

# JOURNAL

of Applied Economic  
Research

Vol. **22** No. 3  
**2023**

**Научно-аналитический журнал**  
**Выходит 4 раза в год**  
**Основан в 2002 г.**

**Scientific and Analytical Journal**  
**Published 4 times per year**  
**Founded in 2002**

<p><b>Учредитель и издатель журнала</b>          Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»          (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19)</p>	<p><b>Founder and publisher</b>          Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin          (19 Mira St., 620002, Ekaterinburg, Russian Federation)</p>
<p><b>Адрес редакции</b>          620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, а/я 10           Тел. +7 (343) 375-97-20          E-mail: vestnikurfu@yandex.ru          WEB-SITE: journalaer.ru</p>	<p><b>Contact information</b>          19 Mira St., 620002, Ekaterinburg, Russian Federation          Phone +7 (343) 375-97-20          E-mail: vestnikurfu@yandex.ru          WEB-SITE: journalaer.ru</p>
<p>Сетевое издание зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).          Свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС77-78058 от 13 марта 2020 г.</p>	<p>The Journal is registered by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Telecom, Information Technologies and Mass Communications (Roskomnadzor).          Registration Certificate Эл № ФС77-78058 from March 13, 2020</p>
<p>В период 2002–2010 гг. журнал выходил с названием «<b>Вестник УГТУ–УПИ. Серия экономика и управление</b>»          В период 2011–2019 гг. журнал выходил с названием «<b>Вестник УрФУ. Серия экономика и управление</b>»</p>	<p>In 2002–2010, it was published under the name: «<b>Bulletin of Ural State Technical University. Series Economics and Management</b>»          In 2011–2019, it was published under the name: «<b>Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and Management</b>»</p>
<p>Журнал рекомендован ВАК России для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора экономических наук          Журнал включен в Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе Web of Science          Журнал включен в ядро Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)</p>	<p>Approved by the Higher Attestation Commission of the Ministry of Education and Science of Russia for publishing key research findings of PhD and Doctoral dissertations in economics          Included in Russian Science Citation Index (RSCI) on Web of Science Platform          Included in the core of the Russian Science Citation Index</p>
<p>Главной целью журнала является публикация оригинальных экономических исследований отечественных и зарубежных ученых с понятной исследовательской методологией и результатами, имеющими прикладной экономический характер</p>	<p>The main goal of the journal is to publish original economic research of domestic and foreign scientists with a clear research methodology and results that have an applied economic nature</p>

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

## Главный редактор

*МАЙБУРОВ Игорь Анатольевич* (д-р экон. наук, проф., Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия)

## Заведующий редакцией

*КАЛИНА Алексей Владимирович* (канд. техн. наук, доц., Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия)

## Члены редакционной коллегии

*БАЛАЦКИЙ Евгений Всеволодович* (д-р экон. наук, проф., Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, г. Москва, Россия)

*БЕЛОВ Андрей Васильевич* (д-р экон. наук, проф., Университет префектуры Фукуи, г. Фукуи, Япония)

*ВИСМЕТ Ханс Михаэль* (PhD, проф., Дрезденский технический университет, г. Дрезден, Германия)

*ГРИНБЕРГ Руслан Семенович* (чл.-корр. РАН, д-р экон. наук, проф., Институт экономики РАН, г. Москва, Россия)

*КАДОЧНИКОВ Сергей Михайлович* (д-р экон. наук, проф., Высшая школа экономики, г. Санкт-Петербург, Россия)

*КАУФМАНН Ханс Рудигер* (PhD, проф., Высшая школа менеджмента, г. Манхайм, Германия; Университет Никосии, г. Никосия, Кипр)

*КЛЕЙНЕР Георгий Борисович* (чл.-корр. РАН, д-р экон. наук, проф., Центральный экономико-математический институт РАН, г. Москва, Россия)

*КИРЕЕВА Елена Федоровна* (д-р экон. наук, проф., Белорусский государственный экономический университет, г. Минск, Беларусь)

*КРИВОРОТОВ Вадим Васильевич* (д-р экон. наук, проф., Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия)

*ЛАВРИКОВА Юлия Георгиевна* (д-р экон. наук, проф., Институт экономики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия)

*МАГАРИЛ Елена Роменовна* (д-р техн. наук, проф., Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия)

*МУЛЕЙ Матиаж* (д-р экон. наук, проф., Университет Марибора, г. Марибор, Словения)

*ПОПОВ Евгений Васильевич* (чл.-корр. РАН, д-р экон. наук, д-р физ.-мат. наук, проф., Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, г. Екатеринбург, Россия)

*ТОЛМАЧЕВ Дмитрий Евгеньевич* (канд. экон. наук, доц., Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия)

*ФАНЬ Юн* (PhD, проф., Центральный университет экономики и финансов, г. Пекин, Китай)

*ШАСТИТКО Андрей Евгеньевич* (д-р экон. наук, проф., Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия)

## EDITORIAL BOARD

**Editor-in-Chief**

*Igor A. MAYBUROV*, Doctor of Economics, Professor, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

**Head of the Publishing Office**

*Alexei V. KALINA*, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

**Members of Editorial Board**

*Evgeny V. BALATSKY*, Doctor of Economics, Professor, The Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

*Andrey V. BELOV*, Doctor of Economics, Professor, Fukui Prefectural University, Fukui, Japan

*Yong FAN*, PhD, Professor, Central University of Finance and Economics, Beijing, China

*Ruslan S. GRINBERG*, Corresponding Member of RAS, Doctor of Economics, Professor, Institute of Economics of RAS, Moscow, Russia

*Sergei M. KADOCHNIKOV*, Doctor of Economics, Professor, Higher School of Economics, Saint Petersburg, Russia

*Hans R. KAUFMANN*, PhD, Professor, Higher School of Management, Mannheim, Germany; University of Nicosia, Nicosia, Cyprus

*Elena F. KIREEVA*, Doctor of Economics, Professor, Belarus State Economic University, Minsk, Belarus

*Georgy B. KLEYNER*, Corresponding Member of RAS, Doctor of Economics, Professor, Central Economics and Mathematical Institute RAS, Moscow, Russia

*Vadim V. KRIVOROTOV*, Doctor of Economics, Professor, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

*Yulia G. LAVRIKOVA*, Doctor of Economics, Professor, Institute of Economics, Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, Russia

*Elena R. MAGARIL*, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

*Matjaz MULEJ*, Doctor of Economics, Professor, University of Maribor, Maribor, Slovenia

*Evgeny V. POPOV*, Corresponding Member of RAS, Doctor of Economics, Doctor of Physics and Mathematics, Professor, The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Ekaterinburg, Russia

*Andrei E. SHASTITKO*, Doctor of Economics, Professor, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

*Dmitry E. TOLMACHEV*, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

*Hans M. WIESMETH*, PhD, Professor, Technical University of Dresden, Dresden, Germany

## Содержание

### MACROECONOMIC APPLIED RESEARCH

---

<b>Цифровые технологии и эффективность торговли в странах Африки южнее Сахары</b> <i>Сака Джимо Олакунле</i> .....	480
<b>Прогнозная оценка потенциального рынка электромобилей и эффектов снижения выбросов парниковых газов в России</b> <i>Н. С. Колян, А. Е. Плесовских, Р. В. Гордеев</i> .....	497
<b>Оценка эффективности инвестиционных налоговых льгот в России</b> <i>М. Р. Пинская, Ю. А. Стешенко, К. Н. Цаган-Манджиева</i> .....	522

### MESOECONOMIC APPLIED RESEARCH

---

<b>Влияние бизнес-модели на размер инвестиций, полученных стартапом на стадии Series A на рынке США</b> <i>Д. А. Зубакина, П. Е. Колясов</i> .....	551
<b>Оценка и прогнозирование углеродного следа металлургических предприятий Свердловской области</b> <i>Н. В. Стародубец, И. С. Белик, Н. Л. Никулина, Т. Т. Аликберова</i> .....	572
<b>Влияние факторов цифровой среды на развитие предпринимательских экосистем регионов России</b> <i>В. А. Якимова, С. В. Панкова</i> .....	600
<b>Пространственное моделирование влияния научно-исследовательского потенциала на динамику научно-технологического развития регионов России</b> <i>И. В. Наумов, С. С. Красных</i> .....	630
<b>Оценка функционирования регионов на основе производственных функций с приведенными стоимостными факторами</b> <i>Р. А. Жуков, М. А. Пинская, Е. В. Манохин</i> .....	657

### MICROECONOMIC APPLIED RESEARCH

---

<b>Модель нечеткой логики оценки кадровых рисков: кейс русско-финских экспортно-импортных операций малых и средних предприятий</b> <i>Т. Ю. Кудрявцева, А. Е. Схведиани, М. С. Леухина, А. О. Шнейдер</i> .....	683
<b>Российский рынок онлайн-микрозаймов населению: анализ кредитных рисков</b> <i>Ю. С. Евлахова, А. А. Трегубова</i> .....	710
<b>Использование искусственно переоцененных акций в качестве обеспечения по кредитам как способ получения дополнительного дохода – «чистый кешбэк»</b> <i>М. О. Какаулина, А. С. Вагнер</i> .....	739

## Contents

### MACROECONOMIC APPLIED RESEARCH

---

<b>Digital Technology and Trade Performance in Sub-Saharan Africa</b> <i>Saka Jimoh Olakunle</i> .....	480
<b>Predictive Assessment of the Potential Electric Vehicle Market and the Effects of Reducing Greenhouse Gas Emissions in Russia</b> <i>Nelly S. Kolyan, Alexander E. Plesovskikh, Roman V. Gordeev</i> .....	497
<b>Evaluation of the Effectiveness of Investment Tax Incentives in Russia</b> <i>Milyausha R. Pinskaya, Yuliya A. Steshenko, Kermen N. Tsagan-Mandzhieva</i> .....	522

### MESOECONOMIC APPLIED RESEARCH

---



<b>The Impact of the Business Model on the Size of Investments Received by a Startup at the Series A Stage in the US Market</b> <i>Darya A. Zubakina, Pavel E. Kolasov</i> .....	551
<b>Assessment and Forecasting of Metallurgical Enterprises Carbon Footprint in the Sverdlovsk Region</b> <i>Natalia V. Starodubets, Irina S. Belik, Natalia L. Nikulina, Tamila T. Alikberova</i> .....	572
<b>The Influence of Digital Environment Factors on the Development of Entrepreneurial Ecosystems in Russian Regions</b> <i>Vilena A. Yakimova, Svetlana V. Pankova</i> .....	600
<b>Spatial Modelling of the Impact of R&amp;D Potential on the Dynamics of Scientific and Technological Development of Russian Regions 653</b> <i>Ilya V. Naumov, Sergey S. Krasnykh</i> .....	630
<b>Assessment of the Regions Functioning Based on Production Functions with the Above Cost Factors</b> <i>Roman A. Zhukov, Maria A. Plinskaya, Evgeny V. Manokhin</i> .....	657

### MICROECONOMIC APPLIED RESEARCH

---

<b>A Fuzzy Model for Personnel Risk Analysis: Case of Russian-Finnish Export-Import Operations of Small and Medium Enterprises</b> <i>Tatiana Yu. Kudryavtseva, Angi E. Skhvediani, Maiia S. Leukhina, Alexandra O. Schneider</i> .....	683
<b>Russian Market of Online Microloans to the Population: Credit Risks Analysis</b> <i>Yuliya S. Evlakhova, Alexandra A. Tregubova</i> .....	710
<b>Collateralization of Artificially Inflated Stocks as a Way of Generating Profit – “Clean Cashback”</b> <i>Maria O. Kakaulina, Alexander S. Wagner</i> .....	739

## Digital Technology and Trade Performance in Sub-Saharan Africa

*Saka Jimoh Olakunle*  

*Lagos State University,  
Lagos, Nigeria*

 [jaystatistics@yahoo.com](mailto:jaystatistics@yahoo.com)

**Abstract.** This study examines the relationship between digital technology and trade performance with a focus on export trade in sub-Saharan African countries. The main objectives are to examine the impact digital technology measured by ICT goods import, internet use and mobile telephone subscriptions have on export trade in Sub-Saharan Africa (SSA), to evaluate the link between the degree of the region's development and export trade and the form of digital technology most suitable in facilitating trade in the region. The study hypotheses are that: (1) ICT goods import, internet use and mobile telephone subscriptions do not influence significantly export trade in SSA; (2) the region's development does not link appreciably to export trade in SSA; (3) no form of digital technology can facilitate trade in the region. The panel regression estimation technique is adopted considering the panel least squares, fixed effect and random effect estimation techniques. Results show that information and communication technology imports exert greater positive and significant impact on export trade flows compared to internet usage demonstrating theoretical and practical relevance of technology in trade flows. The degree of development is low and does not show an appreciable impact on trade flows in the region indicating that trade integration can thrive better in a well-structured economy. Redundant fixed effect test confirms that the panel least squares estimation is better compared to the fixed effect estimation. Hausman test demonstrates that random effect estimation is also better than fixed effect estimation. In attaining the reality of the contribution of digitalization process in SSA, policy makers need to pursue major goals that would address problems hampering its success.

**Key words:** digital technology; trade; panel least squares; fixed effect; random effect.

JEL F10, N7, O3, O31, O32, O33

### 1. Introduction

Digital technology plays a major role in global trade and investment and is expected to continue to shape the trade relations within the Sub-Saharan Africa (SSA) and beyond. The patterns of trade in goods that can be digitized have been transformed following advancement in internet and computer technologies [1]. Goods in these categories include software and media products such as films and various forms of recorded information on carrier media among others [2].

In 2014, cross border merchandised trade in products experiencing digitization

reached about 0.3% of the world-merchandised trade with printed books meant for exports and accounting for almost half of this. Exports by Asia-Pacific economies have accounted for almost 30% of the world exports of digitalized products ESCAP calculation<sup>1</sup>.

China takes the lead in the region's exports of games and printed books; Singapore dominates the region's exports of software and sound media. While Korea is next,

<sup>1</sup> ESCAP. Escap population data sheet 2016. Social Development Division. 2016. <https://hdl.handle.net/20.500.12870/898>

Japan remains the major Asia-Pacific exporter of film. The e-commerce, which reflects the online purchase and sales of goods and service, is a good reference point [3].

Sub-Saharan Africa (SSA) is skewing towards digitization with potential for more innovations as far as it addresses short falls in physical and human capital, digital governance and regional trade agreements and the importance of this was recognized by the international organizations in late 1990s. Improvement in transport and information and communication technologies (ICTs) [4] through reduction in transportation and communication costs has consequently increases trade relations between countries [5].

Digital technologies through concrete innovation can considerably boost exports trade in developing nations [6]. Empirical evidence has shown the gains in trade both at the global and developing countries scenarios through new digital technologies such as the adoption of robots, more reliance on artificial intelligence and big datasets and trade costs reduction.

Accordingly, digital technologies are expected to have a significant impact on trade making global trade grow by 2% points per annum higher compared to the previous level between now and 2030 and that trade growth for developing countries becomes 2.5% points higher than what it would have been in the previous period [7].

International Monetary Fund observes that internet penetration in SSA has moved up to tenfold since 2000s, contrary to threefold increase for rest of the world. Between 2014 and 2019, the percentage of mobile internet penetration almost doubled in Kenya with mobile phone subscriptions surpassing the population by 12% in 2019.

In Nigeria, ICT sector contributes about 14% to the GDP with investment in high-speed internet thereby lowering bandwidth prices and increasing network capacity [8]. Nigeria is home to cryptocurrency trade and generated over \$400 million worth of cryptocurrency trade in 2020 placing it third

place after the US. South Africa accounts for 49% of the region's cellular internet of things (IoT) connections and has launched commercial 5G services.

The subcontinent recent advancement in global internet enhanced by the development of high-capacity telecommunications SMCs together with inadequacy of wire line terrestrial infrastructure turned the mobile phones main channel for mobile communications.

Despite these contributions on transformation, there seems to be less focus on digital trade in the region. Given the connections between global digitalization and trade, the poor national digital strategies and inadequate digital provisions in trade relations serve as potential threats and slow down SSA's digital transformation. The region is beset with low property protection (IP), data protection and cyber security which mitigate competitiveness, security, and trade development. Poor attention on digital technology impact on trade in SSA despite its potential to change the phase of trade relation; has paved way for this study.

*The objectives of the study* are to examine the impact of ICT goods import, internet use and mobile telephone subscriptions, which are measures of digital technology on export trade in SSA, to evaluate the link between degree of the region's development and export trade and to determine the form of digital technology most suitable in facilitating trade in the region.

*The hypotheses* that are to be tested are that:

*H1.* ICT goods import, internet use and mobile telephone subscriptions do not impact significantly on export trade in SSA;

*H2.* The region's development does not link appreciably to export trade in SSA;

*H3.* No form of digital technology can facilitate trade in the region.

Following the introductory section are sections 2 and 3 comprising the relevant literature and methodology and data respectively. Section 4 is estimation while section 5 concludes.



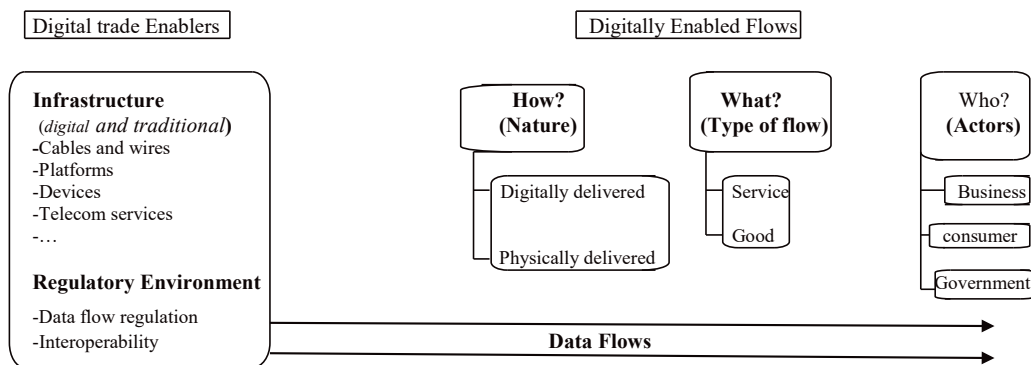


Figure 1. Schema on components of digital trade adopted from [5]

## 2. Literature Review

The revolution put in place by the development of data analytics and machine learning in the monetization of data digital services is reflected in commerce through personalization of services, which subsequently increases the efficiency of transactions and consumer welfare further leading to expansion in commerce.

Based on a survey, Deloitte<sup>1</sup> observes that over 50% of consumers have shown willingness to pay higher for a personalized product or service while just 22% of consumers feel happy to share some data to gain access to a more personalized product or service. Benefits from trade can be more enhanced by the free flow of data in as much as the online ecosystem is reliable wherein online consumers are free from any risks of using their data different from their missions, as this is fundamental in promoting online trade.

Parker et al. [9] showed that digital technologies have created platform ecosystem through which services are traded. Platforms are considered as having lower costs compared to previous market forms to create scale that can be of relevant value for an attraction between their markets.

<sup>1</sup> The Deloitte Consumer Review: Made to Order: The Rise of Mass Personalisation. London: Deloitte. 2015. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/consumer-business/ch-en-consumer-business-made-to-order-consumer-review.pdf>

Moreover, platforms are new methodologies of addressing the fundamental problem encountered in economic organization such as coordinating supply and demand without complete information.

As explained by Baldwin [10] and Lopez-Gonzalez & Jouanjean [11], digital trade considered not new is taking new form and has continuously adding new dimension to globalization process. A broad consensus has been reached that digital trade entails digitally enabled international transactions in goods and services which can be delivered either physically or digitally. Figure 1 demonstrates the well-accepted components of digital trade.

The physically delivered goods and services across borders do not differ based on the transactions that describe whether the trade is digital or not. Digitalization is seen to have increased the physical delivery of final and as well as intermediate goods and services but not that it has changed the nature of trade relation.

While it is difficult to estimate the importance of digital trade from international institutions including the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD)<sup>2</sup> or the World Trade Organization (WTO)<sup>3</sup> which have some

<sup>2</sup> OECD (2019). Trade in the Digital Era, OECD, Paris

<sup>3</sup> WTO (2018). World Trade Report 2018: The future of world trade: How digital technologies are transforming global commerce, WTO, Geneva

reports on digital trade, notwithstanding, digital transformation has created a noticeable impact on physically delivered trade. It should be noted that it is easier to physically deliver goods than services; therefore, digital transformation is more impactful on manufactured goods than on trade in services.

In the manufacturing sector, it is expected that digital transformation will reduce employment compared to what has already been done in the past.

Baldwin & Forslid [12] just as some others are of the prediction that manufacturing may become jobless and thus having significant socio-economic effect implications but would be derived through changes in the process of production rather than through changes in trade. The way new technology impact on trade performance between advanced and developing economies characterized by different labour costs is dependent importantly on the how the new technology is able to reduce transportation and other costs of transactions and hence encouraging firms to source products considering minimal labour costs and as well as the labour intensity of the production process. In services, the major impact expected of the digital transformation which is already in force is the drastic reduction in transportation and other transactions costs which is further accelerated by the emergence of the COVID-19 pandemic, and this essentially renders many services tradable compared to their initial non-tradable status.

Zhao et al. [13] showed that on a theoretical level and considering the impacts on economic activities at the micro-level, the economic value of technology can be seen in increased efficiency, product quality and product variety.

Kan et al. [14] showed that Increased efficiency relates to reduced production and transaction costs wherein firms deliver same product to consumers with lower cost via improved productivity or declining transaction cost. Product quality

entails making products better to meet functionality, ergonomics, and durability conditions. For product variety, new products and services can be introduced to expand the choices available to the consumers.

Literature in economics identifies three important effects driving firm incentives for innovation. These are (1) Schumpeterian effect, (2) Escape-competition effect, and (3) Preferences effect.

“Schumpeterian” effect hinges on import competition and innovation. Import competition results in a negative impact on firm’s innovation. Accordingly, a declining market share of the firm implies lower profits to be extracted from innovating.

Dasgupta & Stiglitz [15] reaffirmed the Schumpeterian effect and further showed that rising competition affects profit margins and end up in less investment in R&D and hence less innovation.

The Escape-competition effect on the other hand emphasizes that import competition would have a positive effect on firm technological innovation and by innovating a firm could benefit from the profits of its competitors.

The model introduced by Aghion et al. [16] suggests that firms having similar technological capacity seem to benefit from increasing returns to innovation based on competition as it can put a firm ahead of its competitors.

The Preference effect, which is another mechanism, was introduced by Hart in 1983. The idea that firms are profit maximizing and thus import competition would have a direct relationship with firm innovation was challenged. On assumption, firm managers tend to have private benefits to reap in addition to the firm’s financial profits, which subsequently affect decisions for innovation.

According to Chen & Steinwender [17], private benefits may be extracted only in the case where firms are in existence and thus triggers innovation efforts due to rising competitive pressure.

Brezis et al. [18] showed that in the context of SSA, expansion of digital technologies such as mobile money is often referred to as “leapfrogging technologies”. This theory has pointed to the role technological revolutions play in fostering reversal of fortunes among nations across the globe. Within the context of a major technological change, dependence of an advanced country on old technology makes a new technology becomes unattractive in the short run as it is seen less profitable.

Further theoretical demonstration of the link between digital economy and trade can be observed through direct and indirect effects. Considering the direct effect, digital technology can lower the cost incurred in export trade.

Fujita et al. [19] find that New Economic Geography (NEG) emphasizes that trade cost is key when it comes to trade location selection, spatial agglomeration, and diffusion of economic activities and thus reduction in this cross-border trade cost triggers export growth.

Felbermayr et al. [20] showed that trade costs, which include transaction costs, search costs, communication costs and transportation costs, are reduced through the digital technology. The “disintermediation” effect saves series of costs generated through varying processes of intermediary transactions for example between the manufacturers and consumers. Digitization process enhances the search for business information through the web and thus, reducing search costs. Communication costs are equally reduced through real-time communication via the internet compared to huge costs incurred in mail or telegrams delivery. According to Newbold [21], this essentially reduces costs associated with logistics.

Leviakangas [22] showed that expansion of trade market is realized through digital economy. This development has reduced the initial geographical restrictions via the scope of export trade market.

Hoffman & Novak [23] find that has been a unification of the real economy and fictitious economy and the emergence of virtual trade and have broken through the geographical restrictions towards improving the efficiency of trade. Advances in the scope of business and information technology have improved financial and educational products thereby reducing restrictions encountered on trade in services in various locations.

Advancement in digital technologies worldwide has paved way for numerous empirical facts relating to the subject matter. At the national, industry and enterprise levels, most analyses have concluded that digital technologies reduce costs incurred in trade and get rid of limitation attributed to transaction time and trading venues to facilitate exports.

Visser [24] find that digital technology plays a prominent role in the promotion of export in developing economies compared to developed economies in Asia. In the same vein, some studies have found indirect relationship between trade and innovation outcomes and using patents and R&D expenditure as direct measures of innovation.

Autor et al. [25] document a negative impact of rising import competition from China on firm and technology class levels for the period 1975-2007. Results show that about 40% drag in patenting is attributed to fast moving import competition.

Xu & Gong [26] using a data base of US manufacturing industries for 1995-2009, find that firms with more import competition from China experience a fall in R&D and thus calling for a reallocation of R&D. While some results are mixed, some empirical studies have found positive impact of import competition on innovation.

Bloom et al. [27] engage in a study of 12 European countries for 1996-2007 and find a positive effect of China’s import competition on innovation using firm level data. Majority of studies for developing countries use total factor productivity as

a measure of innovation. While the digital technological impacts on export have been supported empirically across different dimensions, it is not without heterogeneity effects. The spread of technological ideas including improved seeds, solar cook stoves, and agricultural techniques, mobile phone adoption came into existence. Empirical economic studies on mobile phone adoption are still scanty due to inadequate data on individual adoption, difficulty in assessing relevant benefits against costs incurred among others.

Olken [28] and Jensen & Oster [29] find that new technologies-radio and television-impact positively and negatively on social relationships and individuals' behaviour in developing countries.

Aker et al. [30] note that introduction of mobile phones lowers the intensity of a border effect across different ethnic group in Niger.

### 3. Methodology and Data

The theoretical framework this study adopts is rooted from the theoretical assertion of NEG, which lays emphasis on the direct effect of digital economy on trade. The major tenet here is that digital technology reduces all forms of trade costs including transaction costs, search costs, communication costs through efficient ICT quality imports, internet systems, among others, which subsequently improve export trade flows, increase domestic productivity and foreign exchange earnings.

