения и упорядочения имеющихся знаний в рассматриваемой сфере. Полученные результаты могут оказаться полезными в дальнейшем поиске более четкого определения и эффективного использования факторов управления различными технологиями.

Ключевые слова: COBIT-5; факторы управления; управление; информационные технологии; управление информационными технологиями; систематический обзор литературы

Цитирование: Henriques D., Pereira R., Almeida R., Mira da Silva M. (2020) IT Governance Enablers. *Foresight and STI Governance*, vol. 14, no 1, pp. 48–59. DOI: 10.17323/2500-2597.2020.1.48.59

IT Governance Enablers

David Henriques

Master Student, davidrh89@hotmail.com

Ruben Pereira

Professor, ruben.filipe.pereira@iscte.pt

Instituto Universitario de Lisboa, ISCTE-IUL, Av. das Forças Armadas, 1649-026 Lisboa, Portugal

Rafael Almeida

PhD Student, rafael.d.almeida@ist.utl.pt

Miguel Mira da Silva

Professor, mms@ist.utl.pt

Instituto Superior Tecnico – Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa, Portugal

Abstract

The pace of information technology evolution calls for governance. Control Objectives for Information and Related Technologies (COBIT) is the main framework for information technology governance (ITG) and defines the concept of IT governance enablers as a critical step for any governance decision or path. This investigation aims to clarify the enablers defined by COBIT to help organizations manage their information technology. Clarity on the meaning of enabler is still lacking in the literature. Enablers are somewhat described in COBIT leaving space for confusion and contradictions among researchers and practitioners. The research question to be answered by this investigation concerns the definition for each enabler and

how it is dictated by the COBIT framework. Further this study proposes a clarification concerning the definition of ITG enablers as addressed by COBIT and several filtration stages and criteria were used to select high-quality studies. Given the aim of this research, the authors adopted a systematic literature review (SLR) methodology to analyze and synthesize the knowledge about the enablers from COBIT from the literature. Our findings may be used by future researchers to better define the scope of their definitions of enablers, to help future studies regarding the relationship of enablers with any technology or field, and to help future investigations about IT governance and its scope within an organization.

Keywords:

COBIT5; enablers; governance; IT;
IT governance; systematic literature review

Citation: Henriques D., Pereira R., Almeida R.,
Mira da Silva M. (2020) IT Governance Enablers.
Foresight and STI Governance, vol. 14, no 1, pp. 48–59.
DOI: 10.17323/2500-2597.2020.1.48.59

Многие организации в поиске оптимального механизма управления в сфере ИТ прибегают к помощи специальных сложных моделей [de Haes, van Grembergen, 2008; Hardin-Ramanan et al., 2018]. Будучи важной частью корпоративного управления, эффективное использование ИТ для реализации стратегий и достижения целей организации зачастую предполагает назначение специальных руководителей и создание профильных подразделений [Joshi et al., 2018]. Управление ИТ нацелено не только на их рациональное использование, но и на необходимую для этого корректировку бизнес-процессов [Kude et al., 2017; Hardin-Ramanan et al., 2018]. В частности, речь идет о распределении ролей и ответственности персонала, занятого в работе с информационными системами (ИС) и технологиями поддержки бизнес-процессов [Higgins, Sinclair, 2008]. Главная цель управления ИТ состоит в сопровождении инициатив, направленных на реализацию текущих задач структурных подразделений организации [Selig, 2018]. К числу основных относятся такие цели, как согласование ИТ-стратегии с общим вектором развития организации, оценка уровня внедрения и обеспечение конкурентных преимуществ за счет ИТ [Higgins, Sinclair, 2008].

В помощь бизнесу разработано множество инструментов управления ИТ [Bernroider, Ivanov, 2011]. Наиболее полным и популярным из них остается методология «задачи управления информационными и смежными технологиями» (*Control Objectives for Information and Related Technologies, COBIT*), доказавшая свою эффективность в оптимизации корпоративного управления ИТ [ISACA, 2018], включая концептуализацию его факторов. Под последними понимаются любые обстоятельства, способствующие достижению целей бизнеса и созданию новой стоимости с использованием ИТ и являющиеся важными элементами эффективного управления ими [ISACA, 2018]. Однако некоторые положения COBIT вызывают у специалистов вопросы, которые мы попытаемся прояснить в настоящей статье на основе анализа профессиональной литературы.

В силу характера нашей работы ключевую роль в анализе играет метод систематического обзора литературы (*systematic literature review, SLR*), который позволяет анализировать профильные работы по теме, обнаруживать пробелы, обобщать полученные результаты и использовать их в ходе дальнейшего исследования. SLR весьма полезен в ситуации разногласий вокруг той

или иной концепции, а также для поиска информации по рассматриваемой проблеме [Tranfield, 2003; Okoli, Schabram, 2010]. Общая задача настоящего исследования заключается в том, чтобы прояснить и детализировать факторы управления ИТ и подходы к их использованию организациями. Его основным итогом должны стать прояснение сути каждого фактора управления ИТ и создание основы для дальнейшего изучения этой темы. Структура исследования включает следующие разделы: введение, методология, результаты, обсуждение и выводы, заключение.

Метод исследования

Для определения круга источников, посвященных факторам управления ИТ, и их анализа была применена методология SLR. Метод нацелен на сбор, оценку и интерпретацию научной информации по конкретной проблеме, а отдельные исследования с его использованием называют первичными (*primary*) [Kitchenham, 2004]. Наше исследование проходило в несколько этапов, согласно рекомендациям, изложенным в работе [Kitchenham, 2004]: постановка задачи, определение круга обозреваемых источников, отбор первичных исследований, оценка их качества, извлечение данных, их обобщение. Объектами селекции, исходя из критериев включения и исключения, в рамках нашей работы стали наиболее значимые научные исследования, качество которых оценивалось после необходимой фильтрации. Этапы исследования представлены на рис. 1.

Этап 1: Критерии включения и исключения

Критерии включения и исключения литературы для последующего анализа были определены с помощью фильтрующих вопросов о том, была ли рассматриваемая статья опубликована в журнале, относящемся к квартилям Q1 или Q2, или включена в материалы конференции класса А или В. Сформированная на этой основе выборка из журнальных публикаций и материалов конференций позволила суммировать информацию о факторах управления ИТ. В обзор вошли только статьи, опубликованные на английском языке в период с 1999 по 2018 г. Этот временной отрезок позволил сформировать достаточную выборку по избранной тематике. Нерелевантные статьи были отсеяны.

Этап 2: Выбор источников данных

При поиске статей для обзора использовались четыре крупнейшие базы данных:

- Google Scholar (<http://scholar.google.com>);
- Elsevier Science Direct (www.sciencedirect.com);
- IEEE Xplore (<https://ieeexplore.ieee.org>);
- Taylor & Francis Online (<https://www.tandfonline.com>).

Такая подборка ресурсов обеспечила достаточную выборку литературы по теме. Начатый 12 июля 2018 г. систематический поиск по источникам опирался на тщательно подобранные ключевые слова (табл. 1). Так, наряду со словосочетанием «фактор управления» ис-

Рис. 1. Этапы исследования



Табл. 1. Поисковые термины

Категория поиска	Ключевые слова
Управление ИТ	Определение управления ИТ
Факторы управления ИТ	Принципы управления ИТ, культура управления ИТ, этика управления ИТ, информация для управления ИТ, кадры для управления ИТ, организационные структуры управления, навыки управления ИТ, компетенции управления ИТ, приложения для управления ИТ, кадры ИТ
Факторы COBIT	Процессы COBIT, принципы COBIT, структуры COBIT

Источник: составлено авторами.

пользовался термин «управление ИТ» как удачно его дополняющий. Поиск осуществлялся по категориям («Управление ИТ», «Факторы управления ИТ», «Факторы COBIT»), в каждой из которых применялись несколько ключевых слов, соединенных булевым оператором «И», например «Управление ИТ» И «Принципы».

Этап 3: Стратегия поиска

Проведенная фильтрация позволила отобрать 28 статей для анализа. В табл. 2 описаны этапы селекции и использованные для этого фильтры. На первом этапе в этом качестве выступали поисковые термины, приведенные в табл. 1, в сочетании с символами “”. На втором этапе инструментом фильтрации послужил поиск по ключевым словам в названиях статей, на третьем — в аннотациях. На заключительном этапе в качестве критерия отбора учитывалось соответствие упомянутым выше вопросам исследования.

В табл. 3 приведены результаты фильтрации на каждом этапе для каждого отдельного термина. Результаты

Табл. 2. Этапы фильтрации

Этапы фильтрации	Описание	Критерии оценки	Число
1-я фильтрация	Выявление профильных исследований в выбранных базах данных	Поиск по категориям и ключевым словам с использованием фильтра “”	35 559
2-я фильтрация	Исключение исследований на основе названий	Название = поисковые термины Да = включается Нет = исключается	3327
3-я фильтрация	Исключение исследований на основе аннотаций	Наличие ключевых слов в аннотации Да = включается Нет = исключается	359
Итоговая фильтрация	Формирование массива статей для анализа	Соответствует вопросам исследования? Да = включается Нет = исключается	28

Источник: составлено авторами.

Табл. 3. Результаты фильтрации на каждом этапе для каждого отдельного термина

Поисковый термин	Этапы фильтрации			
	1-й	2-й	3-й	Итоговый
Управление ИТ	33 900	3230	342	2
Практика управления ИТ	7	4	1	1
Факторы управления ИТ	17	2	0	1
Принципы управления ИТ	309	7	4	2
Определение управления ИТ	180	6	1	1
Культура управления ИТ	45	7	0	2
Этика управления ИТ	6	21	0	2
Информация для управления ИТ	9	25	5	2
Кадры управления ИТ	35	0	0	2
Организационные структуры управления	125	0	0	2
Навыки управления ИТ	14	0	0	1
Компетенции управления ИТ	16	0	0	2
Приложения для управления ИТ	13	0	0	2
Процессы COBIT	556	17	4	2
Принципы COBIT	82	2	0	2
Структуры COBIT	232	8	1	1
Факторы COBIT	20	2	2	1
Итого	35566	3331	360	28

Источник: составлено авторами.

некоторых из них оказались весьма скромными уже на первом этапе, а на последующих число совпадений свелось к нулю, поэтому применительно к данным терминам были использованы статьи, выявленные в ходе первой и второй фильтраций. Одной из задач исследования стал отсев максимального числа статей, посвященных управлению ИТ, для получения полезных сведений о детерминантах этого процесса. На третьем этапе фильтрации (см. табл. 3) некоторые термины не дали никаких результатов, что потребовало использования результатов второго этапа и дальнейшего перехода к итоговому.

Оценка качества

Качество статей оценивалось с помощью нескольких вопросов, обеспечивших релевантность и высокий уровень включенных в выборку исследований (табл. 4). Первый критериальный вопрос был нацелен на отбор

Табл. 4. Критерии качества

Критерий	Формулировка
QC1	Соответствует ли контекст статьи тематике управления ИТ?
QC2	Соответствует ли аннотация статьи контексту исследования?
QC3	Вносят ли полученные авторами статьи результаты вклад в разработку соответствующих концепций?

Источник: составлено авторами.

соответствующих фокусу исследования статей, посвященных управлению ИТ. В качестве второго критерия использовался вопрос о том, рассматривается ли в статье хотя бы один из выявленных факторов управления ИТ. Третьим критерием качества стал вопрос, увеличивает ли рассматриваемая работа ценность нашего исследования, содержит ли она полезную информацию хотя бы об одном факторе управления ИТ, которая позволит повысить точность полученных результатов.

В табл. 5 приведены статьи, удовлетворяющие критериям качества, использованным при подготовке обзора литературы. Каждая содержит информацию, полезную с точки зрения концептуализации факторов управления ИТ, однако некоторые статьи или их аннотации связаны с темой лишь косвенно (как в случае ИТ-сектора).

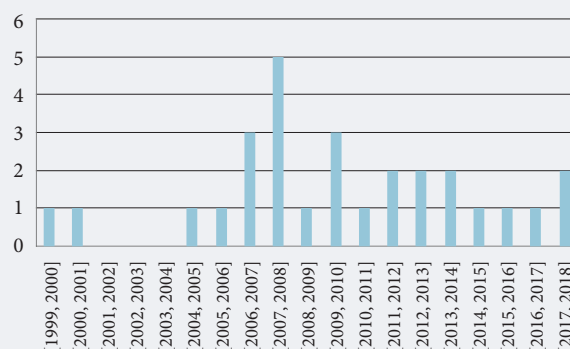
Результаты

Рассмотрим основные результаты анализа выбранных статей по методу SLR. В табл. 6 приведена классификация журналов и материалов конференций, в которых были опубликованы статьи. Для повышения научного качества результатов мы ограничили круг исследуемых журналов квартилями Q1 и Q2 (в классификации Scimago), а материалы конференций — уровнями А и В (в классификации Excellence in Research in Australia, ERA).

На рис. 2 представлено распределение 28 статей, выбранных для анализа с учетом указанных критериев, по годам. Можно заметить, как интерес научного сообщества к факторам управления ИТ начал расти с 2007 г.

В табл. 7 представлена дополнительная информация о выбранных для анализа работах. Как видно, в итоговую выборку вошло значительное количество журналов Q1, что можно считать обнадеживающим признаком. В таблице приведены также совокупные показатели цитирования по каждой категории. Для классификации журналов авторы опирались на данные Scimago Journal & Country Rank (www.scimagojr.com), для классификации конференций — на рейтинг ERA (www.conferencerranks.com).

Рис. 2. Гистограмма отобранных для анализа статей по году публикации



Источник: составлено авторами.

В табл. 8 перечислены статьи выборки, посвященные конкретным факторам управления ИТ, в соответствии с концептоцентричным подходом, предложенным в работе [Watson, Webster, 2002]. Автороцентричный подход, согласно которому факторы группируются исходя из позиции авторов, в рамках нашего исследования не применялся. Примечательно, что фактор «информация» встречается в литературе в меньшей степени, чем другие, хотя в настоящее время и считается одним из самых важных (если не важнейшим) активов организаций. Наибольшим вниманием авторов включенных в выборку статей пользовался фактор «принципы, политика и структуры».

Обсуждение и выводы

От анализа выбранных статей в контексте целей нашего исследования перейдем к характеристике академических дискуссий о каждом факторе управления ИТ и подробному описанию современных научных представлений о них.

Табл. 5. Статьи, удовлетворяющие критериям качества

Вопрос	Статьи
QC 1	[Garsoux, 2013; ISACA, 2013; de Haes, van Grembergen, 2008; Kude et al., 2017; Higgins, Sinclair, 2008; Othman et al., 2014; Bernroider, Ivanov, 2011; Kerr, Murthy, 2013; Prasad et al., 2012; Bowen et al., 2007; Spremić, 2009; Bernroider, 2008; Tsoukas, Vladimirov, 2001; Heier et al., 2007; Tallon et al., 2013; Lockwood et al., 2010; Bin-Abbas, Bakry, 2014; Simonsson et al., 2010; Wu et al., 2015; Beyer, Niñ, 1999; Heier et al., 2008; Simonsson, Ekstedt, 2006; Huygh et al., 2018; de Haes, van Grembergen, 2008; Fink, Ploder, 2008]
QC 2	[Garsoux, 2013; ISACA, 2013; de Haes, van Grembergen, 2008; Kude et al., 2017; Higgins, Sinclair, 2008; Bernroider, Ivanov, 2011; Kerr, Murthy, 2013; Prasad et al., 2012; Bowen et al., 2007; Spremić, 2009; Bernroider, 2008; Tsoukas, Vladimirov, 2001; Heier et al., 2007; Tallon et al., 2013; Lockwood et al., 2010; Bin-Abbas, Bakry, 2014; Simonsson et al., 2010; Beyer, Niñ, 1999; Heier et al., 2008; Simon et al., 2007; Simonsson, Ekstedt, 2006; Huygh et al., 2018; de Haes, van Grembergen, 2008; Fink, Ploder, 2008]
QC 3	[Garsoux, 2013; ISACA, 2013; Cram et al., 2016; de Haes, van Grembergen, 2008; Kude et al., 2017; Higgins, Sinclair, 2008; Othman et al., 2014; Bernroider, Ivanov, 2011; Kerr, Murthy, 2013; Prasad et al., 2012; Bowen et al., 2007; Weill, Ross, 2005; Spremić, 2009; Bernroider, 2008; Tsoukas, Vladimirov, 2001; Heier et al., 2007; Huang et al., 2010; Tallon et al., 2013; Lockwood et al., 2010; Bin-Abbas, Bakry, 2014; Simonsson et al., 2010; Wu et al., 2015; Ali, Green, 2012; Beyer, Niñ, 1999; Heier et al., 2008; Simon et al., 2007; Queiroz et al., 2018; Simonsson, Ekstedt, 2006; Huygh et al., 2018; de Haes, van Grembergen, 2008; Fink, Ploder, 2008]

Источник: составлено авторами.

Табл. 6. Отобранные журналы и материалы конференций

Название журнала или конференции	Публикации	Квартиль
Information Systems	[Cram et al., 2016; Kude et al., 2017]	Q1
The Journal of Corporate Accounting & Finance	[Higgins, Sinclair, 2008]	Q1
International Journal of Disaster Risk Reduction	[Othman et al., 2014]	Q1
International Journal of Project Management	[Bernroider, Ivanov, 2011]	Q1
Information and Management	[Kerr, Murthy, 2013; Ali, Green, 2012]	Q1
European Journal of Information Systems	[Prasad et al., 2012]	Q1
Journal of Management Information Systems	[Bowen et al., 2007]	Q1
Society and Natural Resources	[Weill, Ross, 2005]	Q1
Computers in Human Behavior	[Spremić, 2009]	Q1
Information Systems Management	[Bernroider, 2008; Simon et al., 2007]	Q2
MIS Quaterly	[Tsoukas, Vladimirov, 2001]	Q1
Information Systems Frontiers	[Heier et al., 2007]	Q1
Journal of Management Inquiry	[Huang et al., 2010]	Q1
International Journal of Accounting Information Systems	[Tallon et al., 2013; Lockwood et al., 2010]	Q2
MIT Sloan Management Review	[Bin-Abbas, Bakry, 2014]	Q1
Corporate Governance	[Simonsson et al., 2010]	Q1
Journal of Management Studies	[Wu et al., 2015]	Q1
Hawaii International Conference on System Sciences	[de Haes, van Grembergen, 2008; Beyer, Niñ, 1999; Heier et al., 2008; Huygh et al., 2018; Fink, Ploder, 2008]	A
Strategic Information Systems	[Queiroz et al., 2018]	Q1
Portland International Center for Management of Engineering and Technology Conference	[Simonsson, Ekstedt, 2006]	A
Communications of the Association for Information Systems	[de Haes, van Grembergen, 2008]	Q2

Источник: составлено авторами.

Табл. 7. Категории классификации и показатели цитирования отобранных для анализа публикаций

Публикация	Цитирование	Квартиль	Показатель
[Ali, Green, 2012; Bernroider, Ivanov, 2011; Bin-Abbas, Bakry, 2014; Bowen et al., 2007; Cram et al., 2016; Heier et al., 2007; Huang et al., 2010; Kerr, Murthy, 2013; Kude et al., 2017; Higgins, Sinclair, 2008; Othman et al., 2014; Prasad et al., 2012; Queiroz et al., 2018; Spremić, 2009; Simonsson et al., 2010; Tsoukas, Vladimirov, 2001; Weill, Ross, 2005; Wu et al., 2015]	3507	Q1	18
[Bernroider, 2008; Lockwood et al., 2010; Tallon et al., 2013; Simon et al., 2007]	516	Q2	4
[Beyer, Niñ, 1999; de Haes, van Grembergen, 2008; Fink, Ploder, 2008; Heier et al., 2008; Huygh et al., 2018; Simonsson, Ekstedt, 2006]	222	A	6
Нет	0	B	0

Источник: составлено авторами.

Табл. 8. Публикации, посвященные конкретным факторам управления ИТ

Факторы управления ИТ	Публикации	Число
Принципы, политика и структуры	[Bernroider, Ivanov, 2011; Bin-Abbas, Bakry, 2014; Bowen et al., 2007; Fink, Ploder, 2008; Garsoux, 2013; Kerr, Murthy, 2013; Kude et al., 2017; Lockwood et al., 2010; Higgins, Sinclair, 2008; Othman et al., 2014; Prasad et al., 2012; Spremić, 2009; Simonsson et al., 2010; Weill, Ross, 2005]	14
Процессы	[Bernroider, 2008; Cram et al., 2016; Garsoux, 2013; Kude et al., 2017; Higgins, Sinclair, 2008; Spremić, 2009; Tallon et al., 2013; Tsoukas, Vladimirov, 2001]	8
Культура, этика и поведение	[Garsoux, 2013; Heier et al., 2007; Huang et al., 2010; ISACA, 2013; Higgins, Sinclair, 2008; Othman et al., 2014; Tallon et al., 2013; Tsoukas, Vladimirov, 2001]	8
Услуги, инфраструктура и приложения	[Beyer, Niñ, 1999; Bin-Abbas, Bakry, 2014; Garsoux, 2013; Heier et al., 2008; ISACA, 2013; Simonsson et al., 2010; Wu et al., 2015]	7
Кадры, навыки и компетенции	[Garsoux, 2013; Huygh et al., 2018; ISACA, 2013; Kude et al., 2017; Queiroz et al., 2018; Simon et al., 2007; Simonsson, Ekstedt, 2006]	7
Организационные структуры	[de Haes, van Grembergen, 2008; Garsoux, 2013; Higgins, Sinclair, 2008; Tallon et al., 2013; Tsoukas, Vladimirov, 2001]	5
Информация	[Ali, Green, 2012; Garsoux, 2013; ISACA, 2013; Higgins, Sinclair, 2008]	4

Источник: составлено авторами.

Принципы, политика и структуры

Принципы выступают механизмом трансформации желаемого поведения в практические инструкции для оперативного руководства [Garsoux, 2013] и служат фундаментом для разработки инструментов мониторинга и оценки качества управления [Weill, Ross, 2005]. В ряде случаев [Spremić, 2009; Bin-Abbas, Bakry, 2014] к принципам относят также принятие высшим руководством решений о стратегической роли ИТ в бизнесе. Принципы управления ИТ должны подчеркивать важность совместного (а также повторного) использования процессов, систем, технологий и данных [Spremić, 2009]. Принципы могут быть нацелены на интеграцию ИТ в бизнес-процессы [Fink, Ploder, 2008]. Наличие принципов отличает управление от оперативного менеджмента: их следует рассматривать как автономные сферы. Кроме того, принципы управления ИТ должны основываться на здравом смысле и ориентировать на достижение конкретных целей [Othman et al., 2014].

Для авторов работы [Weill, Ross, 2005] принципы представляют собой нормативные предписания, определяющие основные направления и порядок управления: как администраторам следует использовать свою власть для выполнения поставленных задач. В другом исследовании [Spremić, 2009] принципам приписывают шесть базовых аспектов: ответственность, стратегию, аккумуляцию, производительность, согласованность и человеческое поведение. Автор выделяет пять основных принципов управления ИТ: непрерывное развитие, интеграцию ключевых требований, упрощение, управление знаниями и инструменты оценки.

Управленческий механизм нацелен на реализацию конкретных задач и миссии организации в соответствии с ее размерами, контекстом, кадровыми ресурсами, традициями и должен предусматривать оценку потребностей, алгоритмы принятия решений и измерения продуктивности [Othman et al., 2014]. Эффективный механизм позволяет контролировать инструменты управления ИТ [Kerr, Murthy, 2013], распоряжаться ИТ-ресурсами и процессами для обеспечения оптимального баланса между информационными и бизнес-асpekтами работы организации [Higgins, Sinclair, 2008]. При разработке таких механизмов следует учитывать специфику бизнес-среды [Othman et al., 2014]. В конечном счете речь идет о формировании поля деятельности организации, постановке задач, разработке процессов, создании информационных ресурсов и распределении полномочий [Bernroider, Ivanov, 2011].

Как показано в статье [Bernroider, Ivanov, 2011], успех ИТ-проектов зависит от точности поставленных задач. Однако недостаточная просчитанность всех аспектов и характеристик механизма управления ИТ может подорвать шансы на успех. В целом подобные механизмы позволяют оценивать продуктивность, контролировать системы и агрегировать информацию об эффективности и результативности процессов управления [Bernroider, Ivanov, 2011]. Механизм должен включать шаблоны для разработки систем и процессов управления ИТ, которые учитывают отраслевые стандарты и практики и предотвращают вероятные нежелатель-

ные последствия [Kude et al., 2017]. Наконец, политика управления ИТ определяет направления соответствующей деятельности, обеспечивает стабильность, контроль, гибкость и согласованность с целями бизнеса [Lockwood et al., 2010].

В регламентирующей (политической) документации отражается, как информация, собранная в ходе оценки результатов, распространяется среди принимающих решения лиц и как организована обратная связь, необходимая для совершенствования бизнес-процессов [Lockwood et al., 2010]. Политика структурирует процесс принятия решений [Prasad et al., 2012] и нацелена на получение взаимоприемлемых результатов [Bowen et al., 2007]. К задачам политики относят реализацию конкретных приложений и мониторинг результатов в той мере, в какой она обеспечивает координацию управления в масштабах организации и на уровне отдельных структурных подразделений [Lockwood et al., 2010]. По мнению авторов работы [Simonsson et al., 2010], политика дает возможность оценить уровень риска, с которым сопряжена реализация ИТ-проектов, что требуется для их одобрения руководством.

Процессы

Под процессами понимают совокупность подходов к использованию ресурсов для получения желаемых результатов в соответствии с политикой организации и в рамках соответствующих процедур [Cram et al., 2016]. Они направлены на выполнение поставленных задач [Garsoux, 2013] и достижение целей бизнеса через управление его деятельностью, создание добавленной стоимости и устранение рисков за счет применения ИТ [Higgins, Sinclair, 2008].

В другом исследовании [Kude et al., 2017] процессы рассматриваются как «формализация и институционализация принятия стратегических решений в отношении ИТ или процедур мониторинга», поскольку процессы определяют ответственность сотрудников, их право принимать решения и процедуры, нацеленные на организацию эффективного использования ИТ. Авторы статьи [Higgins, Sinclair, 2008] настаивают на приоритете процессов, имеющих универсальную приложимость, т. е. предусматривающих возможность повторного использования в интересах развития организации.

Методология COBIT обеспечивает непрерывное развитие процессов, а управление ИТ отвечает ключевым потребностям и задачам менеджмента [Spremić, 2009]. В исследовании [Bernroider, 2008] к процессам отнесены набор индикаторов качества управления ИТ (меры, документация, показатели) и механизмы распределения прав и обязанностей. Иногда процессы понимают как формальные процедуры принятия стратегических решений, планирования и мониторинга в интересах ответственности политики в сфере ИТ бизнес-целям организации [Tsoukas, Vladimirova, 2001]. Процессы представляют собой факторы, способные помочь организации выявить индивидуальные компетенции и динамический потенциал, а координация внутренних процессов обеспечивает совершенствование бизнес-практики в масштабах всей организации [Tallon et al., 2013].

Организационные структуры

Будучи ключевыми элементами корпоративной системы принятия решений [Garsoux, 2013], организационные структуры обеспечивают максимальную эффективность деятельности организации (включая внутренние бизнес-процессы) за счет реализации потенциала ИТ [Tsoukas, Vladimirov, 2001]. Создание и внедрение таких структур помогает персоналу коммерческих и ИТ-подразделений поддерживать баланс между этими направлениями деятельности, задает желаемое поведение сотрудников, облегчает разработку стратегии и постановку задач [Tsoukas, Vladimirov, 2001; de Haes, van Grembergen, 2005].