Based on the theoretical idea, the econometric model specification linking digital technology to trade is demonstrated as follows:

$$Exp^t = f(Dig^{tech}, X, \mu). \quad (1)$$

Therefore,

$$Exp = \beta_0 + \beta_1 Dig^{tech} + \beta_i \sum_{i=1}^n X_i + \mu. \quad (2)$$

Where  $Exp$  represents export trade, which in this case is, merchandise exports

and they show value of goods provided to the rest of the world. Exports are considered in this study as a measure of trade because exports positively revive domestic economic activity and thus result in more production, employment, and revenue generation. Essentially, they serve as an injection to the domestic economy.

$Dig^{tech}$  represents the digital technology variable which in the context of SSA and as employed in this study includes Information and telecommunication technology (ICT) goods imported ( $ICTGIM$ ) to enhance production process and minimize production costs, internet usage ( $INTNET$ ) which essentially reduces search and communication costs, and mobile cellular telephone subscriptions ( $MOBCES$ ) that enhance cellular technology.

$X_i$  include control variables incorporated to reduce omitted variable bias and these are access to electricity infrastructure ( $ACELEC$ ), exchange rate ( $EXCR$ ), a measure of the region's competitiveness, foreign direct investment ( $FDI$ ) which takes into account the degree of trade openness of the region, human capital development ( $HCD$ ) measured by government expenditure on education as a proportion of the gross domestic product ( $GDP$ ), which describes the quality of human capital development and industrial value added ( $INDVAD$ ) capturing the region's industrial structure. Other control variables are Natural resources ( $NATRES$ ), per capita income ( $PCIG$ ) and capture the level of region's development as usual and savings ( $SAV$ ) as a proportion of the  $GDP$ .

The model for this study defined explicitly takes the form:

$$EXP_{it} = \beta_0 + \beta_1 ICTGIM_{it} + \beta_2 INTNET_{it} + \beta_3 MOBCES_{it} + \beta_4 ACELEC_{it} + \beta_5 EXCR_{it} + \beta_6 FDI_{it} + \beta_7 HS_{it} + \beta_8 INDVAD_{it} + \beta_9 NATRES_{it} + \beta_{10} PCIG_{it} + \beta_{11} SAV_{it} + \mu_{it}. \quad (3)$$

Where the variables are as defined above.

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_{11}$  are parameters taken as elasticities expect the constant intercept.

All the variables are in logarithmic transformation to essentially reduce the problem of heteroscedasticity resulting from large variance.

$\mu$  is the error term, which is identically and normally distributed.

The study employs a panel data regression approach on the basis that it ensures the control for independencies of unobserved independent variables on a dependent variable and this if not controlled may essentially lead to biased estimators in the familiar traditional linear regression models.

In the present study, three variants are employed. These are the panel least square method, the fixed effect, and the random effect methods. The fixed effect model differs clearly from the common effect even though it still employs the ordinary least square principle and is noticed to be consistent and controls for any individual-specific attributes that do not vary across time. However, it has been noted that the

random effect is more efficient because it is estimated using the generalized least square and thus, has smaller variance.

Data on the variables was collected from the World Development Indicator for the period spanning 1995–2020; the period believed to have been identified with relative improvement in technological progress within some few countries in SSA.

Based on data issue and advancement in technology compared to other countries, nine countries in SSA were selected. Even at that missing data as a major problem of data gathering process appears inevitable. The countries selected are Angola, Botswana, Ghana, Kenya, Nigeria, Rwanda, South Africa, Uganda, and Zimbabwe.

#### 4. Results

Descriptive statistics of the variables employed- access to electricity, exchange rate, foreign direct investment, ICT goods imported, mobile cellular subscription,

Table 1. Descriptive statistics

	EXCR	ICTGDIM	EXP	MOBCES	ACELEC
Mean	3.89	1.59	22.36	2.74	3.47
Median	4.32	1.60	22.25	3.42	3.66
Std. dev	2.71	0.47	1.84	1.82	0.81
Skewness	1.51	-0.28	-0.30	-0.36	-1.28
Kurtosis	11.55	2.45	2.76	1.53	4.62
J-B Prob.	0.00	0.13	0.14	0.00	0.00

Table 1. Descriptive statistics (the end)

	FDI	HC	INDVAD	NATRES	PCIG
Mean	0.63	1.49	3.27	2.05	-0.07
Median	0.71	1.62	3.23	2.07	0.73
Std. dev	1.22	0.42	0.39	0.86	2.83
Skewness	-2.74	-0.59	0.61	0.06	-3.20
Kurt	1.56	2.66	2.75	2.55	17.16
J-B Prob.	0.05	0.03	0.00	0.38	0.00

Source: Author's computation using E-views

industrial value added, internet usage, per capita income growth and savings is shown on Table 1.

The panel unit root test results are shown on Table 2. The test methods involved the Levin, Lin & Chut, lin, Pesaran and Shin W-stat, ADF-Fisher Chi-Square, and the PP-Fisher Chi Square. In order to accommodate all these, the tests are carried out under “Summary”.

The test equation was based on individual effects (constant intercepts). The maximum number of cross sections is nine but where there were missing values, which were inevitable, number of cross sections fell below (Table 3).

**5. Discussion**

The descriptive statistics computed as shown on table 1 shows that Merchandised exports, which describe the values of goods exported, demonstrated the highest mean and median values in the series during the

study period. This is reflecting the large volume of goods exported for the countries selected.

However, per capita income means, and median growth values appeared lowest during the period showing the apparent low level of development in SSA. The per capita income growth even though was lowest in mean and median values came with the highest spread as demonstrated by the standard deviation.

This again is a pointer to the unstable yardsticks in measuring the region’s growth and development. The lowest fluctuation in the series was demonstrated by the industry value added. While all the variables appeared with positive kurtosis coefficients, only agricultural machinery, exchange rate, industrial value added, and natural resource rent have been identified with positive skewness during the period.

The J-B probability shows that only the ICT goods imported, merchandised export

Table 2. Panel Unit Root Test Results

Variable	Test Eqn.	Test Md	Cross section	Prob.	OI	Decision	Specific Md
ACELEC	Ind. Effect	Summary	9	0.01	I(0)	Stationary	L,L Ch*
EXCR	Ind. Effect	Summary	9	0.00	I(1)	Stationary	Lm, P,Shin, ADF, PP
FDI	Ind. Effect	Summary	9	0.00	I(0)	Stationary	Lm, P,Shin, ADF, PP
HC	Ind. Effect	Summary	4	0.00	I(0)	Stationary	All
ICTGDIM	Ind. Effect	Summary	4	0.0	I(0)	Stationary	All
INDVAD	Ind.Effect	Summary	9	0.00	I(0)	Stationary	L,L,Ch*,PP
NATRES	Ind. Effect	Summary	9	0.00	I(0)	Stationary	All
EXP	Ind. Effect	Summary	9	0.03	I(0)	Stationary	L,L, Ch*
MOBSEC	Ind. Effect	Summary	9	0.00	I(0)	Stationary	L,L Ch* ADF, PP
PCIG	Ind. Effect	Summary	9	0.00	I(0)	Stationary	Lm, P,Shin, ADF, PP
SAV	Ind. Effect	Summary	9	0.00	I(1)	Stationary	

Source: Author’s computation using E-views. Test Md=Test Method, OI= Order of Integration, Specific Md=Specific Method

Table 3. Panel Least Square, Fixed Effect and Random Effect Estimations

Var.	Coeff.	Std. err	Prob.	Coeff.	Std. err	Prob.	Coeff.	Std. err	Prob.
C	7.18	2.62	0.01	7.20	3.38	0.04	7.18	2.85	0.01
ACELEC	1.87	0.42	0.00	2.21	4.15	0.00	1.87	0.46	0.00
EXCR	0.07	0.13	0.62	0.22	0.20	0.26	0.07	0.14	0.64
FDI	-0.20	0.08	0.01	-0.24	0.09	0.01	-0.20	0.08	0.02
HC	0.67	0.54	0.22	0.70	0.63	0.27	0.67	0.59	0.26
ICTGIM	1.19	0.24	0.00	0.89	0.32	0.01	1.19	0.26	0.00
INDVAD	2.05	0.60	0.00	0.56	0.97	0.57	2.05	0.65	0.00
INTNET	0.36	0.19	0.06	0.88	0.38	0.02	0.36	0.20	0.08
MOBCES	-0.38	0.16	0.02	-0.17	0.39	0.67	-0.38	0.18	0.03
PCIG	-0.08	0.05	0.08	-0.05	0.06	0.47	-0.08	0.05	0.11
SAV	-0.46	0.29	0.12	-0.04	0.38	0.92	-0.46	0.32	0.15
R <sup>2</sup>	0.82			0.86			0.82		
R <sup>2</sup> Adj.	0.79			0.75			0.79		
Prob. F-stat.	0.00			0.00			0.00		
F.E Test				0.94/0.67					
Hausman Test							0.60		

Source: Author's computation using E-views

and natural resource rent are normally distributed in the series considering the 5% level of significance.

In the panel unit root test statistics provided on table 2, each of the variables employed access to electricity, exchange rate, foreign direct investment, ICT goods imported, mobile cellular subscription, industrial value added, internet use, per capita income growth and savings appears stationary in at least one of the test methods which essentially ensured that the variable in question is stationary though at varying levels of integration.

The results are a mixture of both levels and first difference-integrated variables with only exchange rate, savings and human capital variables integrated at their first differences. The study proposed the use of Autoregressive Distributed Lag Models but

due to loss of information for the frequent lags on data with already missing observations, this estimation technique was dropped.

The estimated results are shown on table 3 for the panel least squares, fixed effect and random effect estimation techniques. First, starting from the measure of digital economy having controlled for the relevant, only the ICT technology goods imported, and internet users positively and significantly (though at varying levels) impacted on export in all three variants of estimation methods during the period under study. This is apparently in line with Abeliasky & Hilbert [31] who find a positive and significant relationship between export performance data subscription per capita and bandwidth data speed per subscription for 122 countries using gravity model of estimation.

This is also in line with the studies of Chu & Guo [32], Xing [33] and Ozcan [34]. However, greater positive impact of ICT goods imported on trade is shown for the panel least square and the random effect.

Thus, in comparison between the two technological components, the ICT goods imported showed greater positive impact on trade flows. By implication, ICT goods imported, internet usage and mobile cellular phone can foster domestic trade in terms of quantity and quality for export promotion.

However, mobile cellular phone subscription showed a depressing impact on trade flows across all estimations. This may be the results of frequent poor network services for which essentially delays communication. The results further show that both technological components are significant; however, significance of internet usage is only shown in the fixed effect estimation.

Thus, the hypotheses that ICT goods import, internet usage and mobile do not significantly impact on trade and that no form of digital technology can foster trade significantly are rejected.

Turning to the control variables, access to electricity infrastructure variable impacted positively and significantly on export trade in all the estimations indicating that electricity can enhance productive capacity towards improving export trade. Limitation here lies on the fact that many African nations like Nigeria still experience huge epileptic power supply amidst the mission to facilitate trade. Exchange rate demonstrating the degree of competitiveness impacted positively on export trade in the region.

Thus, appreciation of the domestic currency is better off in promoting export for foreign exchange. Industry value added coefficients are positive in all the estimations but significant for the panel least squares and the random effect estimations. This reflects the idea that the region's industrial structure may appear conducive to export trade even though the structure

still needs further improvement particularly in SSA.

The coefficients of human capital variable showing government expenditure on education in the region is positive in each estimation but not significant. Thus, human capital can foster labour productivity efficiency in the industries through provision of more qualified workforce at its optimal level towards increasing domestic exports. However, the poor capacity building through low provision of funding essentially makes the impact of human capital less significant to trade in the region.

The per capita income coefficient is negative in each case showing at least 5% decrease in export trade for every 1% increase in regional development and demonstrating an apparently low level of regional development, which in turn does not seem to thrive trade. This is further supported by the insignificant coefficient of regional development indicator. Thus, the hypothesis that regional development does not significantly affect trade is accepted. This is further indicated by the negative coefficient of savings in all the estimations. Thus, the proportion of the national income saved appears not enough in boosting investment for huge export trade flows in the region. This essentially lowers the degree of openness to trade as demonstrated by the foreign direct investment variable whose coefficient is negative in each estimation. Thus, the scale effect, structural effect, and technological effect through which foreign direct investment influence export trade are weak in the SSA.

This finding is contrary to that of Macedoni [35] whose research finding shows a positive relationship between per capita income of the destination and export trade with concentration on product scope per exporter. The adjusted coefficient of determination, which essentially considers relevant explanatory variables, is high on the average. It shows that the explanatory variables explained over 75% of the variation in the export trade in SSA during



the period leaving out about 25% of the variation unexplained.

The redundant fixed effect tests show the acceptance of the hypothesis that fixed effects are unnecessary making the panel least square as a better choice. Furthermore, the Hausman test indicates that random effect estimation is comparatively better than the fixed effect. Thus, the study essentially relies on the results of both the panel least squares and the random effect estimations.

## 6. Conclusion

Advancement in digitalization has increased the pattern of flow of trade and trade relations of SSA with the rest of the world as evident from some countries in SSA. Nigeria, Kenya and South Africa have been better off in terms of digitalization process in SSA with slight advancement in the ICT sector, mobile phone subscriptions and cellular internet of things respectively.

However, the huge success recorded in these areas has not significantly impacted on the region's competitiveness and trade performance due to low property protection, poor data protection, and unimpressive

cyber security. Using the variants of panel regression technique, results showed that ICT goods imported, and internet usage positively related with export trade flows but with greater significant impact from the ICT goods imported.

Degree of development in SSA is still low and showed a drag to export trade flow in the region. In attaining the reality of the contribution of digitalization process in SSA, policy makers need to pursue major goals that would address problems mitigating its success.

ICT goods imported should be well coordinated and directed to the appropriate channel to support improvement in quality of produce. Attention should be on how to curb cyber frauds of any degree.

The misuse of technology in causing damage through defrauding has been highly discouraging and does not seem to show significant impact of technology on economic progress. Degree of development is low in SSA. Attempt should be made to increase basic infrastructure to further improve investment wherein saving is increased for a sustainable productivity growth.

## References

1. Acemoglu, D., Aghion, P., Lelarge, C., Reenen, J.V., Zilibotti, F. (2007). Technology, Information, and the Decentralization of the Firm. *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 122, Issue 4, 1759–1799. <https://doi.org/10.1162/qjec.2007.122.4.1759>
2. Nipo, D.T., Bujang, I., Hassan, H. (2018). Global digital divide: reassessing the evidence behind ICT and its contribution to trade among the ICT haves and have-nots in developing economies. *Journal of Business & Retail Management Research*, Vol. 12, Issue 3, 47–58. <http://dx.doi.org/10.24052/JBRMR/V12IS03/ART-05>
3. Sircar, S., Choi, J.Y. (2009). A study of the impact of information technology on firm performance: a flexible production function approach. *Information Systems Journal*, Vol. 19, Issue 3, 313–339. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2575.2007.00274.x>
4. Bakos, Y. (2001). The Emerging Landscape for Retail E-Commerce. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 15, No. 1, 69–80. <https://doi.org/10.1257/jep.15.1.69>
5. Ha, L.T. (2022). Impacts of digital business on global value chain participation in European countries. *AI & SOCIETY*. <https://doi.org/10.1007/s00146-022-01524-w>
6. Baldwin, R., Venables, A.J. (2013). Spiders and snakes: offshoring and agglomeration in the global economy. *Journal of International Economics*, Vol. 90, Issue 2, 245–254. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2013.02.005>
7. Akinyemi, K. (1987). Information Technology in Nigeria Education. *Eurit 86: Developments in Educational Software and Courseware. Proceedings of the First European Conference on Education and Information Technology Developments in Educational Software and Courseware*. Elsevier, 515–522. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-032693-1.50082-4>

8. Choi, C. (2010). The effect of the Internet on service trade. *Economics Letters*, Vol. 109, Issue 2, 102–104. <http://doi.org/10.1016/j.econlet.2010.08.005>
9. Parker, M.J., Fraser, C., Abele-Domer, L., Bonsall, D. (2020). Ethics of instantaneous contact tracing using mobile phone apps in the control of the COVID-19 pandemic. *Journal of Medical Ethics*, Vol. 46, Issue 7, 427–431. <http://dx.doi.org/10.1136/medethics-2020-106314>
10. Baldwin, R. (2016). *The Great Convergence: Information Technology and the New Globalization*. Cambridge, MA, Harvard University Press, 330 p. <https://doi.org/10.2307/j.ct-v24w655w>
11. Lopez-Gonzalez, J., Jouanjean, M. (2017). Digital trade: Developing a framework for analysis. *OECD Trade Policy Papers*, No. 205, Paris, OECD Publishing, 24 p. <http://dx.doi.org/10.1787/524c8c83-en>
12. Baldwin, R., Forslid, R. (2019). Globotics and development: When manufacturing is jobless and services tradable. *WIDER Working Paper 2019/94*. United Nations University World Institute for Development Economics Research, 39 p. <https://doi.org/10.35188/UNU-WIDER/2019/730-9>
13. Zhao, K, Yang, J, Wu, W. (2023). Impacts of Digital Economy on Urban Entrepreneurial Competencies: A Spatial and Nonlinear Perspective. *Sustainability*, Vol. 15, Issue 10, 7900. <https://doi.org/10.3390/su15107900>
14. Kan, D, Lyu, L, Huang, W, Yao, W. (2022). Digital Economy and the Upgrading of the Global Value Chain of China's Service Industry. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, Vol. 17, Issue 4, 1279–1296. <https://doi.org/10.3390/jtaer17040065>
15. Dasgupta, P., Stiglitz, J. (1980). Industrial structure and the nature of innovative activity. *The Economic Journal*, Vol. 90, No. 358, 266–293. <https://doi.org/10.2307/2231788>
16. Aghion, P., Bloom, N., Blundell, R., Griffith, R., Howitt P. (2005). Competition and innovation: An inverted-U relationship. *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 120, Issue 2, 701–728. <http://dx.doi.org/10.1093/qje/120.2.701>
17. Chen, C., Steinwender, C. (2021). Import competition, heterogeneous preferences of managers, and productivity. *Journal of International Economics*, Vol. 133, 103533. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2021.103533>
18. Brezis, E.S., Krugman, P.R., Tsiddon, D. (1993). Leapfrogging in international Competition: A theory of Cycles in National Technological Leadership. *American Economic Review*, Vol. 83, No. 5, 1211–1219. Available at: <https://www.jstor.org/stable/2117557>
19. Fujita, M., Krugman, P., Venables, A.J. (2001). *The Spatial Economy: Cities, Regions, and International Trade*. Massachusetts, The MIT Press, 382 p. Available at: <https://mitpress.mit.edu/9780262561471/the-spatial-economy/>
20. Leviakangas, P. (2016). Digitalisation of Finland's transport sector. *Technology in Society*, Vol. 47, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2016.07.001>
21. Felbermayr, G., Grossmann, W., Kohler, W. (2015). Migration, International Trade, and Capital Formation: Cause or Effect? *Handbook of the Economics of International Migration*, Vol. 1, 913–1025. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53768-3.00018-7>
22. Newbold, K.B. (2020). The New Economic Geography in the Context of Migration. In: *Handbook of Regional Science*. Edited by M.M. Fischer, P. Nijkamp. Springer Berlin, Heidelberg, 1500 p. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-36203-3\\_146-1](https://doi.org/10.1007/978-3-642-36203-3_146-1)
23. Hoffman, D.L., Novak, T.P. (2017). Consumer and object experience in the internet of things: An assemblage theory approach. *Journal of Consumer Research*, Vol. 44, Issue 6, 1178–1204. <http://dx.doi.org/10.1093/jcr/ucx105>
24. Visser, R. (2019). The effect of the internet on the margins of trade. *Information Economics and Policy*, Vol. 46, 41–54. <https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2018.12.001>
25. Autor, D., Dorn, D., Hanson, G.H., Pisano, G., Shu, P. (2020). Foreign competition and domestic innovation: Evidence from US patents". *American Economic Review: Insights*, Vol. 2, No. 3, 357–374. <https://doi.org/10.1257/aeri.20180481>

26. Xu, R., Gong, K. (2017). Does Import Competition Induce R&D Reallocation? Evidence from the US. *IMF Working Paper*, WP/17/253. International Monetary Fund, 44 p. <https://doi.org/10.5089/9781484326008.001>
27. Bloom, N., Draca, M., Reenen, J.V. (2016). Trade induced technical change? The impact of Chinese imports on innovation, IT and productivity. *The Review of Economic Studies*, Vol. 83, Issue 1, 87–117. <https://doi.org/10.1093/restud/rdv039>
28. Olken, B.A. (2009). Do Television and Radio Destroy Social Capital: Evidence from Indonesian villages. *American Economic Journal: Applied Economics*, Vol. 1, No. 4, 1–33. <https://doi.org/10.1257/app.1.4.1>
29. Jensen, R., Oster, E. (2009). The Power of TV: Cable Television and Women's Status in India. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 124, Issue 3, 1057–1094. <https://doi.org/10.1162/qjec.2009.124.3.1057>
30. Aker, J., Klein, M., O'Connell, S.A. (2010). Are Borders Barriers? The impact of International and Internal Ethnic Borders on Agricultural Markets in West Africa. *Center for Global Development. Working Paper No. 208*. Center for Global Development, 47 p. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1693900>
31. Abehansky, A.L., Hibert, M. (2017). Digital technology and international trade: Is it the quantity of subscriptions or the quality of data that matters? *Telecommunications Policy*, Vol. 41, Issue 1, 35–48. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2016.11.001>
32. Chu, S. H., Guo, S.Y (2019). Information and Communication Technology and International Trade: A Case of China-ASEAN Countries. *Advances in Economics, Business and Management Research. Proceedings of the 5th Annual International Conference on Management, Economics and Social Development (ICMESD 2019)*, Vol. 87. Atlantis Press, 206–211. <https://doi.org/10.2991/icmesd-19.2019.31>
33. Xing, Z. (2017). The Impact of Information and Communication Technology (ICT) and E-Commerce on Bilateral Trade Flows. *International Economics and Economic Policy*, Vol. 15, Issue 3, 565–586. <https://doi.org/10.1007/s10368-017-0375-5>
34. Ozcan, B. (2017). Information and Communications Technology (ICT) and International Trade: Evidence from Turkey. *Eurasian Economic Review*, Vol. 8, Issue 1, 93–113. <https://doi.org/10.1007/s40822-017-0077-x>
35. Macedoni, L. (2022). Large multiproduct exporters across rich and poor countries: Theory and evidence. *Journal of Development Economics*, Vol. 156, 102835. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2022.102835>

## INFORMATION ABOUT AUTHOR

### Saka Jimoh Olakunle

PhD, Associate Professor of Economics, Department of Economics, Lagos State University, Lagos, Nigeria (Badagry expressway, Ojo, Lagos, P.O BOX 0001, LASU Post Office P.M.B 1087, Apapa,); ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1905-7114> e-mail: [jaystatistics@yahoo.com](mailto:jaystatistics@yahoo.com)

## ACKNOWLEDGMENTS

I am thankful to the World Development Indicators, an official data site, from where the data employed for this research was collected.



## FOR CITATION

Olakunle, S.J. (2023). Digital Technology and Trade Performance in Sub-Saharan Africa. *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 22, No. 3, 480–496. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.020>

## ARTICLE INFO

Received March 27, 2023; Revised June 8, 2023; Accepted August 3, 2023.

## Цифровые технологии и эффективность торговли в странах Африки южнее Сахары

Сака Джимо Олакунле  

Государственный университет Лагоса,  
г. Лагос, Нигерия

 [jaystatistics@yahoo.com](mailto:jaystatistics@yahoo.com)

**Аннотация.** В исследовании рассматривается взаимосвязь между цифровыми технологиями и показателями торговли с акцентом на экспортную торговлю в странах Африки южнее Сахары. Основные цели состоят в том, чтобы изучить влияние цифровых технологий, измеряемое импортом товаров, использующих информационно-коммуникационные технологии, использованием Интернета и числом абонентов мобильных телефонных сервисов, на экспортную торговлю в странах Африки южнее Сахары (АЮС), а также оценить связь между уровнем развития региона и состоянием экспортной торговли с развитием цифровых технологий, наиболее подходящих для содействия торговле в регионе. Гипотезы исследования заключаются в следующем: 1) импорт товаров, использующих информационно-коммуникационные технологии, использование Интернета и подписка на мобильные сервисы не оказывают существенного влияния на экспортную торговлю в АЮС; 2) развитие региона заметно не связано с экспортной торговлей в АЮС; 3) никакие виды цифровых технологий не могут облегчить процесс торговли в регионе. В работе применялся метод оценки панельной регрессии с учетом метода наименьших квадратов панели, фиксированного эффекта и методов оценки случайного эффекта. Результаты показывают, что импортируемые товары, использующие информационно-коммуникационные технологии, оказывают большее положительное и существенное влияние на потоки экспортной торговли по сравнению с использованием Интернета, демонстрируя теоретическую и практическую значимость технологий для осуществления торговли. Степень развития региона низкая и не оказывает заметного влияния на торговые потоки в регионе, что свидетельствует о том, что торговая интеграция может лучше развиваться в хорошо структурированной экономике. Избыточный тест с фиксированным эффектом подтверждает, что панельная оценка методом наименьших квадратов лучше по сравнению с оценкой с фиксированным эффектом. Тест Хаусмана показывает, что оценка случайного эффекта также лучше, чем оценка фиксированного эффекта. Для достижения реального вклада процесса цифровизации в АЮС лица, определяющие политику, должны преследовать основные цели, которые позволили бы решить проблемы, препятствующие его успеху.