Организационные структуры управления ИТ образуют надежный фундамент для освоения и эффективного использования новых ИТ-ресурсов; они определяют права и обязанности сотрудников, в частности предусматривают создание специальных органов для координации управления ИТ и разработки бизнес-стратегий [Huang et al., 2010; Tsoukas, Vladimirov, 2001]. Кроме того, организационные структуры включают формальные звенья и механизмы интеграции и сопряжения управления бизнесом и ИТ [de Haes, van Grembergen, 2008]. Речь также может идти о формах организации управления ИТ, способствующих свободному движению информационных потоков и постановке задач для поддержания баланса бизнес- и ИТ-стратегий [Higgins, Sinclair, 2008; Tallon et al., 2013].

Культура, этика и поведение

Роль личной и корпоративной культуры как фактора успеха стратегического и оперативного управления часто недооценивается [Garsoux, 2013], тогда как она выступает важнейшим аспектом механизмов управления ИТ на индивидуальном уровне [Tsoukas, Vladimirov, 2001] и обеспечивает более прозрачный механизм оценки соответствующих рисков [ISACA, 2013]. Качество управления ИТ в организации зачастую определяется именно культурой [Bowen et al., 2007]. В работе [Bowen et al., 2007] отмечается, что от присущего той или иной культуре уровня знаний в области ИТ зависят обмен представлениями и идеями в этой сфере, принятие ключевых решений и эффективность использования ИТ в организации.

Наличие прозрачной партисипаторной культуры крайне важно для развития любого бизнеса [ISACA, 2013]. Авторы исследования [Bowen et al., 2007] рекомендуют поддерживать культуру ИТ, которая стимулировала бы стратегическое использование информации для более интенсивного управления ИТ в организации. В работе [Huang et al., 2010] отмечается, что менеджерам следует не насаждать ту или иную культуру, но скорее культивировать культуру, базирующуюся на этике, целях и ценностях.

Признание продуктивности механизма управления ИТ со стороны менеджмента и работников позволит выявлять угрозы и снижать риски, что может сыграть критическую роль в успехе бизнеса. Иначе говоря, формирование культуры риска может стать активом

[Higgins, Sinclair, 2008]. Под этикой понимаются «все убеждения, ценности, ритуалы и нормы поведения, разделяемые сотрудниками организации» [Heier et al., 2007]. Наличие устойчивых этических норм укрепляет доверие персонала и клиентов, что в долгосрочной перспективе способствует успеху инновационной деятельности и бизнеса в целом [Huang et al., 2010].

Организациям необходимо разрабатывать и внедрять этические нормы, а менеджерам — иметь соответствующие убеждения и быть этичными на практике [Huang et al., 2010]. Наличие в компании структур управления ИТ обычно способствует развитию этики или культуры строгого соблюдения норм и правил, что в свою очередь повышает эффективность управления. Высшему руководству следует целенаправленно поддерживать этическое поведение сотрудников и строгое соблюдение принятых норм и предписаний [Heier et al., 2007]. Подобная политика позволяет добиться стратегического баланса между ИТ- и бизнес-аспектами деятельности организации [Tsoukas, Vladimirov, 2001].

Поскольку сотрудники своим поведением могут сдерживать внедрение управления ИТ или прямо ему препятствовать, они нуждаются в соответствующей подготовке [Bowen et al., 2007]. Поведение персонала в значительной мере определяет баланс ИТ- и бизнес-аспектов деятельности организации и служит залогом непрерывного совершенствования обоих этих направлений [ISACA, 2013]. Авторы работы [Tallon et al., 2013] поведение трактуют как форму лидерства, которая обеспечивает стабильную и успешную реализацию стратегий и целей компании с помощью ИТ. Задача управления ИТ состоит поэтому в поддержании желаемого уровня их применения [Kude et al., 2017].

Информация

Информация как ключевой ресурс любой организации [Garsoux, 2013] определяется как поток сообщений и контекстно зависимая совокупность единиц, взаимосвязь между которыми выражена наглядно (например, в виде предметного указателя книги) [Ali, Green, 2012]. Информация создается, используется, хранится, предоставляется и уничтожается, пронизывая все сферы деятельности организации [Garsoux, 2013]. Даже будучи основным продуктом организации на оперативном уровне, информация необходима для ее повседневного функционирования и грамотного управления.

Применительно к управлению ИТ единицы информации служат эффективной интеграции ИТ и бизнеса, например: документированные требования и стандарты, документальные заявки на те или иные модификации, запросы бизнеса, анализ удовлетворенности, информационные стратегии [ISACA, 2013]. В COBIT получение дополнительной информации характеризуется как необходимый шаг для инвестиций в ИТ-инструменты и активы и для оценки выгод, которые они могут принести [Higgins, Sinclair, 2008]. Подчеркивается, что информация должна быть предиктивной либо иметь ретроспективную ценность,

помогая компании достигать своих целей и выступая ресурсом на всех уровнях — от операционного до текущего и стратегического управления [ISACA, 2013].

Услуги, инфраструктура и приложения

Понятие «услуги» охватывает инфраструктуру, технологии и приложения, которые нужны организации для применения ИТ [Garsoux, 2013]. В исследовании [ISACA, 2013] отмечается, что услуги помогают преодолеть дисбаланс между ИТ и бизнесом. По мнению авторов исследования [Simonsson et al., 2010], организациям следует активно разрабатывать востребованные клиентами услуги и сосредоточиться на их планировании и предоставлении для обеспечения доступности, производительности и безопасности продукции.

Инфраструктура ИТ объединяет аппаратное и программное обеспечение, базы данных, сети и эксплуатирующий их персонал [Higgins, Sinclair, 2008]. Инфраструктура также включает координацию и совместное использование ИТ-услуг, из которых складывается ИТ-потенциал компании [Bin-Abbas, Bakry, 2014]. Управление инфраструктурой предполагает контроль и максимизацию рентабельности вычислительных мощностей [Simonsson et al., 2010]. Чтобы управлять информационными ресурсами, организации необходима ИТ-инфраструктура, позволяющая осуществлять планирование, обеспечивать безопасность и контролировать риски в интересах повышения эффективности управления ИТ [Higgins, Sinclair, 2008].

Инфраструктура управления ИТ решает задачу трансформации услуг в четко определенный набор показателей деятельности для развития новых бизнес-моделей [Wu et al., 2015]. Разработка ИТ-приложений требует адекватного спроса, выявляемого методом анализа потребностей бизнеса [Bin-Abbas, Bakry, 2014]. Эффективность приложений для управления ИТ определяется возможностью создавать новую стоимость на основе ИТ, нередко в узких сегментах этого рынка [Beyer, Niñ, 1999]. В контексте управления ИТ бизнес-приложения используются специализированными бизнес-подразделениями организации для практической реализации соответствующих процессов [Beyer, Niñ, 1999].

Приложения для управления ИТ нацелены на автоматизацию и цифровизацию и влияют как на операционную, так и на стратегическую деятельность бизнеса [Beyer, Niñ, 1999]. В исследовании [Heier et al., 2008] отмечается, что приложения для управления ИТ позволяют осуществлять мониторинг, чтобы обеспечить координацию процессов. Для увеличения отдачи от внедрения таких приложений целесообразно выполнять их предварительную оценку.

Кадры, навыки и компетенции

Успех любой организации зависит от людей, способных принимать правильные решения и претворять их в жизнь [Garsoux, 2013]. Сотрудники, ответственные за управление ИТ, образуют иерархическую структуру организации (на тактическом или стратегическом уровне), в рамках которой определяются их права и обязанности [Simonsson, Ekstedt, 2006].

Однако кадровым аспектам управления ИТ уделяется меньше внимания, чем процессам или целям. В исследовании [Huygh et al., 2018] подчеркивается, что деятельность ИТ-персонала подчинена задачам поддержки бизнеса и создания добавленной стоимости. Вместе с тем для оптимизации отношений ИТ и бизнеса необходимы соответствующие навыки [ISACA, 2013]. Наличие специальных компетенций требует и реализация активов для создания добавленной стоимости [Kude et al., 2017]. Кроме того, навыки в сфере ИТ нужны для выполнения задач организации, что придает критическое значение использованию ее кадрового потенциала [Simon et al., 2007]. Именно поэтому при подборе персонала большинство организаций стремятся соблюсти оптимальный баланс между деловыми и техническими навыками [Simon et al., 2007].

Наконец, наличия соответствующих компетенций требует успешная организация и реализация управления ИТ [Beyer, Niñ, 1999]. Компетенции в сфере ИТ оказываются продуктивны с точки зрения предпринимательской деятельности, развития адаптивности и гибкости и помогают достичь необходимой связи гибкости с производственными показателями [Queiroz et al., 2018].

Сводная характеристика факторов управления ИТ

Результаты анализа факторов управления ИТ, определения и их краткое описание отражены в табл. 9. Следует подчеркнуть, что мы не предлагаем формальных дефиниций, но лишь обобщаем представленные в литературе мнения. Тем самым мы надеемся углубить понимание факторов управления ИТ, слабо проработанное в методологии COBIT-5 и лишь отчасти усовершенствованное в COBIT-2019.

Заключение

Мы предприняли систематический обзор литературы, посвященной факторам управления ИТ, которые отражены в методологии COBIT в версии 5. С помощью метода SLR из баз данных научных публикаций были отобраны и затем проанализированы 28 высококачественных статей. Для повышения качества и актуальности результатов исследования применялся концептоцентричный подход, предложенный в работе [Watson, Webster, 2002]. Анализ отобранных статей позволил прийти к нескольким выводам:

- наибольшим вниманием в литературе пользуется фактор «процессы, принципы, структуры и политика». Это неудивительно, поскольку многих исследователей в первую очередь интересуют существующие структуры управления ИТ, их эволюция и вариации в различных организациях;
- факторы «кадры, навыки и компетенции» и «информация» изучены в меньшей степени, что вызывает некоторое беспокойство, поскольку информация сегодня признается одним из важнейших корпоративных активов, а персонал — основным источником угроз для безопасности;

Табл. 9. Определения факторов управления ИТ

Факторы управления ИТ	Определения
Принципы, политика и структуры	Принципы представляют собой инструмент создания лучшей практики, помогающий топ-менеджменту принимать правильные решения в соответствии с бизнес-стратегией. Принципы позволяют сотрудникам компании совместно использовать процессы, системы, технологии и данные, определять направления развития и находить пути достижения поставленных целей на совещаниях. Структуры предназначены для управления ИТ и обеспечивают общекорпоративные стандарты. Они позволяют эффективно использовать ИТ-ресурсы и управлять соответствующими процессами для достижения бизнес-целей, а также учитывать роль других факторов управления ИТ, их содержание и контекст. Политика определяет вектор развития организации, баланс ИТ- и бизнес-аспектов ее деятельности и способы распространения информации среди лиц, принимающих решения, наряду с условиями регулирования бизнес-процессов и координации корпоративного и бизнес-управления.
Процессы	Под процессами понимается набор процедур и мер, направленных на выполнение поставленных задач, а их результатом становится реализация целей в области ИТ. Процессы направляют и структурируют деятельность организации по достижению ее бизнес-целей. Они используются для мониторинга процедур принятия решений и в свою очередь определяются корпоративной политикой и принципами. Разработка процессов нацелена на обеспечение соответствия ИТ-политики потребностям бизнеса. Кроме того, они рассматриваются как факторы наращивания динамического потенциала организации для максимизации создания новой стоимости.
Организационные структуры	Организационные структуры формируют основу принятия корпоративных решений, повышают эффективность и результативность внутренних процессов. Организационные структуры должны отвечать стратегии и целям бизнеса, кроме того, они определяют права и обязанности персонала. Такими структурами выступают, в частности, специализированные органы по координации управления ИТ и разработки бизнес-стратегий. Главная задача организационных структур состоит в обеспечении свободного циркулирования информации в организации.
Культура, этика и поведение	Культура определяется как совокупность идей и концепций, которые лежат в основе ключевых принимаемых решений и стимулируют использование ИТ. В интересах организации — формировать прозрачную партисипаторную культуру, способствующую стратегическому применению информации для внедрения управления ИТ. Под этикой понимается совокупность ценностей, убеждений и моделей поведения, нацеленных на укрепление лояльности, создание инноваций и успех в бизнесе. Этика служит распространению передового опыта среди сотрудников. Поведение обеспечивает оптимизацию баланса ИТ- и бизнес-аспектов деятельности организации, совершенствование обоих этих направлений и налаживание управления ИТ.
Информация	Информация создается, используется, хранится, предоставляется и уничтожается в виде потока сообщений. Она имеет стоимость и выступает одним из наиболее ценных бизнес-активов. Информация должна быть предиктивной либо иметь ретроспективное значение с точки зрения целей организации.
Услуги, инфраструктура и приложения	Услуги объединяют инфраструктурный, технологический и прикладной аспекты, обеспечивающие создание стоимости в ходе деятельности организации. Услуги направлены прежде всего на планирование, доступность, рост производительности и обеспечение безопасности клиентов. Инфраструктура включает все аппаратное и программное обеспечение, базы данных, сети и персонал, который ими пользуется. Приложения должны отвечать потребностям бизнеса и разрабатываются для поддержки процессов управления ИТ. Приложения в первую очередь нацелены на автоматизацию и цифровизацию как способы достижения стратегических целей бизнеса.
Кадры, навыки и компетенции	Каждый сотрудник организации выполняет определенные функции в рамках своих обязанностей. Сотрудники, занятые управлением ИТ, в конечном счете отвечают за создание новой стоимости на тактическом или стратегическом уровне. Навыки представляют собой способности, используемые для создания стоимости, т. е. критически важную характеристику персонала. Существует связь между навыками и компетенциями. При найме на работу организации заинтересованы в сотрудниках, сочетающих деловые и технические навыки с адаптивным и гибким предпринимательским менталитетом.

Источник: составлено авторами.

- детализированы характеристики каждого фактора управления ИТ, что может оказаться полезным для дальнейшей исследовательской и практической деятельности.

Целью нашего исследования было внести ясность в отношении факторов управления ИТ, поскольку спецификация COBIT-5 остается неполной, тогда как указанные факторы представляются весьма значимыми. Полученные результаты позволяют рассчитывать на заполнение этой лакуны, что в дальнейшем облегчит понимание природы факторов управления

ИТ. Возникшие в ходе исследования ограничения помешали достичь более сильных результатов. Одним из препятствий стало недостаточное число исследований, посвященных факторам управления ИТ и их классификации, из чего можно заключить, что данная тема не слишком востребована научным сообществом.

Однако и с учетом указанного ограничения результаты исследования могут оказаться полезны для уточнения фокуса и направления дальнейшего изучения или даже концептуализации новых факторов управления ИТ.

Библиография

- Ali S., Green P. (2012) Effective information technology (IT) governance mechanisms: An IT outsourcing perspective // *Information Systems Frontiers*. Vol. 14. № 2. P. 179–193. DOI: 10.1007/s10796-009-9183-y.
- Bernroider E.W.N. (2008) IT governance for enterprise resource planning supported by the DeLone-McLean model of information systems success // *Information and Management*. Vol. 45. № 5. P. 257–269. DOI: 10.1016/j.im.2007.11.004.
- Bernroider E.W.N., Ivanov M. (2011) IT project management control and the Control Objectives for IT and related Technology (CobiT) framework // *International Journal of Project Management*. Vol. 29. № 3. P. 325–336. DOI: 10.1016/j.ijproman.2010.03.002.
- Beyer J.M., Niñ D.O. (1999) Ethics and cultures in international business // *Journal of Management Inquiry*. Vol. 8. № 3. P. 287–297. DOI: 10.1177/105649269983006.
- Bin-Abbas H., Bakry S.H. (2014) Assessment of IT governance in organizations: A simple integrated approach // *Computers in Human Behavior*. Vol. 32. P. 261–267. DOI: 10.1016/j.chb.2013.12.019.
- Bowen P.L., Cheung M.Y.D., Rohde F.H. (2007) Enhancing IT governance practices: A model and case study of an organization's efforts // *International Journal of Accounting Information Systems*. Vol. 8. № 3. P. 191–221. DOI: 10.1016/j.accinf.2007.07.002.
- Cram W.A., Brohman M.K., Gallupe R.B. (2016) Hitting a moving target: A process model of information systems control change // *Information Systems Journal*. Vol. 26. № 3. P. 195–226. DOI: 10.1111/isj.12059.
- Fink K., Ploder C. (2008) Decision support framework for the implementation of IT-governance // *Proceedings of the 41th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*. Waikoloa, HI: IEEE. P. 1–10. DOI: 10.1109/HICSS.2008.113.
- Garsoux M. (2013) COBIT5 ISACA's New Framework for IT Governance, Risk, Security and Auditing. An Overview. ISACA Whitepaper 39. Schaumburg, Illinois: ISACA.
- de Haes S., van Grembergen W. (2005) IT Governance Structures, Processes and Relational Mechanisms: Achieving IT/Business Alignment in a Major Belgian Financial Group // *Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences*. Waikoloa, HI: IEEE. P. 1–10.
- de Haes S., van Grembergen W. (2008) Analysing the relationship between IT governance and business/IT alignment maturity // *Proceedings of the 41th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*. Waikoloa, HI: IEEE. P. 1–10. DOI: 10.1109/HICSS.2008.66.
- Hardin-Ramanan S., Chang V., Issa T. (2018) A Green Information Technology governance model for large Mauritian companies // *Journal of Cleaner Production*. № 198. P. 488–497. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.07.047.
- Heier H., Borgman H.P., Hofbauer T.H. (2008) Making the most of IT governance software: Understanding implementation processes // *Proceedings of the 41th Hawaii International Conference on System Sciences*. Waikoloa, HI: IEEE. P. 1–11. DOI: 10.1109/HICSS.2008.239.
- Heier H., Borgman H.P., Maistry M.G. (2007) Examining the relationship between IT governance software and business value of IT: Evidence from four case studies // *Proceedings of the 40th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*. Waikoloa, HI: IEEE. P. 1–11. DOI: 10.1109/HICSS.2007.216.
- Higgins L., Sinclair D. (2008) A new look at IT governance // *Journal of Corporate Accounting & Finance*. Vol. 19. № 5. P. 31–36. DOI: 10.1002/jcaf.20415.
- Huang R., Zmud R.W., Price R.L. (2010) Influencing the effectiveness of IT governance practices through steering committees and communication policies // *European Journal of Information Systems*. Vol. 19. № 3. P. 288–302. DOI: 10.1057/ejis.2010.16.
- Huygh T., de Haes S., Joshi A., van Grembergen W. (2018) Answering Key Global IT Management Concerns Through IT Governance and Management Processes: A COBIT5 View // *Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences*. Vol. 9. Waikoloa, HI: IEEE. P. 5335–5344.
- ISACA (2013) COBIT5: Enabling Information. Schaumburg, Illinois: ISACA.
- ISACA (2018) COBIT2019 Framework: Introduction and Methodology. Schaumburg, Illinois: ISACA.
- Joshi A., Bollen L., Hassink H., de Haes S., van Grembergen W. (2018) Explaining IT governance disclosure through the constructs of IT governance maturity and IT strategic role // *Information and Management*. Vol. 55. № 3. P. 368–380. DOI: 10.1016/j.im.2017.09.003.
- Kerr D.S., Murthy U.S. (2013) The importance of the CobiT framework IT processes for effective internal control over financial reporting in organizations: An international survey // *Information and Management*. Vol. 50. № 7. P. 590–597. DOI: 10.1016/j.im.2013.07.012.
- Kitchenham B. (2004) Procedures for performing systematic reviews. Keele, UK: Keele University.
- Kude T., Lazic M., Heinzl A., Neff A. (2017) Achieving IT-based synergies through regulation-oriented and consensus-oriented IT governance capabilities // *Information Systems Journal*. Vol. 28. № 2. P. 1–31. DOI: 10.1111/isj.12159.
- Lockwood M., Davidson J., Curtis A., Stratford E. (2010) Governance principles for natural resource management // *Society and Natural Resources*. Vol. 23. № 10. P. 986–1001. DOI: 10.1080/08941920802178214.
- Okoli C., Schabram K. (2010) A Guide to Conducting a Systematic Literature Review of Information Systems Research // *Sprouts: Working Papers on Information Systems*. Vol. 10. № 26. P. 1–51. DOI: 10.2139/ssrn.1954824.
- Othman M., Nazir-Ahmad M., Suliman A., Arshad N.H., Maidin S.S. (2014) COBIT principles to govern flood management // *International Journal of Disaster Risk Reduction*. Vol. 9. P. 212–223. DOI: 10.1016/j.ijdrr.2014.05.012.
- Prasad A., Green P., Heales J. (2012) On IT governance structures and their effectiveness in collaborative organizational structures // *International Journal of Accounting Information Systems*. Vol. 13. № 3. P. 199–220. DOI: 10.1016/j.accinf.2012.06.005.
- Queiroz M., Tallon P.P., Sharma R., Coltman T. (2018) The role of IT application orchestration capability in improving agility and performance // *Journal of Strategic Information Systems*. Vol. 27. № 1. P. 4–21. DOI: 10.1016/j.jsis.2017.10.002.
- Selig G.J. (2018) IT Governance – An Integrated Framework and Roadmap for Planning, Deploying & Sustaining for Competitive Advantage. Paper presented at the 2018 PICMET Conference “Managing Technological Entrepreneurship: The Engine for Economic Growth”, Honolulu, Hawaii, USA.

- Simon J.C., Kaiser K.M., Beath C.M., Goles T. (2007) Information technology workforce skills: Does size matter? // *Information Systems Management*. Vol. 24. № 4. P. 345–359. DOI: 10.1080/10580530701586102.
- Simonsson M., Ekstedt M. (2006) Getting the priorities right: Literature vs practice on IT governance // *Proceedings of the 2006 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology*. Piscataway, NJ: IEEE. P. 18–26. DOI: 10.1109/PICMET.2006.296548.
- Simonsson M., Johnson P., Ekstedt M. (2010) The effect of IT governance maturity on IT governance performance // *Information Systems Management*. Vol. 27. № 1. P. 10–24. DOI: 10.1080/10580530903455106.
- Spremić M. (2009) IT Governance Mechanisms in Managing IT Business Value // *Corporate Governance*. Vol. 6. № 6. P. 906–915.
- Tallon P.P., Ramirez R.V., Short J.E. (2013) The Information Artifact in IT Governance: Toward a Theory of Information Governance // *Journal of Management Information Systems*. Vol. 30. № 3. P. 141–178. DOI: 10.2753/MIS0742-1222300306.
- Tranfield D. (2003) Procedures for performing systematic reviews // *British Journal of Management*. Vol. 14. P. 207–222. DOI: 10.1111/1467-8551.00375.
- Tsoukas H., Vladimirou E. (2001) What is Organizational Knowledge? // *Journal of Management Studies*. Vol. 38. № 7. P. 973–993. DOI: 10.1111/1467-6486.00268.
- Watson R.T., Webster J. (2002) Analysing The Past to Prepare for The Future: Writing Literature Review // *MIS Quarterly*. Vol. 26. № 2. P. 13–23. DOI: 10.1.1.104.6570.
- Weill P., Ross J. (2005) A Matrixed Approach to Designing IT Governance // *MIT Sloan Management Review*. Vol. 46. № 2. P. 26–34. DOI: 10.1177/0275074007310556.
- Wu S.P.J., Straub D.W., Liang T.P. (2015) How information technology governance mechanisms and strategic alignment influence organizational performance: Insights from a matched survey of business and IT managers // *MIS Quarterly*. Vol. 39. № 2. P. 497–518.

Доверие как детерминант будущего спроса на технологии

Иоанна Эйдис

Профессор, факультет инженерного менеджмента, j.ejdys@pb.edu.pl

Белостокский технологический университет (Bialystok University of Technology), Польша,
45A, Wiejska Street, 15-351 Bialystok, Poland

Аннотация

Одним из факторов, определяющих как текущие, так и перспективные тенденции социально-экономического развития, широко признается уровень цифровизации, формирующий новый тип общества — информационный. Важным направлением применения информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) в условиях информационного общества выступает электронное правительство (ЭП) (*e-Government*). Относительно низкий уровень развития услуг ЭП в Польше стал предметом пристального изучения. Среди множества технологических, организационных, гуманитарных, экономических, социальных и культурных факторов, определяющих развитие ЭП, многие исследователи выделяют доверие, отсутствие которого расценивается как ключевое препятствие для применения соответствующих инструментов.

Статья сфокусирована на технологии электронной декларации (ЭД) (*e-Declaration*), которая позволяет заполнять и подавать в налоговые органы отчетность с помощью ИКТ. Анализируется связь между характеристиками пользователей, их доверием к технологии ЭД и намерениями прибегать к ней в дальнейшем. Рассмотренные характеристики пользователей

включают общее доверие, доверие к научно-технологическому прогрессу, а также опыт работы в интернете и доверие к нему. Данные были собраны с помощью метода компьютеризированных веб-интервью (*computer assisted web interview, CAWI*). Всего были отобраны 1054 полностью заполненные анкеты. Регрессионному анализу предшествовал корреляционный анализ переменных. Выдвинутые гипотезы были проверены с помощью непараметрического критерия Краскела-Уоллиса (Kruskal-Wallis). Полученные результаты подтвердили наличие положительной взаимосвязи между уровнем доверия к ЭД и всеми протестированными конструкциями: уровнем общего доверия, уровнем доверия к науке и технике, уровнем доверия к интернету и интернет-опытом. Была подтверждена положительная зависимость намерения использовать технологию ЭД в будущем от доверия к ней. С помощью регрессионной модели было установлено, что ключевым фактором успешного развития ЭП служит доверие к интернету. Польскому правительству, которое занимается внедрением решений в области ЭП, стремится повысить доверие к ним и расширить их применение в будущем, рекомендовано сосредоточиться на укреплении доверия к интернету и к научно-технологическому прогрессу в целом.

Ключевые слова: намерения пользователей; доверие к технологиям; электронное правительство; общее доверие; интернет-опыт; доверие к интернету

Цитирование: Ejdy J. (2020) Trust-Based Determinants of Future Intention to Use Technology. *Foresight and STI Governance*, vol. 14, no 1, pp. 60–68.
DOI: 10.17323/2500-2597.2020.1.60.68

Trust-Based Determinants of Future Intention to Use Technology

Joanna Ejdys

Professor, Faculty of Engineering Management, j.ejdys@pb.edu.pl

Bialystok University of Technology, 45A, Wiejska Street, 15-351 Bialystok, Poland

Abstract

It is widely recognized that one of the factors determining current and future socioeconomic development is the level of digitalization shaping a new type of society — the information society. One area of ICT application within information society is e-Government. A relatively low level of development of e-Government services in Poland was behind the search for the causes of this phenomenon. Among many technological, organizational, human, economic, social, and cultural factors determining the development of e-Government, many researchers indicated trust as one of the most critical factors. Mistrust is perceived as a basic limitation for the implementation of e-Government solutions. The author's object of interest was e-Declaration technology, which enables electronic filling and sending of tax returns to tax authorities. This article investigates the relationship between the features of technology users and their trust in the e-Declaration technology and their future intention to use the technology. The researched user traits refer to their general trust, overall trust in technology and science development, and their experience and trust in

the internet. Data was collected with the use of the CATI (Computer Assisted Web Interview) technique. Altogether, 1,054 completed questionnaires were selected, containing 100% of the answers. The regression analysis was preceded by an analysis of correlations between variables. The hypotheses were confirmed using the Kruskal–Wallis non-parametric test. The obtained results confirmed positive relationships between Trust in e-Declaration (T) and all tested constructs: General Trust (GT), overall Trust in Science and Technology (TST), Trust in the Internet (TinI) and Internet Experience (IE). Results also confirmed a positive impact of Trust in e-Declaration (T) on the Future Intention (FI) to use the technology. In the adopted regression model, Trust in the Internet was recognized as a key factor in the success of e-Government development. Therefore, the Polish government, which offers solutions in the field of e-Government and wants to increase trust in the technology as well as extend future adaptations of the technology, should concentrate on building trust in the internet and the development of technology and science in general.

Keywords: user intentions; trust in technology; e-government; general trust; Internet experience; trust in the Internet

Citation: Ejdys J. (2020) Trust-Based Determinants of Future Intention to Use Technology. *Foresight and STI Governance*, vol. 14, no 1, pp. 60–68. DOI: 10.17323/2500-2597.2020.1.60.68

Бурное развитие и экспансия технологий регулярно актуализируют проблему масштабов распространения той или иной технологии в будущем [Nazarko, 2017; Nazarko et al., 2017]. Особенную остроту для разработчиков и пользователей [Halicka, 2018] этот вопрос приобретает в контексте применения радикально новых технологий [Hengstler et al., 2016]. Для анализа процессов внедрения созданы множество теоретических инструментов, в частности модель принятия технологий (МПТ) (*Technology Acceptance Model*, ТАМ), единая теория принятия и использования технологий (ЕТПИТ) (*Unified Theory of Acceptance and Use of Technology*, UTAUT) и модель D&M IT Success. Наибольшей популярностью пользуется МПТ, разработанная Фредом Дэвисом (Fred Davis) и основанная на предположении, что эксплуатация технических систем определяется мотивацией их пользователей, которая в свою очередь зависит от других внешних характеристик и возможностей самой системы [Davis, 1985]. За последние 30 лет исходная конфигурация МПТ претерпела множество изменений, в частности, за счет добавления дополнительных переменных. Некоторые исследователи обогатили модели оценки текущего и будущего уровней использования технологий, введя переменную доверия к ним [Gefen, 2004; Gefen et al., 2003; Wu et al., 2011]. Изучение модели ЕТПИТ показало, что при ее применении в качестве внешней переменной также чаще всего учитывалось доверие к технологии [Williams et al., 2015]. В работе [Tams et al., 2018] доверие к технологии определяется как восприятие ее желательных или полезных свойств.

В ряде исследований показано, что доверие влияет на уровень принятия различных технологий, в частности рекомендательных онлайн-сервисов, информационных систем для бизнеса, порталов мобильной торговли и систем управления знаниями [Lankton et al., 2015]. Недостаток доверия выступает одним из основных препятствий к внедрению электронных услуг, особенно когда речь идет о персональной или финансовой информации [Pavlou, Fygenonson, 2006; Belanger, Carter, 2008].

Фактор доверия следует учитывать на разных стадиях принятия технологии. Можно выделить два вида такого доверия: *априорное*, т. е. сформировавшееся до фактического применения/внедрения технологии, и *апостериорное* — сложившееся после такого опыта [Rousseau et al., 1998; McKnight et al., 1998; Komiak, Benbasat, 2008; Lin et al., 2014]. *Априорное* доверие влияет на намерения потенциальных пользователей применить технологию, *апостериорное* определяет намерения продолжить ее применение. В описанных многочисленными исследователями МПТ доверие рассматривается как детерминант отношения к использованию технологии [Gefen, 2004; Gefen et al., 2003; Lean et al., 2009]. В статье [Wu et al., 2011] подтверждено наличие статистически значимой связи между доверием и отношением.

Дэвид Менг (David Meng) с коллегами [Meng et al., 2008] изучали факторы доверия к технологиям мобильной торговли. Предложенная ими (но не проверенная эмпирически) модель включает четыре категории переменных: общее доверие, доверие к мобильным

технологиям в целом, доверие к продавцу (его способностям/компетентности, надежности и дружелюбию) и институциональное доверие [Meng et al., 2008]. Жэньчан-Виктор Чен (Jengchung Victor Chen) с соавторами исследовали технологические аспекты электронного правительства (ЭП). В качестве детерминантов рассматривались общее доверие к технологии, доверие к администрации, к правительственным сайтам и предыдущий опыт использования услуг электронного правительства (ЭП) (*e-Government*) [Chen et al., 2015]. В работе [Alzahrani et al., 2017] предложена теоретическая модель, в которой к числу факторов, определяющих доверие к ЭП, отнесены пользовательский опыт, общее доверие, опыт пользования интернетом и уровень образования.

Исследования позволили выделить четыре группы детерминантов доверия: (i) институционально-организационные, (ii) технологические, (iii) связанные с характеристиками пользователя и (iv) с окружающей средой. Особое внимание специалистов привлекают пользовательские характеристики. В интересах нашего исследования из круга рассматриваемых факторов будут исключены те, что связаны с функциональностью и полезностью технологий. Мы сосредоточимся на переменных, определяющих доверие к конкретной технологии, к числу которых относятся общее доверие, доверие к науке и технологиям, а также доверие к интернету и опыт пользования им. Предложенная модель включает также связь между доверием к технологии и будущими намерениями пользователей.

Анализ литературы позволил поставить вопрос о том, как характеристики пользователей технологии влияют на доверие польского общества к ЭП и на уровень использования услуг ЭП в будущем?

Цель статьи состоит в изучении взаимосвязи между характеристиками пользователей технологии и их доверием к ней, а также намерением применять ее в будущем. Проанализированные характеристики пользователей связаны с общим доверием, доверием к научно-технологическому прогрессу и доверием к интернету.

Обзор литературы и теоретическая модель

С социологической точки зрения общий уровень доверия (доверие людей друг к другу, интересующее социологов в первую очередь) влияет на отношение к конкретной технологии. Общее доверие — это убеждение, что люди, как правило, благонадежны. В исследовании [Chopra, Wallace, 2003] продемонстрировано, что каждому человеку присущ индивидуальный уровень общего доверия, обусловленный культурными и социологическими факторами. Склонность к доверию (общее доверие) отражает способность полагаться на других в различных ситуациях [Kumar et al., 2017]. Пользователи с высоким значением данного показателя обычно положительно воспринимают новые технологические решения [Zhou, 2011]. Авторы работы [Lee, Turban, 2001] подтверждают зависимость отношения потребителей к интернет-торговле от индивидуального уровня общего

доверия (склонности доверять другим). Эта характеристика влияет также на доверие к технологиям [Lippert, Swiercz, 2005]. В статье [Agag, El-Masry, 2017] протестирована связь между общим доверием и потребительским доверием к сайтам путешествий и доказана их положительная взаимозависимость. Все это позволяет сформулировать следующую гипотезу:

Гипотеза Н1. *Общее доверие (GT) положительно влияет на доверие к технологии электронной декларации (ЭД) (e-Declaration) (T).*

Кроме общего доверия, отражающего готовность человека полагаться на других в конкретной ситуации, большую роль играет также отношение пользователей технологий к научно-технологическому прогрессу в целом. Высокий уровень общего доверия не всегда означает согласие с тем, что технологическое развитие улучшает жизнь. Результаты Всемирного обследования ценностей¹ (World Values Survey, WVS) свидетельствуют, что жители стран со сравнительно высоким уровнем общего доверия гораздо ниже оценивают положительное влияние науки и технологий на жизнь и на мир в целом. Например, в скандинавских странах (Финляндии, Швеции, Норвегии), где уровень общего социального доверия очень высок (мнения о том, что «большинству людей можно доверять», здесь придерживаются 58, 60.1 и 73.7% населения соответственно), убежденность в том, что «наука и технологии делают нашу жизнь здоровее и легче», выражают значительно реже (согласны с этим утверждением (на уровне 8–10 баллов) 36, 38 и 33.5% населения соответственно). В Польше ситуация обратная: лишь 22.2% населения страны разделяют позицию «большинству людей можно доверять», а 61.2% оценили утверждение «наука и технологии делают нашу жизнь здоровее и легче», в диапазоне от 8 до 10 баллов. Дополнительная переменная призвана отразить убеждение пользователей технологии, что наука и технологии делают жизнь лучше, здоровее и комфортнее, а мир в целом — лучше. Учитывая изложенное, вторая гипотеза звучит следующим образом.

Гипотеза Н2. *Доверие к науке и технологиям в целом (TST) положительно влияет на доверие к технологии ЭД (T).*

Интернет как инфраструктура ЭП для некоторых пользователей по-прежнему сопряжен с неопределенностью, а отсутствие доверия сказывается на пользовании электронными услугами [Carter, Bélanger, 2005]. Анастасия Вутиниоти (Anastasia Voutinioti) включила переменную доверия к интернету в модель ЕТПИТ, установив статистически значимую связь между уровнем доверия и намерением пользоваться услугами ЭП [Voutinioti, 2013]. В модели оценки доверия к технологии онлайн-торговли учитывается влияние доверия к интернету на эту переменную [Lee, Turban, 2001]. В статье [Agag, El-Masry, 2017] проверена связь потребительского опыта и доверия потребителей к сайтам путешествий. С учетом сказанного можно сформулировать следующие две гипотезы.

Гипотеза Н3. *Доверие к интернету (TinI) положительно влияет на уровень доверия к технологии ЭД (T).*

Гипотеза Н4. *Опыт пользования интернетом (IE) положительно влияет на уровень доверия к технологии ЭД (T).*

Факторы доверия к технологиям хорошо исследованы, но лишь немногие авторы задавались вопросом, как и почему доверие определяет уровень последующего использования технологий [Tams et al., 2018]. С психологической точки зрения доверие может помочь пользователю исключить нежелательные и непредсказуемые проявления технологии и тем самым упрочить намерение ею воспользоваться [Gefen et al., 2003]. Модель имплементации ЭП отражает значение доверия как важного элемента устойчивого принятия таких услуг пользователями [Joshi, Islam, 2018]. В исследовании [Hernandez-Ortega, 2011] отмечено, что доверие к технологии положительно повлияло на намерения продолжать ее применение. В работе [Weerakkody et al., 2013] подтверждены сделанные ранее выводы о положительном влиянии доверия на принятие и дальнейшее использование услуг ЭП. Именно доверие предопределяет намерение потребителей приобретать туристические путевки онлайн [Agag, El-Masry, 2017]. Сходные результаты дает анализ технологии мобильного банкинга [Kumar et al., 2017]. Аналогичным образом доверие к беспилотным автомобилям играет решающую роль в принятии этой технологии [Kaur, Rampersad, 2018]. Исследование мобильных платежей «ближнего поля» (near-field) выявило статистически значимую взаимосвязь между доверием и намерениями пользователей [Khalilzadeh et al., 2017]. Схожие выводы получены и применительно к ЭП [Voutinioti, 2013]. Расхождения в результатах доказывают, что характер рассматриваемой связи зависит от вида технологии. Следующая гипотеза выглядит поэтому так:

Гипотеза Н5. *Доверие к технологии ЭД (T) положительно влияет на намерение воспользоваться ею в будущем (FI).*

На рис. 1 представлена концептуальная модель, отражающая взаимосвязь всех упомянутых теоретических переменных и гипотез.

Методология исследования

Данные

Предметом нашего исследования стала ЭД — технология подачи налоговых деклараций в электронном виде. Этот сервис и соответствующий ИКТ-инструментарий были разработаны Министерством финансов Польши. В 2018 г. жители страны заполнили более 11 млн налоговых ЭД.

Источником данных послужили опросы, т. е. исследование носило количественный характер, что позволило проверить выдвинутые гипотезы. Сбор данных проходил в формате компьютеризированных веб-интервью (computer assisted web interview, CAWI).

¹ Режим доступа: <http://www.worldvaluessurvey.org/wvs.jsp>, дата обращения 10.07.2017.

Рис. 1. Концептуальная модель



В число респондентов вошли жители Польши, пользовавшиеся ЭД в течение последних двух лет, т. е. подававшие налоговые декларации онлайн. В исследовании участвовали сотрудники Министерства финансов, на утверждение которым была представлена разработанная нами анкета. Задача Министерства состояла в том, чтобы разослать случайно выбранным налогоплательщикам, зарегистрированным в базе данных ведомства, электронные письма со ссылкой на анкету.

Репрезентативность сформированной выборки гарантирует соответствие полученных результатов генеральной совокупности. Минимальный размер выборки в 1067 респондентов был установлен исходя из доверительного интервала в 0.95 (1- α) и максимально допустимой погрешности в 3% для генеральной совокупности порядка 11 млн налогоплательщиков, воспользовавшихся системой ЭП. Опрос был проведен в мае 2018 г. Последовательная пакетная (ввиду технических ограничений почтового ящика) рассылка электронных писем с выделенного адреса ankietaPB@mf.gov.pl позволяла вести непрерывный мониторинг хода выполнения опроса. Рассылка была остановлена после получения 2067 заполненных анкет, из которых после анализа и отсева опросников с пробелами в данных были отобраны 1054 анкеты со 100% ответов.

Что касается половозрастной структуры выборки, то 484 из 1054 респондентов (45.9%) — женщины, 570 (54.1%) — мужчины. Численность опрошенных в возрасте 26–40 лет — 549 чел. (52.1%), вторая по величине группа респондентов в возрасте 41–60 лет — 311 чел. (29.5%). Доли респондентов в возрастных когортах 18–25 лет и старше 61 года составили около 9% каждая: 96 (9.1%) и 98 чел. (9.3%), соответственно.

Показатели

Поскольку некоторые концепты не поддаются прямому измерению, в каждом случае использовался индивидуальный набор показателей. Анализ литературы позволил выделить четыре индикатора для измерения доверия к ЭД и два — для оценки намерения использовать

ее в будущем (табл. 1). Для измерения общего доверия и доверия к науке и технологиям использовалась методология WVS. Все концепты оценивались по 7-балльной шкале Лайкерта: респондентам предлагалось оценить свое согласие с каждым из индикаторов в диапазоне от 1 (совершенно не согласен) до 7 (полностью согласен). Для проверки использовались коэффициенты альфа Кронбаха, подтвердившие приемлемую надежность шкалы (в диапазоне от 0.738 до 0.926). Описательная статистика и показатели надежности концептов и индикаторов представлены в табл. 1.

Средние значения рассматриваемых концептов приведены на рис. 2. Уровень общего (социального) доверия соответствует результатам WVS, по итогам которого Польша попала в группу стран с относительно низкими значениями данного показателя.

Структура оценок переменных представлена на рис. 3.

Оценки 94.5% респондентов в отношении переменной интернет-опыта (IE) распределились в диапазоне 5–7 баллов, т. е. оказались довольно высокими. По сравнению с другими наблюдаемыми переменными доверие к интернету (TinI) было несколько ниже: почти каждый четвертый респондент (23,6%) присвоил ему от 1 до 3 баллов. Исследование выявило более низкий уровень доверия к конкретной технологии (ЭД, переменные T1–T4) по сравнению с общим доверием к науке и технологиям (TST1, TST).

Результаты

В табл. 2 приведены значения коэффициента корреляции Спирмена для рассматриваемых переменных. Выявлена значимая корреляция между всеми концептами и доверием к ЭД, уровень которого, однако, колеблется между слабым и средним.

Рис. 2. Средние значения оценок конструктов (баллы)



Табл. 1. Концепты и индикаторы

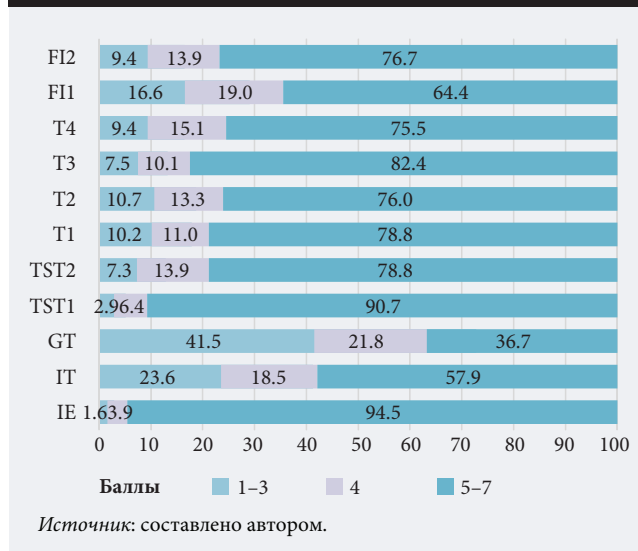
Концепт (источник)	Аббревиатура	Рассматриваемая переменная (индикатор)	Среднее значение	Альфа Кронбаха
Общее доверие (World Values Survey)	GT	Большинству людей можно доверять	3.83	
Доверие к науке и технологиям в целом (World Values Survey)	TST1	Наука и технологии делают нашу жизнь здоровее, легче и комфортнее	6.27	0.760
	TST2	Наука и технологии делают мир лучше	5.78	
Доверие к интернету	TinI	Я в целом доверяю решениям, которые предлагают в интернете	4.70	
Опыт пользования интернетом	IE	У меня большой опыт пользования интернетом	6.47	
Доверие к ЭД [Al-Hujran et al., 2015; Colesca, 2009; Lippert, 2007]	T1	Мой личный опыт показывает, что система ЭД работает нормально	5.49	0.926
	T2	Я уверен, что когда захочу воспользоваться системой ЭД, она будет работать нормально	5.38	
	T3	На систему ЭД можно положиться	5.69	
	T4	Система ЭД предсказуема и не меняется	5.42	
Намерение пользоваться ЭД в будущем [Kurfal et al., 2017; Al-Hujran et al., 2015; Venkatesh et al., 2012; Bélanger, Carter, 2008; Carter, Bélanger, 2005]	FI1	Мне следует активнее пользоваться системой ЭД	5.13	0.738
	FI2	Я собираюсь активнее пользоваться услугами ЭП	5.61	

Источник: составлено автором.

Гипотезы были проверены с помощью непараметрического критерия Краскела-Уоллиса. Результаты теста представлены в табл. 3. Тестирование взаимосвязей между концептами показало, что все они находятся на статистически значимом уровне. Доверие к ЭД (Т) было значимым по отношению к общему доверию (GT), общему доверию к науке и технологиям (TST), доверию к интернету (TinI) и опыту пользования им (IE). Тем самым подтверждено наличие связей, указанных в гипотезах Н1–Н4, а также Н5, поскольку доверие к ЭД (Т) оказало статистически значимое влияние на намерения пользователей (FI).

Корреляционный анализ, подтвердивший статистическую значимость связей между переменными «Общее доверие», «Общее доверие к науке и технологиям», «Доверие к интернету», «Опыт пользования интернетом» и «Доверие к ЭД», позволил выполнить множественный регрессионный анализ. Построенная модель регрессии оказалась статистически значимой ($F=78.373$; $p<0.001$), а все прогностические факторы объясняли 23% зависимой переменной ($R^2=0.23$). Доверие к интернету ($\beta=0.25$; $t=9.897$; $p<0.001$) и общее доверие к науке и технологиям ($\beta=0.23$; $t=6.641$; $p<0.001$) оказывают значительное положительное влияние на доверие к ЭД.

Рис. 3. Средние значения оценок конструктов (%)



Обсуждение

Корреляционный анализ подтвердил статистически значимую связь между уровнем доверия к ЭД (Т) и всеми проанализированными переменными: общим доверием (GT), общим доверием к науке и технологиям (TST), доверием к интернету (TinI) и опытом пользования им (IE). Аналогичная зависимость прослежена между доверием к ЭД (Т) и намерением пользоваться этой технологией в будущем (FI), т. е. верифицирована гипотеза Н5. Сходные результаты получали многие другие исследователи [Weerakkody et al., 2013; Voutinioti, 2013; Kumar et al., 2017; Kaur, Rampersad, 2018; Ejdy, Halicka, 2018].

Было установлено, что переменная общего доверия (GT) оказывает статистически значимое влияние на доверие к ЭД (Т), что подтверждает гипотезу Н1 и согласуется с результатами ранее проведенных исследований [Lippert, Swiercz, 2005; Agag, El-Masry, 2017]. Отчасти эта связь может объяснять относительно низкий уровень цифровизации государственных услуг в Польше.

Табл. 2. Коэффициенты корреляции Спирмена

Концепт	Доверие к концепту ЭД
Общее доверие	0.229**
Общее доверие к науке и технологиям	0.372**
Доверие к интернету	0.456**
Опыт пользования интернетом	0.167**
Намерение пользоваться ЭД в будущем	0.434**
<i>Примечание:</i> ** — статистическая значимость на уровне 0.05. <i>Источник:</i> составлено автором.	

Столь же скромным остается уровень социального доверия в польском обществе: лишь 22.2% населения страны положительно отреагировали на утверждение «Большинству людей можно доверять». Это очень низкий показатель по сравнению с другими странами, в частности с Финляндией, Швецией и Норвегией, где доля разделяющих это мнение жителей гораздо выше — 58, 60.1 и 73.7% соответственно. Таким образом, формирование доверия к технологиям, влияющего на масштабы их будущего использования, во многом определяется общим уровнем социального доверия.

Результаты проведенного нами анализа подтвердили статистически значимую связь между общим доверием к науке и технологиям (TST) и доверием к технологии ЭД (гипотеза H2). Несмотря на относительно низкий уровень первого показателя, польское общество характеризуется высоким доверием к научно-технологическому прогрессу как фактору, обеспечивающему качество жизни, здоровье и комфорт. Такое отношение к науке и технологиям определяет также доверие к конкретным технологическим решениям, в нашем случае — к ЭД.

С помощью предложенной модели была исследована и подтверждена связь между доверием к интернету в целом (а также опытом пользования им) и доверием к ЭД (гипотезы H3 и H4). Полученные результаты соответствуют выводам других исследований, авторы кото-

рых (напр., [Carter, Bélanger, 2005; Voutinioti, 2013]) рассматривают интернет как новую среду для реализации технологических решений в качестве важного фактора доверия к ним. Ключевыми условиями при этом оказываются доверие к интернету и опыт пользования им.

Регрессионный анализ позволил ответить на вопрос о факторах, которые следует учитывать для повышения уровня доверия к технологии. Наибольшие коэффициенты В в уравнении регрессии (и, следовательно, статистически значимые зависимости) были выявлены для переменных доверия к интернету (TinI) и к науке и технологиям (TST). Польскому правительству, продвигающему услуги ЭП и заинтересованному в повышении доверия к ним, следует сосредоточиться на укреплении доверия к интернету и научно-технологическому прогрессу в целом. Роль этих факторов в успехе развития ЭП признают авторы работ [Belanger, Carter, 2008; Lee et al., 2011]. Одним из инструментов укрепления доверия к интернету служит соглашение об уровне обслуживания (*service level agreement, SLA*), определяющее качество услуг. Например, в Польше уровень охвата SLA для электронной платформы услуг государственного управления (Electronic Platform for Public Administration Services, ePUAP), или ЭП, в 2015 г. составил 96.38%.

Выводы

Тема нашей статьи представляется особенно актуальной для интерпретации относительно низкого уровня цифрового взаимодействия поляков с государственными учреждениями: доля вовлеченных в него польских граждан составляет всего 30% против 88 — в Дании, 85% — в Норвегии и 82% — в Финляндии². По данным Евростата, в 2013 г. лишь 12% польских граждан подали ЭД в налоговые органы, тогда как в Дании их доля составляла 63%, в Исландии — 61%, в Норвегии — 50%, в Швеции — 46%³. Технологическое отставание Польши от стран Западной Европы зачастую порождает ошибки при международном сравнительном анализе.

Табл. 3. Результаты тестирования гипотез

Связь между концептами	Хи-квадрат тестируемых данных	P	Результат тестирования гипотезы
H1: общее доверие и доверие к ЭД	114.64	***	Подтверждено
H2: общее доверие к науке и технологиям и доверие к ЭД	158.20	***	Подтверждено
H3: доверие к интернету и доверие к ЭД	237.05	***	Подтверждено
H4: опыт пользования интернетом и доверие к ЭД	39.926	***	Подтверждено
H5: доверие к ЭД и намерение использовать ее в будущем	207.73	***	Подтверждено
<i>Примечание:</i> Статистическая значимость была установлена на уровне 0.05. <i>Источник:</i> составлено автором.			

² Digital Economy and Society Index, 2017. Режим доступа: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/data/database>, дата обращения 07.08.2019.

³ Digital Economy and Society Database, 2017. Режим доступа: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/scoreboard/poland>, дата обращения: 19.03.2019.

Табл. 4. Результаты множественного регрессионного анализа

Модель	Нестандартизированные коэффициенты		Стандартизированные коэффициенты	t	Значимая величина p
	B	Стандартная ошибка	Beta		
Константа	2.359	0.263		8.976	0.000
Опыт пользования интернетом	0.069	0.041	0.051	1.704	0.089
Доверие к интернету	0.250	0.025	0.314	9.897	0.000
Общее доверие	0.029	0.021	0.040	1.355	0.176
Общее доверие к науке и технологиям	0.233	0.035	0.212	6.641	0.000

Результат моделирования:

R	Скорректированный R ²	Стандартная ошибка	df1	df2	Средний квадрат	F	Значимость
0.480	0.227	1.165	4	1041	106.306	78.373	0.000

Зависимая переменная: доверие к электронной декларации. Предикторы: опыт пользования интернетом, доверие к интернету, общее доверие, общее доверие к науке и технологиям.

Источник: составлено авторами.

В статье [Alzahrani et al., 2017] показано, что граждане многих стран по-прежнему не доверяют услугам, предоставляемым государственными органами. Это существенно сдерживает дальнейшее совершенствование и распространение таких услуг. Целью нашего исследования было показать взаимосвязь между детерминантами доверия к технологиям ЭП и намерением воспользоваться ими в будущем на примере технологии заполнения и подачи налогоплательщиками деклараций онлайн (ЭД).

Проведенный анализ подтвердил, что дальнейший масштаб использования решений в области ЭП будет определяться уровнем доверия пользователей к ним. Ключевым детерминантом доверия к предлагаемым правительством технологическим решениям служат гарантии безопасности при пользовании интернетом. Дальнейшие исследования следует сфокусировать на поиске инструментов укрепления доверия к интернету и науке и технологиям в целом, важным ресурсом которого выступает информирование пользователей о потенциальных угрозах, рисках и мерах по их нейтрализации.

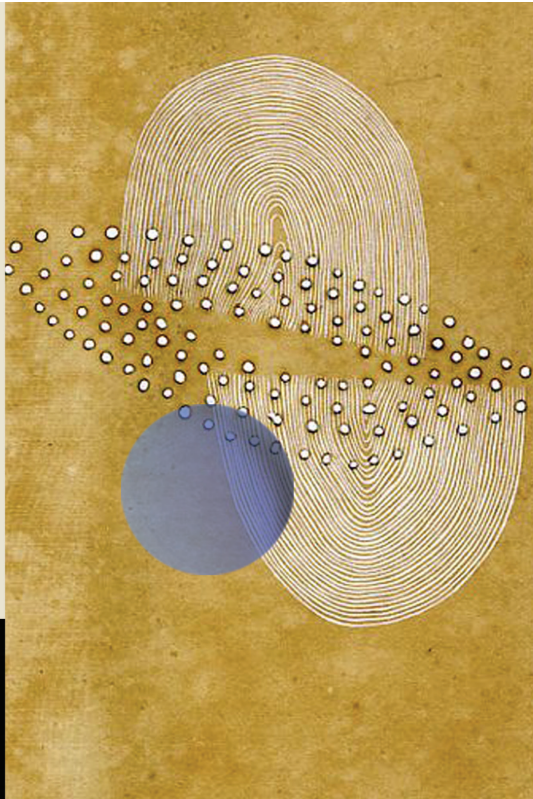
Опыт реального использования технологии ЭД без нежелательных или непредвиденных последствий (потеря данных) будет способствовать постепенному росту доверия к этой технологии, а дополнительным стимулом для пользователей послужит рост популярности ИКТ-решений в других сферах жизни. Поскольку процессы формирования как межличностного доверия, так и доверия к технологиям носят инерционный и длительный характер, желаемых целей и изменений в поведении пользователей зачастую удается достичь лишь годы спустя.