**Ключевые слова:** цифровые технологии; торговля; метод наименьших квадратов; фиксированный эффект; случайный эффект.

### Список использованных источников

1. *Acemoglu D., Aghion P., Lelarge C., Reenen J.V., Zilibotti F.* Technology, Information, and the Decentralization of the Firm // *Quarterly Journal of Economics*. 2007. Vol. 122, Issue 4. Pp. 1759–1799. <https://doi.org/10.1162/qjec.2007.122.4.1759>
2. *Nipo D.T., Bujang I., Hassan H.* Global digital divide: reassessing the evidence behind ICT and its contribution to trade among the ICT haves and have-nots in developing economies // *Journal of Business & Retail Management Research*. 2018. Vol. 12, Issue 3. Pp. 47–58. <http://dx.doi.org/10.24052/JBRMR/V12IS03/ART-05>

3. *Sircar S., Choi J.Y.* A study of the impact of information technology on firm performance: a flexible production function approach // *Information Systems Journal*. 2009. Vol. 19, Issue 3. Pp. 313–339. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2575.2007.00274.x>
4. *Bakos Y.* The Emerging Landscape for Retail E-Commerce // *Journal of Economic Perspectives*. 2001. Vol. 15, No. 1. Pp. 69–80. <https://doi.org/10.1257/jep.15.1.69>
5. *Ha L.T.* Impacts of digital business on global value chain participation in European countries // *AI & SOCIETY*. 2002. <https://doi.org/10.1007/s00146-022-01524-w>
6. *Baldwin R., Venables A.J.* Spiders and snakes: offshoring and agglomeration in the global economy // *Journal of International Economics*. 2013. Vol. 90, Issue 2. Pp. 245–254. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2013.02.005>
7. *Akinyemi K.* Information Technology in Nigeria Education // *Eurit 86: Developments in Educational Software and Courseware*. Proceedings of the First European Conference on Education and Information Technology Developments in Educational Software and Courseware. Elsevier, 1987. Pp. 515–522. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-032693-1.50082-4>
8. *Choi C.* The effect of the Internet on service trade // *Economics Letters*. 2010. Vol. 109, Issue 2. Pp. 102–104. <http://doi.org/10.1016/j.econlet.2010.08.005>
9. *Parker M.J., Fraser C., Abele-Domer L., Bonsall D.* Ethics of instantaneous contact tracing using mobile phone apps in the control of the COVID-19 pandemic // *Journal of Medical Ethics*. 2020. Vol. 46, Issue 7. Pp. 427–431. <http://dx.doi.org/10.1136/medethics-2020-106314>
10. *Baldwin R.* *The Great Convergence: Information Technology and the New Globalization*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2016. 330 p. <https://doi.org/10.2307/j.ctv24w655w>
11. *Lopez-Gonzalez J., Jouanjean M.* Digital trade: Developing a framework for analysis // *OECD Trade Policy Papers*. No. 205. Paris: OECD Publishing, 2017. 24 p. <http://dx.doi.org/10.1787/524c8c83-en>
12. *Baldwin R., Forslid R.* Globotics and development: When manufacturing is jobless and services tradable // *WIDER Working Paper 2019/94*. United Nations University World Institute for Development Economics Research, 2019. 39 p. <https://doi.org/10.35188/UNU-WIDER/2019/730-9>
13. *Zhao K, Yang J, Wu W.* Impacts of Digital Economy on Urban Entrepreneurial Competencies: A Spatial and Nonlinear Perspective // *Sustainability*. 2023. Vol. 15, Issue 10. P. 7900. <https://doi.org/10.3390/su15107900>
14. *Kan D, Lyu L, Huang W, Yao W.* Digital Economy and the Upgrading of the Global Value Chain of China's Service Industry // *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*. 2022. Vol. 17, Issue 4. Pp. 1279–1296. <https://doi.org/10.3390/jtaer17040065>
15. *Dasgupta P., Stiglitz J.* Industrial structure and the nature of innovative activity // *The Economic Journal*. 1980. Vol. 90, No. 358. Pp. 266–293. <https://doi.org/10.2307/2231788>
16. *Aghion P., Bloom N., Blundell R., Griffith R., Howitt P.* Competition and innovation: An inverted-U relationship // *Quarterly Journal of Economics*. 2005. Vol. 120, Issue 2. Pp. 701–728. <http://dx.doi.org/10.1093/qje/120.2.701>
17. *Chen C., Steinwender C.* Import competition, heterogeneous preferences of managers, and productivity // *Journal of International Economics*. 2021. Vol. 133. P. 103533. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2021.103533>
18. *Brezis E.S., Krugman P.R., Tsiddon D.* Leapfrogging in international Competition: A theory of Cycles in National Technological Leadership // *American Economic Review*. 1993. Vol. 83, No. 5. Pp. 1211–1219. URL: <https://www.jstor.org/stable/2117557>
19. *Fujita M., Krugman P., Venables A.J.* *The Spatial Economy: Cities, Regions, and International Trade*. Massachusetts: The MIT Press, 2001. 382 p. URL: <https://mitpress.mit.edu/9780262561471/the-spatial-economy/>
20. *Leviakangas P.* Digitalisation of Finland's transport sector // *Technology in Society*. 2016. Vol. 47. Pp. 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2016.07.001>
21. *Felbermayr G., Grossmann W., Kohler W.* Migration, International Trade, and Capital Formation: Cause or Effect? // *Handbook of the Economics of International Migration*. 2015. Vol. 1. Pp. 913–1025. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53768-3.00018-7>

22. *Newbold K.B.* The New Economic Geography in the Context of Migration // In: Handbook of Regional Science / Edited by M.M. Fischer, P. Nijkamp. Springer Berlin, Heidelberg, 2020. 1500 p. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-36203-3\\_146-1](https://doi.org/10.1007/978-3-642-36203-3_146-1)
23. *Hoffman D.L., Novak T.P.* Consumer and object experience in the internet of things: An assemblage theory approach // Journal of Consumer Research. 2017. Vol. 44, Issue 6. Pp. 1178–1204. <http://dx.doi.org/10.1093/jcr/ucx105>
24. *Visser R.* The effect of the internet on the margins of trade // Information Economics and Policy. 2019. Vol. 46. Pp. 41–54. <https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2018.12.001>
25. *Autor D., Dorn D., Hanson G.H., Pisano G., Shu P.* Foreign competition and domestic innovation: Evidence from US patents // American Economic Review: Insights. 2020. Vol. 2, No. 3. Pp. 357–374. <https://doi.org/10.1257/aeri.20180481>
26. *Xu R., Gong K.* Does Import Competition Induce R&D Reallocation? Evidence from the US // IMF Working Paper. WP/17/253. International Monetary Fund, 2017. 44 p. <https://doi.org/10.5089/9781484326008.001>
27. *Bloom N., Draca M., Reenen J.V.* Trade induced technical change? The impact of Chinese imports on innovation, IT and productivity // The Review of Economic Studies. 2016. Vol. 83, Issue 1. Pp. 87–117. <https://doi.org/10.1093/restud/rdv039>
28. *Olken B.A.* Do Television and Radio Destroy Social Capital: Evidence from Indonesian villages // American Economic Journal: Applied Economics. 2009. Vol. 1, No. 4. Pp. 1–33. <https://doi.org/10.1257/app.1.4.1>
29. *Jensen R., Oster E.* The Power of TV: Cable Television and Women’s Status in India // The Quarterly Journal of Economics. 2009. Vol. 124, Issue 3. Pp. 1057–1094. <https://doi.org/10.1162/qjec.2009.124.3.1057>
30. *Aker J., Klein M., O’Connell S.A.* Are Borders Barriers? The impact of International and Internal Ethnic Borders on Agricultural Markets in West Africa // Center for Global Development. Working Paper No. 208. Center for Global Development, 2010. 47 p. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1693900>
31. *Abehansky A.L., Hibert M.* Digital technology and international trade: Is it the quantity of subscriptions or the quality of data that matters? // Telecommunications Policy. 2017. Vol. 41, Issue 1. Pp. 35–48. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2016.11.001>
32. *Chu S.H., Guo S.Y.* Information and Communication Technology and International Trade: A Case of China-ASEAN Countries // Advances in Economics, Business and Management Research. Proceedings of the 5th Annual International Conference on Management, Economics and Social Development (ICMESD 2019). Vol. 87. Atlantis Press, 2019. Pp. 206–211. <https://doi.org/10.2991/icmesd-19.2019.31>
33. *Xing Z.* The Impact of Information and Communication Technology (ICT) and E-Commerce on Bilateral Trade Flows // International Economics and Economic Policy. 2017. Vol. 15, Issue 3. Pp. 565–586. <https://doi.org/10.1007/s10368-017-0375-5>
34. *Ozcan B.* Information and Communications Technology (ICT) and International Trade: Evidence from Turkey // Eurasian Economic Review. 2017. Vol. 8, Issue 1. Pp. 93–113. <https://doi.org/10.1007/s40822-017-0077-x>
35. *Macedoni L.* Large multiproduct exporters across rich and poor countries: Theory and evidence // Journal of Development Economics. 2022. Vol. 156. P. 102835. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2022.102835>

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

### Олакунле Сака Джимо

PhD, доцент экономики, факультет экономики государственного университета Лагоса, г. Лагос, Нигерия (Badagry expressway, Ojo, Lagos, P.O BOX 0001, LASU Post Office P.M.B 1087, Арапа,); ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1905-7114> e-mail: [jaystatistics@yahoo.com](mailto:jaystatistics@yahoo.com)

## БЛАГОДАРНОСТИ

Я благодарен World Development Indicators, официальному сайту данных, откуда были собраны данные, использованные для этого исследования.

## ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Олакунле С.Д. Цифровые технологии и эффективность торговли в странах Африки южнее Сахары // Journal of Applied Economic Research. 2023. Т. 22, № 3. С. 480–496. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.020>

## ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 27 марта 2023 г.; дата поступления после рецензирования 8 июня 2023 г.; дата принятия к печати 3 августа 2023 г.



## Прогнозная оценка потенциального рынка электромобилей и эффектов снижения выбросов парниковых газов в России

Н. С. Колян  , А. Е. Плесовских , Р. В. Гордеев 

Сибирский федеральный университет,  
г. Красноярск, Россия

 [nelly.kolyan@gmail.com](mailto:nelly.kolyan@gmail.com)

**Аннотация.** В последние десятилетия особый интерес вызывают возможности глобального перехода к использованию транспортных средств на электрической тяге и сопряженные с данным процессом экологические эффекты. Несмотря на значительный массив научной литературы по теме перспектив распространения электротранспорта в России, существует определенный дефицит исследований, направленных на количественную оценку потенциала данного рынка. Целью настоящей работы является прогнозирование объема рынка электромобилей и оценка эффектов снижения выбросов парниковых газов в России. В исследовании тестируются следующие гипотезы: 1) модель Басса применима для прогнозирования распространения электромобилей в России в долгосрочной перспективе; 2) переход части населения РФ на электромобили может оказать существенное влияние на экономию выбросов парниковых газов. Методологической основой исследования послужила модель Басса, которая широко применяется для прогнозирования распространения инноваций. Полученные оценки динамики распространения электрокаров предусматривают несколько сценариев. Согласно наиболее реалистичному из них объем спроса на электромобили достигнет отметки в 5,62 млн ед. к 2060 г. На основании долгосрочного прогноза объема парка электрокаров произведена оценка совокупной экономии выбросов парниковых газов, достигаемой благодаря переходу потребителей на электромобильный транспорт. Оценка экологического эффекта была проведена с учетом предполагаемого изменения структуры генерации электроэнергии в РФ. При реализации ускоренного перехода на низкоуглеродные источники электроэнергии к 2050 г. ожидаемое снижение выбросов парниковых газов составит 14,08 млн т CO<sub>2</sub>-экв., а при сохранении текущей структуры – 12,86 млн т. Полученные прогнозы распространения легкового электротранспорта в России и сопряженных с этим процессом экологических эффектов формируют теоретическую ценность исследования. С практической точки зрения, результаты могут быть использованы в рамках разработки мероприятий для достижения целей, обозначенных в Стратегии социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.

**Ключевые слова:** электромобили; диффузия инноваций; прогнозирование численности автопарка; потенциальный рынок; модель Басса; низкоуглеродная экономика.

### 1. Введение

Большую значимость сегодня приобретают вопросы экологического характера, в частности глобальное потепление, которое вызвано высоким уровнем концентрации в атмосфере

диоксида углерода (CO<sub>2</sub>). Экологическая повестка привлекает внимание общественности, политических лидеров и требует определенных мер, которые будут направлены на ужесточение законодательства в сфере производства,



сопровождающегося значительным уровнем выбросов вредных веществ и углекислого газа. Главным источником CO<sub>2</sub> являются электростанции, которые генерируют энергию за счет сжигания ископаемого топлива (уголь, газ).

Согласно отчету аналитического центра при Правительстве РФ<sup>1</sup>, именно на угольную энергию приходится самое высокое значение показателя по выбросам в CO<sub>2</sub>-экв., 751–1095 г на 1 кВт·ч в среднем за 40 лет жизненного цикла угольной ТЭС. Аналогичный показатель для газовых ТЭС варьируется в диапазоне 403–513 г CO<sub>2</sub> на 1 кВт·ч. В России доля выбросов от электростанций составляет около 78% общего количества выбросов диоксида углерода<sup>2</sup>.

Автомобильный парк страны также является значимым источником выбросов парниковых газов и иных вредных веществ, пагубно влияющих как на экологическую обстановку, так и на здоровье граждан, что особенно сильно проявляется в крупных городах [1].

На сегодняшний день значительная часть населения России владеет личным транспортом, и этот показатель имеет тенденцию к росту. Например, в 2010 г. показатель наличия собственного автотранспорта в среднем по России составлял 228 автомобилей на 1 000 чел., а в 2020 г. достиг уже уровня 321 автомобиль на 1 000 чел. В Российской Федерации на транспортный сектор приходится в среднем 23%<sup>3</sup> выбросов загрязняющих веществ, в том числе монооксида углерода (CO), метана (CH<sub>4</sub>), летучих органических соединений (ЛОС) и оксидов азота (NOx)<sup>4</sup>.

Также необходимо учитывать, что большая часть автомобилей в России не соответствует современным

критериям экологичности ввиду того, что автомобильный парк РФ представлен в основном устаревшими моделями, которые эксплуатируются сверх нормативного срока. Средний возраст легкового автомобиля в РФ составляет 13,9 лет.

На 1 января 2021 г. нормам Евро-2 не соответствовало 24,1% легковых машин, а если рассматривать стандарты Евро-5 и выше, то в РФ ему удовлетворяет лишь 22,6% легковых автомобилей<sup>5</sup>. Санкции также могут оказать значительное влияние на экологичность российского автомобильного сектора. Правительство РФ рассматривает возможность смягчения некоторых экологических требований для автомобилей легкового и грузового сегмента. Такое решение обусловлено отсутствием иностранных комплектующих, необходимых для производства автомобилей, относящихся к пятому экологическому классу<sup>6</sup>.

Информация о негативном воздействии на экологию автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, выделяющих парниковые газы и иные загрязняющие вещества, стала стремительно распространяться, привлекая внимание граждан и экологов. Сейчас наблюдается рост общей осведомленности об альтернативных, более экологических видах транспорта и повышение интереса к внедрению и использованию электрических и гибридных автомобилей. В 2021 г. была принята Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года, в которой производство электромобилей (далее – ЭА) определяется как приоритетное направление. Одной из целей низкоуглеродного развития был объявлен постепенный переход к транспортным средствам на альтернативном топливе

<sup>1</sup> [https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/energo/2022/energo\\_104.pdf](https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/energo/2022/energo_104.pdf)

<sup>2</sup> <https://rosstat.gov.ru/folder/11194>

<sup>3</sup> [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/oxr\\_bul\\_2021.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/oxr_bul_2021.pdf)

<sup>4</sup> <https://www.fedstat.ru/indicator/42723>

<sup>5</sup> <https://www.autostat.ru/press-releases/47703/>

<sup>6</sup> <https://www.kommersant.ru/doc/5260552>

(аккумуляторные автомобили и гибриды) к 2050 г.<sup>1</sup>

На данный момент наблюдается недостаток исследований, включающих количественную оценку потенциала рынка электромобилей в РФ. Такой дефицит связан с относительно небольшим объемом имеющейся статистики и стремительным изменением конъюнктуры рынка: ухудшение геополитической обстановки, новая государственная политика относительно выбросов парниковых газов, а также социальные эффекты. В данной статье предпринята попытка восполнить существующие пробелы в области исследования российского рынка ЭА.

*Цель исследования* заключается в построении долгосрочного прогноза величины парка электрокаров в Российской Федерации и оценке их воздействия на окружающую среду.

*Гипотеза 1.* Модель диффузии Басса применима для прогнозирования распространения электромобилей в России в долгосрочной перспективе.

*Гипотеза 2.* Переход части населения РФ на электромобили может оказать существенное влияние на экономию выбросов парниковых газов.

*Структура статьи.* Во втором разделе анализируются отечественные и зарубежные исследования, описывающие тенденции рынка электромобилей в мировом и региональном контексте. Третий раздел посвящен описанию используемых методов и данных, рассмотрены ограничения и преимущества модели Басса. Четвертый раздел раскрывает основные результаты исследования. Обсуждение итогов работы представлено в пятом разделе.

<sup>1</sup> Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года (утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 3052-п). URL: <http://government.ru/docs/43708/>

## 2. Обзор литературы

### 2.1. Перспективы рынка автомобилей на альтернативных видах топлива

С ростом популярности электрических и гибридных автомобилей в течение последнего десятилетия появилось большое количество литературы, посвященной экономическому и экологическому анализу альтернативных транспортных средств.

Grushevenko et al. [2] медленное развитие российского электромобильного рынка объясняют такими сдерживающими факторами, как высокая стоимость электромобильного транспорта по сравнению с традиционными автомобилями, низкий уровень развития сервисной и заправочной инфраструктуры, а также скудный ассортимент российского рынка ЭА. Совокупность этих факторов позволяет сделать вывод об ограниченных возможностях развития рынка электромобилей в России в отличие от альтернатив, использующих в качестве топлива природный газ.

Porfiguev [3] указывает, что медленный переход на электромобильный транспорт в России связан с рядом неблагоприятных условий: климатические особенности, неразвитость институциональной и технологической инфраструктуры, а также массового производства ключевых комплектующих электротранспорта – аккумуляторных батарей. По мнению автора, более реалистичное для российской действительности направление развития транспортного сектора включает в себя комбинацию мер по переходу на газомоторное топливо и развитие электромобильного сектора, эксплуатация которого обеспечивалась бы более «чистой» энергией, генерируемой на ГЭС, АЭС и газовых ТЭС.

Каталевский и Гареев [4] выделяют следующие факторы, положительно влияющие на скорость распространения

электротранспорта: темпы развития зарядной инфраструктуры должны опережать темпы расширения парка электромобилей; создание условий для возможности размещения личных зарядных станций в парковочных зонах жилых районов; государственное стимулирование приобретения экологичного транспорта. По мнению авторов, государственная политика в вопросе развития новых технологий играет ключевую роль, поэтому описанные инструменты должны активно внедряться государством для достижения целевых показателей развития альтернативного транспорта в РФ.

Shafiei et al. [5] также отмечают значимость государственного стимулирования. В работе рассматривается влияние различных налоговых и неналоговых инструментов на распространение электромобилей в среднесрочной (до 2030 г.) и долгосрочной перспективе (до 2050 г.) на примере Исландии. В исследовании представлены три прогнозных сценария: базовый, который основан на предложенной правительством реформе налоговой системы; а также два производных от базового – с учетом дополнительных налоговых льгот и с учетом запрета на автомобили, использующие в качестве топлива нефтепродукты. Наиболее эффективным в краткосрочной и в долгосрочной перспективе является сценарий с дополнительными налоговыми льготами. Меньшую эффективность в краткосрочном периоде продемонстрировал сценарий запрета традиционных автомобилей, однако в длительной перспективе экологические эффекты производных сценариев сопоставимы. Наименьшие показатели сокращения выбросов парниковых газов зафиксированы по результатам оценки базового сценария. Следует также отметить, что этот вариант является наиболее экономичным для государства с точки зрения потерь налоговых выплат и стоимости реализации.

Фасхиев в работах [6, 7] исследует перспективы развития рынка ЭА и автомобилей с газобаллонным оборудованием, позволяющим использовать в качестве топлива метан или пропан-бутан. В отличие от других исследователей автор считает нецелесообразным переход на автомобили на газомоторном топливе, так как экологический эффект от такого перехода незначителен в долгосрочной перспективе и не решает глобальные проблемы. Помимо этого, эксплуатация таких автомобилей более опасна и сопряжена с необходимостью переоборудования АЗС, что потребует значительных государственных и частных инвестиций. Электромобильный сектор является более перспективным, развитие технологий производства аккумуляторных батарей в будущем значительно удешевит стоимость электрокаров, а высокая стоимость автомобилей на электрической тяге сейчас является основным фактором, замедляющим развитие данного рынка.

Синицын [8] анализирует перспективы рынка автомобилей на электрической тяге и сценарии развития электротранспорта в Китае, США, Европе, Индии, мире в целом. Согласно наиболее оптимистичному сценарию, доля электротранспорта к 2040 г. достигнет 36% мирового автопарка, аналогичный показатель для базового сценария составляет 25%, а для сценария замедленного продвижения электромобилей – 14%. В абсолютном выражении к 2040 г. при базовом сценарии развития рынка электромобилей мировой парк ЭА составит 386 млн ед.

Dhokal & Min [9] прогнозируют глобальный спрос на электромобили до 2030 г. и оценивают влияние количества потенциальных пользователей ЭА на развитие зарядной инфраструктуры. Методологическая основа работы представлена различными инструментами эконометрического моделирования, описывающими распространение

инноваций. Согласно полученным результатам, мировой объем спроса на электрокары в 2030 г. составит порядка 40 млн ед., а число необходимых электростанций к 2030 г. – не менее 10 млн ед. Сравнивая логистическую модель и модель диффузии Басса, авторы отмечают, что результаты, полученные с помощью второго инструмента, более корректны.

Заметим, что большая часть исследований, рассматривающих аккумуляторные автомобили как абсолютную экологичную альтернативу традиционным, не учитывает ряд особенностей производства и эксплуатации электрокара, которые могут оказывать негативное влияние на окружающую среду.

Holland et al. в работах [10, 11] провели количественное сравнение экологического влияния электрокаров и традиционного транспорта на городскую среду. Авторы обосновали, что при преобладании ископаемых источников энергии в структуре электрогенерации переход на электрокары приведет к незначительному сокращению выбросов вредных веществ в атмосферу по сравнению с автомобилями на ДВС.

Costa et al. [12] отмечает, что значительная доля выбросов парниковых газов происходит не в процессе эксплуатации электрокара, а на этапе производства литий-ионных аккумуляторов, при этом порядка 40–60% выбросов на этапе производства связаны с потреблением электричества. Экологический след на этапе эксплуатации также зависит от объемов и источников электроэнергии, необходимой для подзарядки автомобилей. Таким образом степень экологичности электротранспорта в большей степени зависит от структуры энергогенерации в регионе производства и эксплуатации литий-ионных комплектующих. Распространение электротранспорта и других технологий приводит к повышению спроса на литий-ионные аккумуляторы, а производство

таких аккумуляторов, как уже было отмечено, является неэкологичным и сопровождается значительным ущербом окружающей среде, в частности из-за использования в производственных процессах соляной кислоты<sup>1</sup>.

Secinargo et al. [13] провели обширное библиометрическое исследование, которое дает представление о мотивах перехода потребителей на электрокары. Авторы утверждают, что наиболее склонны к покупке ЭА люди, чувствительные к вопросам устойчивого развития и заинтересованные в совершенствовании современных технологий. Также было отмечено значительное влияние государственного стимулирования на потенциальных потребителей.

Dezhina & Radnabazarova [14] провели опрос для определения эффективных мер, стимулирующих потребительский спрос на российском рынке ЭА. Авторы отмечают, что наиболее открыты к инновациям молодежь в возрасте до 35 лет и люди с относительно высокими доходами. Установлено, что одним из главных факторов принятия решения о приобретении электрокара является государственная поддержка, а экологическая повестка для российского потребителя играет второстепенную роль.

## **2.2. Модель Басса как инструмент анализа распространения инноваций**

В 1969 г. Bass [15] разработал модель для прогнозирования распространения инновационного продукта на рынке. Описанная Бассом динамика распространения инноваций по модели впоследствии подтвердилась реальными рыночными данными.

Dodds [16] исследует применимость модели Басса для прогнозирования распространения инновационных продуктов

<sup>1</sup> <https://www.bloomberg.com/news/articles/2014-03-14/teslas-in-california-help-bring-dirty-rain-to-china>

в долгосрочной перспективе на примере кабельного телевидения. Автор сравнивает фактические и прогнозные данные на всех этапах внедрения, результаты исследования демонстрируют высокую степень соответствия прогнозов последующему распространению продукта. Несмотря на это, автор отмечает необходимость критически относиться к результатам моделирования, поскольку такой подход не учитывает множества факторов, которые могли бы существенно повлиять на прогнозы.

Massiani & Gohs в работах [17, 18] исследуют различные инструменты для прогнозирования рынка автомобилей на альтернативных видах топлива. В первой работе рассматриваются такие подходы, как сравнительный анализ совокупной стоимости владения конкурирующими технологиями, диффузионные модели, в частности модель Басса, а также опросы потребительских мнений методом заявленных предпочтений. Вторая работа [18] полностью посвящена модели Басса как инструменту количественной оценки и прогнозирования рынка альтернативного транспорта. Авторы выделяют несколько преимуществ данного инструмента: модель уже учитывает имеющуюся информацию о рынке и корректно воспроизводит данные при построении прогнозов, а также обеспечивает плавную диффузию без разрывов. Основными ограничениями модели, по мнению авторов, являются сложность обоснованного определения рыночного потенциала для конкретного товара и невозможность включения в модель дополнительных факторов, по этой причине достаточно тяжело оценить влияние конкурирующих технологий на распространение инновации.

Bass et al. [19] указывают на то, что модель Басса подходит для описания процесса распространения инноваций почти так же хорошо, как и гораздо более сложные модели. В соответствии с этими результатами модель Басса по-прежнему

доминирует над другими подходами во многих областях, в том числе при описании процесса распространения гибридных и электрических автомобилей, что согласуется с исследованиями в различных странах.

Исследования распространения электрокаров с помощью диффузионной модели Басса были проведены для автомобильных рынков Китая (Zhu & Du [20]), Германии (Massiani & Gohs [18]), США (Carlucci et al. [21]), Кореи (Park et al. [22]) и Дании (Jensen et al. [23]).