Полученные результаты обозначают направление, в котором целесообразно развивать технологические инновации в области ЭП, чтобы привести эти услуги в соответствие с парадигмой ответственных исследований и инноваций [Nazarko, 2016]. Плодотворным может оказаться мониторинг динамики доверия польского общества к науке и технологиям. В настоящее время сравнительно высокий уровень доверия к технологиям и науке обратно пропорционален уровню межличностного доверия.

Библиография

- Agag G.M., El-Masry A.A. (2017) Why Do Consumers Trust Online Travel Websites? Drivers and Outcomes of Consumer Trust toward Online Travel Websites // Journal of Travel Research. Vol. 56. № 3. P. 347–369. DOI: 10.1177/0047287516643185.
- Al-Hujran O., Al-Debei M.M., Chatfield A., Migdadi M. (2015) The imperative of influencing citizen attitude toward e-government adoption and use // Computers in Human Behavior. Vol. 53. P. 189–203. DOI: 10.1016/j.chb.2015.06.025.
- Alzahrani L., Al-Karaghoul W., Weerakkody V. (2017) Analysing the critical factors influencing trust in e-government adoption from citizens' perspective: A systematic review and a conceptual framework // International Business Review. Vol. 26. № 1. P. 164–175. DOI: 10.1016/j.ibusrev.2016.06.004.
- Belanger F., Carter L. (2008) Trust and risk in e-Government adoption // The Journal of Strategic Information Systems. Vol. 17. № 2. P. 165–176. DOI: 10.1016/j.jsis.2007.12.002.
- Carter L., Bélanger F. (2005) The utilization of e-government services: Citizen trust, innovation and acceptance factors // Information Systems Journal. Vol. 15. № 1. P. 5–25. DOI: 10.1111/j.1365-2575.2005.00183.x.
- Chen J.V., Jubilado R.J.M., Capistrano E.P.S., Yen D.C. (2015) Factors affecting online tax filing — An application of the IS Success Model and trust theory // Computers in Human Behavior. Vol. 43. P. 251–262. DOI: 10.1016/j.chb.2014.11.017.
- Chopra K., Wallace W.A. (2003) Trust in electronic environments // Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on System Science. Piscataway, NJ: IEEE. P. 123–135.
- Colesca S.E. (2009) Understanding Trust in e-Government // Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics. Vol. 63. № 4. P. 1–15. Режим доступа: <http://inze.ktu.lt/index.php/EE/issue/view/424>, дата обращения 24.05.2019.
- Davis F.D. (1985) A Technology Acceptance Model for empirically testing new and-user information systems: Theory and results. Cambridge, MA: MIT Sloan School of Management.

- Ejdys J., Halicka K. (2018) Sustainable Adaptation of New Technology — The Case of Humanoids Used for the Care of Older Adults // Sustainability. Vol. 10. № 10. Art. 3770. Режим доступа: <https://doi.org/10.3390/su10103770>, дата обращения 15.09.2019.
- Gefen D. (2004) What makes an ERP implementation relationship worthwhile: Linking trust mechanisms and ERP usefulness // Journal of Management Information Systems. Vol. 21. № 1. P. 263–288. DOI: 10.1080/07421222.2004.11045792.
- Gefen D., Karahanna E., Straub D. (2003a) Trust and TAM in online shopping: An integrated model // MIS Quarterly. Vol. 27. № 1. P. 51–90. DOI: 10.2307/30036519.
- Gefen D., Karahanna E., Straub D.W. (2003b) Inexperience and experience with online stores: The importance of TAM and trust // IEEE Transactions on Engineering Management. Vol. 50. № 3. P. 307–321. DOI: 10.1109/TEM.2003.817277.
- Halicka K. (2019) Gerontechnology — the assessment of one selected technology improving the quality of life of older adults // Engineering Management in Production and Services. Vol. 11. № 2. P. 43–51. DOI: 10.2478/emj-2019-0010.
- Hengstler M., Enkel E., Duelli S. (2016) Applied artificial intelligence and trust — The case of autonomous vehicles and medical assistance devices // Technological Forecasting & Social Change. Vol. 105. P. 105–120. DOI: 10.1016/j.techfore.2015.12.014.
- Hernández-Ortega B. (2011) The role of post-use trust in the acceptance of a technology: Drivers and consequences // Technovation. Vol. 31. № 10–11. P. 523–538. DOI: 10.1016/j.technovation.2011.07.001.
- Joshi P., Shareef I. (2018) E-Government Maturity Model for Sustainable E-Government Services from the Perspective of Developing Countries // Sustainability. Vol. 10. Art. 1882. P. 1–28. DOI: 10.3390/su10061882.
- Kaur K., Rampersad G. (2018) Trust in driverless cars: Investigating key factors influencing the adoption of driverless cars // Journal of Engineering and Technology Management. Vol. 48. P. 87–96. DOI: 10.1016/j.jengtecman.2018.04.006.
- Khalilzadeh J., Ozturk A.B., Bilgihan A. (2017) Security-related factors in extended UTAUT model for NFC based mobile payment in the restaurant industry // Computers in Human Behavior. Vol. 70. P. 460–474. DOI: 10.1016/j.chb.2017.01.001.
- Komiak S.Y.X., Benbasat I.A. (2008) Two-process view of trust and distrust building in recommendation agents: A process-tracing study // Journal of the Association for Information Systems. Vol. 9. № 12. P. 727–747. DOI: 10.17705/1jais.00180.
- Kumar V.V.R., Lall A., Mane T. (2017) Extending the TAM Model: Intention of Management Students to Use Mobile Banking: Evidence from India // Global Business Review. Vol. 18. № 1. P. 238–249. DOI: 10.1177/0972150916666991.
- Kurfal M., Arifoglu A., Tokdemir G., Paçin Y. (2017) Adoption of e-government services in Turkey // Computers in Human Behavior. Vol. 66. P. 168–178. DOI: 10.1016/j.chb.2016.09.041.
- Lankton N.K., McKnight D.H., Tripp J. (2015) Technology, Humanness, and Trust: Rethinking Trust in Technology // Journal of the Association for Information Systems. Vol. 16. № 10. P. 880–918. DOI: 10.17705/1jais.00411.
- Lean K., Zailani S., Ramayah T., Fernando Y. (2009) Factors influencing intention to use e-government services among citizens in Malaysia // International Journal of Information Management. Vol. 29. № 6. P. 458–475. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2009.03.012.
- Lee J., Kim H. J., Ahn M.J. (2011) The willingness of e-Government service adoption by business users: The role of offline service quality and trust in technology // Government Information Quarterly. Vol. 28. № 2. P. 222–230. DOI: 10.1016/j.giq.2010.07.007.
- Lee M.K.O., Turban E. (2001) A trust model for consumer internet shopping // International Journal of Electronic Commerce. Vol. 6. № 1. P. 75–91. DOI: 10.1080/10864415.2001.11044227.
- Lin J., Wang B., Wang N., Lu Y. (2014) Understanding the evolution of consumer trust in mobile commerce: A longitudinal study // Information Technology and Management. Vol. 15. № 1. P. 37–49. DOI: 10.1007/s10799-013-0172-y.
- Lippert S.K. (2007) Investigating Postadoption Utilization: An Examination Into the Role of Interorganizational and Technology Trust // IEEE Transactions on Engineering Management. Vol. 54. № 3. P. 468–483. DOI: 10.1109/TEM.2007.900792.
- Lippert S.K., Swiercz P.M. (2005) Human resource information systems (HRIS) and technology trust // Journal of Information Science. Vol. 31. № 5. P. 340–353. DOI: 10.1177/0165551505055399.
- McKnight D.H., Cummings L.L., Chervany N.L. (1998) Initial trust formation in new organizational relationships // Academy of Management Review. Vol. 23. № 3. P. 473–490. Режим доступа: <https://www.jstor.org/stable/259290>, дата обращения 09.06.2019.
- Meng D., Min Q., Li Y. (2008) Study on trust in mobile commerce adaptation — A conceptual model // Proceedings of the 2008 International Symposium on Electronic Commerce and Security, 3-5 August, Guangzhou City, China. Piscataway, NJ: IEEE. P. 246–249. Режим доступа: <https://doi.org/10.1109/ISECS.2008.54>, дата обращения 12.11.2018.
- Nazarko J., Ejdys J., Halicka K., Magruk A., Nazarko Ł., Skorek A. (2017) Application of Enhanced SWOT Analysis in the Future-oriented Public Management of Technology // Procedia Engineering. Vol. 182. P. 482–490. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.03.140.
- Nazarko L. (2016) Responsible Research and Innovation — A New Paradigm of Technology Management. Paper presented at the 9th International Scientific Conference “Business and Management 2016”, Vilnius Gediminas Technical University. May 12–13, 2016. DOI: 10.3846/bm.2016.71.
- Nazarko L. (2017) Future-Oriented Technology Assessment // Procedia Engineering. Vol. 182. P. 504–509. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.03.144.
- Pavlou P., Fygenson M. (2006) Understanding and predicting electronic commerce adoption: An extension of the theory of planned behaviour // MIS Quarterly. Vol. 30. № 1. P. 115–143. DOI: 10.2307/25148720.
- Rousseau D.M., Sitkin S.B., Burt R.S., Camerer C. (1998) Not so different after all: A cross-discipline view of trust // Academy of Management Review. Vol. 23. № 3. P. 393–403. DOI: 10.5465/amr.1998.926617.
- Tams S., Thatcher J. B., Craig K. (2018) How and why trust matters in post-adoptive usage: The mediating roles of internal and external self-efficacy // Journal of Strategic Information Systems. Vol. 27. P. 170–190. DOI: 10.1016/j.jsis.2017.07.004.
- Venkatesh V., Thong J.Y., Xu X. (2012) Consumer acceptance and use of information technology: Extending the unified theory of acceptance and use of technology // MIS Quarterly. Vol. 36. № 1. P. 157–178. DOI: 10.2307/41410412.
- Voutinioti A. (2013) Determinants of User Adoption of e-Government Services in Greece and the role of Citizen Service Centres // Procedia Technology. Vol. 8. P. 238–244. Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.11.033>, дата обращения 08.08.2019.
- Weerakkody V., El-Haddadeh R., Al-Sobhi F., Shareef M.A., Dwivedi Y.K. (2013) Examining the influence of intermediaries in facilitating e-government adoption: An empirical investigation // International Journal of Information Management. Vol. 33. № 5. P. 716–725.
- Williams M.D., Rana N.P., Dwivedi Y.K. (2015) The unified theory of acceptance and use of technology (UTAUT): A literature review // Journal of Enterprise Information Management. Vol. 28. № 3. P. 443–488. DOI: 10.1108/JEIM-09-2014-0088.
- Wu K., Zhao Y., Zhu Q., Tan X., Zheng H. (2011) A meta-analysis of the impact of trust on technology acceptance model: Investigation of moderating influence of subject and context type // International Journal of Information Management. Vol. 31. № 6. P. 572–581. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2011.03.004.
- Zhou T. (2011) An empirical examination of initial trust in mobile banking // Internet Research. Vol. 21. № 5. P. 527–540. DOI: 10.1108/10662241111176353.



Как беспилотный транспорт меняет облик наших городов?

Алексей Зомарев

Эксперт, Институт экономики транспорта и транспортной политики, aliakseizomarau@gmail.com

Мария Роженко

Доцент, Высшая школа урбанистики, maria_mole@mail.ru

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 101000, Москва, ул. Мясницкая, 11

Аннотация

Появление беспилотных автомобилей на городских улицах из области фантастики давно перешло в разряд перспектив ближайшего десятилетия. Многие страны предпринимают конкретные шаги по внедрению беспилотных технологий вплоть до тестовой эксплуатации пассажирского транспорта и изменения законодательства. Активно обсуждаются новые подходы к организации передвижения пассажиров, переосмысливаются стратегии транспортного планирования: городская транспортная система рассматривается как единое целое, а не совокупность отдельных подсистем (метрополитен, наземный транспорт и др.). Однако место и роль технологии беспилотного передвижения в городской среде исследованы весьма фрагментарно.

В статье предложена методология оценки последствий внедрения технологии беспилотного передвижения в городе на материале существующих планировочных решений Москвы. Городская среда как

объект исследования описывается через совокупность экологических, транспортно-технологических, политических, экономических и социальных показателей, характеризующих дорожно-транспортную ситуацию, потребность в парковочных пространствах, издержки от ДТП, эффективность перевозок, их экологичность, изменение структуры занятости, вовлечение новых пользователей автомобильным транспортом и др. Представлены четыре сценария, различающихся скоростью внедрения беспилотных технологий и развития экономики совместного пользования. Максимальный эффект от усилий в этой сфере в Москве даст проактивная транспортная политика, предусматривающая комплекс требующих исследования мер.

Статья намечает направления дальнейшего изучения роли беспилотных технологий в городе и предлагает практические решения для лиц, ответственных за городскую транспортную политику.

Ключевые слова: беспилотный автомобиль; беспилотные технологии; городская среда; транспортная политика; сценарное прогнозирование; управление транспортной мобильностью; Москва

Цитирование: Zomarev A., Rozhenko M. (2020) Impact of Self-driving Cars for Urban Development. *Foresight and STI Governance*, vol. 14, no 1, pp. 70–84. DOI: 10.17323/2500-2597.2020.1.70.84

Impact of Self-driving Cars for Urban Development

Aleksey Zomarev

Expert, Institute for Transport Economics and Transport Policy Studies, aliakseizomarau@gmail.com

Maria Rozhenko

Associate Professor, Vysokovsky Graduate School of Urbanism, maria_mole@mail.ru

National Research University Higher School of Economics, 11 Myasnitskaya str., Moscow 101000, Russian Federation

Abstract

The advent of self-driving vehicles is no longer just science fiction conjecture but the reality of the coming decade. Various countries have already made real progress in self-driving technologies moving beyond slogans and to meaningful action – multi-country changes in the law, for one thing. Due to the rethinking of the transport planning process and new ways to organize passengers, the urban transport system is considered a single unit, not a set of separated transport subsystems (metro, land transport, etc.). Thus far, however, there has been no extensive study of the potential urban impact of self-driving technologies upon a city and its residents.

This paper presents a methodology for the urban impact assessment of self-driving transportation developed based on an appropriate analysis for the city of Moscow. To that end, the urban environment as a research subject is described as

a set of environmental, transport, technological, economic, social, and regulatory blocks of indicators. We purpose to evaluate these indicators: roads congestion, need for parking spaces, changes in the employment structure, new users of automobile transport, and others.

To estimate the effects on the city, we described four scenarios for the introduction of self-driving cars, differentiated by the speed of technology introduction and the development of co-using economics. To achieve maximal effect of self-driving technology, one needs to adopt a proactive transport policy, including a set of measures defined by a current survey.

The survey is indispensable for future research into the impact of self-driving technology upon a city. Also, the survey has a practical sense for administrations responsibility for urban transport policy.

Keywords: self-driving car; self-driving technology; urban environment; transportation policy; scenario forecasting; transportation and mobility management; Moscow

Citation: Zomarev A., Rozhenko M. (2020) Impact of Self-driving Cars for Urban Development. *Foresight and STI Governance*, vol. 14, no 1, pp. 70–84. DOI: 10.17323/2500-2597.2020.1.70.84

Ближайшее десятилетие прогнозируется массовое распространение беспилотных автомобилей в городах. Технические и экономические аспекты беспилотного транспорта изучаются во всем мире [Hörl et al., 2018], некоторые страны (в частности, США, Германия, Франция, Великобритания) предпринимают практические шаги по адаптации к нему законодательства и правил дорожного движения [Hoyle, 2016; Tomtom, 2017]. Беспилотные автомобили и электробусы тестируются не только на отдельных дорогах стран Евросоюза, но и в целых районах ряда городов [Morgan Stanley, 2013]. Очевидно при этом, что беспилотные автотранспортные технологии относятся к категории подрывных инноваций (*disruptive innovation*) [Christensen, 1997], которые *необратимо* меняют ценности пользования автомобилем как таковым. Управление им станет доступным для тех, кто был лишен такой возможности прежде в силу состояния здоровья или необходимости тратить время в пробках [Collie et al., 2017]. Сильно изменится и сам принцип владения автомобилем: например, семьи могут отказаться от распоряжения несколькими машинами. Мультиагентное транспортное моделирование показало, что беспилотные автомобили способны десятикратно снизить размеры ежедневно эксплуатируемого парка [Fagnant, Kockelman, 2014]. Парадоксальный итог состоит в том, что рост числа поездок на автомобиле будет сопровождаться сокращением практики личного владения им и общих объемов автопарка.

Исследователи указывают на многочисленные преимущества беспилотной технологии: от повышения эффективности и снижения аварийности при использовании транспортных средств до расширения круга пользователей и улучшения экологической ситуации. По оценке Morgan Stanley, суммарный эффект ресурсосбережения и роста продуктивности экономики США от беспилотных автомобилей составит 8% ВВП [Morgan Stanley, 2013] благодаря экономии топлива, снижению смертности и затрат на перемещение товаров и пассажиров. К издержкам от их внедрения относят потерю рабочих мест, проблему стоянки и перепробегов автомобилей, ограничение частных прав пользования ими.

За последние три года заметно выросло число научных статей и консалтинговых отчетов на тему беспилотных автомобилей и их совместного использования. В статье [van den Berg, Verhoef, 2016] представлена динамическая модель увеличения пропускной способности улично-дорожной сети (УДС) и изменения стоимости времени пользователей беспилотных автомобилей. Модель позволила рассчитать рекомендуемые размеры субсидий для беспилотного транспорта на примере США и Нидерландов. В работе [Llorca et al., 2017] с помощью симуляционного моделирования MATSim показано изменение загрузки УДС Мюнхенской агломерации: средняя дальность поездки и время увеличиваются при любом сценарии.

Ряд работ посвящены отдельным аспектам беспилотных технологий, не связанным с их влиянием на город [Martin, Shaheen, 2016; Skinner, Bidwell, 2016]. В докладе Организации экономического сотрудничества и разви-

тия (ОЭСР) [OECD, 2015] продемонстрирована эффективность каршеринговых услуг: если время использования личного автомобиля в среднем составляет около 1 ч при коэффициенте загрузки 1.2 чел./а-м, то каршеринговый эксплуатируется 13 ч при коэффициенте загрузки 2.3 чел./а-м. В отчете Boston Consulting Group (BCG) [Collie et al., 2017] общая продолжительность функционирования каршерингового автомобиля оценивается в 15 ч/сутки. В многочисленных исследованиях изменение пропускной и провозной способностей оценивается с помощью микро- и макро моделирования. Так, при массовом внедрении беспилотных транспортных средств совместного пользования общий транспортный пробег увеличится на 8% [Moreno et al., 2018]. В докладе [WEF, BCG, 2015] был исследован социальный аспект распространения беспилотного транспорта: выяснилось, что в среднем лишь треть респондентов допускают использование беспилотного транспорта; наибольший оптимизм в этом отношении отмечается в странах Азии. В статье [Zakharenko, 2016] представлена теоретическая модель влияния беспилотных автомобилей на структуру землепользования, предвещающая дальнейшую урбанизацию территорий, рост стоимости земли в центре города, необходимость организации специальных парковочных зон для беспилотных автомобилей.

По прогнозам, в дальнейшем формы мобильности горожан будут расширяться за счет распространения цифрового подхода «мобильность как услуга» (*mobility-as-a-service, MaaS*) и появления новых транспортных сервисов, к примеру «таксибуса» — совместной поездки на автобусе малой вместимости по заданному пользователем маршруту [Smith, 2016]. Предполагается, что технологии изменят и сам автопарк за счет увеличения доли двухместных автомобилей и микроавтобусов в нем. В работе [Gruel, Stanford, 2016] описаны три сценария приспособления людей к беспилотным транспортным средствам: от *адаптации* через *изменение транспортного поведения* к *трансформации модели владения автомобилем*. Авторы настаивают на необходимости тщательно контролировать число и масштабы использования автомобилей во избежание их бесконтрольного распространения и таких негативных следствий, как ухудшение экологической обстановки, рост числа ДТП, экспансия городов и т. д.

В последнее время исследователи демонстрируют растущий интерес к перспективам совместного использования беспилотных автомобилей — беспилотному каршерингу (*shared autonomous vehicle, SAV*). От него ожидают повышения доступности услуг автоперевозки, сокращения автопарка и парковочных зон, снижения временных и финансовых издержек пользователей. Наиболее подходящим для этих задач считаются электромобили в силу их экологичности. Применение электрической тяги на беспилотных электромобилях совместного использования (*shared autonomous electric vehicles, SAEV*) усилит эффективность SAV с точки зрения издержек пользователей и пропускной способности городской УДС [Loeb et al., 2018].

Доклад BCG [Collie et al., 2017] посвящен решению проблемы последней мили с помощью SAEV.

Необходимость в длительных пеших перемещениях к ближайшему доступному транспортному средству, которое может находиться на значительном удалении от потенциального пассажира, снижает привлекательность услуг каршеринга и затрудняет его развитие. Беспилотное перемещение автомобиля даже на небольшие расстояния может привести к существенному росту спроса со стороны пользователей. Несмотря на довольно активное изучение беспилотного транспорта [Milakis et al., 2017], ряд перспективных тем остаются вне поля зрения исследователей [Kockelman, Fagnant, 2015].

Транспортная политика оказывает заметное влияние на размер парка и интенсивность эксплуатации беспилотных транспортных средств с учетом различных типов их совместного использования — райдшеринга (50%) и каршеринга (100%), о чем свидетельствует, в частности, опыт Лиссабона [Martinez, Crist, 2015]. Так, спрогнозировано увеличение загрузки УДС во всех сценариях и продолжительности пиковых нагрузок с 3 до 4 часов. В работе [Meyer et al., 2017] на примере Швеции описано, как при минимальных вложениях в транспортную инфраструктуру могут резко расширяться зоны доступности для жителей. Следует уделять внимание человеческому фактору, а не только техническим вопросам внедрения беспилотных технологий, в том числе правильному взаимодействию с пешеходами, составляющими с беспилотным транспортом единую экосистему, что не подчиняется исключительно формальным правилам [Straub, Schaefer, 2018].

В настоящей статье наряду с традиционным описанием впервые предпринята комплексная оценка показателей городской среды, которые изменятся при внедрении технологии беспилотного передвижения. С этой целью за основу взята модель, включающая транспортно-технологическую, экономическую, экологическую, социальную, политическую и правовую группы показателей. Последний из перечисленных блоков остался за рамками нашей работы в силу неоднозначности и малопредсказуемости его долгосрочного влияния на городскую среду. Речь идет о таких показателях, как регули-

рование безопасности и правил дорожного движения, ответственность за аварийную ситуацию, страхование, сбор и хранение данных, совместимость с общей транспортной политикой и т. д. Вопросы ответственности, сбора и хранения информации, а также регулирования норм дорожного движения заслуживают отдельного глубокого исследования с привлечением профильных экспертов. Нами также не рассматриваются сугубо технические показатели развития беспилотных технологий и автомобильного транспорта в целом. Поскольку речь идет об «определенном неопределенном будущем», т. е. о таком, которое точно наступит, но с неочевидными последствиями, в исследовании применялся метод сценарного прогнозирования [HBR, 1999]. На примере города Москвы рассмотрено влияние беспилотных технологий в зависимости от модели пользования автомобилем и проводимой транспортной политики, предложены управленческие рекомендации для различных сценариев внедрения беспилотного транспорта.

Методология

Анализ факторов городской среды

Влияние беспилотного транспорта на будущее города можно оценить с помощью ряда показателей, объединенных нами в вышеперечисленные блоки по дисциплинарному принципу (табл. 1). Они характеризуют городскую и политическую среду, жителей, управление и технологии. Такой подход к изучению влияния транспорта будущего на городскую среду был реализован, к примеру, в работе [Парфенов, 2017].

Транспортно-технологический блок. За основной параметр оценки в рамках данного блока взято число автомобилей на улицах в единицу времени, которое в равной степени зависит от объемов автопарка и УДС, рассчитанное в абсолютных и в относительных (к уровню 2017 г.) значениях. Увеличение этого показателя количества автомобилей в случае латентного спроса и отсутствия сдерживающих спрос факторов будет про-

Табл. 1. Параметры влияния беспилотного транспорта на будущее развитие города

Блок	Изучаемые аспекты	Параметры
Транспортно-технологический	Влияние на дорожно-транспортную ситуацию и потребность в городском пространстве в зависимости от баланса спроса и предложения на услуги автоперевозок	<ul style="list-style-type: none"> • Дорожно-транспортная ситуация • Снижение затрат времени на нахождение в заторах • Потребность в парковочных пространствах
Экономический	Косвенное влияние беспилотных технологий на городской бюджет и финансовые возможности потребителей в зависимости от баланса спроса и предложения на услуги автотранспорта	<ul style="list-style-type: none"> • Развитие смежной инфраструктуры • Снижение издержек и ущерба от ДТП • Изменение стоимости недвижимости • Эффективность перевозок
Экологический	Влияние на состояние окружающей среды	<ul style="list-style-type: none"> • Использование освобождающихся парковочных площадок под зеленые пространства • Изменение экологичности передвижений по городу
Социальный	Влияние беспилотных технологий на условия проживания в городе и обеспечение доступа к таким технологиям	<ul style="list-style-type: none"> • Изменение структуры занятости • Безопасность на дорогах и улицах • Вовлечение новых пользователей
Политический (регуляторный)	Регулирование транспортной политики	<ul style="list-style-type: none"> • Управление предоставлением услуг беспилотного автотранспорта

Источник: составлено авторами.

порционально росту УДС. При сокращении активного автопарка число машин на улицах в единицу времени уменьшается незначительно, согласно постулату Льюиса–Могриджа: жители стремятся использовать личные автомобили тем чаще, чем свободнее дороги [Mogridge, 1990]. Для оценки дорожно-транспортной ситуации и затрат времени на преодоление заторов приняты параметры загрузки УДС и плотности транспортного потока. Оценка потребности в парковочных пространствах включает лишь качественные изменения их структуры, объема и расположения.

Экономический блок. Оценка издержек и ущерба от ДТП произведена с учетом данных по страхованию КАСКО и ОСАГО с допущением, что соотношение аварий с различной степенью ущерба и со смертельными случаями постоянно во времени при снижении их общего числа. Стоимость поездки рассчитывалась на основе постоянных (покупка автомобиля с учетом периода его амортизации, страховка, парковка) и переменных (бензин, техническое обслуживание) расходов.

Экологический блок. Высвободившиеся от плоскостных парковок площади предполагается использовать исключительно под озеленение для улучшения экологической обстановки. Параметр экологичности передвижений по городу связан с изменением выбросов вредных веществ в атмосферу в расчете на поездку одного человека и оценивается в зависимости от типа совершаемых поездок и загрузки УДС в час пик.

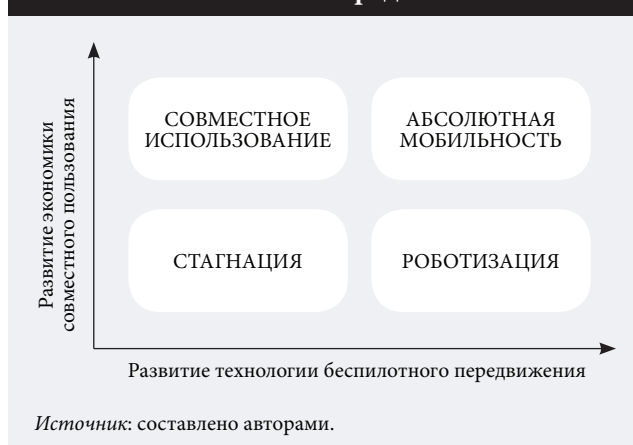
Социальный блок. Резкое сокращение потребности в курьерах-сопровождающих и водителях такси ведет к падению уровня занятости в равной мере при всех сценариях. Снижение аварийности определяется нами лишь в зависимости от степени внедрения беспилотной технологии¹. В расчет принимались такие параметры, как *социальный* (число погибших в ДТП на 100 тыс. чел.) и *транспортный* (число погибших в ДТП на 10 тыс. автомобилей) риски. Показатель *вовлечения новых пользователей* был оценен количественно — как отношение числа новых пользователей к общему числу поездок — и качественно — как доступность услуг для маломобильных и малообеспеченных групп населения (по пятибалльной шкале).