Рассмотренные исследования дают некоторое представление о возможных технологических, экономических проблемах и перспективах развития данного рынка. В настоящей работе были предприняты попытки построить прогноз распространения легковых электроавтомобилей на основе имеющихся данных за последние 7 лет. Статистические данные по первичному и вторичному рынку легковых электроавтомобилей были собраны на сайте аналитического агентства «АВТОСТАТ». Для оценки верхнего потенциала рынка использовались результаты опроса ВЦИОМ от 16 ноября 2021 г. По итогам опроса 50% автомобилистов в РФ готовы пересесть на электроавтомобиль, если бы им предоставилась такая возможность<sup>1</sup>.

### 3. Методы

Методология исследования включает три последовательных этапа. На первом этапе был произведен анализ существующей динамики продаж электроавтомобилей в Российской Федерации, на втором – с помощью логистической модели были оценены параметры распределения, которому подчиняется динамика российского рынка электрокаров. На основании полученных результатов на третьем этапе была произведена оценка экологических эффектов,

<sup>1</sup> <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/ehlektromobili-za-i-protiv>

закрывающихся в расчете относительной экономии выбросов парниковых газов, которая может быть достигнута при осуществлении того или иного сценария развития российского рынка электрокаров.

### 3.1. Анализ динамики продаж электромобилей

В целях получения обоснованного представления о положении российского рынка электромобилей и перспектив его развития был проведен анализ динамики продаж электрокаров как на первичном, так и на вторичном рынке. Для построения динамических рядов была использована информация, опубликованная в разные периоды на сайте аналитического агентства «АВТОСТАТ»<sup>1</sup>.

Далее проведена систематизация и эмпирическая оценка данных, визуализация и интерпретация полученных результатов, а также осуществлена подготовка к использованию данных для составления прогнозных сценариев развития исследуемого рынка.

### 3.2. Прогнозирование объемов рынка

Для достижения поставленных целей была построена логистическая модель Басса. К главным преимуществам используемого в исследовании метода можно отнести низкие требования к данным. Для построения модели Басса достаточно трех временных периодов [24] в противоположность эконометрическим моделям (ARIMA и др.), где для получения достоверных прогнозов необходимо применение более длинных временных рядов.

Модель Басса можно записать следующим образом [15]:

$$N(t) = m \left( \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{p}{q} e^{-(p+q)t}} \right), \quad (1)$$

где  $N$  – совокупное количество пользователей инновации в момент времени  $t$ ;  $p$  – коэффициент инновации;  $q$  – коэффициент имитации;  $m$  – потенциал рынка, который задается для ограничения максимального значения возможных потребителей; переменная  $t$  определяет временной период.

Коэффициенты имитации и инновации учитывают основные факторы, влияющие на распространение нового продукта на рынке. Так, на первых пользователях, или «новаторов», влияние оказывают реклама и СМИ (внешнее влияние), а группа последователей, или «имитаторов», принимает решение о приобретении товара по принципу сафранного радио [24].

Параметры  $p$  и  $q$  оценены с использованием нелинейного МНК, для построения модели применялись библиотеки регрессионного анализа и машинного обучения scikit-learn 1.1.1 для языка программирования Python<sup>2</sup>.

В рамках исследования построено несколько прогнозов с различным параметром потенциала рынка. Максимальный потенциал рынка (50% от числа автомобилистов на настоящий момент) определен в соответствии с результатами ранее описанного опроса ВЦИОМ. Помимо этого, построены прогнозы для менее оптимистичных сценариев развития рынка аккумуляторных автомобилей, где максимальное количество потенциальных потребителей равно 25, 12,5 и 2,5% от общего количества легковых автотранспортных средств в России. Эти потенциалы рынка определены на основании аналогичного исследования величины парка ЭА в Германии [17]. Верхняя граница рыночного потенциала определяется как общее количество автомобилей в РФ по состоянию на 2021 г. и составляет 45 млн<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> Библиотека Python для Data Science и Machine Learning. Sikit-learn 1.2.0 documentation. URL: <https://scikit-learn.org/stable/index.html>

<sup>3</sup> <https://www.autostat.ru/press-releases/47703/>

<sup>1</sup> Аналитическое агентство «Автостат». URL: <https://www.autostat.ru/>

Таблица 1. Результаты оценки параметров модели

Table 1. Results of model parameter estimation

Потенциал рынка $m$ , %	$p$	Доверительный интервал	$q$	Доверительный интервал	$F$ -статистика	$p$ -значение ( $F$ )
50	0,0000083*	[0,0000059; 0,0000107]	0,4713138*	[0,4196788; 0,5229489]	737,859	$1,64 \times e^{-13}$
25	0,0000165*	[0,0000118; 0,0000213]	0,4715403*	[0,4199278; 0,5231528]	739,001	$1,62 \times e^{-13}$
12,5	0,0000330*	[0,0000235; 0,0000426]	0,4719945*	[0,4204271; 0,5235619]	741,295	$1,58 \times e^{-13}$
2,5	0,0001633*	[0,0001164; 0,0002102]	0,4756549*	[0,4244520; 0,5268579]	760,102	$1,34 \times e^{-13}$

Примечание: \* – значимость на уровне 1 %.

Источник: составлено авторами.

На подготовительном этапе исследования проведена оценка неизвестных параметров  $p$  и  $q$  для всех четырех сценариев. Результаты оценки приведены в табл. 1.

Расчитанные коэффициенты  $p$  и  $q$  являются значимыми на уровне 1 %.  $F$ -статистика и ее  $p$ -значение также свидетельствуют о совокупной значимости параметров моделей, коэффициент аппроксимации, который определяет степень соответствия трендовой модели исходным данным, для каждой модели составил 0,99.

Таким образом, модель обладает высокой объясняющей способностью. Данные параметры позволяют выявить положение логистической кривой относительно оси абсцисс и темпы роста пользователей, перенявших инновацию. На основании оцененных параметров было спрогнозировано ожидаемое совокупное число аккумуляторных электромобилей в РФ до 2060 г.

Sultan et al. [25] приводят средние значения коэффициентов внешнего ( $p$ ) и внутреннего влияния ( $q$ ) – 0,03 и 0,38, которые получены в результате проведенного мета-анализа на основании 16 работ, включающих применение диффузионной модели и расчета соответствующих коэффициентов для

различных товарных групп (продукты питания, товары длительного пользования, технологические инновации и др.).

Talukdar et al. [26] приводят расчеты коэффициентов инновации и имитации по 31 стране для следующих товаров: видеомэгафтофоны, CD-плееры, микроволновые печи, видеокамеры, факсы, сотовые телефоны. Согласно результатам исследования, среднее значение коэффициента инновации для развитых стран составило 0,0010, а для развивающихся – 0,00027; коэффициента имитации – 0,509 и 0,556 для развитых и развивающихся стран соответственно.

Таким образом, в категории доступных товаров коэффициент инновации оказывает большее влияние на распространение нового продукта (по сравнению с дорогостоящими товарами), то есть реклама и СМИ могут привлечь большее количество «новаторов», при этом для развитых стран этот показатель выше.

Коэффициент  $q$  имеет обратную зависимость: чем выше стоимость благ, тем вероятнее, что распространение товара в большей степени обусловлено эффектом имитации.

Наиболее корректными будут сравнения внутри одной категории товаров. В табл. 2 приведены параметры  $p$  и  $q$ ,

полученные в рамках исследований распространения гибридных и электрических автомобилей в различных странах,

также была составлена диаграмма рассеяния коэффициентов внешнего и внутреннего влияния (рис. 1)

Таблица 2. Коэффициенты внутреннего и внешнего влияния в разных исследовательских работах

Table 2. Available literature estimates for coefficients of innovation and imitation

Страна	Источник	$p$	$q$
Китай (ЭА)	Zhu & Du [20]	0,001045	0,38637
Германия (ЭА)	Massiani & Gohs [17]	0,0000926	0,048
США (гибриды)	Lamberson [21]	0,000618	0,8736
Корея (ЭА)	Park et al. [22]	0,0037	0,3454
Дания (ЭА)	Jensen et al. [23]	0,002	0,23
Россия (ЭА, $m = 2,5\%$ )	Рассчитано авторами	0,00016333	0,4756549
Россия (ЭА, $m = 12,5\%$ )	Рассчитано авторами	0,00003303	0,4719945
Россия (ЭА, $m = 25\%$ )	Рассчитано авторами	0,00001654	0,4715403
Россия (ЭА, $m = 50\%$ )	Рассчитано авторами	0,00000828	0,4713138

Источник: составлено авторами на основании Massiani & Gohs [17].

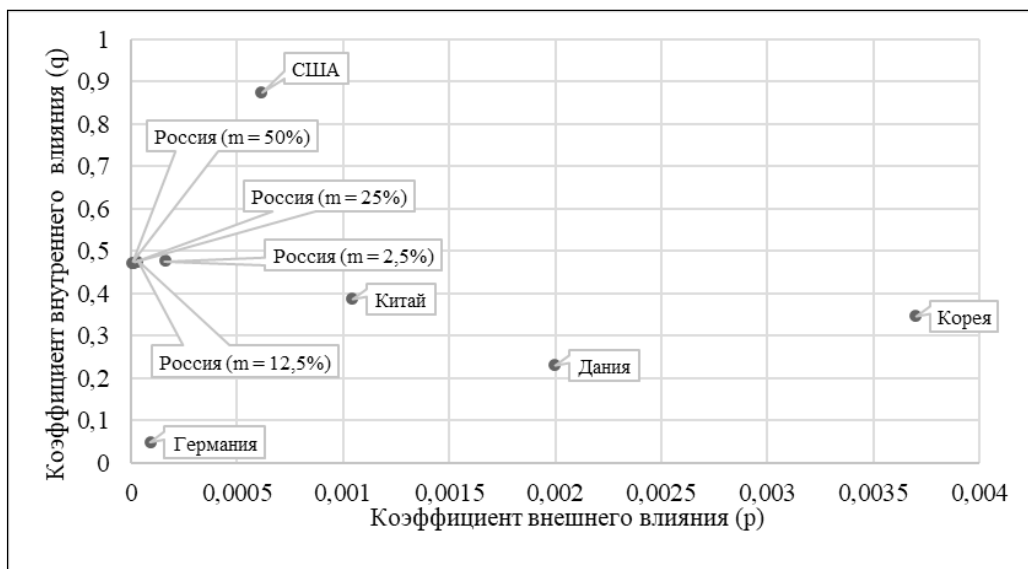


Рис. 1. Диаграмма рассеяния коэффициентов внутреннего и внешнего влияния в разных исследовательских работах по странам

Fig. 1. The scatter plot of the available literature estimates for coefficients of innovation and imitation

Источник: составлено авторами на основании Massiani & Gohs [18].



На основании приведенных выше данных можно сделать ряд выводов. Так, например, в сравнении с другими странами в РФ распространение ЭА характеризуется наиболее слабым эффектом внешнего влияния, тогда как наиболее сильный эффект был выявлен исследователями в Корее и Дании. Комбинация рассчитанных значений коэффициентов имитации и инновации позволяет описать специфику распространения инновационного продукта для отдельного региона [18]. Процесс распространения ЭА в РФ обладает сильным эффектом внутреннего влияния, наибольшая сила эффекта имитации была выявлена исследователями процесса распространения гибридных автомобилей в США.

### **3.3. Прогнозирование эффектов снижения выбросов парниковых газов**

Методика построения прогноза заключалась в расчете относительной экономии выбросов парниковых газов при переходе потребителей с традиционных автомобилей на электрокары. За референтный автомобиль был принят Nissan Leaf ввиду того, что он занимает около 83 % от общего числа электрокаров в РФ по состоянию на 2020 г. Сравнение относительной экономии выбросов производилось с отечественной моделью автомобиля с ДВС – LADA Vesta, которая стала моделью-лидером российского рынка по объему продаж в 2021 г.<sup>1</sup>

На первом этапе была определена разница между выбросами от эксплуатации традиционного автомобиля и автомобиля на электрической тяге, для вычисления совокупной экономии парниковых газов этот показатель был умножен на прогнозируемое количество электромобилей в РФ. Выбросы автомобиля LADA Vesta в модификации с объемом двигателя 1,6 л рассчитывались как

произведение среднегодового пробега автомобиля в России<sup>2</sup> и объема выбросов CO<sub>2</sub> на 1 км пробега для указанной модели автомобиля<sup>3</sup>.

Объем выбросов парниковых газов в CO<sub>2</sub>-экв., сопряженный с генерацией электроэнергии, необходимой для зарядки аккумулятора Nissan Leaf, был определен с учетом прогноза структуры энергопотребления Минэкономразвития до 2050 г. Заданное среднегодовое потребление энергии для электромобиля Nissan Leaf составило 2224 кВт·ч (рассчитано на основании технических характеристик Nissan Leaf<sup>4</sup>), а объем эмиссии CO<sub>2</sub> для соответствующих сырьевых источников генерации электроэнергии представлен в отчете аналитического агентства при Правительстве РФ<sup>5</sup>.

## **4. Результаты**

### **4.1. Анализ динамики рынка электромобилей**

Рынок электромобилей в России – как первичный, так и вторичный – за последние несколько лет демонстрирует значительный рост. В 2020 г. россияне приобрели 687 (на 95 % больше по сравнению с предыдущим годом) новых электромобилей и более 5 200 (на 60 % больше) подержанных.

По состоянию на январь 2021 г. рынок ЭА в России насчитывал 16,5 тыс. электрокаров. Кроме того, за первые три месяца 2021 г. россияне приобрели 307 новых и 1 273 подержанных электромобилей с аккумуляторами, что на 600 и 46 % больше соответственно, чем в первом квартале 2020 г. Всего

<sup>2</sup> Средний пробег автомобилей в России – 17 500 км в год. URL: <https://www.autostat.ru/news/39841/>

<sup>3</sup> <https://carexpert.ru/models/vaz/Vesta/tech/vazve-2015s16.htm>

<sup>4</sup> [https://www-europe.nissan-cdn.net/content/dam/Nissan/gb/brochures/Vehicles/Nissan\\_Leaf\\_UK.pdf](https://www-europe.nissan-cdn.net/content/dam/Nissan/gb/brochures/Vehicles/Nissan_Leaf_UK.pdf)

<sup>5</sup> [https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/energo/2021/energo\\_june21.pdf](https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/energo/2021/energo_june21.pdf)

<sup>1</sup> <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2022/01/12/904428-prodazhi-avtovaza-otstali>

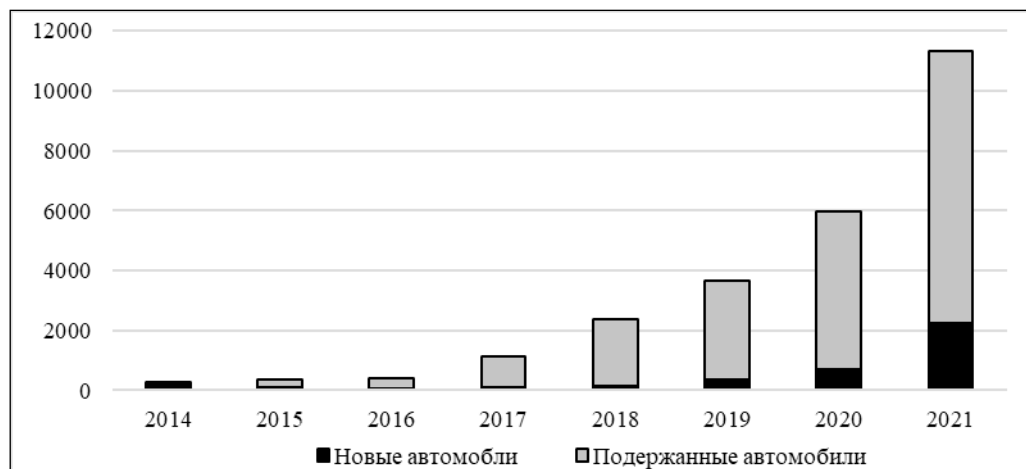


Рис. 2. Динамика продаж электромобилей в РФ, шт.

Fig. 2. Dynamics of electric vehicles sales in the Russian Federation, pcs.

Источник: составлено авторами по данным «АВТОСТАТ»<sup>3</sup>

за 2021 г. россиянами было приобретено 9070<sup>1</sup> поддержанных ЭА и 2254<sup>2</sup> новых моделей. Совокупно объем продаж ЭА в 2021 г. увеличился на 5364 единицы по сравнению с предыдущим годом.

На рис. 2 представлена динамика продаж электромобилей в РФ.

По состоянию на первый квартал 2021 г. рынок электромобилей был представлен 14 различными моделями<sup>4</sup>. Из них 83% электромобильного рынка России приходится на Nissan Leaf<sup>5</sup>, который относится к бюджетному сегменту и на вторичном рынке может конкурировать по стоимости с бензиновыми автомобилями. Помимо этой модели на рынке представлены такие марки, как Audi, Tesla, BYD, Chevrolet, Mercedes-Benz, JAC, Jaguar, Porsche, Hyundai.

Что касается территориального распределения парка электрокаров, эксперты аналитического агентства «АВТОСТАТ» подсчитали, что 68% от их общего количества числится в трех

федеральных округах: Центральном, Дальневосточном и Сибирском. Среди регионов на начало 2022 г. лидером по числу электромобилей в нашей стране является Москва, где зарегистрировано 2161 электроавтомобилей. На втором месте – Приморский край (1652 шт.), далее следует Иркутская область (1540 шт.). В топ-5 регионов также вошли Краснодарский (1085 шт.) и Хабаровский (861 шт.) края<sup>6</sup>.

По данным аналитического агентства «АВТОСТАТ», с января по август 2022 г. рынок электрокаров в РФ демонстрирует разнонаправленную динамику. Объем продаж новых электромобилей увеличился за прошедший период 2022 г., такая динамика в большей степени обусловлена ростом продаж в начале года. По итогам первых семи месяцев было куплено более 1400 электрокаров, это на 38% больше, чем за первые семь месяцев 2021 г. За этот период были распроданы электромобили, ввезенные по льготному таможенному тарифу (отменен с 1 января 2022 г.).

Новые поставки осуществляются на общих основаниях, а некоторые

<sup>1</sup> <https://m.autostat.ru/news/50634/>

<sup>2</sup> <https://m.autostat.ru/news/50525/>

<sup>3</sup> <https://www.autostat.ru/>

<sup>4</sup> <https://e-cars.tech/elektromobili/kakie-elektromobili-mozhno-kupit-v-rossii-v-2021-godu/>

<sup>5</sup> <https://www.autostat.ru/news/47243/>

<sup>6</sup> <https://www.autostat.ru/infographics/51535/>

производители и вовсе приостановили ввоз автомобилей в РФ ввиду санкций, это привело к сокращению продаж автомобилей, в том числе и на электрической тяге. В июле было продано всего 137 электрокаров, что на 30% меньше по сравнению с прошлогодним показателем. Несмотря на отрицательную динамику продаж, по итогам июля 2022 г. модельное разнообразие электроавтомобилей увеличилось до 26 моделей в сравнении с 19 в июле 2021 г.<sup>1</sup>

Дальнейшее распространение электромобилей в Российской Федерации довольно тяжело спрогнозировать, даже несмотря на то, что государство устанавливает новые приоритетные направления, включающие производство электромобилей и стимулирование перехода на более экологичные виды транспорта. Правительство опубликовало ряд постановлений, предполагающих государственную поддержку при приобретении электромобиля. На данный вид транспорта будет предоставляться скидка в размере 25% от стоимости автомобиля (не более 625 тыс. руб.) по льготной программе автокредита и лизинга<sup>2</sup>.

#### **4.2. Прогнозная оценка объема рынка электромобилей**

Мы спрогнозировали распространение электромобилей в контексте описанных рыночных потенциалов до 2060 г. Период прогнозирования определен с учетом действующей Стратегии социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. Строить прогнозы на более длительную перспективу не имеет смысла ввиду сложностей определения наиболее реалистичных сценариев развития рынка даже на небольших временных промежутках: ситуация осложняется геополитической неопределенностью, существующими на данный

момент проблемами импортирования электромобилей и литий-ионных комплекующих. Полученные результаты представлены в табл. 3 и на рис. 3.

В каждом из сценариев в соответствии с прогнозами показатель объема спроса практически достигает заданный потенциал рынка к 2060 г. Графики моделей представляют собой логистические кривые, описывающие изменение рыночного спроса на электромобили. Первые этапы характеризуются низким ростом, основными потребителями на данных этапах являются так называемые «инноваторы», которые в свою очередь запускают процесс «имитации», привлекая на данный рынок новых пользователей [27]. Этап внедрения инновационного продукта на рынок начинается в 2014 г. и завершается в 2025 г., далее наблюдается экспоненциальный рост числа потребителей в период с 2025 по 2040 г. Последний этап характеризуется насыщением и последующим замедлением рынка.

Наиболее реалистичным с учетом геополитической обстановки, на наш взгляд, является потенциал рынка равный 12,5%, в этом случае к 2040 г. спрос на электромобили в РФ будет составлять порядка 5,5 млн ед. электромобильного транспорта, что более чем в 500 раз больше потребительского спроса, отмеченного в 2020 г. Если рассматривать сценарий с максимальным потенциалом рынка – 50%, а именно данный сценарий основан на потребительских мнениях, то, согласно прогнозам, уже к 2030 г. объем рынка электромобилей составит более 5,3 млн.

В совместном аналитическом докладе ЦСР «Северо-Запад», СПбПУ и ряда других организаций<sup>3</sup>, представленном в апреле 2021 г., приводятся прогнозные оценки величины парка аккумуляторных

<sup>3</sup> Перспективы развития рынка электротранспорта и зарядной инфраструктуры в России. URL: <https://nticenter.spbstu.ru/news/7708>

<sup>1</sup> <https://www.autostat.ru/news/52246/>

<sup>2</sup> <https://www.interfax.ru/business/813964>

Таблица 3. Прогноз спроса на электромобили в РФ с учетом различных значений потенциала рынка, тыс. шт.

Table 3. Demand forecasts for electric vehicles in the Russian Federation, considering various values of the market potential, thousand units

Потенциал рынка $m$ , %	Год			
	2030	2040	2050	2060
50	1132,08	19241,26	22465,85	22499,69
25	1080,58	10375,87	11241,52	11249,92
12,5	990,46	5399,88	5622,91	5624,98
2,5	593,84	1116,43	1124,92	1125,00

Источник: рассчитано авторами

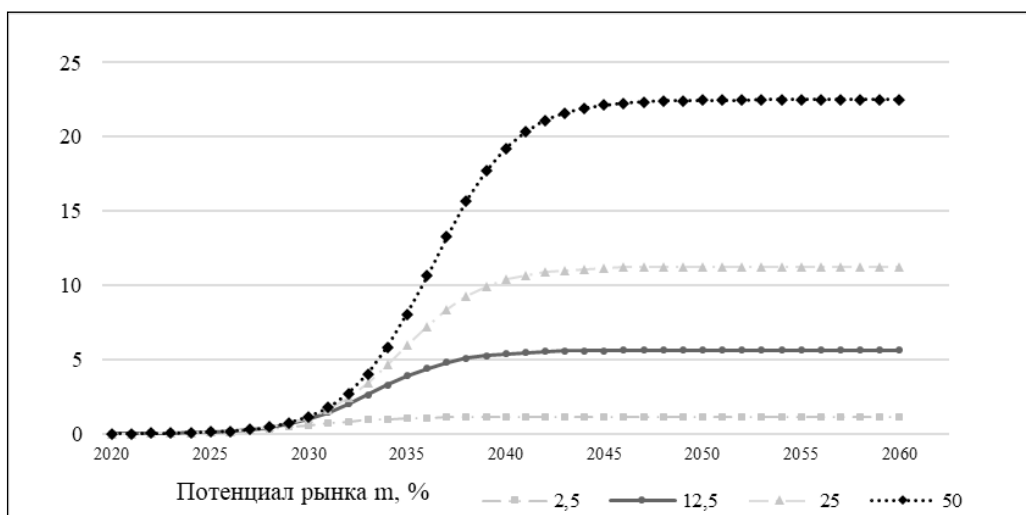


Рис. 3. Сценарии развития парка аккумуляторных электроавтомобилей до 2060 г. в РФ, млн шт.

Fig. 3. Development scenarios for the electric vehicle fleet in the Russian Federation up to 2060, million units

Источник: составлено авторами.

электроавтомобилей на основе Стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2025 г.<sup>1</sup>, которая предполагает, что доля ЭА на российском рынке достигнет 5% (129 тыс. единиц) к 2025 г. Экспертно-аналитический доклад содержит два сценария развития парка ЭА в России: базовый и ускоренный. Согласно первому

сценарию, парк электроавтомобилей в РФ достигнет отметки в 202 тыс. ед. и 395 тыс. ед. к 2025 г. и 2030 г. соответственно, тогда как ускоренный сценарий предполагает увеличение парка электрокаров до 360 тыс. ед. к 2025 г. и 741 тыс. ед. к 2030 г.

Полученные в настоящем исследовании прогнозы парка ЭА в РФ были сравнены с уже существующими, описанными в докладе, на рис. 4 и 5 представлено сравнение прогнозных сценариев развития парка ЭА в РФ.

<sup>1</sup> <http://government.ru/docs/all/116448/>

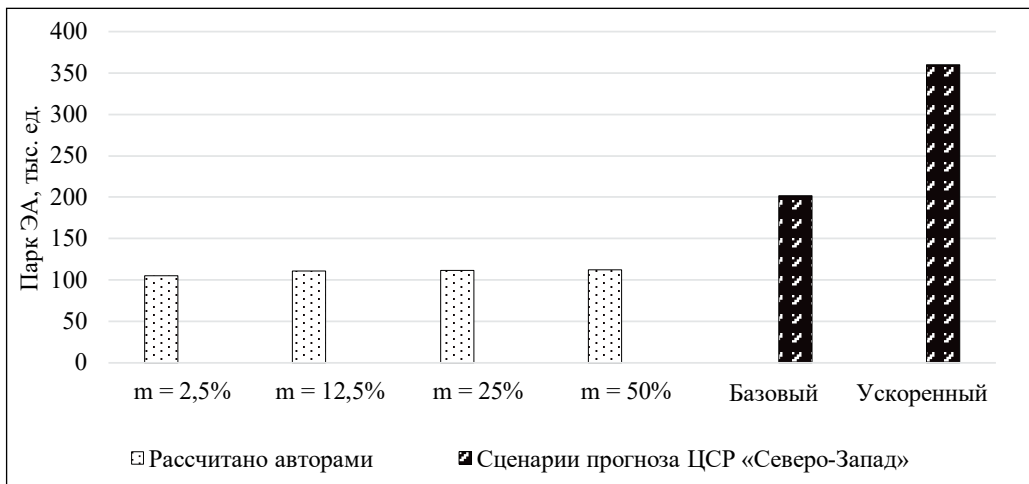


Рис. 4. Сравнение прогнозных сценариев развития парка ЭА в РФ в 2025 г.

Fig. 4. Comparison of forecast scenarios for the EV development in Russia in 2025.

Источник: составлено авторами на основе собственных расчетов и аналитического доклада ЦСП «Северо-Запад».

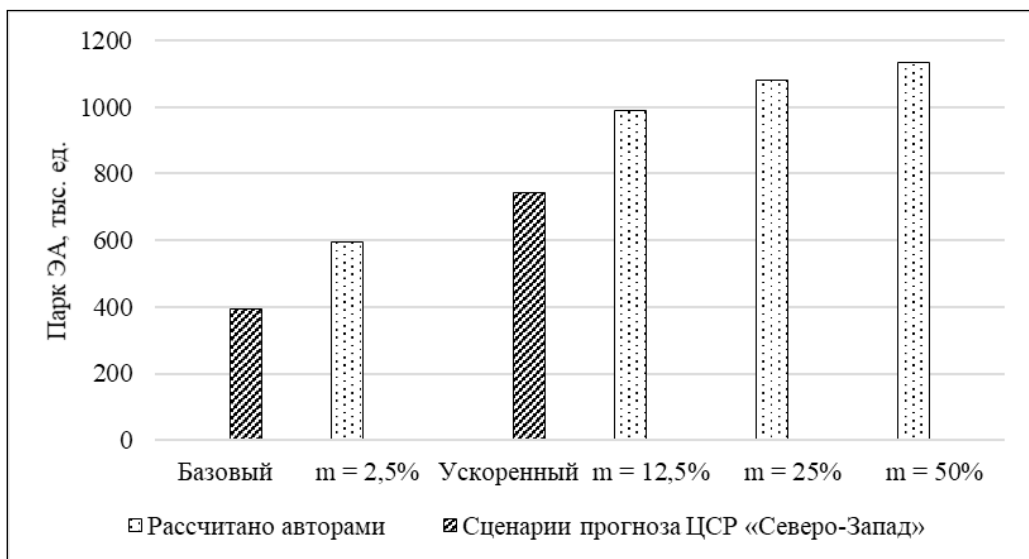


Рис. 5. Сравнение прогнозных сценариев развития парка ЭА в РФ в 2030 г.

Fig. 5. Comparison of forecast scenarios for the EV development in Russia in 2030.

Источник: составлено авторами на основе собственных расчетов и аналитического доклада ЦСП «Северо-Запад».

Согласно этим данным, полученный нами прогноз предполагает меньшее количество электрокаров в стране к 2025 г. Для различных потенциалов рынка число ЭА в РФ может достигнуть от 105 до 112 тыс. ед., тогда как в экспертном докладе предсказывается

наличие от 202 до 360 тыс. ед. электрокаров для базового и ускоренного сценариев соответственно. Данное расхождение обусловлено спецификой используемых методов, предполагающих более медленное развитие рынка на начальном этапе.

Таблица 4. Прогноз экономии совокупных выбросов парниковых газов в CO<sub>2</sub>-экв. к соответствующему году, тыс. тTable 4. Forecast of cumulative greenhouse gas emission savings in CO<sub>2</sub>-eq. for each year accordingly, thousand tons

Потенциал рынка <i>m</i> , %	Базовый год	Инерционный сценарий		Ускоренный сценарий	
	2020	2030	2050	2030	2050
2,5	24,79	358,45	2573,34	1325,96	2817,54
12,5		2265,74	12862,76	2211,55	14083,41
25		2471,90	25715,68	2412,77	28156,04
50		2589,70	51392,03	2527,76	56269,02

Источник: составлено авторами.

К 2030 г. прогнозные сценарии развития парка электроавтомобилей в РФ, полученные группой аналитиков и описанные в данном исследовании, обретают некоторую согласованность. Базовый сценарий, представленный в докладе, может с некоторыми оговорками соответствовать сценарию с потенциалом рынка, равным 2,5 %, тогда как ускоренный сценарий – сценарию с потенциалом рынка, равным 12,5 %.

#### 4.3. Прогнозная оценка снижения выбросов парниковых газов

В рамках исследования построен прогноз экономии накопленных выбросов парниковых газов в CO<sub>2</sub>-экв. в предположении о том, что будут достигнуты соответствующие темпы электрификации в РФ (табл. 4).

Прогноз включает два сценария: инерционный и ускоренный. Инерционный сценарий предполагает неизменным соотношение между источниками генерации электроэнергии, необходимой для работы электрокара. Базовым периодом является 2020 г., в котором текущее соотношение между возобновляемыми и невозобновляемыми источниками электроэнергии фиксируется и остается неизменным на протяжении всего прогнозного горизонта.

Ускоренный сценарий учитывает тенденции изменения соотношений между различными источниками генерации электроэнергии. В данный сценарий заложен прогноз изменения структуры генерации в России до 2050 г., предполагаемый проектом плана реализации Стратегии социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов<sup>1</sup>.

Таким образом, согласно представленным расчетам, при наиболее оптимистичном сценарии развития рынка ЭА и изменения структуры электрогенерации, максимальная экономия выбросов может составлять более 56 млн т в CO<sub>2</sub>-экв. в год. Наиболее реалистичный, на наш взгляд, сценарий распространения ЭА (*m* = 12,5 %) позволит сократить порядка 14 млн т выбросов в год. При сохранении текущей структуры генерации электроэнергии и достижении потенциала рынка в 12,5 % экономия составит почти 13 млн т.

Стоит отметить, что полученные прогнозы учитывают только стадию эксплуатации электрокара и не включают выбросы, с которыми могут быть

<sup>1</sup> <https://deloros.ru/proekt-plana-realizacii-strategii-socialno-ekonomicheskogo-razvitiya-rf-s-nizkim-urovнем-vybrosov-parnikovyh-gazov-do-2050-goda.html>

сопряжены такие стадии, как добыча соответствующих элементов, необходимых для производства аккумуляторов автомобилей, и утилизация отработанных аккумуляторов.

## 5. Обсуждение

Дискуссии в научных кругах вызывает тот факт, что модель диффузии инноваций Басса описывает рынок в целом, не учитывая индивидуальный спрос потребителей [24, 28]. В последних исследованиях также отмечается необходимость расширения классической модели путем ее адаптации для конкретных областей применения [29, 30].

Исследования [31, 32] указывают на то, что устойчивые оценки могут быть получены в том случае, если на рассматриваемом временном горизонте инновация достигла пика своего распространения. Однако к тому времени, как необходимые для этого исторические данные оказываются доступны, процесс прогнозирования внедрения инновационного продукта теряет всякий смысл. Одним из возможных решений является обновление оценок параметров по мере того, как появляются все более актуальные данные [24]. Так, в настоящем исследовании использовались все доступные на момент написания работы данные по величине парка электроавтомобилей в РФ.

Явным ограничением модели также является предположение о том, что потенциал рынка, определенный в момент появления инновации, будет актуален на протяжении всего прогнозного периода [33].

Kalish [34], помимо этого, отмечает низкую эффективность классической модификации диффузионной модели Басса в условиях конкурентного рынка и, наряду с работами [35–39], рассматривает вопрос влияния цены, маркетинговых стратегий фирм и других дополнительных факторов на процесс распространения инноваций.

Также необходимо отметить, что существует ряд специфичных ограничений для российского рынка ЭА. К их числу можно отнести обострившуюся геополитическую обстановку, существующие проблемы импорта как комплекующих, необходимых для развития российской автомобильной промышленности, так и риск сокращения поставок иномарок, в том числе и аккумуляторных электромобилей, на территорию РФ, инфраструктурные проблемы, климатические и географические особенности России. Большинство европейских и японских автомобильных брендов прекратили поставки новых авто и рассматривают возможность полного ухода с российского рынка, это коснулось и таких брендов, как Jaguar и Porsche, которые являются одними из немногих автопроизводителей, имеющих электрокары в модельном ряду<sup>1</sup>.

Помимо этого, в связи с введением санкций в РФ ограничены поставки литиевой руды и наблюдается дефицит сырья<sup>2</sup>, необходимого для разработки и промышленного производства отечественных электромобилей. Возобновление добычи лития в РФ потребует значительных инвестиций, что при текущих объемах потребления лития в России является экономически неоправданным.

Перспективы производства серийных отечественных электрокаров на данный момент весьма неоднозначны и представлены несколькими проектами<sup>3</sup>, которые условно можно разделить на три категории:

1) Автомобили, запущенные в серийное производство по состоянию на 2022 г.: модельный ряд электрокаров «Evolute» (на базе «Dongfeng», Китай), «Москвич» (на базе «Sol E40X», Китай),

<sup>1</sup> <https://www.gazeta.ru/avto/2022/08/05/15229502.shtml>

<sup>2</sup> <https://www.bfm.ru/news/497648>

<sup>3</sup> <https://www.autonews.ru/news/62d7b5829a79474c86807d64>

«GAZelle e-NN» (на базе «ГАЗель Next», Россия).

2) Электрокары, запуск которых в серийное производство предусмотрен не ранее чем в 2023–2024 гг. Например, «E-Neva» (на базе «Neva», Россия) и «Кама-2» (на базе «EX6», Китай).

3) Приостановленные проекты<sup>1</sup>: «Lada Ellada» (на базе «LADA Kalina», Россия), «Lada Vesta EV» (на базе «LADA Vesta», Россия), «Ё-мобиль» (Россия), «Кама-1» (Россия), «City Modul 1» (Россия), «Монарх» (Россия), «Овум» (Россия), «CV-1» (Россия). Серийное производство моделей не запланировано.

Одной из ключевых целей Концепции по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 г.<sup>2</sup> является производство электромобилей в количестве 217 тыс. шт. в год, функционирование 8,6 тыс. медленных зарядных станций, 5,7 тыс. быстрых зарядных станций. При этом прогнозируется снижение стоимости основных комплектующих электротранспорта, аккумуляторных батарей более чем в два раза. Такое развитие может оказать значительное влияние на объем потребительского спроса и структуры автопарка РФ.

Согласно прогнозам, представленным в проекте Стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2035 г.<sup>3</sup>, продажи электрокаров, включая гибриды и топливные элементы, к 2030 г. должны составлять 5–12% общего объема продаж легковых автомобилей, в 2035 г. этот показатель должен составить уже 15–25%.

<sup>1</sup> <https://e-cars.tech/elektromobili/russkie-elektromobili-obzor-modeley-otechestvenno-go-avtoproma-na-2021-god/>

<sup>2</sup> <http://static.government.ru/media/files/bW9wGZ2rDs3BkeZHf7ZsaxnlbJzQbJIt.pdf>

<sup>3</sup> Проект Стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2035 года. URL: <https://regulation.gov.ru/projects#npa=130659>

Приоритетными регионами для развития электротранспорта станут мегаполисы и южные территории России ввиду ограничений энергозапаса аккумуляторных автомобилей и трудностей их эксплуатации в субъектах с низкой плотностью населения и суровым климатом.

*Гипотеза 1* о применимости диффузионной модели Басса для прогнозирования развития рынка электромобилей в РФ подтвердилась. Результаты расчетов, полученных в рамках настоящей работы, соотносятся с исследованиями, где использованы альтернативные методы. На основании этого можно сделать вывод о том, что модель Басса позволяет построить высококачественные прогнозы в условиях ограниченных данных.

*Гипотеза 2*, предполагающая значительное влияние перехода на электромобили на экономию выбросов загрязняющих веществ, не подтвердилась. Так, при сравнении полученных результатов с целевыми показателями по сокращению выбросов парниковых газов Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. выявлено, что при реализации наиболее реалистичного сценария экономия выбросов составит 1,2%, а при ускоренном сценарии – 4,6%.

Необходимо также отметить, что приведенные сравнения не учитывают темпы автомобилизации Российской Федерации в пределах прогнозного периода, а также опосредованные выбросы от электромобильного транспорта на этапе производства.

Таким образом развитие электротранспорта в России с учетом описанных параметров не позволит в значительной степени сократить выбросы парниковых газов к 2050 г. При этом транспортные средства на альтернативном топливе могут стать частью комплексного решения, направленного на достижение углеродной нейтральности: при изменении структуры генерации



электроэнергии эффективность электротранспорта для целей сокращения выбросов парниковых газов существенно увеличится.

## 6. Заключение

Результаты настоящего исследования были получены на основании данных по объему, динамике и структуре рынка электромобилей в России за период 2014–2021 гг. с использованием нелинейного моделирования распространения инноваций. Модель диффузии Басса имеет ряд преимуществ, в том числе низкие требования к количеству наблюдений для построения достоверных прогнозов. Отличительной особенностью данного подхода также стала возможность построения нескольких сценариев развития рынка аккумуляторных электромобилей в РФ.

Таким образом был спрогнозирован объем спроса на рынке электромобилей при различных рыночных потенциалах. В данном исследовании представлено 4 сценария, где максимальный объем спроса достигается при рыночном потенциале в 50% от текущего уровня автомобилизации в РФ, а минимальный – при рыночном потенциале в 2,5%. Наиболее реалистичный сценарий, на наш взгляд, описывается рыночным потенциалом равным 12,5%, в данном случае уже к 2030 г. спрос составит порядка 990,4 тыс. единиц электромобилей, что в 60 раз превышает текущий объем рынка. Эти результаты немного опережают прогнозы других исследователей, что обусловлено, в первую очередь, различиями в методологии построения прогнозов.

Сокращение выбросов парниковых газов от перехода на альтернативные виды транспорта также рассчитано с учетом различных сценариев. Так, предполагается, что к 2050 г. может быть сэкономлено совокупно около 14 млн т выбросов в  $\text{CO}_2$ -экв. при осуществлении прогноза Минэкономразвития РФ

по изменению структуры генерации и обеспечении темпов внедрения электромобилей в России согласно потенциалу рынка, равному 12,5%.

Тестируемые гипотезы подтвердили эффективность используемых методов для построения прогнозов распространения инновационных товаров в России, однако предположение о значительном вкладе в экономию выбросов парниковых газов при переходе на электротранспорт не подтвердилось.

Основным фактором, замедляющим распространение электромобильного транспорта в России, является низкая инфраструктурная оснащенность. Отсутствие зарядных станций на протяженных расстояниях осложняет транспортировку автомобилей на территории РФ, а также снижает привлекательность данного транспорта для российских потребителей. Для достижения рассчитанных в настоящем исследовании показателей объема рыночного спроса на электромобили необходимо развивать электромобильную инфраструктуру и создавать комфортные условия для эксплуатации и обслуживания электромобильного транспорта.

Теоретическая значимость исследования представлена совокупностью полученных прогнозных данных распространения электротранспорта в России и сопряженных с этим процессом экологических эффектов. Предложенные в работе прогнозы могут быть использованы для разработки государственных программ, направленных на развитие рынка электромобилей и зарядной инфраструктуры в России, а также могут быть полезны для дальнейших исследований отечественного рынка электромобилей. Несмотря на очевидные преимущества, логистическая модель Басса не учитывает ряд факторов, которые могут оказывать значительное влияние на результаты, что оставляет потенциал для последующего анализа с использованием альтернативных методов.

## Список использованных источников

1. Зиязов Д. С., Пыжжев А. И., Пыжжева Ю. И. Экономические механизмы борьбы с загрязнением атмосферного воздуха крупных российских городов // Региональная экономика: теория и практика. 2019. Т. 17, № 10. С. 1991–2008. <http://dx.doi.org/10.24891/re.17.10.1991>
2. Grushevenko D., Grushevenko E., Kulagin V. Energy consumption of the Russian road transportation sector: prospects for inter-fuel competition in terms of technological innovation // Foresight and STI Governance. 2018. Vol. 12, No. 4. Pp. 35–44. <http://doi.org/10.17323/2500-2597.2018.4.35.44>
3. Porfiryev B. N. Effective action strategy to cope with climate change and Its impact on Russia's economy // Studies on Russian Economic Development. 2019. Vol. 30, No. 3. Pp. 235–244. <http://doi.org/10.1134/S1075700719030134>
4. Каталевский Д. Ю., Гареев Т. П. Имитационное моделирование для прогнозирования развития автомобильного электротранспорта на уровне региона // Балтийский регион. 2020. Т. 12, №. 2. С. 118–139. <http://doi.org/10.5922/2079-8555-2020-2-8>
5. Shafiei E., Davidsdottir B., Stefansson H., Asgeirsson E., Fazeli R., Gestsson M., Leaver J. Simulation-based appraisal of tax-induced electro-mobility promotion in Iceland and prospects for energy-economic development // Energy Policy. 2019. Vol. 133. Article No. 110894. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110894>
6. Фасхиев Х. А. Газо- или электромобилизация? Россия на обочине прогресса // ЭКО. 2018. Т. 532, № 1. С. 97–116. <http://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2018-10-97-116>
7. Фасхиев Х. А. Рынок электромобилей – маховик раскрутился // ЭКО. 2020. Т. 548, № 2. С. 102–122. <http://doi.org/10.20542/0131-2227-2022-66-7-55-65>
8. Синицын М. В. Влияние продвижения легковых электромобилей на потребление нефти // ЭКО. 2020. Т. 556, № 10. С. 65–87. <http://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2020-10-65-87>
9. Dhakal T., Min K. S. Macro study of global electric vehicle expansion // Foresight and STI Governance. 2021. Vol. 15, No. 1. Pp. 67–73. <http://doi.org/10.17323/2500-2597.2021.1.67.73>
10. Holland S. P., Mansur E. T., Muller N. Z., Yates A. J. Environmental Benefits from Driving Electric Vehicles? // NBER Working Paper Series. Working Paper 21291. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 2015. 46 p. <http://doi.org/10.3386/w21291>
11. Holland S. P., Mansur E. T., Muller N. Z., Yates A. J. Are There Environmental Benefits from Driving Electric Vehicles? The Importance of Local Factors // American Economic Review. 2016. Vol. 106, No. 12. Pp. 3700–3729. <http://doi.org/10.1257/aer.20150897>
12. Costa C. M., Barbosa J. C., Gonçalves R., Castro H., Del Campo F. J., Lanceros-Méndez S. Recycling and environmental issues of lithium-ion batteries: Advances, challenges and opportunities // Energy Storage Materials. 2021. Vol. 37. Pp. 433–465. <http://doi.org/10.1016/j.ensm.2021.02.032>
13. Secinaro S., Calandra D., Lanzalonga F., Ferraris A. Electric vehicles' consumer behaviours: Mapping the field and providing a research agenda // Journal of Business Research. 2022. Vol. 150. Pp. 399–416. <http://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.06.011>
14. Dezhina I., Radnabazarova S. Stimulating demand for electric vehicles in the world and Russian context // World Economy and International Relations. 2022. Vol. 66, No. 7. Pp. 55–65. <http://doi.org/10.20542/0131-2227-2022-66-7-55-65>
15. Bass F. M. A new product growth for model consumer durables // Management Science. 1969. Vol. 15, No. 5. Pp. 215–227. <http://doi.org/10.1287/mnsc.15.5.215>
16. Dodds W. An application of the Bass model in long-term new product forecasting // Journal of Marketing Research. 1973. Vol. 10, Issue 3. Pp. 308–311. <http://doi.org/10.1177/002224377301000313>
17. Massiani J. Using stated preferences to forecast alternative fuel vehicles market diffusion // Italian Journal of Regional Science. 2012. Vol. 11, No. 3. Pp. 93–122. <http://doi.org/10.3280/SCRE2012-003006>

18. *Massiani J., Gohs A.* The choice of Bass model coefficients to forecast diffusion for innovative products: An empirical investigation for new automotive technologies // *Research in Transportation Economics*. 2015. Vol. 50. Pp. 17–28. <http://doi.org/10.1016/j.retrec.2015.06.003>
19. *Bass F. M., Krishnan T. V., Jain D. C.* Why the Bass Model Fits without Decision Variables // *Marketing Science*. 1994. Vol. 13, No. 3. Pp. 203–223. <http://doi.org/10.1287/mksc.13.3.203>
20. *Zhu Z., Du H.* Forecasting the number of electric vehicles: a case of Beijing // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018. Vol. 170, No. 4. Article No. 042037. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/170/4/042037>
21. *Carlucci F., Cirà A., Lanza G.* Hybrid Electric Vehicles: Some Theoretical Considerations on Consumption Behaviour // *Sustainability*. 2018. Vol. 10, Issue 4. P. 1302. <https://doi.org/10.3390/su10041302>
22. *Park S. Y., Kim J. W., Lee D. H.* Development of a market penetration forecasting model for Hydrogen Fuel Cell Vehicles considering infrastructure and cost reduction effects // *Energy Policy*. 2011. Vol. 39, Issue 6. Pp. 3307–3315. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.03.021>
23. *Jensen A. F., Cherchi E., Mabit S. L., Ortúzar J. D. D.* Predicting the potential market for electric vehicles // *Transportation Science*. 2014. Vol. 51, No. 2. Pp. 427–440. <http://doi.org/10.1287/trsc.2015.0659>
24. *Mahajan V., Muller E., Bass F. M.* New product diffusion models in marketing: a review and directions for research // *Journal of Marketing*. 1990. Vol. 54, Issue 1. Pp. 1–26. <http://doi.org/10.1177/002224299005400101>
25. *Sultan F., Farley J. U., Lehmann D. R.* A meta-analysis of applications of diffusion models // *Journal of Marketing Research*. 2018. Vol. 27, Issue 1. Pp. 70–77. <http://doi.org/10.1177/002224379002700107>
26. *Talukdar D., Sudhir K., Ainslie A.* Investigating new product diffusion across products and countries // *Marketing Science*. 2002. Vol. 21, No. 1. Pp. 97–114. <http://doi.org/10.1287/mksc.21.1.97.161>
27. *Rogers E. M.* *Diffusion of Innovations*. Third Edition. New York : The Free Press, 1983. URL: <https://ssrn.com/abstract=1496176>
28. *Stoneman P.* Intra-Firm Diffusion, Bayesian Learning and Profitability // *The Economic Journal*. 1981. Vol. 91, Issue 362. Pp. 375–388. <http://doi.org/10.2307/2232591>
29. *Costa V., Bonatto B., Zambroni A., Ribeiro P., Castilla M., Arango L.* Renewables with energy storage: A time-series socioeconomic model for business and welfare analysis // *Journal of Energy Storage*. 2022. Vol. 47. P. 103659. <http://doi.org/10.1016/j.est.2021.103659>
30. *Horvat A., Fogliano V., Luning P. A.* Modifying the Bass diffusion model to study adoption of radical new foods—The case of edible insects in the Netherlands // *PLOS ONE*. 2020. Vol. 15, Issue 6. P. e0234538. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0234538>
31. *Tigert D., Farivar B.* The Bass new product growth model: a sensitivity analysis for a high technology product // *Journal of Marketing*. 2018. Vol. 45, Issue 4. Pp. 81–90. <http://doi.org/10.1177/002224298104500411>
32. *Hyman M. R.* The timeliness problem in the application of bass-type new product-growth models to durable sales forecasting // *Journal of Business Research*. 1988. Vol. 16, Issue 1. Pp. 31–47. [http://doi.org/10.1016/0148-2963\(88\)90079-3](http://doi.org/10.1016/0148-2963(88)90079-3)
33. *Sharif M. N., Ramanathan K.* Binomial innovation diffusion models with dynamic potential adopter population // *Technological Forecasting and Social Change*. 1981. Vol. 20, Issue 1. Pp. 63–87. [http://doi.org/10.1016/0040-1625\(81\)90041-X](http://doi.org/10.1016/0040-1625(81)90041-X)
34. *Kalish S.* A new product adoption model with price, advertising, and uncertainty // *Management Science*. 1985. Vol. 31, No. 12. Pp. 1569–1585. <http://doi.org/10.1287/mnsc.31.12.1569>
35. *Robinson B., Lakhani C.* Dynamic price models for new-product planning // *Management Science*. 1975. Vol. 21, No. 10. Pp. 1113–1122. <http://doi.org/10.1287/mnsc.21.10.1113>

36. Mahajan V., Peterson R. Models for Innovation Diffusion. Sage, 1985. <https://doi.org/10.4135/9781412985093>
37. Horsky D., Simon L. S. Advertising and the diffusion of new products // Marketing Science. 1983. Vol. 2, No. 1. Pp. 1–17. <http://doi.org/10.1287/mksc.2.1.1>
38. Kamakura W. A., Balasubramanian S. K. Long-term view of the diffusion of durables A study of the role of price and adoption influence processes via tests of nested models. International // Journal of Research in Marketing. 1988. Vol. 5. Pp. 1–13. URL: <https://ssrn.com/abstract=2428868>
39. Jain D. C., Rao R. C. Effect of price on the demand for durables: Modeling, estimation, and findings // Journal of Business and Economic Statistics. 1990. Vol. 8, Issue 2. Pp. 163–170. <http://doi.org/10.1080/07350015.1990.10509787>

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

### Колян Нелли Сергеевна

Лаборант-исследователь лаборатории экономики климатических изменений и экологического развития Сибирского федерального университета, г. Красноярск, Россия (660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79); ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2960-2251> e-mail: [nelly.kolyan@gmail.com](mailto:nelly.kolyan@gmail.com)

### Плесовских Александр Евгеньевич

Лаборант-исследователь лаборатории экономики климатических изменений и экологического развития Сибирского федерального университета, г. Красноярск, Россия (660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8507-9501> e-mail: [alexandermcme@gmail.com](mailto:alexandermcme@gmail.com)

### Гордеев Роман Викторович

Старший научный сотрудник лаборатории экономики климатических изменений и экологического развития, г. Красноярск, Россия (660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2769-3914> e-mail: [rgordeev@sfu-kras.ru](mailto:rgordeev@sfu-kras.ru)

## БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSRZ-2021–0011).

## ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Колян Н. С., Плесовских А. Е., Гордеев Р. В. Прогнозная оценка потенциального рынка электромобилей и эффектов снижения выбросов парниковых газов в России // Journal of Applied Economic Research. 2023. Т. 22, № 3. С. 497–521. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.021>

## ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 26 декабря 2022 г.; дата поступления после рецензирования 13 марта 2023 г.; дата принятия к печати 8 июня 2023 г.