Политический блок. Общие рекомендации о применении политических и фискальных мер регулирования числа автомобилей и способа их использования сформулированы на основе разработанных матриц. Этот аспект играет ключевую роль при внедрении беспилотных технологий [Milakis et al., 2015].

Сценарное прогнозирование

Каждый блок показателей оценивается в рамках сценариев внедрения технологии беспилотного передвижения [Litman, 2016; Ticoli, 2015] по категориям «скорость проникновения беспилотных технологий» и «развитие экономики совместного пользования». Выделены следующие четыре сценария (рис. 1).

Рис. 1. Сценарии внедрения технологии беспилотного передвижения



- **Стагнация** — низкая скорость проникновения беспилотных технологий и слабое развитие экономики совместного пользования. Сценарий предполагает отставание рынка транспортных услуг от лучшей практики в сфере беспилотного транспорта.
- **Совместное использование** — низкая скорость проникновения беспилотных технологий и активное развитие экономики совместного пользования. Сценарием предусматривается дальнейшее развитие классических каршеринговых сервисов — райдшеринга (совместных поездок на автомобиле по общему маршруту) и др.
- **Роботизация** — быстрое проникновение беспилотных технологий и слабое развитие экономики совместного пользования. Сценарий предполагает постепенную замену личного транспорта беспилотным при незначительной доле каршеринга в ежедневных поездках.
- **Абсолютная мобильность** — высокая скорость проникновения беспилотных технологий в сочетании с активным развитием экономики совместного пользования. Согласно данному сценарию каршеринговые услуги начинают предоставляться на основе беспилотных технологий, а объем ежедневных перевозок соответствующими сервисами занимает львиную долю общего объема перевозок. Иными словами, перевозки осуществляются преимущественно на основе SAV.

При построении сценариев мы опирались как на официально опубликованные прогнозы, так и на наши собственные оценки [Distanz, 2017]. Прогнозирование состоит в экстраполяции (анализ временных рядов, тренд — нелинейный) и альтернативном подходе, при котором развитие сценариев определяется технологическими, экономическими и демографическими факторами, в разной степени влияющими на итоговый сценарий. В настоящей статье применены методы сценарного моделирования (исходя из прогноза объемов автопарка

¹ Уточним это предположение: в процессе внедрения технологии, вероятнее всего, будет наблюдаться временный рост числа аварий, связанный с существованием транспортных средств, управляемых искусственным интеллектом и людьми, с различиями в механизмах принятия ими решений. Впрочем, для изучения влияния технологии на среду в целом данное предположение достаточно валидно.

и УДС в пределах «старой» Москвы и доли беспилотных автомобилей), сравнительного анализа, экспертных оценок и аналогий.

Базовые предпосылки сценариев внедрения беспилотных автомобилей охватывают следующие параметры:

- объем автопарка;
- доля беспилотных автомобилей в объеме автопарка;
- доля автомобилей общественного пользования в объеме автопарка;
- уровень автомобилизации.

Влияние технологии оценено в долгосрочной перспективе до 2030 и 2035 гг., т. е. в горизонте вероятного совпадения с прогнозами, взятыми за основу сценарного моделирования. 2030 г. важен в качестве точки отсчета продаж беспилотных автомобилей и наполнения ими автопарка за короткий период 5–7 лет. 2035 г. остается самым хронологически отдаленным в существующих официальных прогнозах — более позднюю перспективу затруднительно рассматривать в силу низкого качества исходных данных. Тем не менее 2035 г. позволяет оценить последствия внедрения беспилотного транспорта для развития города, а сравнение базовых предпосылок сценариев на указанные даты — динамику изменений в пятилетней перспективе для каждого из них.

2022 г. принят за старт продаж беспилотных автомобилей согласно докладу [Morgan Stanley, 2013], однако их доля во всех сценариях в течение первых двух лет незначительна, поскольку первые модели на рынке будут, вероятнее всего, законтрактованы каршеринговыми компаниями и сервисами такси. Переходный режим эксплуатации будет отведен на тестирование операторами уровня взаимодействия беспилотных автомобилей с городской инфраструктурой, а по его завершении начнется рост продаж и индивидуальных машин.

Отправными для сценарного прогнозирования служат данные о средней загрузке личного автомобиля в Москве в 1.2 пассажира при совершении в среднем 2.9 поездки/сут (по итогам интернет-опроса). Динамика продаж новых автомобилей спрогнозирована в соответствии с предполагаемым ростом экономики РФ в 2–4% в год и с небольшими поправками коррелирует с данными агентств АВТОСТАТ и PwC [PwC, 2017]. Прогноз прироста пропускной способности УДС основан на существующих трендах и допускает увеличение ее объема на 20% к 2035 г. в границах «старой» Москвы². Прирост населения города заложен в объеме, соответствующем Стратегии развития Москвы до 2035 г., — 13.3 млн чел. на 2035 год.

Сценарий «Стагнация» предполагает сохранение существующих тенденций на автомобильном рынке, характеризующемся слабым развитием сервисов совместного пользования (кар- и райдшеринга), а также низкой долей беспилотных автомобилей в общем объеме легкового парка. Прогноз динамики продаж основан на оценках консалтингового агентства PwC за 2015

и 2016 гг., предусматривающих ежегодный среднесрочный 7–13%-й рост продаж новых автомобилей и их падение с 112 до 103% для московского рынка в 2022 г. [PwC, 2017].

По нашим расчетам, доля продаж беспилотных автомобилей на рынке новых машин вырастет с 36% в 2030 г. до 85% в 2035 г. и продолжит асимптотически приближаться к полному охвату после 2035 г.

С учетом прогнозируемой численности населения уровень его обеспеченности автомобилями может возрасти до 435 ед. на 1000 чел. при объеме парка в 5770 тыс. ед. к 2035 г.

Согласно прогнозной динамике продаж и доли нового беспилотного транспорта при реализации сценария «Стагнация» доля беспилотных автомобилей в объеме автопарка вырастет с 9% в 2030 г. до 34% — в 2035 г.

В целом этот сценарий даже к 2035 г. не предполагает извлечения максимальных преимуществ из беспилотных технологий при сохранении 65%-й доли традиционных автомобилей в общем объеме автопарка, который увеличится на 35 и 47% в 2030 и 2035 гг. соответственно, превысив прирост УДС. Заложенный в сценарии низкий уровень развития беспилотных технологий не позволит существенно сократить аварийность, поскольку вероятность попасть в аварию на традиционном автомобиле значительно выше. Отставание публичных сервисов использования автомобилей будет препятствовать эффективной эксплуатации автопарка и сопровождаться ростом напряженности на дорогах.

Сценарий «Абсолютная мобильность» приоритизирует одновременное развитие беспилотного транспорта и экономики совместного потребления (кар- и райдшеринга), что выразится в динамике следующих показателей:

- загрузка автомобиля общественного пользования возрастет с текущих 1.7 пасс/а-м (для такси) [Правительство Москвы, 2017а] до 2.3 пасс/а-м, что соответствует лучшим практикам развития каршеринговых сервисов (на примере Торонто) [WEF, BCG, 2015];
- средняя продолжительность поездки с учетом времени ожидания подачи автомобиля общественного пользования к 2035 г. достигнет 55 минут, что, по данным ВШЭ, соответствует продолжительности поездки на личном автомобиле в Москве в 2016 г.;
- интенсивность эксплуатации автомобиля общественного пользования к 2035 г. возрастет с нынешних 6.6 (в каршеринге) [Правительство Москвы, 2016] до 13.9 поездки в сутки: при 13-часовом ежедневном функционировании, средней загрузке в 2.3 пассажира и должном уровне обслуживания каршерингового автомобиля (по примеру Торонто) и 55-минутной средней продолжительности поездки (по примеру Москвы) одним автомобилем в день могут воспользоваться до 32 человек, совершая до 13.9 совместных поездок.

² Подробнее см.: <https://stroim.mos.ru/road>, дата обращения 20.02.2019.

Табл. 2. Базовые условия сценариев внедрения беспилотных автомобилей в Москве

Сценарии	Стагнация		Совместное использование		Роботизация		Абсолютная мобильность	
	2030	2035	2030	2035	2030	2035	2030	2035
Объем автопарка (тыс. а-м)	5313	5676	2685	1925	5685	6073	2391	1670
Автомобилизация (а-м / 1000 чел.)	407	434	206	145	435	464	183	126
Доля беспилотных автомобилей (%)	10	39	9	34	18	61	16	52

Источник: составлено авторами.

За ростом предложения и популярности услуг автомобилей общественного пользования последуют отток пассажиров из сегмента классического общественного транспорта и упразднение маловостребованных маршрутов. Объем перераспределения составит 5,6 млн поездок в сутки [Правительство Москвы, 2017b].

Сценарий описывает постепенное слияние такси и каршеринга в единый сервис (агрегатор) предоставления услуг общественного беспилотного автомобильного транспорта (SAV). Автомобиль может быть интегрирован в сервис «мобильность-как-услуга», позволяющий выбирать оптимальный маршрут и стоимость проезда за счет определения текущего местоположения пассажира, выбора конечной точки маршрута и типа поездки — личной (один человек в салоне) или совместной с другими пассажирами (райдшеринг). Благодаря беспилотному транспорту гораздо более эффективным становится программируемый райдшеринг, при котором алгоритм просчитывает возможный маршрут пассажира и автоматически совершает остановку при появлении другой заявки с близким маршрутом. Такая организация беспилотного передвижения позволяет операторам снизить затраты, а пассажирам — экономить на поездках. В конечном счете популярность сервиса растет, а потребность в личных транспортных средствах снижается. Отдельные элементы сервиса тестируются в различных каршеринговых компаниях мира, учитывающих в том числе перспективы применения в нем искусственного интеллекта.

При самых оптимистичных прогнозах оснащение всех каршеринговых автомобилей и такси технологией беспилотного передвижения при старте продаж в 2022 г. может растянуться на 10–12 лет, т. е. 100%-я «беспилотизация» городского транспорта при соответствующей финансовой и правовой поддержке может быть обеспечена не раньше, чем к 2034 г. В максимально благоприятном сценарии количество ежедневно совершаемых поездок на автомобилях общественного пользования достигнет 58% общего объема к 2030 г. и 77% — к 2035 г. Эти данные полностью совпадают с результатами исследования BCG [Mosquet et al., 2018], оценивающего долю поездок на автомобилях райд- и каршеринговых сервисов в крупных городах на уровне 40–80% к 2030 г.

Сценарии «Совместное использование» и «Роботизация» основаны на совмещении базовых прогнозных параметров первых двух сценариев в зависимости от приоритета в скорости проникновения беспилот-

ных технологий либо в степени развития экономики совместного пользования. Все сценарии построены с учетом имеющихся тенденций развития парка автомобилей в Москве.

Расчетные данные, представленные в табл. 2, свидетельствуют о том, что равное число поездок может быть совершено при разной транспортной структуре города. Естественным ограничением для реализации любого сценария развития автомобильного транспорта служит УДС: рост парка обратно пропорционален эффективности его использования. Обеспечение доступности автотранспорта для пассажиров в сценариях «Абсолютная мобильность» и «Совместное использование» требует меньшего числа автомобилей, т. е. материальные ресурсы расходуются максимально эффективно. В остальных сценариях при сохранении права личного владения автомобилем уровень автомобилизации растет без существенного увеличения затрат. В сценарии «Роботизация» автопарк достигает максимальных размеров: беспилотные технологии обеспечивают доступ к автотранспорту группам жителей, ранее не имевшим таких возможностей.

Сравнение сценариев показывает бесперспективность бесконтрольного расширения автопарка. Даже с учетом заявленного прироста УДС Москвы удовлетворить спрос на поездки на личных автомобилях невозможно в силу естественных ограничений городской дорожной инфраструктуры. Нарастание автопарка лишь усугубит ситуацию на дорогах и породит дополнительные проблемы с размещением автомобилей в резидентных зонах.

Динамика рассматриваемых базовых сценариев зависит от набора мер в рамках транспортной политики города. Возможное регулирование числа и характера использования автомобилей в Москве отражено на рис. 2.

Достижение целевых параметров каждого из сценариев требует своей городской транспортной политики, различающейся по степени жесткости принимаемых мер и приоритетам в развитии беспилотного транспорта [Li et al., 2018].

Стоимость одиночной поездки для каждого сценария определена исходя из цены автомобиля, операционных затрат и интенсивности его использования [PWC, 2016]. Стоимость обслуживания автомобиля, предполагаемый рост которой составит 25 и 50% в сценариях «Роботизации» и «Стагнации» соответственно,

Рис. 2. Меры регулирования парка и характера использования автомобилей в городе

	Регуляторные	Фискальные
Регулирование парка автомобилей	<ol style="list-style-type: none"> 1. Запрет эксплуатации автомобилей старше определенного срока 2. Создание зон с ограниченным доступом автомобильного транспорта 3. Ограничение использования автомобиля по календарному признаку 4. Ограничение использования автомобиля в зависимости от времени суток 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Платные парковки 2. Платный въезд в определенные зоны 3. Дорожные сборы (road pricing) 4. Повышенные акцизы на топливо
Регулирование способа использования	<ol style="list-style-type: none"> 1. Запрет на движение без водителя (более чем на 1 км) 2. Запрет на продажу традиционных автомобилей 3. Регистрация автомобиля только при условии наличия парковочного места рядом с домом 4. Аукцион на право покупки автомобиля 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оказание льгот при использовании автомобиля коллективного пользования 2. Повышение платы за регистрацию автомобиля 3. Повышение ставки транспортного налога

Источник: составлено авторами.

представляет собой своеобразный налог на владение личным беспилотным и традиционным транспортом. При действующих нормах законодательства подобное увеличение сервисных расходов эквивалентно повышению ставок транспортного налога в 15 и 30 раз соответственно относительно уровня 2017 г. Внедрение дифференцированной системы оплаты проезда по дорогам Road pricing к расчетному периоду 2030–2035 гг. и коэффициентов к стандартным расценкам за километр пробега позволит увеличить стоимость обслуживания автомобиля на те же 25 и 50% для указанных сценариев. В случае общественных автомобилей предполагаются ускоренная амортизация в течении двух лет, предоставление бесплатных парковочных мест, фиксированная ставка транспортного налога по отношению к 2017 г. либо понижающий коэффициент к тарифам на пользование дорогами при условии внедрения системы Road pricing к 2030–2035 гг., а также взимание дополнительного НДС с оператора транспортных услуг.

Замещение традиционных автомобилей беспилотными ведет к постепенному снижению аварийности на дорогах, а при полном замещении количество аварий сократится на 94%. Мы выносим за скобки нашего исследования вопрос о состоянии транспортной системы в период одновременного присутствия на дорогах транспортных средств, управляемых искусственным интеллектом, который просчитывает варианты развития дорожно-транспортной ситуации, и обычных автомобилей с водителями, часто принимающими необдуманные и неоптимальные решения.

В качестве варианта преобразования части территории УДС для нужд, не связанных с транспортом, рассматривается озеленение (парки, скверы и т. п.) как наиболее нейтральный способ изменения функционального назначения городских земель, хотя возможны другие решения, связанные с развитием ритейла, жилищного строительства, инфраструктуры и т. д. Исследование не затрагивает экологический аспект изменения структуры топливного баланса при эксплуатации автомобилей. Очевидно, что популярное в настоящее время направ-

ление SAEV будет развиваться неравномерно в разных странах, поскольку это зависит от локального уровня развития технологий, доступности тех или иных видов топлива, остроты экологических проблем, климата. Недорогое и экологичное газомоторное топливо, распространение гибридных силовых установок, а также климатические условия (продолжительные периоды низких температур) ограничивают популярность электромобилей. Степень развития данного сегмента и дальнейшая динамика структуры топливного баланса требуют отдельного рассмотрения. Чтобы минимизировать неопределенность в вопросе выбора господствующего вида топлива в будущих поколениях автомобилей, в экологический блок прогноза включен параметр ресурсоемкости поездки, прямо пропорциональной способу использования и владения транспортным средством, загрузке УДС и росту экологичности мобильных силовых установок.

Результаты исследования

Совокупное влияние на отдельные характеристики городской среды базовых параметров четырех сценариев внедрения беспилотных технологий передвижения в Москве представлено в табл. 3.

Как показал анализ, сценарии «Стагнация» и «Роботизация» ведут к усугублению транспортной проблемы в городе, росту числа автомобилей на дорогах по мере расширения доступности беспилотных перевозок и ухудшению экологической ситуации (в зависимости от типа используемых двигателей). Транспортный риск, эквивалентный количеству погибших в ДТП на 10 тыс. автомобилей в год, резко снизится — с 1.5 до 0.30 и до 0.08; сокращение социального риска, равного числу смертей в результате ДТП на 100 тыс. жителей, станет столь же значительным — с 8.1 до 1.31 и до 0.38 для двух указанных сценариев соответственно. При сходном уровне автомобилизации города различие связано с тем, что ключевой причиной дорожных аварий сегодня остается человеческий фактор, на который, по разным

Табл. 3. Сводные показатели влияния беспилотных автомобилей на параметры городской среды (на примере Москвы)

Сценарии	Стагнация		Совместное использование		Роботизация		Абсолютная мобильность	
	2030	2035	2030	2035	2030	2035	2030	2035
Транспортно-технологический блок								
Объем автопарка на улицах (тыс. а-м)	873	928	899	840	917	944	899	840
Изменение загрузки УДС города (%)	+11	+13	+16	+6	+11	+13	+14	+3
Изменение потерь времени в заторах (%)	+5..10	+5..10	..0	0.5	5..10	5..10	0..5	5..10
Экономический блок								
Снижение издержек от ДТП (млн руб.)	5571	10 028	5571	10 028	8728	10 771	12 256	15 042
Измерение стоимости недвижимости	Рост в зонах с ограниченной транспортной доступностью		Рост стоимости жилой и коммерческой недвижимости везде		Рост в зонах с ограниченной транспортной доступностью		Рост стоимости жилой и коммерческой недвижимости везде	
Стоимость одиночной общественной поездки / стоимость личной поездки	0.38		0.31		0.38		0.26	
Экологический блок								
Преобразование элементов УДС в зеленые насаждения	–		+1 м ² зеленых насаждений на жителя		–		+1 м ² зеленых насаждений на жителя	
Изменение затрат ресурсов на поездку (%)	–8	–10	–32	–47	–11	–21	–23	–52
Социальный блок								
Снижение занятости (число рабочих мест)	–200 тыс.		–200 тыс.		–200 тыс.		–200 тыс.	
Снижение аварийности (%)	–32	–58	–47	–58	–66	–88	–66	–81
Транспортные риски (число погибших / 10 000 а-м)	0.53	0.30	0.82	0.90	0.25	0.08	0.60	0.48
Социальные риски (число погибших / 10 000 чел.)	2.17	1.31	1.70	1.34	1.09	0.38	1.10	0.60
Новые пользователи (млн чел.)	1.03	1.36	2.23	2.51	2.23	2.51	2.70	2.82
Доступ для маломобильных групп населения	3*	3*	3*	4*	3*	4*	5*	5*
Доступ для малообеспеченных жителей	1*	2*	4*	5*	1*	2*	5*	5*
Примечание: * — оценки по 5-балльной шкале, где 1 – наименьший уровень доступа, 5 – наибольший.								
Источник: составлено авторами.								

оценкам, приходится до 94% ДТП [Skinner, Bidwell, 2016]. Беспилотные автомобили минимизируют роль человеческого фактора, что понижающе влияет и на общий уровень аварийности. При «Роботизации», предполагающей максимальную среди всех сценариев долю беспилотных машин в силу их доступности для широкого круга новых потребителей, указанные риски значительно ниже. Вместе с тем загрузка УДС и общие временные потери от ожидания в заторах в равной мере возрастут в обоих сценариях, несмотря на больший совокупный объем автомобилей на дорогах при «Роботизации». Программирование движения беспилотного автомобиля, минимизация числа ошибок при вождении и мгновенное обновление информации о трафике позволят снизить аварийность, гомогенизировать транспортный поток, сделать характер его движения более предсказуемым. Равная стоимость одиночной поездки в обоих сценариях объясняется тем, что снижению этого пока-

зателя при «Роботизации» препятствуют более высокие первоначальные затраты на покупку беспилотного автомобиля.

И в сценарии «Стагнация», и в сценарии «Роботизация» доступ маломобильных и малообеспеченных жителей к услугам автоперевозок остается низким. Для первых важнее оказывается само появление беспилотных автомобилей, потенциально способных самостоятельно приехать за человеком, для вторых — распространение услуг автомобилей общественного пользования, поездка на которых обходится значительно дешевле личного транспорта, избавляет от необходимости копить и брать кредит на покупку машины. Поскольку автомобиль позволяет добираться до рабочих мест с более привлекательными условиями труда, инфраструктура автомобилей общественного пользования будет способствовать росту эффективности экономики и уровня жизни населения, став сравнительно

недорогой альтернативой традиционному городскому транспорту. Вместе с тем, в силу того, что современные каршеринговые сервисы недоступны пользователям без прав вождения, для них возможен лишь формат райдшеринга. Несмотря на высокую долю беспилотных автомобилей в сценарии «Роботизация», удобство их эксплуатации и максимальную мобильность, граждане, испытывающие физические и финансовые затруднения, будут вынуждены приобретать личный беспилотный автомобиль в силу неразвитости каршеринга в данном сценарии. Очевидно, что обременительность таких покупок затруднит общий доступ указанных групп к услугам автоперевозок.

Сценарии «Абсолютная мобильность» и «Совместное использование» имеют много общего. Оба позволяют добиться небольшого снижения напряженности на дорогах и полностью решить проблему стоянок и утилизации автомобилей. В первом сценарии наиболее развиты услуги автоперевозок для маломобильных и малообеспеченных групп населения, минимизируется аварийность, временные издержки и стоимость поездок, при этом повышается их эффективность и улучшается экологическая ситуация при эксплуатации автомобилей с двигателями любого типа. Во втором сценарии ситуация с транспортной доступностью для уязвимых групп населения обстоит хуже. В условиях слабого распространения беспилотных технологий для использования каршеринговых автомобилей малообеспеченным гражданам по-прежнему необходимы права вождения. Маломобильные граждане смогут пользоваться автомобилями лишь в сопровождении иных лиц, что, однако, позволяет обходиться без собственного автомобиля.

Сценарий «Совместное использование» предполагает меньшее снижение аварийности и больший рост загруженности УДС, так как малая распространенность беспилотных автомобилей не позволяет воспользоваться преимуществами программируемого передвижения. Транспортные риски снижаются с 1.5 до 0.48 и до 0.90, социальные — с 8.1 до 0.60 и до 1.34 для сценариев «Абсолютная мобильность» и «Совместное использование» соответственно. Такие результаты согласуются с оценками падения аварийности при обширном использовании каршеринга на 60% к 2030 г. [Collie et al., 2017]. Разница в показателях между сценариями обусловлена слабым развитием беспилотной техники, снижающей влияние человеческого фактора на возникновение аварий, в сценарии «Совместное использование». По той же причине несколько повышается стоимость одиночной поездки при заложенной в сценарии неразвитости беспилотных технологий. Отсутствие программируемых маршрутов и реакций на дорожную обстановку влечет за собой дополнительный пробег транспортных средств и выбор нерациональных маршрутов движения, особенно при использовании услуги райдшеринга. Последняя позволяет разделить стоимость поездки и сэкономить расходы конечного пользователя, однако остается более сложной в обслуживании без программируемых беспилотных команд. Это объясняет, почему схема эксплуатации автотранспорта в сценарии «Совместное использование» менее эффективна по

сравнению со сценарием «Абсолютная мобильность», где распространенность беспилотных сервисов дает пользователям возможность экономить время поездок, не заботиться о парковочном месте и т. д.

Сценарии с высокой долей автомобилей совместного пользования позволяют меньшим объемом автопарка удовлетворить больший спрос на перевозки. Райдшеринг обеспечивает места нескольким пассажирам в одном транспортном средстве. Именно эти сценарии ведут к снижению (или как минимум неухудшению) дорожно-транспортной обстановки по сравнению с 2017 г. при одновременном росте передвижения на автомобиле.

Сценарии с весомой долей общественных автомобилей подтверждают, что чем более распространены форматы совместного пользования, тем выше удельная экологичность поездки, поскольку совокупные энергозатраты на поездку снижаются. Так, ресурсоемкость поездки в сценариях «Абсолютная мобильность» и «Совместное использование» сокращается наполовину относительно уровня 2017 г. благодаря более эффективной эксплуатации автопарка, возможности совместных поездок и повышению экологичности силовых установок согласно проанализированным трендам.

Ликвидацию части плоскостных стоянок допускают лишь сценарии «Совместное использование» и «Абсолютная мобильность». При общем сокращении автопарка количество автомобилей на улицах города в часы пик в обоих сценариях остается сопоставимым, поэтому снижается потребность не в УДС, а в парковочных пространствах резидентных зон, т. е. в местах стоянки автомобилей. Преобразование парковочных мест в озелененные территории в Москве даст прирост показателя обеспеченности зелеными насаждениями на 1 м² на человека либо на 1600 га совокупно. При общей площади зеленых насаждений в 36.1 тыс. га в 2014 г. в границах «старой Москвы» увеличение составит около 4.5%. Причем новые зеленые зоны могут быть созданы именно в местах проживания людей, что отразится на росте стоимости недвижимости.

Безотносительно реализуемого сценария внедрения беспилотной технологии значительные изменения претерпит рынок труда, главным образом за счет сокращения спроса на водителей такси и курьеров-сопровождающих, регулировщиков и инспекторов ДПС. Речь может идти об упразднении до 200 тыс. рабочих мест, или 2–3% общего их числа [Business Planner, 2016].

Анализ развития технологий беспилотного передвижения и совместного пользования по результатам сопоставления данных, отраженных в табл. 3, показывает, что наиболее значимой для города и его жителей оказывается именно технология совместного использования, позволяющая преодолеть транспортные проблемы, снизить напряженность на дорогах, ресурсоемкость и стоимость автомобильной поездки, а также увеличить число пользователей этим видом транспорта. Влияние же технологии беспилотного передвижения в основном выражается в снижении аварийности и увеличении экологичности поездки (сокращении ресурсоемкости).

Механизмы предоставления транспортных услуг входят в управленческий (политический) блок оценки влияния беспилотных автомобилей. За основу анализа здесь взят опыт азиатских и европейских городов.

Вне зависимости от закладываемой в них доли беспилотных автомобилей все сценарии предполагают развитие соответствующей инфраструктуры за счет муниципалитета либо в форме муниципально-частного партнерства, которая включает:

- сеть высокоскоростного интернета 5G и Wi-Fi с опорными пунктами на перекрестках;
- высокоточные карты для обеспечения автономного передвижения;
- сервисы маркировки и поиска ближайшего парковочного места;
- сеть парковочных хабов для минимизации перепробега и возвращения домой частных беспилотных автомобилей.

Для стимулирования перехода на беспилотный транспорт муниципалитеты могут внедрять механизмы софинансирования (в рамках государственно-частного партнерства) либо полного покрытия из городского бюджета таких проектов, как центры обработки данных (ЦОД) и защиты информации (при ЦОД, отделах полиции либо самостоятельные), для обеспечения бесперебойности транспортной системы и предотвращения внешних противоправных воздействий [Maurer et al., 2015].