# Predictive Assessment of the Potential Electric Vehicle Market and the Effects of Reducing Greenhouse Gas Emissions in Russia

Nelly S. Kolyan  , Alexander E. Plesovskikh , Roman V. Gordeev 

Siberian Federal University,  
Krasnoyarsk, Russia

 [nelly.kolyan@gmail.com](mailto:nelly.kolyan@gmail.com)

**Abstract.** In recent decades, the global adoption of alternative fuel vehicles, which may contribute to carbon emission reduction due to the use of alternative energy sources has stirred particular interest. Despite a significant body of scientific literature in Russia about electric vehicle adoption, the approaches used in papers lack quantitative estimates of the Russian market's potential. This paper aims to fill this gap as it provides a long-term electric vehicle market forecast in Russia as well as assesses the environmental effects. The following hypotheses are tested: (1) the Bass model is applicable to predict the long-term electric vehicle diffusion process in Russia; (2) the transition to electric cars will have a significant impact on greenhouse gas emission reduction. The Bass model, a widely used tool for predicting the innovation diffusion process, serves as a methodological base for the research. The long-term forecast of the Russian electric car fleet includes several scenarios. The most realistic scenario suggests that the Russian electric vehicle market is estimated to grow, reaching 5.62 million units by 2060. Furthermore, the environmental effects associated with electric vehicle adoption were identified. Two scenarios for changes in the energy generation structure were taken into consideration. The expected carbon emission reduction is estimated to reach 14.08 million tons in CO<sub>2</sub>-eq. if an accelerated transition to low-carbon energy sources is implemented, the baseline scenario suggests 12.86 million tons in CO<sub>2</sub>-eq. carbon emission reduction. The estimates of the transport diffusion in Russia as well as of environmental effects associated with this process form the theoretical value of the study. The practical significance of the study suggests developing electric vehicle demand forecasts that might be utilized while implementing measures to achieve goals stated in the Strategy of Social and Economic Development with a Low Level of Greenhouse Gas Emissions until 2050 in the Russian Federation.

**Key words:** electric vehicles; innovation diffusion; electric vehicle fleet forecasting; potential market; Bass model; low-carbon economy.

JEL C22, Q53, E27

## References

1. Ziazov, D. S., Pyzhev, A. I., Pyzheva, Iu. I. (2019). Ekonomicheskie mekhanizmy bor'by s zagriazneniem atmosfernogo vozdukha krupnykh rossiiskikh gorodov (Economic mechanisms to control air pollution: Evidence from major Russian cities). *Regionalnaya ekonomika: teoriya i praktika (Regional Economics: Theory and Practice)*. Vol. 17, No. 10, 1991–2008. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.24891/re.17.10.1991>
2. Grushevenko, D., Grushevenko, E., Kulagin, V. (2018). Energy consumption of the Russian road transportation sector: prospects for inter-fuel competition in terms of technological innovation. *Foresight and STI Governance*, Vol. 12, No. 4, 35–44. <http://doi.org/10.17323/2500-2597.2018.4.35.44>
3. Porfiryev, B. N. (2019). Effective action strategy to cope with climate change and Its impact on Russia's economy. *Studies on Russian Economic Development*, Vol. 30, No. 3, 235–244. <http://doi.org/10.1134/S1075700719030134>

4. Katalevskii, D.Iu., Gareev, T.R. (2020). Imitatsionnoe modelirovanie dlia prognozirovaniia razvitiia avtomobilnogo elektrotransporta na urovne regiona (Development of electric road transport: simulation modelling). *Baltiiskii region (The Baltic Region)*, Vol. 12, No. 2, 118–139. (In Russ.). <http://doi.org/10.5922/2079-8555-2020-2-8>
5. Shafiei, E., Davidsdottir, B., Stefansson, H., Asgeirsson, E., Fazeli, R., Gestsson, M., Leaver, J. (2019). Simulation-based appraisal of tax-induced electro-mobility promotion in Iceland and prospects for energy-economic development. *Energy Policy*, Vol. 133, 110894. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110894>
6. Faskhiev, Kh. A. (2018). Gazo- ili elektromobilizatsiia? Rossiia na obochine progressa (Gas or Electric Immobilization? Russia is on the Sidelines of Progress). *EKO (ECO)*, Vol. 532, No. 1, 97–116. (In Russ.). <http://doi.org/10.30680/ESO0131-7652-2018-10-97-116>
7. Faskhiev, Kh. A. (2020). Rynok elektromobilei – makhovik raskrutilsia (Electric Car Market – Spinning Flywheel). *EKO (ECO)*, Vol. 548, No. 2, 102–122. (In Russ.). <http://doi.org/10.20542/0131-2227-2022-66-7-55-65>
8. Sinitsyn, M. V. (2020). Vliianie prodvizheniia legkovykh elektromobilei na potreblenie nefti (The impact of promoting electric cars on oil consumption). *EKO (ECO)*, Vol. 556, No. 10, 65–87. (In Russ.). <http://doi.org/10.30680/ESO0131-7652-2020-10-65-87>
9. Dhakal, T., Min, K. S. (2021). Macro study of global electric vehicle expansion. *Foresight and STI Governance*, Vol. 15, No. 1, 67–73. <http://doi.org/10.17323/2500-2597.2021.1.67.73>
10. Holland, S. P., Mansur, E. T., Muller, N. Z., Yates, A. J. (2015). Environmental Benefits from Driving Electric Vehicles? *NBER Working Paper Series*. Working Paper 21291. Cambridge, National Bureau of Economic Research, 46 p. <http://doi.org/10.3386/w21291>
11. Holland, S. P., Mansur, E. T., Muller, N. Z., Yates, A. J. (2016). Are There Environmental Benefits from Driving Electric Vehicles? The Importance of Local Factors. *American Economic Review*, Vol. 106, No. 12, 3700–3729. <http://doi.org/10.1257/aer.20150897>
12. Costa, C. M., Barbosa, J. C., Gonçalves, R., Castro, H., Del Campo, F. J., Lanceros-Méndez, S. (2021). Recycling and environmental issues of lithium-ion batteries: Advances, challenges and opportunities. *Energy Storage Materials*, Vol. 37, 433–465. <http://doi.org/10.1016/j.ensm.2021.02.032>
13. Secinaro, S., Calandra, D., Lanzalonga, F., Ferraris, A. (2022). Electric vehicles' consumer behaviours: Mapping the field and providing a research agenda. *Journal of Business Research*, Vol. 150, 399–416. <http://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.06.011>
14. Dezhina, I., Radnabazarova, S. (2022). Stimulating demand for electric vehicles in the world and Russian context. *World Economy and International Relations*, Vol. 66, No. 7, 55–65. <http://doi.org/10.20542/0131-2227-2022-66-7-55-65>
15. Bass, F. M. (1969). A new product growth for model consumer durables. *Management Science*, Vol. 15, No. 5, 215–227. <http://doi.org/10.1287/mnsc.15.5.215>
16. Dodds, W. (1973). An application of the Bass model in long-term new product forecasting. *Journal of Marketing Research*, Vol. 10, Issue 3, 308–311. <http://doi.org/10.1177/002224377301000313>
17. Massiani, J. (2012). Using stated preferences to forecast alternative fuel vehicles market diffusion. *Italian Journal of Regional Science*, Vol. 11, No. 3, 93–122. <http://doi.org/10.3280/SCRE2012-003006>
18. Massiani, J., Gohs, A. (2015). The choice of Bass model coefficients to forecast diffusion for innovative products: An empirical investigation for new automotive technologies. *Research in Transportation Economics*, Vol. 50, 17–28. <http://doi.org/10.1016/j.retrec.2015.06.003>
19. Bass, F. M., Krishnan, T. V., Jain, D. C. (1994). Why the Bass Model Fits without Decision Variables. *Marketing Science*, Vol. 13, No. 3, 203–223. <http://doi.org/10.1287/mksc.13.3.203>
20. Zhu, Z., Du, H. (2018). Forecasting the number of electric vehicles: a case of Beijing. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 170, No. 4, 042037. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/170/4/042037>

21. Carlucci, F., Cirà, A., Lanza, G. (2018). Hybrid Electric Vehicles: Some Theoretical Considerations on Consumption Behaviour. *Sustainability*, Vol. 10, Issue 4, 1302. <https://doi.org/10.3390/su10041302>
22. Park, S. Y., Kim, J. W., Lee, D. H. (2011). Development of a market penetration forecasting model for Hydrogen Fuel Cell Vehicles considering infrastructure and cost reduction effects. *Energy Policy*, Vol. 39, Issue 6, 3307–3315. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.03.021>
23. Jensen, A. F., Cherchi, E., Mabit, S. L., Ortúzar, J. D. D. (2014). Predicting the potential market for electric vehicles. *Transportation Science*, Vol. 51, No. 2, 427–440. <http://doi.org/10.1287/trsc.2015.0659>
24. Mahajan, V., Muller, E., Bass, F. M. (1990). New product diffusion models in marketing: a review and directions for research. *Journal of Marketing*, Vol. 54, Issue 1, 1–26. <http://doi.org/10.1177/002224299005400101>
25. Sultan, F., Farley, J. U., Lehmann, D. R. (2018). A meta-analysis of applications of diffusion models. *Journal of Marketing Research*, Vol. 27, Issue 1, 70–77. <http://doi.org/10.1177/002224379002700107>
26. Talukdar, D., Sudhir, K., Ainslie, A. (2002). Investigating new product diffusion across products and countries. *Marketing Science*, Vol. 21, No. 1, 97–114. <http://doi.org/10.1287/mksc.21.1.97.161>
27. Rogers, E. M. (1983). *Diffusion of Innovations*. Third Edition. New York, The Free Press. URL: <https://ssrn.com/abstract=1496176>
28. Stoneman, P. (1981). Intra-Firm Diffusion, Bayesian Learning and Profitability. *The Economic Journal*, Vol. 91, Issue 362, 375–388. <http://doi.org/10.2307/2232591>
29. Costa, V., Bonatto, B., Zambroni, A., Ribeiro, P., Castilla, M., Arango, L. (2022). Renewables with energy storage: A time-series socioeconomic model for business and welfare analysis. *Journal of Energy Storage*, Vol. 47, 103659. <http://doi.org/10.1016/j.est.2021.103659>
30. Horvat, A., Fogliano, V., Luning, P. A. (2020). Modifying the Bass diffusion model to study adoption of radical new foods—The case of edible insects in the Netherlands. *PLOS ONE*, Vol. 15, Issue 6, e0234538. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0234538>
31. Tigert, D., Farivar, B. (2018). The Bass new product growth model: a sensitivity analysis for a high technology product. *Journal of Marketing*, Vol. 45, Issue 4, 81–90. <http://doi.org/10.1177/002224298104500411>
32. Hyman, M. R. (1988). The timeliness problem in the application of bass-type new product-growth models to durable sales forecasting. *Journal of Business Research*, Vol. 16, Issue 1, 31–47. [http://doi.org/10.1016/0148-2963\(88\)90079-3](http://doi.org/10.1016/0148-2963(88)90079-3)
33. Sharif, M. N., Ramanathan, K. (1981). Binomial innovation diffusion models with dynamic potential adopter population. *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 20, Issue 1, 63–87. [http://doi.org/10.1016/0040-1625\(81\)90041-X](http://doi.org/10.1016/0040-1625(81)90041-X)
34. Kalish, S. (1985). A new product adoption model with price, advertising, and uncertainty. *Management Science*, Vol. 31, No. 12, 1569–1585. <http://doi.org/10.1287/mnsc.31.12.1569>
35. Robinson, B., Lakhani, C. (1975). Dynamic price models for new-product planning. *Management Science*, Vol. 21, No. 10, 1113–1122. <http://doi.org/10.1287/mnsc.21.10.1113>
36. Mahajan, V., Peterson, R. (1985). *Models for Innovation Diffusion*. Sage. <https://doi.org/10.4135/9781412985093>
37. Horsky, D., Simon, L. S. (1983). Advertising and the diffusion of new products. *Marketing Science*, Vol. 2, No. 1, 1–17. <http://doi.org/10.1287/mksc.2.1.1>
38. Kamakura, W. A., Balasubramanian, S. K. (1988). Long-term view of the diffusion of durables A study of the role of price and adoption influence processes via tests of nested models. *International Journal of Research in Marketing*, Vol. 5, 1–13. URL: <https://ssrn.com/abstract=2428868>
39. Jain, D. C., Rao, R. C. (1990). Effect of price on the demand for durables: Modeling, estimation, and findings. *Journal of Business and Economic Statistics*, Vol. 8, Issue 2, 163–170. <http://doi.org/10.1080/07350015.1990.10509787>

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

### Nelly Sergeevna Kolyan

Research Assistant, Laboratory for Economics of Climate Change and Environmental Development, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia (660041, Krasnoyarsk, Svobodny Avenue, 79); ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2960-2251> e-mail: [nelly.kolyan@gmail.com](mailto:nelly.kolyan@gmail.com)

### Alexander Evgenievich Plesovskikh

Research Assistant, Laboratory for Economics of Climate Change and Environmental Development, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia (660041, Krasnoyarsk, Svobodny Avenue, 79); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8507-9501> e-mail: [alexandermeme@gmail.com](mailto:alexandermeme@gmail.com)

### Roman Viktorovich Gordeev

Senior researcher, Laboratory for Economics of Climate Change and Environmental Development, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia (660041, Krasnoyarsk, Svobodny Avenue, 79); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2769-3914> e-mail: [rgordeev@sfu-kras.ru](mailto:rgordeev@sfu-kras.ru)

## ACKNOWLEDGMENTS

The study was funded by the State Assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Project No. FSRZ-2021-0011).

## FOR CITATION

Kolyan, N. S., Plesovskikh, A. E., Gordeev, R. V. (2023). Predictive Assessment of the Potential Electric Vehicle Market and the Effects of Reducing Greenhouse Gas Emissions in Russia. *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 22, No. 3, 497–521. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.021>

## ARTICLE INFO

Received December 26, 2022; Revised March 13, 2023; Accepted June 8, 2023.





## Оценка эффективности инвестиционных налоговых льгот в России

М. Р. Пинская , Ю. А. Стешенко  , К. Н. Цаган-Манджиева 

Научно-исследовательский финансовый институт,  
г. Москва, Россия

 [steshenko@nifi.ru](mailto:steshenko@nifi.ru)

**Аннотация.** Инвестиции являются одним из наиболее важных факторов, определяющих экономические колебания в краткосрочной перспективе и экономический рост в долгосрочной перспективе. По этой причине правительства многих стран уже давно занимаются разработкой политики, направленной на рост инвестиционной активности бизнеса, при этом инвестиционные налоговые льготы являются одним из основных используемых инструментов. В России в настоящее время действует большое количество налоговых льгот инвестиционной направленности, которое порождает особую необходимость в комплексной оценке их эффективности. Целью исследования является разработка и апробация методики оценки эффективности инвестиционных налоговых льгот, при помощи которой возможно определить, приносит ли положительный эффект льгота как для бенефициара, так и для государства. Гипотеза исследования заключается в том, что оценка эффективности инвестиционных налоговых льгот может проводиться на основании финансово-экономических данных о компании. В данном исследовании проведен поиск примеров оценки эффективности инвестиционных налоговых льгот в разрезе каждой компании-бенефициара льготы в трудах зарубежных ученых и на государственном уровне. Сделан вывод, что в большинстве стран, обладающих высоким уровнем оценки эффективности налоговых расходов, такие методики не применяются. В результате исследования была предложена и апробирована методика оценки эффективности инвестиционных налоговых льгот, которая предполагает анализ применения льгот действующими организациями. В методике сделан акцент на показатели финансово-экономического анализа, оценка осуществляется на основе индикаторов, определяемых на уровне бенефициара и характеризующих эффективность применения указанных льгот как для государства (бюджетная эффективность), так и для налогоплательщика (экономическая эффективность). Ценность исследования определяется предложениями по доработке уже запущенной в 2022 г. аналитической системы «Эффективность льгот», не имеющей аналогов в мире. Результаты работы представляют интерес для государственных органов и некоммерческих организаций с целью диагностики эффекта от применения льгот.

**Ключевые слова:** налоговые льготы; инвестиционные налоговые льготы; оценка эффективности налоговых льгот; налоговые расходы; преференциальный налоговый режим; налоговое стимулирование.

### 1. Введение

Создание условий для привлечения иностранных инвестиций, в том числе помощью налоговых стимулов для целей развития экономики страны и ее

отдельных отраслей, является важной задачей экономической и налоговой политики [1]. Россия предоставляет широкий спектр стимулов как для иностранных, так и для местных инвесторов [2].

За последнее десятилетие произошло расширение налоговых льгот, что привело к росту выпадающих доходов бюджетов бюджетной системы РФ. К примеру, объем ненефтегазовых налоговых расходов в 2021 г. достиг 2 864,0 млрд руб.<sup>1</sup> При этом, несмотря на значительный рост операционного денежного потока, значимых изменений в динамике инвестиций в добывающей отрасли не произошло. Об этом свидетельствуют данные Росстата, согласно которым, например, индекс физического объема инвестиций в основной капитал, направленных на реконструкцию и модернизацию, в 2021 г. снизился по сравнению с 2019 и 2020 гг. по такому виду деятельности, как добыча сырой нефти и природного газа. Аналогичная ситуация наблюдается и в других отраслях экономики.

В связи с этим проведение анализа и оценки эффективности действующих инвестиционных налоговых льгот, их мониторинг является актуальной задачей.

Введение инвестиционных налоговых льгот (ИНЛ), таких как налоговый вычет или ускоренная амортизация, стимулирует инвестиции на уровне предприятия по нескольким направлениям: 1) реализация проектов, увеличивающих объем производства, но которые без льгот не были бы признаны целесообразными; 2) минимизация затрат приведет к повышению капиталоемкости всех реализуемых проектов; 3) расширение производства продукции на новых мощностях [3].

В настоящее время вопросы анализа и оценки эффективности налоговых льгот инвестиционного характера обсуждаются на государственном уровне достаточно часто. Министерством финансов РФ в 2021 г. была поставлена

задача определения специальных условий и порядка оценки эффективности инвестиционных налоговых расходов, в том числе на основе сведений финансовой отчетности получателей льгот, а также анализа действующих инвестиционных налоговых расходов на основе оценки инвестиционной активности и создаваемой добавленной стоимости налогоплательщиком, применяющим льготы<sup>2</sup>.

В России нарабатан достаточный опыт анализа и оценки налоговых расходов, однако налоговые расходы, возникающие в результате использования именно инвестиционных налоговых льгот, ранее отдельно не оценивались.

В 2022 г. Минфином России была запущена в эксплуатацию аналитическая система «Эффективность льгот», которая позволяет:

- оценить влияние инвестиционных налоговых льгот (преференциальных налоговых режимов) на финансово-экономические показатели деятельности налогоплательщиков в сопоставлении со среднеотраслевыми индикаторами;

- оценить влияние инвестиционной налоговой льготы (преференциального налогового режима) на динамику инвестиций, занятости, расходов на оплату труда и НИОКР;

- проводить оценку как по каждому налогоплательщику, так и агрегировано в рамках инвестиционной налоговой льготы (преференциального налогового режима);

- сделать вывод об эффективности предоставленных инвестиционных налоговых льгот (преференциальных налоговых режимов) и потребности по их «донастройке»<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Основные направления бюджетной, налоговой и таможенно-тарифной политики на 2021 год и на плановый период 2022 и 2023 годов.

<sup>2</sup> Основные направления бюджетной, налоговой и таможенно-тарифной политики на 2022 год и на плановый период 2023 и 2024 годов.

<sup>3</sup> Основные направления бюджетной, налоговой и таможенно-тарифной политики на 2022 год и на плановый период 2023 и 2024 годов.

Подход к анализу эффективности льгот, заложенный в аналитическую систему, базируется на оценке влияния налоговых льгот на финансово-экономические показатели деятельности налогоплательщиков в сопоставлении с установленными уровнями и среднеотраслевыми индикаторами. В рамках данного подхода в периметр анализа включаются все налогоплательщики, применяющие ту или иную ИНЛ, за исключением тех, по которым отсутствуют налоговые декларации или бухгалтерская отчетность. Система позволяет проводить анализ по каждому налогоплательщику, однако в связи с установленными ограничениями по разглашению сведений, составляющих налоговую тайну, результаты анализа представлены агрегированно.

В «Основных направлениях...»<sup>1</sup> указано, что было проанализировано 35 инвестиционных налоговых льгот, из которых 12 преференциальных налоговых режимов (в том числе Особые экономические зоны, Территории опережающего социально-экономического развития, Свободный порт Владивосток и др.) и 23 отдельные инвестиционные налоговые льготы.

Целью исследования является разработка и апробация методики оценки эффективности инвестиционных налоговых льгот, при помощи которой возможно определить, приносит ли положительный эффект льгота как для бенефициара, так и для государства.

Гипотеза исследования заключается в том, что оценка эффективности инвестиционных налоговых льгот может проводиться на основании финансово-экономических данных о компании.

<sup>1</sup> Основные направления бюджетной, налоговой и таможенно-тарифной политики на 2022 год и на плановый период 2023 и 2024 годов.

## 2. Теоретические основы оценки эффективности налоговых льгот

Оптимизация налоговой политики является одним из способов стимулирования роста экономики, хоть и не самым главным [4]. В мире вопросы оценки эффективности налоговых льгот, в том числе инвестиционной направленности обсуждаются достаточно давно. Определение и публикация отчетности о величине налоговых расходов признается на международном уровне важной задачей на пути к достижению прозрачности проводимой налоговой политики.

В настоящий момент уже более ста государств публикуют данные о величине налоговых расходов и признают важность их оценки<sup>2</sup>. Существует также несколько стран с систематическими программами оценки эффективности налоговых расходов. К этим странам, в частности, относятся Ирландия, Португалия и Канада.

Рассмотрим подробно методики оценки налоговых расходов, используемые в этих странах.

### 2.1. Оценка эффективности налоговых льгот в Канаде

Министерство финансов Канады ежегодно публикует Отчет о федеральных налоговых расходах (далее – Отчет), который включает четыре части: описание концептуального подхода, оценку и подробный анализ целевых характеристик налоговых расходов, а также мониторинг эффективности выборочных налоговых расходов<sup>3</sup>. Описанный в Отчете подход к определению налоговых расходов соответствует международным рекомендациям, разработанным ОЭСР,

<sup>2</sup> Данные о суммах налоговых расходов 102 государств представлены: <https://gted.net>

<sup>3</sup> Report on Federal Tax Expenditures – Concepts, Estimates and Evaluations 2021. URL: <https://www.canada.ca/en/department-finance/services/publications/federal-tax-expenditures/2021/part-8.html>

и позволяет представить информацию о широком спектре налоговых стимулов.

Величина налоговых расходов рассчитывается путем оценки доходов, недополученных в результате использования налогового стимула при условии неизменности других факторов. В Отчете представлено краткое описание ключевых конструктивных особенностей налоговых расходов, в том числе бенефициары, цель внедрения, категория, метод оценки, стоимость и др. Оценка эффективности налоговых расходов в Канаде проводится с учетом особенностей предоставляемых льгот отдельно по каждому налоговому расходу, ежегодно анализ проводится всего по нескольким налоговым стимулам.

Рассмотрим методику оценки эффективности налоговых льгот, направленных на стимулирование НИОКР, опубликованную в Отчете в 2021 г.<sup>1</sup>

В Канаде на налоговые стимулы приходится около 80% государственной поддержки в области НИОКР<sup>2</sup>. Стимулирование на федеральном уровне осуществляется через Программу научных исследований и экспериментальных разработок (SR&ED), которая обеспечивает финансовую поддержку в виде уменьшения налоговой базы по корпоративному налогу на величину осуществленных расходов на НИОКР (перечень расходов определен Законом Канады о налоге на доходы) и сокращения величины налога на величину инвестиционного налогового кредита, предоставленного в соответствии со ст. 127 (1) Закона Канады о налоге на доходы.

По данным Министерства финансов Канады, темп роста количества

предприятий, использующих налоговые льготы в рамках Программы научных исследований и экспериментальных разработок (SR&ED), в 2016 г. по сравнению с 2000 г. составил 179%, прирост за 16 лет – 9439 ед. в абсолютном выражении. Величина осуществленных расходов на НИОКР увеличилась на 44% для малых предприятий и на 29% – для крупных. Почти 70% всех расходов в рамках Программы приходилось на предприятия обрабатывающего сектора (40%) и сектор профессиональных, научных и технических услуг (30%).

Для анализа эффективности налоговых расходов Департаментом финансов Канады была проведена оценка степени влияния уровня налоговых стимулов, предоставляемых в рамках Программы научных исследований и экспериментальных разработок (SR&ED), на величину расходов на НИОКР малых и крупных фирм. Исходные данные для анализа были сформированы на основании налоговых деклараций по корпоративному налогу за 2000–2016 гг. Исследование фокусировалось на двух компонентах расходов: расходы на заработную плату и материалы, а также на данных об изменении стоимости капитала для налогоплательщиков, вызванном изменением федеральных и провинциальных ставок налоговых стимулов и ставок корпоративного налога.

На основании массива исходных данных вышеуказанных индикаторов проводился корреляционно-регрессионный анализ, в результате было составлено уравнение, где в качестве зависимой переменной выступили налоговые расходы на НИОКР, связанные с заработной платой и материалами в разрезе отраслей и провинции, а в качестве независимых такие индикаторы, как себестоимость НИОКР для промышленной группы, реальный ВВП, численность населения трудоспособного возраста и др.

В результате сделаны следующие выводы: 1) оценка эластичности затрат

<sup>1</sup> Income Tax Act. URL: <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/acts/I-3.3/section-127.html>

<sup>2</sup> How Responsive Are R&D Expenditures to Tax Incentives/Report on Federal Tax Expenditures – Concepts, Estimates and Evaluations 2021. URL: <https://www.canada.ca/en/department-finance/services/publications/federal-tax-expenditures/2021/part-8.html>

на НИОКР для малых предприятий составила –1,3, таким образом снижение стоимости затрат на проведение НИОКР на 10% увеличивает частные расходы на НИОКР на 13%; 2) крупные предприятия увеличат расходы на НИОКР более чем на 10% в результате 10% снижения их стоимости; 3) величина расходов на НИОКР зависит от стоимости научных исследований после налогообложения; 4) величина налоговых расходов оказывает большее влияние на производственные предприятия по сравнению с непромышленными.

В итоге сделан вывод, что налоговые стимулы в рамках Программы научных исследований и экспериментальных разработок (SR&ED) эффективно стимулируют дополнительный рост расходов на НИОКР, особенно среди малых фирм и в производственном секторе.

## 2.2. Оценка эффективности налоговых льгот в Ирландии

В 2014 г. в Ирландии были опубликованы Руководящие принципы для оценки налоговых расходов (далее – Руководящие принципы), которые должны использоваться при рассмотрении вопроса о введении новых налоговых стимулов и о пересмотре существующих<sup>1</sup>. В Руководящих принципах не выделяются отдельно ИНЛ, данный тип налоговых стимулов оценивается по общим рекомендациям. Отмечается, что существуют два вида оценок: предварительная (*ex ante evaluations*) и оценка постфактум (*ex post evaluations*). В Ирландии при оценке налоговых расходов приме-

няется пропорциональный метод, суть которого заключается в том, что масштаб оценки и глубина анализа увеличиваются в соответствии с величиной налогового расхода.

Оценка налоговых расходов в Ирландии опирается на два руководящих принципа, основанных на теории оптимального налогообложения и практике экономической оценки: принципа нейтральности и принципа «провала рынка». При оценке также учитываются три важные концепции: «дедвейта» (*deadweight loss*), смещения «displacement» и альтернативных издержек.

При использовании концепции «дедвейта» происходит попытка зафиксировать объемы деятельности, которые в любом случае имели бы место в случае отсутствия налогового стимула. Если те или иные действия произошли бы и в случае отсутствия стимулирования, то общие выгоды от применения налоговых стимулов должны быть скорректированы. Это гарантирует рассмотрение только тех выгод, которые являются для экономики дополнительными. Чем выше уровень «дедвейта», тем меньше выгоды от налогового стимула. Для оценки параметров «дедвейта» используют ряд методов, в частности эконометрические методы, опросы, исследования с участием контрольных групп.

При применении концепции смещения «displacement» учитывается тот факт, что в связи с действием налоговых стимулов может происходить сокращение экономической активности некоторых субъектов, которые не являются бенефициарами льгот. В данном случае чистые выгоды от использования налогового стимула должны быть скорректированы в сторону уменьшения.

При оценке налоговых расходов необходимо учитывать также концепцию «альтернативных издержек», которая заключается в учете альтернативных издержек рабочей силы и государственных

<sup>1</sup> 4343. Report on tax expenditures Incorporating Department of Finance Guidelines for Tax Expenditure Evaluation. URL: <https://www.google.com/url?sa=t&ret=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjSrojQ1Pr3AhXqwosKHwveAh0QF-noECAgQAQ&url=https%3A%2F%2Fassets.gov.ie%2F181244%2Fb0751f6a-d9b0-4bf4-bdcb-68214c7d62a7.pdf&usq=AOvVaw0m5p-Ohq6YjAFtXe3qe-ZA>

расходов. В результате налоговых стимулов определенные категории налогоплательщиков получают преимущества перед другими субъектами, налоговая нагрузка на которых выше. Чтобы учесть альтернативную стоимость государственных средств, фактическая величина налоговых расходов корректируется на параметр теневой цены. Порядок расчета теневой цены определен в Руководстве по экономической оценке Кодекса государственных расходов Ирландии.

Согласно установленной в стране шкале (табл. 1), чем выше размер налогового расхода, тем более

подробный анализ должен быть проведен. Периодичность проведения мониторинга составляет 5 лет, однако в случае пересмотра целей государственной политики возможно представление промежуточных обзоров.

Для оценки последствий применения налоговых стимулов определяют, повлияло ли положительно их внедрение на поведение налогоплательщиков, на улучшение результатов их деятельности или на повышение экономической активности по сравнению с ситуацией, когда налоговый стимул не был бы использован.

Таблица 1. Шкала оценки налоговых льгот исходя из размера недополученных налоговых доходов в Ирландии

Table 1. Scale for assessing tax incentives based on the amount of tax revenue foregone in Ireland

Величина налогового расхода	Уровень	Суть предварительной оценки	Суть оценки постфактум	Пересмотр налоговой льготы
От 1 до 10 млн евро	1	Предварительная оценка на основе ответов на вопросы и определение критериев для последующей оценки	Использование критериев	Пересмотр после 5 лет использования
От 10 до 50 млн евро	2	Подробная оценка (анализ на основе сценариев или аналогичного метода, изложение предлагаемых методов и требований к данным для полного последующего анализа «затраты – выгоды»)	Полная постфактум-оценка выгод и затрат	Инициирование пересмотра параметров налоговой льготы после 5 лет. Промежуточный обзор по истечении трех лет в случае, если годовые налоговые расходы превышают 25 млн евро
Более чем 50 млн евро	3	Полный анализ «затраты – выгоды», анализ требований и методов для полной постфактум-оценки	Полная постфактум-оценка «затраты – выгоды»	Промежуточный обзор по истечении 3 лет

*Примечания:* Анализ затрат и выгод – это экономический подход, который направлен на объединение всех затрат и выгод от внедрения налогового стимула после корректировки «дедвейта», «перемещения» и «альтернативных издержек». При расчете используют официальные рекомендации по анализу затрат и выгод, разработанные Департаментом государственных расходов и реформ Ирландии.

В рамках оценки могут быть использованы следующие методы: выборочные исследования, опросы, исследования контрольных групп. Оценка также может быть проведена на основании анализа охвата налогоплательщиков, если налоговый стимул не востребован, очевидно, что в этом случае результаты его внедрения будут минимальными. В рамках данного вопроса также происходит анализ масштабов налоговых расходов. В качестве рекомендованных показателей для оценки эффективности предлагается рассчитывать, например, величину налоговых расходов в расчете на одно созданное рабочее место (если целью введения налогового стимула являлась поддержка занятости).

В случае, когда сумма недополученных налоговых доходов является существенной, в ходе анализа эффективности проводится полный анализ затрат и выгод. Рекомендуется также рассмотреть и проанализировать альтернативы использования налогового стимула с точки зрения прямых расходов и регулирования, за счет которых цель государственной политики могла бы быть достигнута, но более эффективным образом.

### 2.3. Оценка эффективности налоговых льгот в Португалии

В 2019 г. в Португалии было опубликовано положение «Налоговые льготы в Португалии: концепции, методология и практика» (далее – Положение), разработанное для проведения углубленного изучения системы налоговых льгот<sup>1</sup>.

Согласно Положению, оценка налоговых расходов, проводимая в стране, основана на следующих принципах: прозрачность введения новых

налоговых льгот, мониторинг эффективности их применения и необходимость оценки в соответствии с принципом пропорциональности. В Положении отмечается, что создание универсальной оценки эффективности для всех видов налоговых стимулов невозможно ввиду особенностей каждой предоставляемой льготы. Предлагаемая методика включает предварительную оценку (*ex-ante*), мониторинг (*ongoing*) и оценку действующих стимулов (*ex-post*) с учетом передового международного опыта, существующих теоретических моделей и экспертного мнения.

При разработке новых налоговых стимулов должны соблюдаться правила, позволяющие, с одной стороны, обеспечивать прозрачность, с другой – гарантировать, что данный стимул можно в будущем оценивать, и осуществлять контроль эффективности.

С момента внедрения налоговых льгот ответственные органы должны проводить их систематические проверки. Основные вопросы, которые рассматриваются на этапах мониторинга и оценки постфактум, аналогичны вопросам в Ирландии. Глубина оценки налоговых расходов осуществляется пропорционально стоимости льготы для государственного бюджета и определяется на основании следующей шкалы: первый уровень включает налоговые расходы величиной до 15, второй уровень – от 15 до 50 и третий уровень – свыше 50 млн евро.

В случае предварительной оценки ключевыми показателями эффективности для всех уровней налоговых расходов являются количество потенциальных бенефициаров стимула и величина налоговых расходов.

Поскольку полнота оценки налогового расхода до и после его внедрения определяется уровнем, к которому он относится, между налоговыми расходами различного уровня должна присутствовать разница в сложности и количестве индикаторов оценки эффективности.

<sup>1</sup> Os Benefícios Fiscais em Portugal Conceitos, metodologia e prática Maio 2019. URL: <https://www.portugal.gov.pt/download-ficheiros/ficheiro.aspx?v=%3D%3DBAAAAAB%2BL-CAAAAAAABACzMDOWAgCG5%2BMmBA-AAAA%3D%3D>

Для налоговых расходов 1-го уровня достаточно рассматривать только базовые индикаторы: количество бенефициаров и величину налоговых расходов, а дополнительные индикаторы должны определяться с учетом принципа пропорциональности. С точки зрения предварительной оценки налоговый стимул может быть внедрен, только если на поставленные вопросы получены удовлетворительные ответы. После реализации налогового стимула необходимо на основе оценки сделать вывод, была ли достигнута его максимальная эффективность и сохранился ли экономический, социальный или политический эффект от внедрения льготы.

Для налоговых расходов 2-го и 3-го уровней проводится сложный и глубокий анализ с использованием объективных методов оценки, включающих применение теоретических, эконометрических и других моделей и/или детальный анализ затрат и выгод. Одновременная постфактум-оценка всех налоговых расходов требует огромного количества ресурсов, поэтому следует проводить анализ исходя из принципа пропорциональности.

Оценка эффективности налоговых расходов требует большого массива информации, в связи с этим на этапе предварительной оценки рекомендуется проводить планирование с целью сбора необходимой информации для текущего мониторинга и постфактум-оценки. На каждом из этапов для обеспечения прозрачности определяется ответственное лицо, вся анализируемая информация должна быть открытой и доступной.

Рассмотрим оценку эффективности ИНЛ в Португалии. В Положении представлены листы мониторинга по следующим налоговым стимулам:

1) налоговый режим поддержки инвестиций (*Regime Fiscal de Apoio ao Investimento – RFAI*);

2) система налоговых стимулов для НИОКР (*Sistema de Incentivos Fiscais à Investigação e Desenvolvimento Empresarial – SIFIDE*);

3) схема вычета нераспределенной и реинвестированной прибыли (*Dedução por Lucros Retidos e Reinvestidos – DLRR*).

Налоговый режим поддержки инвестиций и вычет нераспределенной и реинвестированной прибыли относятся к 3-му уровню налоговых расходов. Оценка эффективности проводится на основе базовых и дополнительных индикаторов оценки. Дополнительные индикаторы представлены широким перечнем показателей, среди которых динамика охваченных инвестиционных активов (основных средств, приобретенных за период применения льготы, и нематериальных активов); динамика региональной валовой добавленной стоимости по секторам экономики; расчет отношения налоговых расходов к сумме осуществленных инвестиций.

В Положении отмечено, что крайне важным аспектом является то, что оценка эффективности налогового стимулирования инвестиций должна проводиться комплексно, так как рассмотрение каждого налогового расхода изолированно не позволит в полной мере оценить достижение целей повышения инвестиционной активности. Также важно определить охват налоговыми льготами налогоплательщиков, это необходимо для оценки концентрации налоговых расходов.

#### **2.4. Оценка эффективности налоговых льгот Всемирным банком**

В некоторых странах оценка эффективности налоговых льгот проводится Всемирным банком. В качестве примера рассмотрим оценку эффективности налоговых льгот, направленных на стимулирование инвестиций в научные исследования и разработки, в Южной Африке<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Research and Development Tax Incentive (Южная Африка). URL: [http://www.treasury.gov.za/comm\\_media/press/2021/TaxPolicy-](http://www.treasury.gov.za/comm_media/press/2021/TaxPolicy-)



Проведенный анализ должен был ответить на вопрос, являлись ли указанные налоговые льготы эффективными с 2006 по 2021 г. и следует ли продлевать их действие с 2022 г. Для обеспечения объективности оценка проводилась Всемирным банком и завершилась в 2019 г. Следует отметить, что вышеуказанные налоговые льготы предоставлялись налогоплательщикам только после рассмотрения соответствующих заявок государственными органами и применение стимула обязывало бенефициара предоставлять дополнительную информацию о деятельности. Согласно Отчету о государственном бюджете 2021 г., в Южной Африке в общем объеме налоговых расходов налоговые расходы в связи с предоставлением налоговых льгот на НИОКР составляли менее 0,1 %.

Оценка эффективности включала следующие направления:

1) сбор данных о компаниях, получивших право применять налоговую льготу на НИОКР и о компаниях, чья заявка не была поддержана;

2) оценка дополнительного прироста инвестиций компании в НИОКР, возникшего в результате использования льготы;

3) оценка экономического воздействия стимула компаниями, то есть определение влияния льготы на прирост инноваций, повышение занятости и производительности, а также финансовых результатов деятельности компании;

4) выработка рекомендаций по улучшению мониторинга информации, проводимого Службой доходов Южной Африки и Департаментом науки и инноваций.

Всемирный банк сравнивал компании, использующие налоговую льготу и компании, которые не получили право использовать стимул со схожими

характеристиками, то есть использовался метод аналогии. В выборку попали 18 компаний, которые льготы использовали, и 14 компаний, не использующих льготу, осуществляющие деятельность в секторе производства и бизнес-услуг. Несмотря на то, что выборка была достаточно мала, были сделаны следующие выводы: для вышеуказанных 18 компаний применение налоговой льготы позволило удвоить величину расходов на НИОКР, то есть в дополнение к тому, что в среднем без стимула компании бы увеличили расходы на 1,7 млн южноафриканских рэндов.

Оценка также показала, что стимул, возможно, увеличил размер вознаграждения работников, осуществляющих деятельности в сфере НИОКР, что не является целевым результатом. Это может указывать на то, что компании-бенефициары привлекают более высокооплачиваемых и высококвалифицированных работников. Компании-бенефициары также с низкой вероятностью рассматривали государственное, трудовое и иное регулирование как препятствие для получения налоговой льготы на НИОКР, возможно учитывая существенную финансовую выгоду от стимула. Статистически значимого влияния использования налоговых стимулов на другие показатели деятельности, а именно инновации, занятость, экономический рост выявлено не было.

Также оценка показала, что многие бенефициары не соблюдали обязательства по предоставлению отчетов о результатах деятельности в связи с применением льготы. Из группы компаний, которые представили отчеты о проделанной работе, большинство (95 %) полагают, что стимул повысил их конкурентоспособность и долю рынка.

В результате анализа были выработаны рекомендации, направленные на совершенствование системы мониторинга деятельности бенефициаров льгот, то есть создание системы,

[Discussion/2021121501%20Discussion%20Document%20-%20Research%20and%20Development%20Tax%20Incentive.pdf](#)

которая была бы запрограммирована на оценку последствий стимулирования через регулярные промежутки времени. Также предлагается внедрение механизма обмена анонимными данными бенефициаров со Службой доходов Южной Африки, что позволило бы лучше оценить воздействие льготы.

### **2.5. Оценка эффективности налоговых льгот инвестиционной направленности в трудах ученых**

Интерес представляют труды ученых, которые направлены на оценку эффективности инвестиционных налоговых льгот в различных странах. Последствия влияния реформ корпоративного налогообложения на уровень капитальных вложений компаний были одной из наиболее важных тем исследований в области макроэкономики и корпоративных финансов в трудах Stiglitz [5], Chirinko [6], Jorgenson [7].

В ранних исследованиях, основанных на макроэкономических данных, были сделаны выводы о наличии слабой связи между налоговыми льготами и инвестициями Chirinko & Eisner [8], Eisner [9, 10], Eisner & Nadiri [11].

Более поздние труды были основаны на эмпирических исследованиях микроданных на уровне фирм Cummins et al. [12, 13], House & Shapiro [14], Yagan [15], Liu & Mao [16].

Заслуживает внимания работа Zhang et al. [17]. Информационной базой этого исследования являлись данные о всех государственных и частных предприятиях Китая с годовым объемом выручки более 5 млн юаней или 600 тыс. долл. США с 2000 по 2007 г., которые осуществляли деятельность в горнодобывающем, электроэнергетическом, коммунальном секторах и в обрабатывающей промышленности. В 2007 г. на вышеуказанные организации приходилось 47,4% добавленной стоимости промышленного производства Китая,

а занятость составляет 26,8% от общей занятости в городах. В рамках исследования проводился анализ многих финансовых переменных из баланса, отчета о прибылях и убытках и отчета о движении денежных средств. Авторы провели сравнительный анализ инвестиционной активности компаний в затронутых налоговыми льготами отраслях с предприятиями других отраслей. Анализ показал, что инвестиционное налоговое стимулирование оказывает большее влияние на компании, которые менее ограничены в финансовом отношении, такие как более мелкие фирмы и фирмы с большим денежным потоком. Сделанный вывод о том, что китайские частные компании в значительной степени реагируют на налоговые льготы, частично обусловлен их большим денежным потоком. Это также говорит о том, что полученные результаты имеют более широкие последствия для разработки политики в странах, находящихся на аналогичных стадиях развития.

Доказательства влияния изменений в налоговой политике на инвестиционную активность организаций нашли отражение в ряде исследований: Auerbach & Hassett [18], Cummins et al. [19], Desai & Goolsbee [20], Cohen & Cummins [21], House & Shapiro [14], Edgerton [22], Zwick & Mahon [23].

Cummins et al. [19] показали, что после каждой крупной налоговой реформы в США, начиная с 1962 г., существенно менялась структура инвестиций. Инвестиционные расходы компаний, которые столкнулись с изменением налоговых льгот, реагировали сильнее других компаний на реформы. Сделанные авторами выводы показали, что долгосрочные изменения в налогообложении компаний могут иметь значительное влияние на уровень инвестиций в основной капитал.

Desai & Goolsbee [20] сделали вывод, что налоговая политика, проводимая в США с 1990 по 2003 г., способствовала

увеличению инвестиций в основной капитал на 1–2%. Авторами были проанализированы два периода: инвестиционный бум 1990-х гг. и снижение инвестиционной активности компаний в 2000-х гг.

Cohen & Cummins [21] проанализировали влияние механизма ускоренной амортизации, внедренной в 2002–2003 гг. в США. Авторами изучены финансовые показатели деятельности 677 тыс. компаний в 2002 г. и 646 тыс. компаний в 2003 г. В результате сделаны выводы, что внедренная конструкция ускоренной амортизации повысила стимулы компаний к инвестированию, причем в большей степени в оборудование с длительным сроком использования.

Edgerton [22] исследовал влияние механизма ускоренной амортизации на уровень инвестиций в США. Автором сделан вывод, что налоговый стимул в виде ускоренной амортизации оказывает наименьшее влияние на уровень инвестиций во время спада экономической активности, когда денежные потоки компаний снижаются.

House & Shapiro [14] утверждают, что компании для максимизации выгод от временных инвестиционных налоговых льгот осуществляют инвестиции в более долгосрочные активы.

Zwick & Mahon [23] оценили влияние временных налоговых льгот на инвестиции в основные средства. В результате анализа более чем 120 тыс. компаний сделаны следующие выводы. Во-первых, налоговый стимул в виде «амортизационной премии» позволил увеличить собственный капитал компаний на 10,4% за 2001–2004 гг., во-вторых, налоговый стимул оказывал большее влияние на малые предприятия.

Du et al. [24] исследовали влияние инвестиционных налоговых льгот в Китае. Они проанализированы данные китайских компаний, акции которых котировались на бирже с 2010 по 2017 г. и использующих политику ускоренной

амортизации основных средств (в 2014 г. или в 2015 г.). В работе подчеркивается, что фискальная политика, включающая налоговые льготы, может побудить компании инвестировать, она также может неожиданно привести к проблеме погашения задолженности и таким образом увеличить потенциальные будущие риски для компаний. Также отмечено, что при стимулировании экономической деятельности компаний сама по себе налоговая политика может быть недостаточной, поэтому необходима координация денежно-кредитной политики, которая реализуется при помощи предоставления банками долгосрочных кредитов компаниям.

Eichfelder & Schneider [25, 26] обосновали, что инвестиционные налоговые льготы в виде ускоренной амортизации оказывают значительное влияние на уровень капиталовложений, поддерживая их роль в качестве антициклического инструмента фискальной политики.

Пономарева [27] анализировала правовое регулирование инвестиционных налоговых льгот в Китае. Вопросы предоставления налоговых льгот инвестиционной направленности в разных странах отражены в статье [28]. Теоретические основы инвестиционных налоговых льгот представлены в работе Панскова [29]. В статьях Булатовой [30] и Сердюковой [31] рассмотрена эффективность региональных инвестиционных налоговых льгот. Вопросы совершенствования действующего налогового законодательства в части теоретико-правового закрепления и регламентации института налогового льготирования исследованы в работе Федосимова [32].

Инвестиционные налоговые льготы, используемые в особых экономических зонах, и вопросы оценки их эффективности изучались Микулиным [33], Какаулиной и Горловым [34], Ильиной [35]. Вопросы оценки эффективности налоговых льгот в зарубежных странах представлены

в работах Шаталова [28, 36]. Специфика инвестиционных налоговых вычетов исследовалась Belomyttseva & Grinkevish [37]. Оценка влияния налогообложения прибыли на инвестиции проводилась Belev et al. [38]. Анализ методов оценки эффективности налогового стимулирования особых экономических зон проведен Sinenko [39]. Методологию оценки налоговых расходов и эффективности налоговых льгот предложил Майбуров [40].

Ученые, как правило, предпринимают попытки оценить эффективность инвестиционных налоговых льгот, однако данная оценка направлена прежде всего на анализ всех компаний, использующих льготы в целом, а не в разрезе каждого бенефициара льготы. Оценка эффективности налоговых льгот инвестиционной направленности на уровне бенефициара льготы до сих пор не проводилась.

### 3. Методология исследования

#### 3.1. Сценарии использования льгот налогоплательщиком

При оценке эффективности ИНЛ необходимо выделять три сценария.

1) Сценарий 1 «базовый». Налогоплательщик не использует ИНЛ, на его поведение она не влияет. Как правило, налогоплательщик не реализует инвестиционный проект, существенно не увеличивает объем инвестиций, а значит, объем инвестиций и величина налогов находятся на уровне базовой величины.

2) Сценарий 2 «без ИНЛ». Налогоплательщик не применяет ИНЛ, но увеличивает уровень инвестиций так же, как тот, у кого есть ИНЛ.

3) Сценарий 3 «с ИНЛ». Налогоплательщик использует ИНЛ и наращивает объем инвестиций.

При анализе объема налоговых расходов за основу берется сравнение сценариев 2 и 3 (табл. 2) и фиксируются налоговая база и прочие финансовые показатели. Таким образом не учитывается, что без льготы поведение налогоплательщика могло бы быть иным. Более корректно сравнивать сценарии 1 и 3, однако постфактум сложно просчитать показатели по сценарию 1. Также важно отметить, что сценарий 2, когда налогоплательщик не применяет льготу, но увеличивает уровень инвестиций, как и налогоплательщик, который льготу использует, в реальных

Таблица 2. Описание сценариев

Table 2. Description of scenarios

Сценарий	Сценарий 1 «базовый»	Сценарий 2 «без ИНЛ»	Сценарий 3 «с ИНЛ»
Объем инвестиций	$I_0$	$I_0 + \Delta I_1$	$T_0 + \Delta T_{p2}$
Величина налогов	$T_0$	$T_0 + \Delta T_1$	$T_0 + \Delta T_{p2}$
Величина ИНЛ	0	0	$B_2$
Сумма налога к уплате в бюджет за вычетом ИНЛ	$T_0$	$T_0 + \Delta T_1$	$(T_0 + \Delta T_{p2}) - B_2$

*Примечания:*  $\Delta I_1$  – сумма прироста инвестиций в связи с решением налогоплательщика осуществить инвестиционную деятельность без учета предоставляемых льгот;  $\Delta T_1$  – сумма прироста налоговых платежей в связи с расширением деятельности (равен  $\Delta I_1$ );  $\Delta T_{p2}$  – сумма прироста инвестиций в связи с решением налогоплательщика осуществить инвестиционную деятельность с учетом использования ИНЛ;  $\Delta T_{p2}$  – сумма прироста налоговых платежей в связи с расширением деятельности налогоплательщика, который использует ИНЛ;  $B_2$  – сумма ИНЛ.

*Источник:* составлено авторами.

Таблица 3. Направления анализа ИНЛ для оценки их эффективности (шаблон)

Table 3. Directions for the analysis of investment tax incentives to assess their effectiveness (pattern)

Налог, льгота	Бенефициар 1	Бенефициар 2	Бенефициар М
Налог 1			
Льгота 1			
Льгота 2			
Налог 2			
Льгота 1			
Налог N			
Льгота К			
Итого	Σ ИНЛ по всем налогам бенефициара 1	Σ ИНЛ по всем налогам бенефициара 2	Σ ИНЛ по всем налогам бенефициара 3

*Источник:* составлено авторами.

экономических условиях сложно реализовать, но именно на основании предположения, что такой сценарий имел место быть, сформулированы оценки эффективности.

Налогоплательщик может пользоваться несколькими льготами одновременно. Следовательно, при оценке эффективности льготы в разрезе отдельного налога возможно дублирование: одни и те же дополнительные платежи по другим налогам одновременно учитываются при оценке эффективности льгот по разным налогам, что завышает показатели эффективности (табл. 3).

Кроме того, льгота может быть эффективной для отрасли в целом, но не для всех налогоплательщиков: для одних льгота оказывается решающим фактором при принятии решения об инвестировании, для других – мерой государственной поддержки для минимизации налогов без изменения базового уровня инвестиций.

### 3.2. Идентификация базового уровня инвестиций

Для измерения величины дополнительных налоговых платежей

необходимо зафиксировать *базовый уровень* инвестиций, налоговых платежей, иных показателей в отсутствие льготы, в том числе учесть, вероятен ли отказ налогоплательщика от реализации инвестиционного проекта. Для того чтобы зафиксировать базовый уровень налоговых платежей, недостаточно взять фактические финансовые показатели налогоплательщиков и вычислить суммы налогов без применения льгот. Ретроспективный анализ должен учитывать и субъективную оценку предпринимательских рисков до принятия решения о реализации проекта (например, до геологоразведочных работ налогоплательщик не знает, будет ли месторождение прибыльным, или до выхода на рынок не знает будущую рыночную конъюнктуру). Для определения базового уровня допустимо использовать эконометрические методы, экспертные оценки, опросы налогоплательщиков.