Сценарии «Совместное пользование» и «Абсолютная мобильность» с большой долей автомобилей общественного пользования требуют внедрения дополнительных сервисов с привлечением к участию частных компаний. Речь идет о сети сервисов «мобильность-как-услуга» для построения маршрутов и вызова автомобилей и о специализированных службах (ремонтных и диспетчерских) по обслуживанию общественного транспорта.

К преимуществам беспилотных автомобилей относится отсутствие необходимости искать парковочное место. На первый взгляд, это критически важно для центров городов с их максимальной экономической активностью. Доставивший пассажира беспилотный автомобиль может самостоятельно передвигаться без парковки либо искать свободное место, не отвлекая человека. В московских реалиях подобный сценарий представляется едва ли достижимым, особенно в час пик, когда в центре образуется плотный поток с непредсказуемыми маршрутами движения, усложняющими ситуацию на перекрестках. Логичным решением видятся запрет на порожний пробег свыше установленного лимита и интенсивное строительство автоматизированных многоярусных паркингов по периметру центральной части города для формирования завершеного маршрута любого транспортного средства, направляющегося в центр города без гарантии свободной парковки. Альтернативой запрету на порожний пробег может служить налог за проезд по дорогам (*pay-as-you-go-tax*), дифференцированный в зависимости от зоны и времени движения.

Сценарии с низким уровнем развития услуг общественных автомобилей («Стагнация» и «Роботизация») не предусматривают значимых изменений в транспортной политике. Негативные эффекты данных сценариев требуют адекватной реакции городских властей и регулирования рынка автотранспорта. В частности, упомянутые многоярусные автоматизированные паркинги по периметру центральной части и в жилых зонах города могут стать решением проблемы стоянки и порожнего перепробега общественных автомобилей. В жилых зонах стоимость абонемента на аренду машиноместа во дворах должна соответствовать стоянке в таких паркингах или даже превосходить ее для сокращения использования для этих целей придомовых территорий. В отсутствие прямых стимулов к приобретению беспилотных автомобилей ускорить смену поколений традиционных машин позволит ограничение их предельного возраста. Например, можно автоматически снимать с регистрации автомобили после 10 лет их эксплуатации (срок, заложенный в наши расчеты). Подобная мера приведет к повышению доли беспилотных моделей в автопарке и достижению максимального потенциального эффекта от технологии беспилотного передвижения при данном сценарии. В сценарии «Роботизация» эффективными окажутся дополнительные фискальные ограничения на владение традиционным автомобилем (>4 по SAE). В условиях неразвитости общественных сервисов льготы для SAV здесь также не предусмотрены. В целом транспортная политика, лежащая в русле обоих указанных сценариев, выглядит нерациональной с точки зрения будущего города, использования пространства и эффективности оказания транспортных услуг.

Сценарии со значительной долей автомобилей общественного пользования («Совместное пользование» и «Абсолютная мобильность») предполагают ограничение спроса на перевозки личным транспортом фискальными и регуляторными методами. К первым относятся различные способы увеличения стоимости владения автомобилем. При неизменном транспортном законодательстве самым действенным будет повышение ставки транспортного налога. Преимущества такой меры заключаются в том, что она позволяет потенциальному покупателю заранее оценить дополнительные затраты на обслуживание автомобиля, а при использовании общественного транспорта единая ставка сбора распределяется на большой круг потребителей, что снижает конечную стоимость поездки для каждого из них и побуждает отказаться от личной машины. К недостаткам налога можно отнести отсутствие прямой зависимости между пробегом автомобиля и использованием УДС, с одной стороны, и величиной платежа — с другой. Сегодня активно обсуждается возможность замены традиционного транспортного налога платой за фактическое использование УДС (*pay-as-you-go-tax*). Система Road pricing даст возможность дифференцировать стоимость пользования отдельными сегментами УДС в зависимости от их технического состояния, направления движения автомобиля, времени суток, а также приоритета транспортных артерий, их ранга. Подобная систе-

Табл. 4. Меры для достижения параметров рассмотренных сценариев (на примере Москвы)

Сценарий	Меры
Стагнация	<ul style="list-style-type: none"> • Запрет эксплуатации автомобилей старше 10 лет • Строительство многоуровневых парковок в жилых зонах и по периметру Третьего транспортного кольца • Единая стоимость парковки на плоскостных и многоуровневых стоянках в жилых зонах для резидентов • Продолжение поддержки операторов услуг общественных автомобилей • Максимальное развитие сервиса предоставления услуг традиционного общественного транспорта
Совместное использование	<ul style="list-style-type: none"> • Регистрация личного автомобиля при наличии парковочного лота рядом с домом • Платные парковки для личных автомобилей на всей территории города • Повышенный транспортный налог на владение личным автомобилем (×15 относительно ставок 2017 г.) либо внедрение инструмента Road pricing с аналогичным повышением стоимости владения • Сегрегация парковочных лотов в жилых зонах по типу владения, предоставление лотов вдоль улиц общественным автомобилям • Повышение стоимости поездки на общественных автомобилях для недопущения снижения привлекательности традиционного общественного транспорта • + МЕРЫ СЦЕНАРИЯ «СТАГНАЦИЯ»
Роботизация	<ul style="list-style-type: none"> • Повышенный транспортный налог на владение традиционным автомобилем (×15 относительно ставок 2017 г.) либо внедрение инструмента Road pricing с аналогичным повышением стоимости владения автомобилем • Запрет на движение без водителя (более чем на 2 км либо 30 мин) • Стимулирование автоматизации услуг многоуровневых парковок в жилых зонах и по периметру Третьего транспортного кольца, услуг автозаправочных станций • Софинансирование муниципалитетом инфраструктуры для функционирования беспилотного транспорта (сеть 5G, ЦОДы, центры защиты информации, специализированные паркинги) • + МЕРЫ СЦЕНАРИЯ «СТАГНАЦИЯ»
Абсолютная мобильность	<ul style="list-style-type: none"> • Повышенный транспортный налог на владение личным автомобилем (×15..×30 относительно ставок 2017 г.) в зависимости от уровня автономности по SAE (чем выше уровень, тем ниже ставка) либо внедрение инструмента Road pricing с коэффициентами к базовой стоимости проезда в зависимости от уровня автономности автомобиля • Распространение полноценного действия сервисов общественных автомобилей на всю территорию Московской агломерации • Финансирование муниципалитетом исследований в области SAV/SAEV • + МЕРЫ СЦЕНАРИЕВ «СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ» и «РОБОТИЗАЦИЯ»

Источник: составлено авторами.

ма, будучи более справедливой с точки зрения удельной интенсивности использования УДС, стимулирует более экономичный режим эксплуатации последней и позволяет компенсировать сокращение налоговых поступлений от акцизов на топливо, вызванное ростом доли транспортных средств с электрическими и гибридными силовыми установками. Однако введение столь прогрессивной системы оплаты требует изменения законодательства и внедрения автоматизированного цифрового контроля загрузки УДС, прогнозирования спроса и оплаты проезда, обременительных финансово и технологически.

Мы не преследовали цели ответить на вопрос о достижимости подобных изменений, однако переход на систему Road pricing повышает вероятность внедрения подобной системы к 2030–2035 гг. Конечным потребителям в сценариях «Совместное пользование» и «Абсолютная мобильность» важен будет не столько способ оплаты проезда, сколько разница в стоимости между поездками на личном и общественном автомобиле. Таким образом, и ныне применяемый транспортный налог, и система Road pricing позволят достичь сопоставимых значений в параметрах обоих сценариев.

Если в рамках сценария «Совместное пользование» повышение стоимости владения только личным автомобилем оказывается достаточной мерой, то в сценарии «Абсолютная мобильность» допустим дифференцированный подход, предполагающий минимальную стоимость владения для SAV (а при должном обосновании преимущества моделей с электрическими силовыми

установками — и для SAEV) и максимальную — для традиционных личных автомобилей с уровнем автономности ниже 4 по SAE.

К ограничительным мерам в отношении спроса на перевозки личным транспортом можно отнести законодательный запрет на порожний пробег автомобилей (например, свыше 2 км или 30 мин) и выделение специализированных парковочных мест для автомобилей общественного пользования. Рассматриваемые сценарии требуют также законодательного закрепления права приобретать и владеть личным автомобилем лишь при наличии в собственности (либо на условиях долгосрочной аренды) парковочного места в пределах пешей доступности от дома, а также регулирования тарифов на проезд в общественном транспорте с большой провозной способностью для поддержания его ценовой привлекательности (табл. 4).

При кажущихся очевидными преимуществах сценариев «Совместное использование» и «Абсолютная мобильность» их реализация требует существенных ограничений в пользовании личным автотранспортом. Подобные инициативы чреваты социальными издержками, поскольку повлекут за собой принудительную смену модели транспортного поведения либо существенное увеличение расходов на совершение поездок и адаптацию к новым технологиям. Достичь плановых показателей указанных сценариев не удастся без тесного информационного взаимодействия городских властей и общественности, дабы минимизировать отрицательные последствия принимаемых решений и сформировать

Табл. 5. Влияние беспилотных автомобилей на город и его жителей

Сценарий	Влияние на жителей	Влияние на городскую среду
Стагнация	<ul style="list-style-type: none"> • Доступность покупки личного автомобиля • Проблема хранения автомобиля в жилых зонах • Потери времени в заторах • Высокая удельная стоимость поездки • Низкий доступ к услугам автомобильного транспорта для маломобильных и малообеспеченных групп населения • Потеря рабочих мест, связанных с перевозками 	<ul style="list-style-type: none"> • Постоянные автомобильные заторы • Острый дефицит мест хранения автомобилей (+1.7 млн а-м относительно 2016 г.) • Необходимость строительства многоуровневых парковок • Снижение аварийности (-58%) • Ухудшение экологической ситуации
Совместное использование	<ul style="list-style-type: none"> • Широкий доступ к услугам автотранспорта вне зависимости от достатка и состояния здоровья • Замещение личных автомобилей населения с низким и средним доходом общественными автомобилями • Низкая стоимость поездки, но выше, чем в традиционном общественном транспорте • Резкое увеличение расходов на владение личным автомобилем • Повышение мобильности населения • Потеря рабочих мест, связанных с перевозками 	<ul style="list-style-type: none"> • Локальные пробки: сохранение существующей степени напряженности на УДС • Снижение аварийности (-58%) • Улучшение экологической ситуации • Рост стоимости недвижимости в зонах с ограниченной транспортной доступностью • Незначительное улучшение экологической ситуации
Роботизация	<ul style="list-style-type: none"> • Высокая привлекательность владения беспилотным автомобилем • Низкая доступность покупки личного автомобиля • Резкое повышение расходов на владение традиционным личным автомобилем • Повышение доступности услуг автотранспорта для маломобильных групп населения • Потеря рабочих мест, связанных с перевозками • Снижение остроты проблемы паркования и хранения транспортного средства 	<ul style="list-style-type: none"> • Постоянные автомобильные заторы при безаварийном характере движения • Необходимость строительства автоматических паркингов по периметру Третьего транспортного кольца и в жилых зонах • Максимальное снижение аварийности (-88%) • Рост стоимости недвижимости в зонах с ограниченной транспортной доступностью • Незначительное улучшение экологической ситуации
Абсолютная мобильность	<ul style="list-style-type: none"> • Низкая доступность покупки личного автомобиля • Доступность владения личным автомобилем только населению с высоким уровнем доходов • Широкий доступ к услугам общественного автотранспорта вне зависимости от достатка и состояния здоровья • Низкая стоимость поездки, но выше, чем в традиционном общественном транспорте • Потеря рабочих мест, связанных с перевозками • Рост социальной напряженности и недовольства проводимой транспортной политикой • Повышение мобильности населения 	<ul style="list-style-type: none"> • Снижение количества заторов; высокая степень предсказуемости поездки • Максимальное снижение аварийности (-81%) • Максимальное улучшение экологической ситуации • Рост стоимости коммерческой и жилой недвижимости во всех районах города • Возможность преобразования неиспользуемых территорий УДС

Источник: составлено авторами.

у горожан ясное понимание будущих преимуществ. Для изучения последних на теоретическом и практическом уровнях муниципалитеты могут самостоятельно финансировать исследования беспилотных автомобилей и использовать их результаты для обоснования непопулярных решений, неизбежных при следовании сценарию «Роботизация» либо «Абсолютная мобильность».

Потенциальные эффекты от реализации сценариев внедрения беспилотных автомобилей для города в целом и его жителей в частности представлены в табл. 5.

Заключение

Сегодня можно с уверенностью утверждать, что технология беспилотного передвижения будет в той или иной форме внедрена в обозримом будущем и существенно изменит сам подход к передвижению людей и владению автомобилем. Беспилотный транспорт утратит статус сугубо личного в пользу модели общего пользования. Сама же беспилотная технология может положительно повлиять на городскую среду и способы перемещения по городу лишь в сочетании с развитием сервисов совместного пользования. В ближайшее десятилетие про-

гнозируется рост каршеринговых и райдшеринговых сервисов во всем мире, и особенно привлекательными их сделают беспилотные автомобили.

В рамках нашего исследования была наглядно показана роль транспортной политики во внедрении беспилотных автомобилей на примере города Москвы. В отсутствие сдерживающих фискальных или регуляторных механизмов число автомобилей в личном владении будет неуклонно расти по мере снижения барьеров доступа к ним, что приведет к катастрофической перегрузке городской УДС. На практике это означает многочасовые заторы на дорогах, которые не позволят в полной мере реализовать преимущества беспилотного передвижения. С помощью комплекса мер, нацеленных на снижение автомобильного потока, регулирующих способ использования городского транспорта, а также стимулирующих каршеринговые компании к массовой закупке беспилотных автомобилей и смене модели предоставления услуг, можно добиться принципиального улучшения дорожно-транспортной ситуации, включая отдельные факторы городской среды. Однако издержки подобного рода улучшений могут оказаться непосильными для населения. Так, при максимальном стимули-

ровании использования общественных автомобилей стоимость обслуживания личного автотранспорта в расчете на жизненный цикл (с учетом амортизации) должна возрасти в полтора раза по сравнению с существующими ставками и ценами, а система платных парковок должна быть распространена на всю территорию Москвы вплоть до МКАД и придомовых территорий.

Альтернативу традиционной схеме взимания транспортного налога предлагает более прогрессивная система оплаты пользования дорогами Road pricing, дифференцированная в зависимости от времени и зоны проезда. Ее внедрение может повлечь за собой революционные изменения, пусть и растянутые на длительный период. Речь идет о кардинальных переменах в привычном укладе жизни в сравнительно короткий срок, которые, будучи чрезвычайно чувствительными для жителей (пользователей), вызовут с их стороны неизбежное недовольство и противодействие.

Чем сильнее фискальные ограничения для владения личным транспортом, тем более привлекательным становится транспорт общего пользования и тем выше удельная эффективность всего автопарка. Общественные автомобили обеспечат максимальный положительный эффект при расширении зоны их обслуживания за пределы Москвы, в ближнее Подмосковье (Московская агломерация), что потребует дополнительных мощностей каршеринговых операторов и организации взаимодействия с подмосковными службами.

Полученные нами результаты показывают, что будущая транспортная политика должна предусматривать как элементы экономики совместного пользования, так и меры стимулирования технологии беспилотного передвижения. Транспортная политика должна быть проактивной, предвосхищающей негативные последствия реализации того или иного сценария и обеспечивающей максимальное информирование жителей. Инструментами достижения этих целей выступают фискальные и регуляторные меры, конкретный набор которых, рекомендованный нами для включения в такую проактивную политику, повысит общую стоимость владения автомобилем и создаст административные барьеры на пути приобретения личного транспортного средства. Меры должны вводиться постепенно и анонсироваться заранее, за несколько лет до вступления соответствующих решений в силу.

Было показано, что существующая политика остается неэффективной, поскольку порождает неконтролируемый рост личного автопарка города и требует адекватного расширения УДС в ущерб иным статьям бюджета. Столь же нежелательным представляется неконтролируемое расширение парка личных беспилотных автомобилей, которое лишь увеличит нагрузку на транспортную систему города и суммарные потери всех участников движения. Подобное развитие событий будет означать дальнейшую деградацию городской среды, предотвратить которую позволят предложенные нами меры транспортной политики.

Библиография

- Парфенов Г. (2017) Потенциальные воздействия беспилотного транспорта. М.: НИУ ВШЭ.
- Правительство Москвы (2016) Московскому каршерингу 1 год. Режим доступа: <https://docplayer.ru/33593609-Moskovskomu-karsheringu-1-god.html>, дата обращения 20.02.2019.
- Правительство Москвы (2017a) Итоги работы транспортного комплекса за 2016 год и планы на 2017 год. Режим доступа: <https://www.mos.ru/upload/newsfeed/presspresentations/2016-170124095036.pdf>, дата обращения 20.02.2019.
- Правительство Москвы (2017b) Таксомоторные перевозки в городе Москве 2011–2016. Режим доступа: [www.transport.mos.ru](http://transport.mos.ru/common/upload/docs/1470668676_taxi_ver2_2016.pdf). Режим доступа: http://transport.mos.ru/common/upload/docs/1470668676_taxi_ver2_2016.pdf, дата обращения 20.02.2019.
- Business Planner (2016) Общее исследование рынка такси в Москве 2016 г. Режим доступа: <https://business-planner.ru/articles/analitika/obshhee-issledovanie-rynka-kafe-v-sankt-peterburge-2016-g-2.html>, дата обращения 20.02.2019.
- Christensen C.M. (1997) *The Innovator's Dilemma. When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Collie B., Rose J., Choraria R., Wegscheider A.K. (2017) *The Reimagined Car. Shared, Autonomous, and Electric*. Boston, MA: Boston Consulting Group.
- Distanz (2017) Методы прогнозирования и эффективные управленческие решения. Режим доступа: https://www.distanz.ru/feed/lectures/metody-prognozirovaniya-i-effektivnye-upravlencheskie-resheniya_3771, дата обращения 20.02.2019.
- Fagnant D.J., Kockelman K.M. (2014) The travel and environmental implications of shared autonomous vehicles, using agent-based model scenarios // *Transportation Research. Part C: Emerging Technologies*. Vol. 40. P. 1–13.
- Gruel W., Stanford J.M. (2016) Assessing the long-term effects of autonomous vehicles: A speculative approach // *Transportation Research Procedia*. Vol. 13. P. 18–29.
- HBR (1999) *Harvard Business Review on Managing Uncertainty*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Hörl S., Ciari F., Axhausen K.W. (2018) Recent perspectives on the impact of autonomous vehicles. IVT Working Paper 10XX. Zurich: ETH Zurich. Institute for Transport Planning and Systems (IVT).
- Hoyle A. (2016) Apple and Google reportedly buying land for autonomous car facilities // *CNet*. 06.05.2016. Режим доступа: <https://www.cnet.com/roadshow/news/apple-and-google-reportedly-buying-land-for-autonomous-car-facilities/>, дата обращения 20.02.2019.
- Kockelman K.M., Fagnant D.J. (2015) Preparing a nation for autonomous vehicles: Opportunities, barriers and policy recommendations // *Transportation Research. Part A: Policy and Practice*. Vol. 77. P. 167–181.
- Li S., Sui P.-C., Xiao J., Chahine R. (2018) Policy formulation for highly automated vehicles: Emerging importance, research frontiers and insights // *Transportation Research. Part A: Policy and Practice* (in press). Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856418300430>, дата обращения 20.02.2019.
- Litman T. (2016) *Well Measured: Developing Indicators for Sustainable and Livable Transport Planning*. Victoria, BC (Canada): Victoria Transport Policy Institute.

- Llorca C., Moreno A.T., Moeckel R. (2017) Effects of Shared Autonomous Vehicles on the Level of Service in the Greater Munich Metropolitan Area. Paper presented at the International Conference on Intelligent Transport Systems in Theory and Practice, mobil. TUM 2017, 4–5 July 2017, Munich, Germany. Режим доступа: https://www.msm.bgu.tum.de/fileadmin/w00bv/wwww/publications/moeckel/2017_llorca_et_al.pdf, дата обращения 20.02.2019.
- Loeb B., Kockelman K.M., Liu J. (2018). Shared autonomous electric vehicle (SAEV) operations across the Austin, Texas network with charging infrastructure decisions // *Transportation Research. Part C. Vol. 89. P. 222–233.* Режим доступа: <http://isiarticles.com/bundles/Article/pre/pdf/143056.pdf>, дата обращения 20.02.2019.
- Martin E., Shaheen S. (2016) Impacts of Car2Go Vehicle Ownership, Modal Shift, Vehicle Miles Traveled, and Greenhouse Gas Emissions. Berkeley: University of California.
- Martinez L., Crist P. (2015) Urban Mobility System Upgrade — How shared self-driving cars could change city traffic. International Transport Forum Report. Paris: OECD. Режим доступа: https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/15cpb_self-drivingcars.pdf, дата обращения 20.02.2019.
- Maurer M., Gerdes J.C., Lenz B., Winner H. (eds.) *Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte.* Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer.
- Meyer J., Becker H., Bösch P.M., Axhausen K.W. (2017) Autonomous vehicles: The next jump in accessibilities? // *Research in Transportation Economics. Vol. 62. P. 80–91.* Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2017.03.005>, дата обращения 20.02.2019.
- Milakis D., Snelder M., van Arem B., van Wee G.P., Homem de Almeida Correia G. (2015) Development of automated vehicles in the Netherlands: Scenarios for 2030 and 2050. Delft: Delft University of Technology.
- Milakis D., van Arem B., van Wee B. (2017) Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research // *Journal of Intelligent Transportation Systems. № 4. P. 324–348.*
- Mogridge M.J.H. (1990) *Travel in towns: Jam yesterday, jam today and jam tomorrow?* London: Macmillan Press.
- Moreno A.T., Michalski A., Llorca C., Moeckel R. (2018) Shared Autonomous Vehicles Effect on Vehicle-Km Traveled and Average Trip Duration // *Journal of Advanced Transportation. Article ID 8969353.* Режим доступа: <https://doi.org/10.1155/2018/8969353>, дата обращения 20.02.2019.
- Morgan Stanley (2013) *Autonomous Cars: Self-Driving the New Auto Industry Paradigm.* New York: Morgan Stanley.
- Mosquet X., Zablith H., Dinger A., Xu G., Andersen M., Tominaga K. (2018) *The Electric Car Tipping Point. The Future of Powertrains for Owned and Shared Mobility.* Boston, MA: The Boston Consulting Group. Режим доступа: <https://www.bcg.com/publications/2018/electric-car-tipping-point.aspx>, дата обращения 20.02.2019.
- OECD (2015) *A New Paradigm for Urban Mobility. International Transport Forum Report.* Paris: OECD Режим доступа: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/cor-pdf-03.pdf>, дата обращения 20.02.2019.
- PwC (2016) *Стоимость владения легковым автомобилем в России, 2016.* М.: PwC Russia. Режим доступа: https://www.pwc.ru/en/automotive/publications/assets/costofcar_2016.pdf, дата обращения 20.02.2019.
- PwC (2017) *Рынок легковых и коммерческих автомобилей в России. Результаты 2016 г. и перспективы развития.* М.: PwC Russia. Режим доступа: <https://docplayer.ru/27276592-Рынок-легковых-и-коммерческих-автомобилей-в-россии-результаты-8-mesyacev-2016-g-i-perspektivy-razvitiya.html>, дата обращения 20.02.2019.
- Skinner R., Bidwell N. (2016) *Making better places: Autonomous vehicles and future opportunities.* London: WSP, Parsons Brinckerhoff, Farrels. Режим доступа: <http://www.wsp-pb.com/Globaln/UK/WSPPB-Farrels-AV-whitepaper.pdf>, дата обращения 20.02.2019.
- Smith C. (2016) *Turning Transportation. Challenges and Opportunities Presented to the City of Vancouver by Autonomous Vehicles.* Vancouver: University of British Columbia.
- Straub E.R., Schaefer K.E. (2018) It takes two to tango: Automated vehicles and human beings do the dance of driving — four social considerations for policy // *Transportation Research. Part A: Policy and Practice (in press).* Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.03.005>, дата обращения 20.02.2019.
- Ticoli D. (2015) *Driving Changes: Automated Vehicles in Toronto.* Toronto: University of Toronto.
- Tomtom (2017) *HD MAP — Highly accurate border-to-border model of the road.* Режим доступа: <http://download.tomtom.com/open/banners/HD-Map-Product-Info-Sheet-improved-1.pdf>, дата обращения 20.02.2019.
- van den Berg V.A.C., Verhoef E.T. (2016) Autonomous cars and dynamic bottleneck congestion: The effects on capacity, value of time and preference heterogeneity // *Transportation Research. Part B: Methodological. Vol. 94. P. 43–60.*
- WEF, BCG (2015) *Self-Driving Vehicles in an Urban Context.* Boston, MA: World Economic Forum, Boston Consulting Group.
- Zakharenko R. *Self-driving cars will change cities // Regional Science and Urban Economics. Vol. 61. Iss. C. P. 26–37.*

Выбор технологий с помощью метода TOPSIS

Катаржина Халицкая

Профессор, k.halicka@pb.edu.pl

Белостокский технический университет (Bialystok University of Technology), Польша, 45А,
Wiejska Street, 15-351 Bialystok, Poland

Аннотация

Конкурентные преимущества предприятий все чаще определяются инновационными технологиями, которые лежат в основе современных производственных процессов, нацеленных на удовлетворение потребностей общества. Вокруг необходимости технологического развития сложился широкий консенсус, подтверждаемый международными и национальными программами, научно-исследовательской деятельностью и появлением новых институтов. Учитывая растущий спрос на инновационные технологии, представляется важным использовать специальные методы и инструменты для их эффективного анализа и отбора. В статье описано, как в этом могут помочь многомерные методы принятия решений.

Предложенная автором концепция сочетает анализ жизненного цикла на основе S-образной кривой (*S-life-cycle analysis, S-LCA*), которая позволяет оценить производительность технологии, с методами уровней готовности технологий (*technology readiness levels, TRL*), с помощью которых оценивается степень их проработки, и методом TOPSIS, используемым для расчета рейтинга технологий. Подход верифицирован на материале ранжирования и отбора лучших технологий дорожного строительства в Польше на базе предложенного набора критериев и подкритериев. В дополнение к методам S-LCA и TRL для оценки применялись критерии инновационности, конкурентоспособности и удобства пользования.

Ключевые слова: технологии; инновации; отбор; оценка технологий; уровень готовности технологии; TOPSIS; многомерные методы принятия решений

Цитирование: Halicka K. (2020) Technology Selection Using the TOPSIS Method. *Foresight and STI Governance*, vol. 14, no 1, pp. 85–96. DOI: 10.17323/2500-2597.2020.1.85.96

Technology Selection Using the TOPSIS Method

Katarzyna Halicka

Professor, k.halicka@pb.edu.pl

Bialystok University of Technology, 45A, Wiejska Street, 15-351 Bialystok, Poland

Abstract

Innovative technologies are increasingly determining the competitive advantage of enterprises. They also form the basis for modern manufacturing processes, enabling them to meet the needs of society. Awareness of the need for technological development has become widespread, which has been confirmed by international and national programs, scientific and research activities, as well as emerging institutions. Considering the increasing demand for innovative technologies and the developed market, it appears important to use specific methods and tools for the effective analysis and selection of technologies. This paper presents a proposal to use multi-attribute decision-making methods

during technology assessment and selection. The proposed concept combines an S-life-cycle analysis (S-LCA), which determines the performance of a technology, the method of Technology Readiness Levels (TRL), which examines the technological maturity, and the TOPSIS method, which allows for developing a technology ranking. To verify this approach, the example of a ranking and selection of the best road technology in Poland is presented, considering the proposed set of criteria and sub-criteria. In the technology assessment, the criteria for innovation, competitiveness, and usefulness of this technology were used in addition to S-LSA and TRL methods.

Keywords: technology; innovation; technology selection; technology assessment; technology readiness levels; TOPSIS; Multi-Attribute Decision-Making methods

Citation: Halicka K. (2020) Technology Selection Using the TOPSIS Method. *Foresight and STI Governance*, vol. 14, no 1, pp. 85–96. DOI: 10.17323/2500-2597.2020.1.85.96

При отборе технологий используются заранее определенные критерии, агрегирование которых позволяет рассчитать рейтинг каждой из них. Тем самым удается собрать информацию о различных технологиях из разных источников и затем оценить альтернативы с учетом приоритетов компании, которая выполняет или заказывает такую работу. Эмпирической оценке подвергаются текущие параметры и потенциал развития технологий, причем как индивидуально, так и в составе портфелей принадлежащих предприятию технологий, продуктов или запатентованных изобретений. Селекция и ранжирование предполагают либо объективное измерение соответствующих параметров (касающихся самой технологии, фирмы и ее рыночного окружения), либо экспертизу некоторых из них.

Оценка технологий (ОТ) составляет неотъемлемую часть ранжирования. Концепция ОТ была впервые предложена в середине 1960-х гг. для прогнозирования последствий разработки новых технологий [van den Ende et al., 1998; Carlsen et al., 2010]. С течением времени она была усовершенствована и распространена на весь спектр эффектов создания и внедрения или создания новых технологий, прежде всего негативных. Такова была неизбежная реакция на технологическое развитие второй половины XX в., которое породило технологии (био-, нано- или ядерные), воспринятые многими как рискованные или прямо опасные [Goulet, 1994; Coates, 1998; Tran, Daim, 2008]. Система ОТ рассматривалась как механизм «раннего предупреждения», позволяющий выявить возможности и угрозы, связанные с теми или иными технологиями, и на этой основе определить целесообразность их разработки и внедрения. Многие годы от специалистов требовали сведений о потенциале новых технологий, чтобы убедить общество в необходимости внедрять инновации [Halicka, 2017; Halicka, 2018].

Обзор литературы показывает, что концепция ОТ первоначально использовалась для помощи в принятии политических решений. Речь преимущественно шла о стратегической оценке экономического эффекта сложных технологий, в частности энергетических (для традиционной и ядерной энергетики) и авиационных. Большинство таких технологий разрабатывались и эксплуатировались государственными организациями. Со временем ОТ взял на вооружение бизнес, заинтересованный в экспертизе и отборе технологий. Анализ источников позволил выделить несколько разновидностей ОТ (табл. 1) [Carlsen et al., 2010; Tran, Daim, 2008; van den Ende et al., 1998].

Суть партисипаторной ОТ в том, чтобы повысить уровень участия и роль общества в процессе принятия решений на основе фактических сведений о технологии (в отличие от попыток предвидеть их возможные будущие эффекты) [Goulet, 1994; Tavella, 2016]. Вместе с тем оценка технологической осведомленности нацелена на прогнозирование технологического развития и его эффектов с акцентом на непредусмотренных и непредсказуемых последствиях [Coates, 1998; Arora et al., 2014]. Конструктивная ОТ позволяет менять направления такого развития в зависимости от общественного запроса [van den Ende et al., 1998; Schot, Rip, 1997; Versteeg et al.,

2017]. Суть ретрополяции состоит в построении сценариев желаемого будущего и стимулировании соответствующих инновационных процессов [Zimmermann et al., 2012]. Стратегическая ОТ выполняется для помощи конкретным организациям или группам организаций в разработке инициатив и стратегий технологического развития [Daim et al., 2018; Grimaldi et al., 2015]. Первые четыре разновидности ОТ в настоящее время служат для сопровождения политических решений, тогда как в последней воплощено новое направление исследований ОТ в бизнесе, промышленности и неправительственном секторе.

Стратегическая ОТ практикуется с 1980-х гг., однако ее процедурные аспекты были детально проработаны лишь в 1990-е гг. Подход применим к экономической экспертизе альтернативных технологий, селекции и закупке стратегических технологий, а также к стратегическому планированию с учетом уровня их готовности, коммерческого потенциала и инновационности. Ключевая роль при этом принадлежит потенциальным и фактическим поставщикам или заинтересованности пользователей во внедрении более релевантных решений. Стратегическую ОТ могут осуществлять организации-разработчики (например, научно-исследовательские институты) или предприятия, заинтересованные в определении и внедрении технологий, в наибольшей степени отвечающих задачам бизнеса. Технологии оцениваются с точки зрения актуальных и отдаленных планов их внедрения пользователями и иными акторами. Это наиболее сложный аспект отбора.

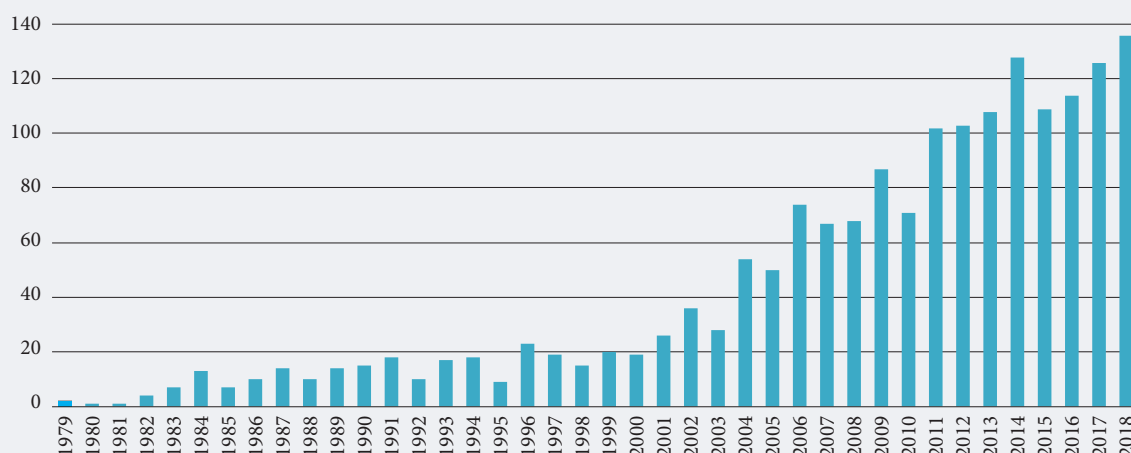
Обзор литературы

Отбор технологий — динамично развивающееся направление, о чем свидетельствует рост числа посвященных этой теме публикаций. В базе данных Scopus за последние 40 лет проиндексировано 1753 публикации с термином *technology selection* среди ключевых слов. Динамика упоминаний за период 1979–2018 гг., приведенная на рис. 1, показывает, что изначально (в первые 25 лет) интерес к этим вопросам оставался незначительным. До 2003 г. ежегодно выходило не более 40 релевантных статей. Лишь начиная с 2004 г. интерес к отбору технологий начал расти быстрыми темпами, что нашло отражение в статистике Scopus.

Наибольшее число публикаций, посвященных отбору технологий, принадлежит журналам *SAE Technical Papers* (31 статья), *A Journal of Cleaner Production* (31), *International Journal of Production Research* (18) и *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* (16 статей).

Для селекции можно использовать как качественные, так и количественные методы. Первые позволяют вычлнить характеристики, определяющие потенциальный эффект внедрения и коммерциализации технологий. Методы второго типа нацелены на идентификацию параметров, обуславливающих различия между технологиями. На практике эти методы обычно используются в сочетании друг с другом, а опыт исследований в разных странах показывает, что разработать

Рис. 1. Число публикаций в базе данных Scopus (1979–2018)



Источник: составлено автором на основе результатов поиска по базе данных Scopus с использованием ключевых слов «отбор технологий» (*technology selection*) (поиск по названиям, аннотациям и ключевым словам статей).

универсальный метод анализа технологий невозможно (чем и объясняется их комбинирование в ходе каждой процедуры оценки).

Экспертиза и отбор технологий — сложный процесс, сопряженный с неопределенностью производственных технологий, неоднозначностью оценок (суждений) экспертов, участвующих в их ранжировании, взаимозависимостью и многомерной природой технологий. Все это делает востребованными многомерные методы принятия решений [Winebrake, Creswick, 2003], которые представляют собой процедуры обработки информации, анализа имеющихся вариантов на основе различных критериев приоритизации и определения наилучшего из них. Такой подход позволил очертить широкий спектр методов [Zavadskas et al., 2016; Mardania et al.,

2018; Vavrek et al., 2017; Tamošiūnas, 2018; Roszkowska, Kacprzak, 2016; Chodakowska, Nazarko, 2017], в частности методы ранжирования — простое аддитивное взвешивание (*simple additive weighting, SAW*), исключение и выбор для характеристики реальности (*elimination and choice expressing the reality, ELECTRE*), организацию ранжирования предпочтений для более всесторонней оценки (*preference ranking organization method for enrichment evaluation, PROMETHEE*) и оценки близости к идеалу/антиидеалу, включая многокритериальную оптимизацию и поиск компромиссного решения (*multicriteria optimisation and compromise solution — VIsekriterijumska optimizacija i KOmpromisno Resenje, VIKOR*). К числу наиболее важных относятся упомянутый VIKOR, методы приоритизации предпочтений на основе близости

Табл. 1. Типы оценки технологий

Типы ОТ	Применение	Пользователи	Некоторые критерии оценки
Партисипаторная ОТ (<i>participatory technology assessment, PTA</i>) [Goulet, 1994; Tavella, 2016]	Поддержка принятия политических решений	Политики	<ul style="list-style-type: none"> • Экономическая ценность технологии • Потенциал получения преимуществ за счет диверсификации • Возможности влияния на технологическое развитие через государственные интервенции • Целесообразность государственных интервенций • Низкая вероятность незаконного использования • Значительные социальные выгоды
Оценка устойчивости технологий (<i>sustainability assessment of technologies, SAT</i>) [Ren et al., 2017]			
Оценка технологической осведомленности (<i>awareness assessment of technologies, ATA</i>) [Coates, 1998; Arora et al., 2014]			
Конструктивная ОТ (<i>constructive assessment of technologies, CTA</i>) [van den Ende et al., 1998; Schot, Rip, 1997; Versteeg et al., 2017]			
Ретрополяция (<i>backcasting</i>) [Zimmermann et al., 2012]			
Стратегическая ОТ (<i>strategic assessment of technologies, STA</i>) [Daim et al., 2018; Grimaldi et al., 2015]	Поддержка принятия бизнес-решений	Лица, принимающие решения	<ul style="list-style-type: none"> • Ценность с точки зрения реципиента • Планы текущего внедрения/применения • Планы будущего внедрения/применения • Сроки вывода на рынок • Число поставщиков/продавцов

Источник: составлено автором на основе [Goulet, 1994; Tavella 2016; Ren et al., 2017; Coates, 1998; Arora et al., 2014; van den Ende et al., 1998; Schot, Rip, 1997; Versteeg et al., 2017; Zimmermann et al., 2012; Daim et al., 2018; Grimaldi et al., 2015].

Табл. 2. Число публикаций, посвященных отбору технологий, в базе данных Scopus за 1999–2019 гг.

Год	Число публикаций
1999	1
2009	1
2011	1
2012	4
2013	3
2014	1
2015	2
2016	5
2017	5
2018	6
2019	4

Источник: составлено автором на основе результатов поиска по базе данных Scopus с использованием ключевых слов «выбор технологий» (*technology selection*) и «TOPSIS» или «оценка технологий» (*technology assessment*) И «TOPSIS» (поиск по названиям, аннотациям и ключевым словам статей).

к идеальному решению (*technique for order preference by similarity to ideal solution, TOPSIS*) и анализа иерархий (*analytic hierarchy process, AHP*), процесс формирования аналитических сетей (*analytic network process, ANP*) и измерение привлекательности методом категориальной оценки (*measuring attractiveness by a categorical based evaluation technique, MACBETH*).

Анализ литературы показал, что для отбора технологий чаще всего применяются АНР и TOPSIS. Характерная особенность первого заключается в том, что он позволяет сопоставлять выбранные критерии и строить матрицу сравнения. С ее помощью на следующем этапе определяются глобальные и локальные предпочтения и рассчитывается фактор соответствия. На

Табл. 3. Тематическая структура выявленных публикаций

Предметная область	Число публикаций
Инжиниринг	19
Компьютерные науки	8
Экология	7
Бизнес	5
Энергетика	3
Медицина	4
Социальные науки	2
Принятие решений	2
Материаловедение	2
Сельскохозяйственные и биологические науки	1
Биохимия	1
Химия	1
Математика	1
Физика и астрономия	1

Источник: составлено автором на основе базы данных Scopus.

завершающей стадии оценки составляется итоговый рейтинг приемлемых альтернатив на основе расчета функции их полезности. TOPSIS сводится к измерению сходства с идеальным решением и представляет собой метод классификации по степени близости: альтернативные варианты располагаются на шкале совпадения с идеалом и антиидеалом. Результаты ранжируются с учетом веса используемых критериев в рамках стандартной процедуры. Наилучшим решением считается то, которое ближе всего к идеалу или дальше всего от него. Полученный подобным способом интегральный показатель определяет позицию того или иного варианта в рейтинге. Метод АНР редко применяется при наличии большого набора критериев. Так, при 24 критериях матрица будет включать по 24 столбца и строки, тогда как обычно их число не превышает 10. Кроме того, метод АНР зачастую предполагает субъективное определение веса критериев в зависимости от мнений экспертов. Порождает проблемы и взаимозависимость альтернатив и критериев, которая может привести к несоответствию оцениваемых вариантов критериям ранжирования и инверсии рейтинга [Nermed, 2015; Velasquez, Hester, 2013; Anand, Vinodh, 2018; Mobinizadeh et al., 2016; Oztaysi, 2014]. Вот почему, например, для выбора технологий дорожного строительства нами используется метод TOPSIS.

Прежде всего, был подготовлен подробный обзор литературы и выполнен библиографический анализ публикаций, посвященных отбору технологий с помощью метода TOPSIS. За период 1999–2019 гг. в базе данных Scopus проиндексированы 33 работы, в которых присутствуют ключевые слова «выбор технологий» (*technology selection*) и TOPSIS или «оценка технологий» (*technology assessment*) И TOPSIS. Динамика таких публикаций представлена в табл. 2. Первая статья была опубликована в 1999 г.

Выявленные публикации были проанализированы с точки зрения предметных областей (табл. 3). Каждую из статей можно одновременно отнести к нескольким областям. Более половины публикаций посвящены инженерной тематике. В восьми статьях рассматриваются вопросы, относящиеся к компьютерным наукам, в семи — к экологии, в остальных — к бизнесу, энергетике, материаловедению и социальным наукам.

Анализ публикаций свидетельствует, что для отбора энергетических (способы хранения энергии или использование возобновляемых источников) и медицинских технологий чаще всего используется метод TOPSIS (табл. 4). Он же применяется при ранжировании экологических технологий (утилизация и очистка отходов, опреснение, очистка балластных и сточных вод, а также медицинских отходов) и технологий автомобильной промышленности (восстановление двигателей, датчики ABS). Кроме того, метод TOPSIS служит для оценки и отбора таких технологий, как производство «умного» стекла, новых трехмерных интегральных микросхем (3DIC), железа и создание сложных подводных систем.

Рассмотрим использование метода TOPSIS для ранжирования следующих пяти технологий дорожного покрытия [Nazarko et al., 2015; Nazarko, 2017; Kikolski,

Табл. 4. Примеры использования метода TOPSIS для отбора технологий

Публикация (год)	Виды технологий
[Habbal et al., 2019]	Технологии радиосвязи
[Gladysz et al., 2017; Wan et al., 2016]	Радиочастотная идентификация (RFID)
[Zhang et al., 2019]	Технологии хранения энергии
[Restrepo-Garcés et al., 2017; Hirushie et al., 2017]	Возобновляемые источники энергии
[Karatas et al., 2018]	Энергетические технологии
[Streimikiene, 2013a,b; Streimikiene et al., 2013; Streimikiene, Balezentiene, 2012]	Электромобиль
[Zheng et al., 2012]	Экологичные здания
[Peng et al., 2019]	Технологии восстановления автомобильных двигателей
[Aloini et al., 2018]	Сложные подводные системы
[Büyükoçkan, Güler, 2017]	«Умное» стекло
[Ansari et al., 2016; Puthanpura et al., 2015]	Технологии производства автомобилей
[Elahi et al., 2011]	Технологии датчиков ABS
[Govind et al., 2018]	Технологии очистки и утилизации
[Ren, 2018]	Очистка балластных вод
[Vivekh et al., 2017]	Технологии опреснения
[Kalbar et al., 2012; Fu et al., 2012]	Технологии очистки сточных вод
[Jiří, 2018; Mobinizadeh et al., 2016; Gajdoš et al., 2015; Lu et al., 2016]	Медицинские технологии
[Lee, James Chou, 2016]	Новые трехмерные интегральные микросхемы (3DIC)
[Tavana et al., 2013]	Сложные технологии для проектов НАСА
[Oztaysi, 2014]	Информационные технологии
[Towhidi et al., 2009]	Технологии производства железа
[Parkan, Wu, 1999]	Роботы для выполнения повторяющихся, сложных и опасных высокоточных операций

Источник: составлено автором.

Chien-Но Ко, 2018]: покрытие с резино-асфальтовым связующим веществом (Т1), из пористой асфальтовой смеси (Т2), «вечная мостовая» (*perpetual pavement*) (Т3), традиционный цементобетон (Т4) и покрытие с эластомерными связующими веществами (Т5). Анализ литературы по материалам поисковых исследований позволил сформулировать следующие вопросы. (1) Как использовать метод TOPSIS для оценки технологий дорожного покрытия? (2) Какие критерии следует применять для оценки технологий дорожного покрытия? (3) Какие результаты были получены после оценки технологий с использованием различных критериев?

Методы исследования

Процесс выбора технологии дорожного покрытия включал четыре последовательных этапа. Схема данного процесса представлена в табл. 5.

На первом этапе автор и авторитетные эксперты-практики оценили степень развития основных технологий дорожного покрытия, применяемых в Польше. Для этого использовалась модель уровней готовности технологий (*technology readiness levels, TRL*), общее значение которой применительно к дорожному покрытию, оценивается как низкое. Для трех уровней этого показателя описаны, а также аналитически и экспериментально проверены основные принципы анализируемой технологии, концепция ее самой и/или ее применения. TRL технологий со средним уровнем готовности колеблется в диапазоне от 4 до 6. Подобные технологии уже испытывались в условиях, максимально приближенных к реальным. Значения TRL технологий с высоким уровнем готовности составляет от 7 до 9. Детальное изучение технологий с низким и средним уровнями готовности, включая лежащие в их основе принципы и эмпирические характеристики, не позволило найти им приклад-

Табл. 5. Элементы процесса оценки и выбора технологий дорожного покрытия

Задача исследования	Исполнитель	Метод	Результат
1. Оценка зрелости и продуктивности технологий	Автор, эксперты	Анализ литературы, уровни готовности технологий, анализ жизненного цикла на основе S-образной кривой	Стадии жизненного цикла технологий, уровни зрелости технологий
2. Определение критериев оценки технологий	Автор	Анализ литературы	Список критериев
3. Оценка технологий	Эксперты	Проведение обследований	Заполненные анкеты с ОТ
4. Выбор технологии	Автор	TOPSIS	Ранжированный список технологий

Источник: составлено автором.

ное или промышленное применение. Такие исследования нацелены на получение новых знаний и навыков для разработки новых или существенного улучшения существующих продуктов, процессов и услуг. Далее определяются стадии жизненного цикла технологий, из которых в литературе упоминаются следующие: зарождение (характеризуется большой неопределенностью, высокой интенсивностью исследований и низким уровнем инвестиций); разработка (средний уровень неопределенности, акцент на практическом использовании, значительные инвестиции); зрелость (низкий уровень неопределенности, сокращение затрат и инвестиций и снижение рейтинга технологии, поскольку она устаревает и заменяется новой, более конкурентоспособной).

При выполнении второй задачи исследования на основе анализа литературы были выбраны три группы критериев ОТ [Ejdys et al., 2016; Ejdys, 2015]: (1) инновационность, (2) конкурентоспособность и (3) удобство эксплуатации. Эти критерии были представлены в форме 22 вопросов по каждому из них: три — по инновационности технологий (I1–I3), семь — по их конкурентоспособности (C1–C7) и десять — по удобству

применения (U1–U10). Список критериев ОТ дорожного покрытия приведен в табл. 6. Отбор этих технологий ранее не выполнялся, т. е. речь идет о первом (пилотном) исследовании такого рода в Польше. Важная его цель состояла в формировании объективного рейтинга технологий дорожного покрытия, в котором положение каждой технологии определялось бы исключительно ее характеристиками относительно указанных критериев. С этим связано требование не обсуждать выбор критериев ОТ с лицами, принимающими решения. В свою очередь весовые коэффициенты критериев не должны устанавливаться на основе экспертных оценок (в том числе от принимающих решения лиц). С помощью метода энтропии были рассчитаны веса анализируемых критериев оценки альтернативных вариантов на основе расхождения их значений [Lotfi, Fallahnejad, 2010; Kasprzak, 2017].

Далее эксперты оценили технологии по пятибалльной шкале Лайкерта, где 1 — минимальная оценка, 5 — максимальная. Каждый оценивал одну технологию в рамках своего круга компетенций и опыта работы с технологиями дорожного покрытия в Польше. К экс-

Табл. 6. Критерии ОТ

Аббревиатура	Критерии
TRL	Уровни готовности технологий
S	Анализ жизненного цикла на основе S-образной кривой
Инновационность	
I1	Каков уровень инновационности технологии?
I2	Является ли технология оригинальной в контексте современного уровня знаний?
I3	Является ли технология более совершенной, чем имеющиеся альтернативы?
Конкурентоспособность	
C1	Угрожают ли существующие решения рыночным позициям технологии?
C2	Как распространение технологии повлияет на существующие альтернативные решения?
C3	Сопоставимы ли возможности, которые открывает технология, с существующими альтернативами с точки зрения пользователей дорог?
C4	Важен ли дополнительный комфорт, который создает технология по сравнению с альтернативами, для пользователей дорог?
C5	Сколько альтернатив, похожих на данную технологию, имеется на польском рынке?
C6	Насколько популярны существующие альтернативы технологии?
C7	Существуют ли рыночные барьеры для потенциальных конкурентов?
Удобство пользования	
U1	Можно ли измерить ценность технологии для пользователей?
U2	Получат ли потенциальные пользователи технологии дополнительные выгоды, которых не дают альтернативы?
U3	Обеспечивает ли технология или продукты, изготовленные с ее помощью, большее удобство пользования по сравнению с альтернативами?
U4	Соответствует ли технология или продукты, изготовленные с ее помощью, формальным требованиям, действующим в Польше и ЕС?
U5	Может ли спрос на технологию или продукты, изготовленные с ее помощью, объясняться сиюминутной модой?
U6	Способствуют ли недавние перемены повышению привлекательности технологии или продуктов, изготовленных с ее помощью, в глазах пользователей (например, новые законы, тенденции спроса, технологические стандарты)?
U7	Как скоро технология или продукты, изготовленные с ее помощью, могут устареть?
U8	Решает ли технология технические проблемы, которые потенциальные клиенты считают важными?
U9	Важны ли для потенциальных клиентов технические преимущества, которые дает технология?
U10	Считают ли потенциальные клиенты важными возможные проблемы, связанные с использованием технологии?

Источник: составлено автором.

Табл. 7. Матрица решений

	TRL	S	I1	I2	I3	K1	K2	K3	K4	K5	K6
T1	8	2	4	4	4	1	3	4	4	2	1
T2	8	2	4	1	4	3	3	4	4	3	1
T3	7	1	5	3	4	5	4	5	5	5	5
T4	9	3	1	1	1	1	3	3	1	2	1
T5	9	2	4	3	3	3	2	4	3	3	4
	K7	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
T1	3	5	5	3	4	4	4	5	4	4	3
T2	4	3	3	4	4	4	4	5	4	4	1
T3	3	5	5	4	5	4	4	5	5	5	4
T4	4	3	2	1	5	2	3	5	3	3	2
T5	5	4	1	1	5	5	1	5	4	4	4

Источник: составлено автором.

пертизе были привлечены сотрудники Варшавского технологического университета (Warsaw University of Technology), специализирующиеся по направлению «Технологии материалов и дорожных покрытий» (Materials and Road Surfaces Technology). Затем в ходе реализации четвертой задачи исследования соответствующие технологии были ранжированы с помощью метода TOPSIS.

Результаты

Ранжирование технологий по методу TOPSIS [Hwang, Yoon, 1981] состояло из семи последовательных шагов.

Шаг 1. Формирование набора из 24 критериев:

$$\{C_j, j = 1, \dots, n\} \quad (1)$$

Первым критерием стал TRL, затем — стадия жизненного цикла технологии, три критерия ее инновационности, семь — конкурентоспособности и десять — удобства пользования. Значение TRL могло варьировать в интервале 1–9, стадии жизненного цикла технологии — от 1 до 4, остальные критерии — от 1 до 5.

Шаг 2. Построение матрицы решений на основе экспертных ОТ с применением указанных критериев (табл. 7):

$$X = (x_{ij}), \quad (2)$$

где $x_{ij} \in R$

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad (3)$$

Из табл. 7 видно, что для технологии T1 значение TRL равно 8, и она находится на второй стадии жизненного цикла. Значение критерия I1 для технологии T1 эксперты оценили на уровне 4, критерия K1 — 1, критерия U1 — 5. Для технологии T4 критерии I1 и K1 были оценены на уровне 1, а критерий U1 — на уровне 3.

Шаг 3. Построение нормализованной (векторной) матрицы решений (табл. 8):

$$R = (r_{ij}), \quad (4)$$

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

$$\text{где } r = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (6)$$

Шаг 4. Определение вектора весов критериев (табл. 9) по методу энтропии [Kacprzak, 2017; Rudnik, Kacprzak, 2017]:

$$E = (e_1, e_2, \dots, e_n), \quad (7)$$

где E — вектор энтропии,

$$e_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m z_{ij} \ln z_{ij}, \quad (8)$$

$$z_{ij} \ln z_{ij} = 0, \text{ где } z_{ij} = 0, \quad (9)$$

и вектор весов критериев:

$$w = (w_1, w_2, \dots, w_n), \quad (10)$$

$$w_j \in [0, 1], \sum_{j=1}^n w_j = 1, \quad (11)$$

где w_j — вес критерия.

Если все критерии были одинаково действительны, веса рассчитывались по формуле:

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (12)$$

Табл. 8. Нормализованная матрица решений

	TRL	S	I1	I2	I3	K1	K2	K3	K4	K5	K6
T1	0.435	0.426	0.465	0.667	0.525	0.149	0.438	0.442	0.489	0.280	0.151
T2	0.435	0.426	0.465	0.167	0.525	0.447	0.438	0.442	0.489	0.420	0.151
T3	0.380	0.213	0.581	0.500	0.525	0.745	0.583	0.552	0.611	0.700	0.754
T4	0.489	0.640	0.116	0.167	0.131	0.149	0.438	0.331	0.122	0.280	0.151
T5	0.489	0.426	0.465	0.500	0.394	0.447	0.292	0.442	0.367	0.420	0.603
	K7	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
T1	0.346	0.546	0.625	0.457	0.387	0.456	0.525	0.447	0.442	0.442	0.442
T2	0.462	0.327	0.375	0.610	0.387	0.456	0.525	0.447	0.442	0.442	0.147
T3	0.346	0.546	0.625	0.610	0.483	0.456	0.525	0.447	0.552	0.552	0.590
T4	0.462	0.327	0.250	0.152	0.483	0.228	0.394	0.447	0.331	0.331	0.295
T5	0.577	0.436	0.125	0.152	0.483	0.570	0.131	0.447	0.442	0.442	0.590

Источник: составлено автором.

Табл. 9. Веса критериев оценки

	TRL	S	I1	I2	I3	K1	K2	K3	K4	K5	K6
e	0.997	0.967	0.944	0.916	0.949	0.894	0.986	0.992	0.940	0.961	0.840
d	0.003	0.033	0.056	0.084	0.051	0.106	0.014	0.008	0.060	0.039	0.160
w	0.003	0.033	0.058	0.087	0.053	0.109	0.014	0.008	0.061	0.040	0.164
	K7	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
e	0.988	0.984	0.916	0.906	0.996	0.977	0.949	1.000	0.992	0.992	0.940
d	0.012	0.016	0.084	0.094	0.004	0.023	0.051	0.000	0.008	0.008	0.060
w	0.012	0.016	0.087	0.097	0.004	0.024	0.053	0.000	0.008	0.008	0.062

Источник: составлено автором.

$$d_j = 1 - e_j \quad (13)$$

Для определения энтропии матрицу решений следовало нормализовать:

$$Z = (z_{ij}), \quad (14)$$

$$Z = \begin{bmatrix} z_{11} & \dots & z_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{m1} & \dots & z_{mn} \end{bmatrix}, \quad (15)$$

где

$$z = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (16)$$

Все весовые коэффициенты представлены в табл. 9.

Наиболее важными критериями, согласно табл. 9, оказываются K6 (w=0.164), K1 (w=0.109) и U3 (w=0.097), наименее важными — U7 (w=0.000), TRL (w=0.003) и U4 (w=0.004).

На основе полученных весовых коэффициентов была построена нормализованная матрица решений (табл. 10):

$$V = (v_{ij}), \quad (17)$$

где

$$v_{ij} = r_{ij} w_j \quad (18)$$

Шаг 5. Определение идеального решения A^+ и наихудшего решения A^- [Kacprzak, 2019]:

$$A^+ = [v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+] = [\max v_{i1} \max v_{i2} \dots \max v_{in}] \quad (19)$$

$$A^- = [v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-] = [\min v_{i1} \min v_{i2} \dots \min v_{in}] \quad (20)$$

После выбора меры близости для каждой альтернативы были рассчитаны значения условной, интуитивной близости к идеальному (A^+) и наихудшему (A^-) решениям. В статье использовано нормализованное евклидово расстояние:

$$s_j^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_i^+ - v_{ij}^+)^2}, \quad (21)$$

$$s_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_i^- - v_{ij}^-)^2}, \quad (22)$$

Шаг 6. Расчет коэффициента относительной близости. Применительно к близости альтернативы A_i к идеальному решению A^+ коэффициент был определен следующим образом:

$$C_i = \frac{s_j^-}{s_j^+ + s_j^-}, \quad (23)$$

где $0 \leq C_i \leq 1$.

C_i — показатель эффективности альтернативных вариантов, на основе которого формируется рейтинг альтернатив и определяется наилучшая из них.

Шаг 7. Ранжирование альтернатив в порядке убывания значения C_i [Boran et al., 2009; Yuc, 2014].

Наиболее предпочтительным продуктом среди оцениваемых альтернатив в конечном счете оказалась «вечная мостовая» (T3), ее ближайшим конкурентом стало покрытие с эластомерными связующими веществами (T5), на третьем месте — покрытие с резино-асфальтовым связующим веществом (T1), за ним — покрытие из пористой асфальтовой смеси (T2) и на последнем месте — традиционный цементобетон (T4) (табл. 11).

Табл. 10. Взвешенная нормализованная матрица решений

	TRL	S	I1	I2	I3	K1	K2	K3	K4	K5	K6
T1	0.001	0.014	0.027	0.058	0.028	0.016	0.006	0.004	0.030	0.011	0.001
T2	0.001	0.014	0.027	0.014	0.028	0.049	0.006	0.004	0.030	0.017	0.001
T3	0.001	0.007	0.034	0.043	0.028	0.081	0.008	0.004	0.037	0.028	0.001
T4	0.001	0.021	0.007	0.014	0.007	0.016	0.006	0.003	0.007	0.011	0.001
T5	0.001	0.014	0.027	0.043	0.021	0.049	0.004	0.004	0.022	0.017	0.001
	K7	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
T1	0.025	0.004	0.009	0.054	0.044	0.001	0.011	0.028	0.000	0.004	0.004
T2	0.025	0.006	0.005	0.032	0.059	0.001	0.011	0.028	0.000	0.004	0.004
T3	0.124	0.004	0.009	0.054	0.059	0.002	0.011	0.028	0.000	0.004	0.004
T4	0.025	0.006	0.005	0.022	0.015	0.002	0.005	0.021	0.000	0.003	0.003
T5	0.099	0.007	0.007	0.011	0.015	0.002	0.013	0.007	0.000	0.004	0.004

Источник: составлено автором.

Табл. 11. Относительная близость к идеальному решению и рейтинг альтернативных вариантов

Технология дорожного покрытия	s_j^+	s_j^-	C_i	Рейтинг
T1	0.121653105	0.082644528	0.40453	3
T2	0.119536825	0.073261956	0.37999	4
T3	0.020692762	0.149284031	0.87826	1
T4	0.147440469	0.024541157	0.14270	5
T5	0.081536767	0.095672852	0.53989	2

Источник: составлено автором.

Заключение

В статье описано применение метода TOPSIS для ОТ дорожного покрытия и выбора наилучшей из нескольких альтернатив: покрытие с резино-асфальтовым связующим веществом (Т1), из пористой асфальтовой смеси (Т2), «вечная мостовая» (Т3), традиционный цементобетон (Т4) и покрытие с эластомерными связующими веществами (Т5). Анализ литературы позволил определить уровень зрелости и эффективность этих техноло-

гий, а затем — критерии отбора технологий для оценки их инновационности, конкурентоспособности и удобства пользования, общее число которых составило 22. В результате экспертного ранжирования лучшей оказалась технология «вечной мостовой» (Т3), худшей — традиционный цементобетон (Т4).

В ходе исследования были получены ответы на следующие вопросы: как использовать метод TOPSIS для ОТ дорожного покрытия?; какие критерии должны при этом применяться?; какие результаты ОТ были получены с использованием различных критериев?

Описанный метод принятия решений представляется применимым к анализу и более сложных ситуаций. В ходе дальнейшей работы при отборе критериев для формирования рейтинга будут учитываться мнения лиц, принимающих решения, сам набор критериев и методов исследования будет расширен, а в выборку будут включены другие европейские государства, что позволит провести межстрановые сравнения соответствующих рейтингов технологий дорожного покрытия.

Исследование выполнено в рамках проекта S/WZ/1/2017 при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Польши (Polish Ministry of Science and Higher Education).

Библиография

Aloini D., Dulmin R., Mininno V., Pellegrini L., Farina G. (2018) Technology assessment with IF-TOPSIS: An application in the advanced underwater system sector // *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 131. P. 38–48. DOI: 10.1016/j.techfore.2017.07.010.

Anand M.B., Vinodh S. (2018) Application of fuzzy AHP — TOPSIS for ranking additive manufacturing processes for microfabrication // *Rapid Prototyping Journal*. Vol. 24. № 2. P. 424–435. DOI: 10.1108/RPJ-10-2016-0160.

Ansari R., Soltanzadeh J., Tavassoli A. (2016) Technology selection between technology management and decision making: A case study from the Iranian automotive industry // *International Journal of Automotive Technology and Management*. Vol. 16. № 4. P. 365–388. DOI: 10.1504/IJATM.2016.081618.

Arora S.K., Foley R.W., Youtie J., Shapira P., Wiek A. (2014) Drivers of technology adoption: The case of nanomaterials in building construction // *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 87. P. 232–244. DOI: 10.1016/j.techfore.2013.12.017.

Boran F.E., Genç S., Kurt M., Akay D. (2009) A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method // *Expert Systems with Applications*. Vol. 36. № 8. P. 11363–11368.

Büyüközkan G., Güler M. (2017) A hesitant fuzzy based TOPSIS approach for smart glass evaluation // *Proceedings of: EUSFLAT-2017 — The 10th Conference of the European Society for Fuzzy Logic and Technology, September 11–15, 2017, Warsaw, Poland / Eds. J. Kacprzyk, E. Szmidt, S. Zadrozny, K. Atanassov, M. Krawczak. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer. P. 330–341. DOI: 10.1007/978-3-319-66830-7_30.*

Carlsen H., Dreborg K.H., Godman-Hansson S.O., Johansson L., Wikman-Svahn P. (2010) Assessing socially disruptive technological change // *Technology in Society*. Vol. 32. P. 209–218. Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2010.07.002>, дата обращения 14.03.2019.

Chodakowska E., Nazarko J. (2017) Environmental DEA method for assessing productivity of European countries // *Technological and Economic Development of Economy*. Vol. 23. № 4. P. 589–607. DOI: 10.3846/20294913.2016.1272069.

Coates J.F. (1998) Technology assessment as guidance to governmental management of new technologies in developing countries // *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 58. № 1–2. P. 35–46. DOI: 10.1016/S0040-1625(97)00087-5.

Daim T.U., Yoon B.S., Lindenberg J., Grizzi R., Estep J., Oliver T. (2018) Strategic roadmapping of robotics technologies for the power industry: A multicriteria technology assessment. *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 131. P. 49–66. DOI: 10.1016/j.techfore.2017.06.006.

Ejdys J. (2015) Innovativeness of residential care services in Poland in the context of strategic orientation // *Procedia — Social and Behavioral Sciences*. Vol. 213. P. 746–752. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.11.461.

Ejdys J., Matuszak-Flejszman A., Szymanski M., Ustinovicus L., Shevchenko G., Lulewicz-Sas A. (2016) Crucial factors for Improving the ISO14001 Environmental Management System // *Journal of Business Economics and Management*. Vol. 17. № 1. P. 52–73. DOI: 10.3846/16111699.2015.1065905.

Elahi M., Alvandi M., Valehzagharad H.K., Memarzade M. (2011) Selecting the best ABS sensor technology using fuzzy MADM // *Scientific Research and Essays*. Vol. 6. № 31. P. 6487–6498. DOI: 10.5897/SRE11.1079.

Fu J., Xie L., Qu M., Liang G., Ma X., Tang J., Zhang R., Bai Y. (2012) The application of entropy weight TOPSIS method to the optimization of wastewater treatment technology in livestock and poultry slaughtered plant // *Shenyang Jianzhu Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban)/ Journal of Shenyang Jianzhu University (Natural Science)*. Vol. 28. № 5. P. 909–914.

Gajdoš O., Juříčková I., Otawova R. (2015) Health technology assessment models utilized in the chronic care management // *Proceedings of the Third International Conference, IWBBIO 2015, Granada, Spain, April 15–17, 2015 / Eds. F. Ortuño, I. Rojas. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer. P. 54–65.*

- Gladysz B., Nalepa K., Santarek K. (2017) Justification of RFID implementation. A case study of white goods manufacturer // *Management and Production Engineering Review*. Vol. 8. № 4. P. 91–104. DOI: 10.1515/MPER-2017-0040.
- Govind Kharat M., Murthy S., Jaisingh Kamble S., Raut R.D., Kamble S.S. (2018) Fuzzy multi-criteria decision analysis for environmentally conscious solid waste treatment and disposal technology selection // *Technology in Society*. Vol. 57. P. 20–29. DOI: 10.1016/j.techsoc.2018.12.005.
- Goulet D. (1994) Participatory Technology-Assessment — Institutions and Methods // *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 45. № 1. P. 47–61. DOI: 10.1016/0040-1625(94)90062-0.
- Grimaldi M., Cricelli L., Di Giovanni M., Rogo F. (2015) The patent portfolio value analysis: A new framework to leverage patent information for strategic technology planning // *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 94. P. 286–302. DOI: 10.1016/j.techfore.2014.10.013.
- Habbal A., Goudar S.I., Hassan S. (2019) A context-aware radio access technology selection mechanism in 5G mobile network for smart city applications // *Journal of Network and Computer Applications*. Vol. 135. P. 97–107. DOI: 10.1016/j.jnca.2019.02.019.
- Habbal A., Goudar S.I., Hassan S. (2017) Context-aware radio access technology selection in 5G ultra dense networks // *IEEE Access*. Vol. 5. P. 6636–6648. DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2689725.
- Halicka K. (2017) Main Concepts of Technology Analysis in the Light of the Literature on the Subject // *Procedia Engineering*. Vol. 182. P. 291–298.
- Halicka K. (2018) The reference methodology of prospective analysis of technology in production engineering // 8th International Conference on Engineering, Project, and Product Management (EPPM 2017) Proceedings / Ed. S. Şahin. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer. P. 99–107. DOI: 10.1007/978-3-319-74123-9_11.
- Hirushie K., Kasun H., Rehan S. (2017) Renewable energy technology selection for community energy systems: A case study for British Columbia. Paper presented at the 2017 CSCE Annual General Conference, Vancouver, BC, Canada. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/326211412_Renewable_energy_technology_selection_for_community_energy_systems_A_case_study_for_British_Columbia, дата обращения 26.04.2019.
- Hwang C.L., Yoon K. (1981) *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Berlin: Springer-Verlag.
- Jiří M. (2018) The robustness of TOPSIS results using sensitivity analysis based on weight tuning // *IFMBE Proceedings*. Vol. 68. № 2. P. 83–86. DOI: 10.1007/978-981-10-9038-7_15.
- Kacprzak D. (2017) Objective Weights Based on Ordered Fuzzy Numbers for Fuzzy Multiple Criteria Decision Making Methods // *Entropy*. Vol. 19. № 373. DOI: 10.3390/e19070373. Режим доступа: <https://pdfs.semanticscholar.org/9ff9/552d78357f946c5fd35b4822d5c6be693cas.pdf>, дата обращения 12.04.2019.
- Kacprzak D. (2019) A doubly extended TOPSIS method for group decision making based on ordered fuzzy numbers // *Expert Systems with Applications*. Vol. 116. P. 243–254. DOI: 10.1016/j.eswa.2018.09.023.
- Kalbar P.P., Karmakar S., Asolekar S.R. (2012) Selection of an appropriate wastewater treatment technology: A scenario-based multiple-attribute decision-making approach // *Journal of Environmental Management*. Vol. 113. P. 158–169. DOI: 10.1016/j.jenvman.2012.08.025.
- Karatas M., Sulukan E., Karacan I. (2018) Assessment of Turkey's energy management performance via a hybrid multi-criteria decision-making methodology // *Energy*. Vol. 153. P. 890–912. DOI: 10.1016/j.energy.2018.04.051.
- Kikolski M., Chien-Ho Ko (2018) Facility layout design — review of current research directions // *Engineering Management in Production and Services*. Vol. 10. № 3. P. 70–79. DOI: 10.2478/emj-2018-0018.
- Lee Y., James Chou C. (2016) Technology evaluation and selection of 3DIC integration using a three-stage fuzzy MCDM // *Sustainability (Switzerland)*. Vol. 8. № 2. P. 1–15. DOI: 10.3390/su8020114. Режим доступа: <https://ideas.repec.org/a/gam/jsusta/v8y2016i2p114-d62915.html>, дата обращения 23.04.2019.
- Lotfi F.H., Fallahnejad R. (2010) Imprecise Shannon's Entropy and Multi Attribute Decision Making // *Entropy*. Vol. 12. P. 53–62.
- Lu C., You J., Liu H., Li P. (2016) Health-carewaste treatment technology selection using the interval 2-tuple induced TOPSIS method // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Vol. 13. № 6. DOI: 10.3390/ijerph13060562.
- Mobiniazadeh M., Raeissi P., Nasiripour A.A., Olyaeemanesh A., Tabibi S.J. (2016) A model for priority setting of health technology assessment: The experience of AHP-TOPSIS combination approach // *DARU, Journal of Pharmaceutical Sciences*. Vol. 24. P. 1. DOI: 10.1186/s40199-016-0148-7. Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4827190/>, дата обращения 11.05.2019.
- Mardania A., Jusoha A., Halicka K., Ejdays J., Magruk A., Ungku Norulkamar U.A. (2018) Determining the utility in management by using multi-criteria decision support tools: A review // *Economic Research/Ekonomika Istrazivanja*. Vol. 31. P. 1666–1716. Режим доступа: <https://doi.org/10.1080/1331677X.2018.1488600>, дата обращения 18.06.2019.
- Nazarko J., Radziszewski P., Dębkowska K., Ejdays J., Gudanowska A., Halicka K., Kilon J., Kononiuk A., Kowalski K., Król J., Nazarko Ł., Sarnowski M., Vilutiene T. (2015) Foresight Study of Road Pavement Technologies // *Procedia Engineering*. Vol. 122. P. 129–136.
- Nazarko Ł. (2017) Future-Oriented Technology Assessment // *Procedia Engineering*. Vol. 182. P. 504–509. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.03.144.
- Nermed K. (2015) Wielokryterialna metoda wektora preferencji jako narzędzie wspomagające proces decyzyjny [Multi-Criteria Preference Vector Method (PVM) as a tool supporting the decision making process] // *Przegląd Statystyczny*. Vol. 62. № 1. P. 93–115 (in Polish). Режим доступа: <http://cejsh.icm.edu.pl/cejsh/element/bwmeta1.element.desklight-0f4c6200-68b5-4c3f-b307-ad24fcb0eef4>, дата обращения 18.04.2019.
- Nouri F.A., Esbouei S.K., Antucheviciene J. (2015) A hybrid MCDM approach based on fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS for technology selection // *Informatica (Netherlands)*. Vol. 26. № 3. P. 369–388. DOI: 10.15388/Informatica.2015.53.
- Oztaysi B. (2014) A decision model for information technology selection using AHP integrated TOPSIS-grey: The case of content management systems // *Knowledge-Based Systems*. Vol. 70. P. 44–54. DOI: 10.1016/j.knsys.2014.02.010.
- Parkan C., Wu M. (1999) Decision-making and performance measurement models with applications to robot selection // *Computers and Industrial Engineering*. Vol. 36. № 3. P. 503–523.
- Peng S., Li T., Li M., Guo Y., Shi J., Tan G.Z., Zhang H. (2019) An integrated decision model of restoring technologies selection for engine remanufacturing practice // *Journal of Cleaner Production*. Vol. 206. P. 598–610. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.09.176.
- Puthanpura A.K., Khalifa R., Chan L. (2015) Assessing emerging automotive technologies for the future // 2015 Proceedings of PICMET '15: Management of the Technology Age. P. 2113–2120. DOI: 10.1109/PICMET.2015.7273223. Режим доступа: <https://pdfs.semanticscholar.org/9fe1/3e67e3ba91d29f8c9c0a3787355bf9519ae6.pdf>, дата обращения 22.04.2019.
- Ren J. (2018) Technology selection for ballast water treatment by multi-stakeholders: A multi-attribute decision analysis approach based on the combined weights and extension theory // *Chemosphere*. Vol. 191. P. 747–760. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2017.10.053.

- Ren J.Z., Liang H.W., Chan F.T.S. (2017) Urban sewage sludge, sustainability, and transition for Eco-City: Multi-criteria sustainability assessment of technologies based on best-worst method // *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 116. P. 29–39. DOI: 10.1016/j.techfore.2016.10.070.
- Restrepo-Garcés A.R., Manotas-Duque D.F., Lozano C.A. (2017) Método Híbrido Multicriterio-ROA, para la selección de fuentes de energía renovables: Caso de estudio centros comerciales [Multicriteria hybrid method — ROA, for the choice of generation of renewable sources: Case study in shopping centers] // *Ingeniare*. Vol. 25. № 3. P. 399–414. DOI: 10.4067/S0718-33052017000300399 (in Spanish).
- Roszkowska E., Kacprzak D. (2016) The fuzzy SAW and fuzzy TOPSIS procedures based on ordered fuzzy numbers // *Information Sciences*. Vol. 369. P. 564–584.
- Rudnik K., Kacprzak D. (2017) Fuzzy TOPSIS method with ordered fuzzy numbers for flow control in a manufacturing system // *Applied Soft Computing*. Vol. 52. P. 1020–1041. DOI: 10.1016/j.asoc.2016.09.027.
- Schot J., Rip A. (1997) The past and future of constructive technology assessment // *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 54. № 2–3. P. 251–268. DOI: 10.1016/S0040-1625(96)00180-1.
- Streimikiene D. (2013a) Assessment of road transport technologies based on GHG emission reduction potential and costs // *Transformations in Business and Economics*. Vol. 12. № 2. P. 138–147.
- Štreimikiene D. (2013b) Assessment of energy technologies in electricity and transport sectors based on carbon intensity and costs // *Technological and Economic Development of Economy*. Vol. 19. № 4. P. 606–620. DOI: 10.3846/20294913.2013.837113.
- Streimikiene D., Baležentienė L. (2012) Assessment of electricity generation technologies based on GHG emission reduction potential and costs // *Transformations in Business and Economics*. Vol. 11. № 2A. P. 333–343.
- Streimikiene D., Baležentis T., Baležentienė L. (2013) Comparative assessment of road transport technologies // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 20. P. 611–618. DOI: 10.1016/j.rser.2012.12.021.
- Tamošiūnas A. (2018) Managing selection of wind power generation technologies // *Business: Theory and Practice*. Vol. 19. P. 309–321. DOI: 10.3846/btp.2018.31.
- Tavana M., Khalili-Damghani K., Abtahi A. (2013) A hybrid fuzzy group decision support framework for advanced-technology prioritization at NASA // *Expert Systems with Applications*. Vol. 40. № 2. P. 480–491. DOI: 10.1016/j.eswa.2012.07.040.
- Tavella E. (2016) How to make Participatory Technology Assessment in agriculture more 'participatory': The case of genetically modified plants // *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 103. P. 119–126. DOI: 10.1016/j.techfore.2015.10.015.
- Towhidi N., Tavakkoli-Moghaddam R., Peymandar M. (2009) Iron-making technology selection using a fuzzy hierarchical TOPSIS method // *Proceedings of the 5th International Congress on the Science and Technology of Ironmaking (ICSTI) 2009*. P. 1039–1044.
- Tran T.A., Daim T. (2008) A taxonomic review of methods and tools applied in technology assessment // *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 75. P. 1396–1405. DOI: 10.1016/j.techfore.2008.04.004.
- van den Ende J., Mulder K., Knot M., Moors E., Vergragt P. (1998) Traditional and modern technology assessment: Toward a toolkit // *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 58. № 1–2. P. 5–21. DOI: 10.1016/S0040-1625(97)00052-8.
- Vavrek R., Adamisin P., Kotulic R. (2017) Multi-Criteria Evaluation of Municipalities in Slovakia — Case Study in Selected Districts // *Polish Journal of Management Studies*. Vol. 16. № 2. P. 290–301. DOI: 10.17512/pjms.2017.16.2.25.
- Velasquez M., Hester P.T. (2013) An Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methods // *International Journal of Operations Research*. Vol. 2. № 10. P. 56–66.
- Versteeg T., Baumann M.J., Weil M., Moniz A.B. (2017) Exploring emerging battery technology for grid-connected energy storage with Constructive Technology Assessment // *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 115. P. 99–110. DOI: 10.1016/j.techfore.2016.09.024.
- Vivekh P., Sudhakar M., Srinivas M., Vishwanthkumar V. (2017) Desalination technology selection using multi-criteria evaluation: TOPSIS and PROMETHEE-2 // *International Journal of Low-Carbon Technologies*. Vol. 12. № 1. P. 24–35.
- Wan S.-P., Wang F., Dong J.-Y. (2016) A novel group decision making method with intuitionistic fuzzy preference relations for RFID technology selection // *Applied Soft Computing Journal*. Vol. 38. P. 405–422. DOI: 10.1016/j.asoc.2015.09.039.
- Winebrake J.J., Creswick B.P. (2003) The future of hydrogen fueling systems for transportation: An application of perspective-based scenario analysis using the analytic hierarchy process // *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 70. № 4. P. 35–384. DOI: 10.1016/S0040-1625(01)00189-5.
- Zavadskas E.K., Mardani A., Turskis Z., Jusoh A., Nor K.M.D. (2016) Development of TOPSIS method to solve complicated decision-making problems: An overview on developments from 2000 to 2015 // *International Journal of Information Technology and Decision Making*. Vol. 15. № 3. P. 645–682.
- Zhang C., Chen C., Streimikiene D., Baležentis T. (2019) Intuitionistic fuzzy MULTIMOORA approach for multi-criteria assessment of the energy storage technologies // *Applied Soft Computing Journal*. Vol. 79. P. 410–423. DOI: 10.1016/j.asoc.2019.04.008.
- Zheng G., Jing Y., Huang H., Zhang X. (2011) Multihierarchical gray evaluation method to assess building energy conservation // *Journal of Energy Engineering*. Vol. 137. № 2. P. 88–98. DOI: 10.1061/(ASCE)EY.1943-7897.0000041.
- Zimmermann M., Darkow I.L., von der Gracht H.A. (2012) Integrating Delphi and participatory backcasting in pursuit of trustworthiness — The case of electric mobility in Germany // *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 79. № 9. P. 1605–1621. DOI: 10.1016/j.techfore.2012.05.016.
- Yue Z. (2014) TOPSIS-based group decision-making methodology in intuitionistic fuzzy setting // *Information Sciences*. Vol. 277. P. 141–153.

**Новейшие достижения
статистики, семантического
анализа, машинного обучения**

Возможности

- Обработка огромных массивов информации
- Гибкость, кастомизируемость
- Высокая скорость аналитики
- Наглядные витрины данных
- «Обогащаемая» семантическая база знаний
- Мультиязычный анализ

ИСИЭЗ

ИНСТИТУТ СТАТИСТИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
И ЭКОНОМИКИ ЗНАНИЙ



Применение

- Картирование трендов
- Прогнозы
- Бенчмаркинг, оценки рисков
- Определение жизненного цикла технологий, продуктов, рынков
- Анализ навыков
- Выявление центров компетенций
- Анализ закупок
- Оценка мер политики
- Поддержка проектного управления

Контакты

✉ issek@hse.ru

✉ ifora@hse.ru

☎ +7 (495) 621-28-73

📍 101000, Москва, Мясницкая, 20



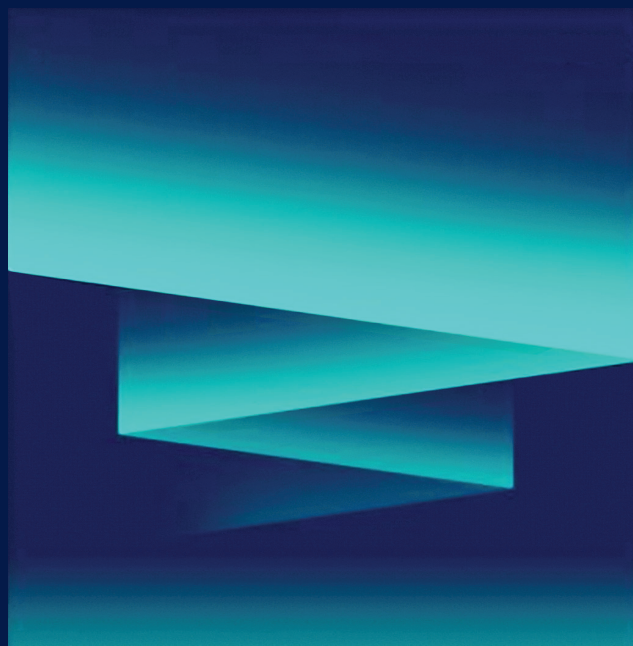
issek.hse.ru

СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ДАННЫХ



iFORA®

Новый взгляд на стратегическую аналитику



ISSN 1995-459X
9 771995 459777 >



Вебсайт



Website

Загрузите в
App Store



Download on the
App Store

Доступно в
Google Play



GET IT ON
Google Play