Важно отметить, что оценка эффективности ИНЛ в разрезе отдельно взятого налога имеет ограничения, поскольку налогоплательщик может применять налоговые льготы сразу по нескольким

налогам и сумма ИНЛ по одному налогу может оказывать влияние на величину другого исчисленного налога. Например, сумма НДС уменьшает налоговую базу (увеличивает расходы, учитываемые при налогообложении) для целей исчисления налога на прибыль. Следовательно, сумма ИНЛ по НДС будет влиять на формирование налоговой базы по налогу на прибыль. В связи с этим для нивелирования таких искажающих эффектов целесообразно предварительно оценить существенность ИНЛ для налогоплательщика. Здесь и далее имеется в виду юридическое лицо.

### **3.3. Методика оценки эффективности инвестиционных налоговых льгот**

Предлагаемая методика оценки эффективности ИНЛ предполагает анализ применения ИНЛ действующими организациями, которые на протяжении нескольких лет использовали ИНЛ. В методике также сделан акцент на показатели финансово-экономического анализа деятельности всей компании. В случае, когда речь идет об оценке эффективности ИНЛ в рамках комплексной льготы по налогу на дополнительный доход (НДД), важно учитывать, что этот налог рассчитывается по отношению к каждому разрабатываемому участку недр, то есть финансовые, налоговые и инвестиционные характеристики относятся к конкретному участку недр, налоговые льготы распространяются только на добытую на данном месторождении нефть, а налоговая декларация по НДД отражает сведения только по данному месторождению.

Для того чтобы выводы, полученные в результате применения методики, были информативны, следует рассмотреть возможность ее использования после 3–4 лет, прошедших с начала промышленной разработки нового участка недр, в качестве критерия также возможно рассмотреть

использование значения коэффициента, характеризующего период времени, прошедший с даты начала промышленной добычи нефти на участке недр.

Важным моментом при проведении оценки эффективности ИНЛ является вменение бенефициару льготы обязанности предоставлять расширенную информацию об осуществляемой деятельности в рамках инвестиционного проекта, на реализацию которого использована ИНЛ.

Полагаем, что следует предусмотреть внесение изменений в налоговое законодательство в части расширения периметра предоставляемой информации в налоговый орган для всех налогоплательщиков, являющихся бенефициарами ИНЛ. В частности, к такой информации могут быть отнесены данные о свободном денежном потоке на компанию, свободном денежном потоке на капитал, документы, подтверждающие фактическую оплату сумм расходов на приобретение, сооружение, изготовление, доставку объектов основных средств и доведение указанных объектов до состояния, в котором они пригодны для использования, приобретение имущественных прав на такие объекты основных средств, суммы налоговых льгот, полученных налогоплательщиком в разрезе каждого налога.

Если оценка эффективности ИНЛ проводится после того, как принято решение о применении льготы (т.е. *постфактум*), трудно выделить *базовый уровень* инвестиций и налоговых платежей, который бы имел место в отсутствие льготы.

С учетом этого ограничения в случае отсутствия исходных данных о базовом уровне инвестиций, налогов для оценки эффективности ИНЛ предлагается использовать показатели на уровне бенефициара по всем применяемым ИНЛ, характеризующие:

1) эффективность их применения бенефициарами с точки зрения государства (бюджетная эффективность);

2) эффективность для налогоплательщика (экономическая эффективность).

В качестве индикатора существенности могут выступить два показателя: во-первых, удельный вес ИНЛ в сумме исчисленных налогов; во-вторых, удельный вес ИНЛ в объеме выручки/чистой прибыли.

Если величина ИНЛ не превышает 5% [гибкое значение] от исчисленного налога и 5% [гибкое значение] чистой прибыли/выручки компании (одновременно), оценку эффективности проводить нецелесообразно.

### 3.4. Оценка бюджетной эффективности

Показатель призван выявить, действительно ли налогоплательщик реинвестирует денежные средства, высвобождающиеся благодаря льготе. Он определяется как отношение сумм капитальных вложений к объему налоговых доходов, не поступивших в бюджеты бюджетной системы Российской Федерации в связи с предоставлением ИНЛ.

$$\text{Коэффициент эффективности ИНЛ} = \frac{\sum CAPEX_{(\text{без НДС})}}{\sum TI_{\text{ИНЛ}}} \geq X_{\text{медиана}}, \quad (1)$$

где  $\sum CAPEX_{(\text{без НДС})}$  – величина капитальных вложений, осуществленных налогоплательщиком за период. Период определяется на основании периода использования ИНЛ или исходя из специфики деятельности налогоплательщика и может быть равен 3 или 5 годам;  $\sum TI_{\text{ИНЛ}}$  – сумма налоговых поступлений, которые не были перечислены в бюджеты бюджетной системы Российской Федерации в связи с использованием ИНЛ за период ее применения. Период также определяется на основании периода использования ИНЛ или исходя из специфики деятельности налогоплательщика и может быть равен 3 или 5 годам;  $X_{\text{медиана}}$  – медианное значение

коэффициента эффективности ИНЛ, рассчитанное по всем компаниям – бенефициарам ИНЛ с учетом размера компании и вида экономической деятельности. В качестве ее порогового значения могут быть использованы средние или медианные значения.

Суммы капитальных вложений, осуществляемых налогоплательщиком, напрямую не отражаются в формах бухгалтерской отчетности и в налоговых декларациях. Однако налоговое законодательство предусматривает ситуации, когда налогоплательщик обязан предоставить дополнительную информацию о величине инвестиций.

К примеру, согласно пп. 4 п. 1 ст. 25.11 НК РФ участники региональных инвестиционных проектов (далее – РИП) предоставляют в уполномоченный орган государственной власти такие данные, как ежегодный объем капитальных вложений, общий объем финансирования, объем затрат на создание (приобретение) амортизируемого имущества при реализации инвестиционного проекта и другие данные, которые вносятся в инвестиционную декларацию. Согласно п. 1 ст. 25.10 НК РФ, форма инвестиционной декларации устанавливается федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным по контролю и надзору в области налогов и сборов. При этом величина предоставляемых налоговых льгот ограничена объемом осуществленных капитальных вложений налогоплательщиком – участником РИП. Так, ст. 25.8 НК РФ «Общие положения о региональных инвестиционных проектах» установлен минимальный объем капитальных вложений, на сумму которых налогоплательщик – участник РИП может снизить величину уплачиваемых налогов (НДПИ и налога на прибыль организаций).

С учетом вышеизложенного следует вменить всем категориям налогоплательщиков, использующих ИНЛ, предоставлять в уполномоченные органы

данные о величине осуществленных капитальных вложений, что позволит проводить оценку эффективности применения ИНЛ.

### 3.5. Оценка экономической эффективности

Поскольку оценка ИНЛ производится в условиях, когда льготы уже введены, условия для оценки ИНЛ в рамках сценария 1 не выполняются. В связи с этим целесообразно сравнить показатели доходности и рентабельности (активов и проданных товаров, продукции) налогоплательщика в сценарии 3 со среднеотраслевыми значениями, а также провести анализ политики выплаты дивидендов<sup>1</sup>. Иными словами, определить, есть ли вероятность, что налогоплательщик увеличил бы инвестиции и в отсутствие льготы.

Для применения среднеотраслевых значений следует определить, какой уровень классификации видов экономической деятельности следует использовать. Как известно, ОКВЭД делит все виды экономической деятельности на разделы и классы. Учитывая специфику основных бенефициаров ИНЛ, рациональным представляется проведение сравнения по основным разделам и классам ОКВЭД на основе критерия размера выручки налогоплательщика.

Следует отметить, что наличие у налогоплательщика финансового результата, значительно превышающего среднеотраслевой уровень, не является показателем его недобросовестности, так как в момент принятия инвестиционного решения он не мог предсказать,

<sup>1</sup> Определенную сложность составляет тот факт, что распределение дивидендов в бухгалтерской отчетности не отражается (данные суммы отражаются в консолидированной отчетности, но не у всех групп компаний), а платежи на уплату дивидендов, указанные в Отчете о движении денежных средств бухгалтерского баланса, не дают понимания, к какому периоду относятся выплаченные суммы.

к примеру, благоприятную рыночную конъюнктуру или успех геологоразведочных работ. Такое сравнение необходимо, но его недостаточно для окончательного вывода об эффективности/неэффективности ИНЛ.

Если неэффективность льготы на уровне налогоплательщика объясняется изменением рыночной конъюнктуры, объективным наличием деловых рисков, а не искусственным занижением налоговой базы (получением необоснованной налоговой выгоды), то к такому налогоплательщику не стоит применять меры взыскания. Если льгота была использована в период экономического подъема, то следует заложить механизм определения уровня, при котором применение льготы становится нецелесообразным. Таким критерием может стать окупаемость льготы, к примеру, на уровне доходности ОФЗ.

При пользовании ИНЛ внутренняя норма доходности налогоплательщика (IRR) будет выше, чем без инвестиционной льготы, и без учета ИНЛ указанная норма окажется ниже бенчмарка. IRR рассчитывается на основе показателя свободного денежного потока для компании (FCFF), который представляет собой сумму: 1) операционных денежных потоков без учета процентов по займам, скорректированных на ставку налога на прибыль операционных денежных потоков; 2) инвестиционных денежных потоков.

Информация о вышеуказанных показателях формируется для управления денежными потоками организации и отражается в оборотно-сальдовых ведомостях компании, отчетах о движении средств, учитываемых на счетах бухгалтерского учета 50, 51, данных управленческого учета.

Внутренняя норма доходности (в идеальной ситуации) налогоплательщика в сравнении с бенчмарком:

$$IRR_{\text{с учетом ИНЛ}} \geq IRR_{\text{без учета ИНЛ}} \quad (2)$$

$$IRR_{\text{без учета ИНЛ}} < IRR_{\text{бенчмарк}} \quad (3)$$



Причем  $IRR_{с\ учетом\ ИНЛ}$  сравниваем с  $IRR_{бенчмарк}$  только для справочных целей, нет задачи за счет льготы сделать проект более привлекательным для инвесторов, чем при рыночных условиях, то есть нельзя зафиксировать неравенство строго как требование.

Однако по крупным компаниям существует вероятность, что на протяжении анализируемого периода денежный поток будет стабильно положительным, что приведет к невозможности расчета внутренней нормы доходности. В данном случае следует рассматривать только тот денежный поток, который напрямую связан с предоставлением ИНЛ. Это потребует внесения изменений в налоговое законодательство в части расширения периметра предоставляемой бенефициарами ИНЛ информации.

Соответственно,  $IRR$  с учетом ИНЛ и  $IRR$  без учета ИНЛ отличаются на сумму налоговых расходов.

При расчете показателя (3) используется сравнительный подход, в качестве значения  $IRR_{бенчмарк}$  могут быть использованы следующие показатели:

- $IRR$  по сопоставимым инвестиционным проектам;
- среднеотраслевой  $IRR$  по инвестиционным проектам;
- среднеотраслевой  $WACC$  по инвестиционным проектам;
- $WACC$  для зарубежных компаний с учетом поправочных коэффициентов.

Для определения величины уровня, соответствующего среднеотраслевому, можно использовать сравнительный подход, используемый независимыми оценщиками. В случае, когда при анализе можно провести сравнение с прямыми аналогами, то есть с компаниями, осуществляющими одинаковый вид деятельности и имеющими схожие финансово-экономические показатели, то использование метода аналогии рационально, в случае отсутствия прямых аналогов периметр поиска необходимо расширить.

Для оценки эффективности инвестируемого капитала необходимо рассматривать коэффициент его рентабельности, полученные значения должны быть больше среднего уровня в отрасли:

$$K_{\text{рентабельности инвестированного капитала}} = \frac{\text{ЧОП}}{\text{Инвестированный капитал}} \geq X, \quad (4)$$

где  $ЧОП$  – посленалоговая операционная прибыль (чистая операционная прибыль);  $X$  – значение, установленное на основании среднеотраслевых данных. В качестве порогового значения могут быть использованы средние или медианные значения.

Еще одним показателем эффективного использования ИНЛ является коэффициент реинвестирования, указывающий, какая часть прибыли компании направляется на ее развитие и расширение деятельности. Расчет коэффициента представлен ниже в формуле (5) как отношение прироста нераспределенной прибыли за год (значение на конец года минус значение на начало года) к чистой прибыли организации за год. Поскольку применение ИНЛ существенно снижает уровень налоговой нагрузки, что компенсируется увеличением инвестиционной активности, коэффициент реинвестирования должен быть не меньше среднеотраслевого значения и стремиться к 1.

$$K_{\text{реинвестирования}} \frac{\Delta \text{НП}}{\text{ЧП}} \geq X, \quad (5)$$

где  $X$  – значение, установленное на основании среднеотраслевых данных;  $\text{НП}$  – нераспределенная прибыль (прирост за год);  $\text{ЧП}$  – чистая прибыль.

Вывод об эффективности ИНЛ делается на основе полученных оценок бюджетной и экономической эффективности. Достижение указанных значений показателей является обязательным, но не всеобъемлющим условием эффективности ИНЛ. Необходимо определить пороговые значения. Обязательным минимальным порогом эффективности ИНЛ является выполнение условий бюджетной

эффективности и двух из пяти показателей экономической эффективности.

Налогоплательщики, являющиеся бенефициарами ИНЛ, должны стремиться к максимизации рентабельности, поскольку государство ожидает, что они будут максимально эффективно использовать свободные средства, оказавшиеся в их распоряжении благодаря льготам. Источником информации для расчета эффективности ИНЛ являются данные о финансово-хозяйственной деятельности налогоплательщика.

### **3.6. Объект оценки и источники информации**

Источником информации для апробации предложенной Методике оценки эффективности инвестиционных налоговых льгот послужила информационно-аналитическая система FIRA PRO<sup>1</sup>. Объектами оценки выступили компании, осуществляющие деятельность в рамках преференциального налогового режима территории опережающего социально-экономического развития. Все 12 отобранных нами организаций осуществляют деятельность в отрасли рыболовства и рыбоводства, которой соответствует Раздел А «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство» ОКВЭД 03 «Рыболовство и рыбоводство». Данные представлены за период с 2017 по 2021 г.

Для целей дальнейшей идентификации каждой компании были присвоены наименования букв алфавита. В связи с тем, что в открытом доступе находятся только данные финансовой отчетности организаций, некоторые показатели, предложенные в методике, рассчитать невозможно. В связи с этим рассчитаны только показатели экономической эффективности. Однако такие данные, как объем налоговых доходов, не поступивших

в бюджет в связи с использованием налоговых льгот, денежных потоки предприятия с момента создания предприятия, срок функционирования компании, доступны государственным органам, которые могут использовать предложенную методику для целей оценки эффективности инвестиционных налоговых льгот. В основу расчетов также заложено допущение, что в рамках режима территории опережающего социально-экономического развития осуществляют деятельность в отрасли рыболовства и рыбоводства только рассматриваемые компании.

Для оценки экономической эффективности налогоплательщика в Методике предусмотрены два показателя эффективного использования ИНЛ: коэффициент реинвестирования, указывающий, какая часть прибыли компании направляется на ее развитие и расширение деятельности, и коэффициент рентабельности инвестированного капитала.

Коэффициент рентабельности инвестированного капитала рассчитывается по формуле (4) и позволяет охарактеризовать доходность используемого капитала.

## **4. Результаты исследования**

В табл. 4 представлены результаты расчета по 12 оцениваемым компаниям, а также среднее и медианное значения. В таблице также представлены значения коэффициента менее 0, что означает, что на данный период зафиксированы отрицательные значения операционной прибыли, остающейся в распоряжении компании после уплаты налога на прибыль организаций. В качестве порогового использовано медианное значение индикатора, так как в отличие от среднего значения на медиану не влияют так называемые «выбросы» – существенные колебания значений.

Таким образом, в 2021 г. коэффициент рентабельности инвестированного капитала в 5 компаниях был выше медианного значения по всем компаниям.

<sup>1</sup> Информационно-аналитическая система FIRA PRO // Доступ предоставлен НИФИ Минфина РФ.

Таблица 4. Расчет коэффициента рентабельности инвестированного капитала

Table 4. Calculation of the return on invested capital

Наименование	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Компания А	0,00	0,01	-0,02	-0,09	-0,15
Компания Б	-0,10	0,81	0,61	-0,20	-0,06
Компания В	0,20	0,54	0,28	0,38	0,21
Компания Г	н/д	н/д	0,00	0,17	0,23
Компания Д	2,42	0,37	0,35	0,00	0,22
Компания Е	1,15	-0,42	0,79	0,46	0,03
Компания Ж	0,54	0,40	0,36	0,13	0,33
Компания З	0,50	0,07	0,40	-0,23	0,60
Компания И	0,35	0,12	0,09	-0,04	0,39
Компания К	0,04	-0,15	0,05	-0,01	0,38
Компания Л	0,30	0,22	0,20	0,09	0,14
Компания М	0,16	0,09	0,09	0,13	0,06
<b>Среднее значение</b>	<b>0,51</b>	<b>0,19</b>	<b>0,27</b>	<b>0,07</b>	<b>0,20</b>
<b>Медиана</b>	<b>0,30</b>	<b>0,12</b>	<b>0,24</b>	<b>0,05</b>	<b>0,22</b>

Источник: рассчитано авторами по данным FIRA PRO.

Компания А, Компания Б, Компания М, Компания Е и др. не достигли порогового значения индикатора.

Значение коэффициента реинвестирования, рассчитанного по формуле (5), показывает, какую часть чистой прибыли компания реинвестирует в производство. При расчете использовался такой же подход, как и при расчете предыдущего индикатора: оценка эффективности проводится по 12 компаниям, при этом в качестве пороговых значений используются медиана и среднее значение. Результаты расчета представлены в табл. 5, исходя из того, что компании в некоторые налоговые периоды получали отрицательный финансовый результат, в соответствующие ячейки были внесены пояснения. В качестве порогового значения использованы медианы по всем предприятиям отрасли.

В результате проведенного исследования нами были сформированы две группы компаний.

В первую группу вошли компании, для которых одновременно выполняются все условия: 1) значение коэффициента рентабельности инвестированного капитала минимум в двух периодах выше порогового медианного значения; 2) значение коэффициента реинвестирования минимум в двух периодах выше порогового медианного значения. Во вторую группу вошли компании, которыми было выполнено одно из условий, и те компании, которые не смогли выполнить ни одно условие. Распределение компаний по группам представлено в табл. 6.

На основании проведенного анализа можно сделать следующие выводы.

Для налогоплательщиков, вошедших в первую группу, используемые ИНЛ

Таблица 5. Расчет коэффициента реинвестирования, %  
Table 5. Calculation of the reinvestment ratio, %

Наименование	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Компания А	100,60	100,59	Получен убыток	Получен убыток
Компания Б	100,00	100,00	Получен убыток	Получен убыток
Компания В	87,68	54,41	88,26	66,29
Компания Г	Нет данных о чистой прибыли	100,00	Получен убыток	100,00
Компания Д	98,61	99,99	Получен убыток	100,00
Компания Е	84,13	47,83	Отрицательное значение прироста нераспределенной прибыли	Получен убыток
Компания Ж	74,55	63,11	Отрицательное значение прироста нераспределенной прибыли	75,15
Компания З	0,00	284,55	Получен убыток	100,00
Компания И	100,00	100,00	Получен убыток	100,00
Компания К	Получен убыток	Отрицательное значение прироста нераспределенной прибыли	Получен убыток	100,00
Компания Л	90,99	93,29	Отрицательное значение прироста нераспределенной прибыли	82,67
Компания М	34,01	72,03	Отрицательное значение прироста нераспределенной прибыли	222,57
<b>Среднее значение</b>	<b>77,06</b>	<b>101,44</b>	<b>88,26</b>	<b>105,19</b>
<b>Медиана</b>	<b>89,33</b>	<b>99,99</b>	<b>88,26</b>	<b>100,00</b>

*Источник:* рассчитано авторами по данным FIRA PRO.

за рассматриваемый период в целом были эффективными, так как они оказали положительное влияние на значение финансовых и экономических показателей деятельности компаний.

Для налогоплательщиков, вошедших во вторую группу, предоставленные ИНЛ не оказали существенного

положительного влияния на хозяйственную деятельность.

При интерпретации полученных результатов следует учитывать, что ограниченность информации о налогоплательщиках не позволила провести анализ ряда показателей бюджетной и экономической эффективности, указанных

Таблица 6. Распределение компаний по группам на основании полученных результатов оценки эффективности

Table 6. Distribution of companies by groups based on the results of performance evaluation

Первая группа	Вторая группа
– Компания Б	– Компания А
– Компания Г	– Компания В
– Компания Д	– Компания Ж
– Компания З	– Компания И
– Компания Л	– Компания К
	– Компания М
	– Компания Е

в Методике, так как для их расчета необходима информация, отражаемая налогоплательщиками в финансовой отчетности в соответствии с МСФО, а также в налоговых декларациях.

### 5. Обсуждение результатов

Оценка осуществляется на основе показателей, определяемых на уровне бенефициара и характеризующих эффективность применения указанных льгот как для государства (бюджетная эффективность), так и для налогоплательщика (экономическая эффективность). Несмотря на то, что поставленная в статье цель достигнута и сформулированная гипотеза подтверждена, необходимо отметить ряд ограничений.

*Во-первых*, в исследовании отсутствует возможность полностью апробировать разработанную методику оценки эффективности инвестиционных налоговых льгот на примере компаний-бенефициаров, так как сведения о таких компаниях, в частности об объеме самих льгот, не находятся в открытом доступе.

*Во-вторых*, для более полного и точного анализа следует использовать отчетность, составленную по Международным стандартам финансовой отчетности, которая считается более информативной и достоверной, по сравнению с отчетностью, составленной по российским стандартам бухгалтерского учета, в частности

из-за учета справедливой стоимости, обесценения активов и др. В настоящее время юридические лица, осуществляющие деятельность в России и не предоставляющие консолидированную финансовую отчетность, не обязаны предоставлять отчетность, составленную по Международным стандартам финансовой отчетности. Однако помимо обязательного российского учета организации могут вести учет по международным стандартам, в т. ч. для подтверждения своей ликвидности и платежеспособности.

*В-третьих*, определяющим аспектом при анализе эффективности является установленный уровень пороговых значений заданных индикаторов. В предложенной методике в качестве порогового значения предложено использовать медианные значения, рассчитанные по всем предприятиям – бенефициарам инвестиционных налоговых льгот. Однако также возможно производить расчет пороговых значений на основании выборки компаний независимо от применения налоговых льгот. Данный подход обоснован легкостью расчетов и информативностью, так как полученные медианные значения отражают основные тенденции, происходящие на рынке.

*В-четвертых*, значения индикаторов существенно дифференцированы в зависимости от осуществляемой деятельности бенефициаров инвестиционных

налоговых льгот и размеров бизнеса. Исходя из этого, пороговые значения должны рассчитываться в разрезе видов деятельности, например, исходя из разделов ОКВЭД, и учитывать размеры выручки компании.

*В-пятых*, обязательным минимальным порогом эффективности инвестиционных налоговых льгот является выполнение условий бюджетной эффективности и двух из пяти показателей экономической эффективности. Однако данный критерий может быть изменен экспертами в зависимости от актуальных условий.

*В-шестых*, апробация предложенной Методики позволяет подтвердить гипотезу исследования, так как с помощью предложенных индикаторов была проведена оценка эффективности инвестиционных налоговых льгот на примере налогоплательщиков, осуществляющих деятельность в рамках преференциального налогового режима территории опережающего социально-экономического развития.

## 6. Заключение

В ходе исследования разработана методика оценки эффективности инвестиционных налоговых льгот, при помощи которой возможно определить, приносит ли положительный эффект льгота как для бенефициара, так и для государства. Подтверждена научная гипотеза исследования о том, что на основании финансово-экономических данных о компании возможно оценить эффективность использования инвестиционных налоговых льгот.

Исследование зарубежного опыта оценки эффективности налоговых льгот, в том числе инвестиционной

направленности позволило сделать ряд выводов.

В таких странах, как Канада, Португалия, Ирландия, оценка эффективности налоговых льгот является важным направлением деятельности финансовых органов. Однако глубина, а также периодичность анализа в каждой стране отличается различается.

Оценка эффективности налоговых льгот чаще всего проводится агрегированно по всем налогоплательщикам – бенефициарам льготы, при этом учитываются размер компаний и отраслевая принадлежность.

Подходы к оценке эффективности также различны. Например, можно выделить использование метода аналогии, то есть сравнение показателей хозяйственной деятельности компаний – бенефициаров налоговой льготы и схожих компаний, но не использующих налоговый стимул (пример – Южная Африка). На основании оценки делается вывод, было ли влияние льготы существенным и принесло ли дополнительные выгоды компаниям.

Таким образом, в данном исследовании выявлено, что оценка эффективности инвестиционных налоговых льгот в разрезе каждого конкретного бенефициара льготы является новым направлением деятельности финансовых органов. Предложенная методика оценки эффективности инвестиционных налоговых льгот включает в себя индикаторы, расчет которых основан на финансово-экономических показателях компании, при помощи которых возможно проанализировать деятельность компании, в том числе инвестиционную и определить, эффективно ли используются денежные средства, высвободившиеся в результате применения льгот.

## Список использованных источников

1. *Корытин А.В.* Влияние налоговой нагрузки на распределение прямых иностранных инвестиций по отраслям экономики // Финансовый журнал. 2020. Т. 12, № 1. С. 68–86. <https://doi.org/10.31107/2075-1990-2020-1-68-86>

2. *Galander T.* Tax Incentives and Tax Opportunities // *Russia Business*. Edited by O. Medinskaya, H.R. Randau, C. Altmann. Springer, 2021. Pp. 233–248. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-64613-4\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-030-64613-4_28)
3. *Mcelroy F.W.* Scale, substitution, and utilization effects of investment tax incentives // *Atlantic Economic Journal*. 1977. Vol. 5. Pp. 24–31. <https://doi.org/10.1007/BF02299896>
4. *Лазарян С.С., Черноталова М.А.* Влияние налоговой политики на уровень инвестиций частного сектора // *Финансовый журнал*. 2017. № 3(37). С. 71–84. URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_29358946\\_28182046.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_29358946_28182046.pdf)
5. *Stiglitz J.E.* Taxation, corporate financial policy, and the cost of capital // *Journal of Public Economics*. 1973. Vol. 2, Issue 1. Pp. 1–34. [https://doi.org/10.1016/0047-2727\(73\)90008-X](https://doi.org/10.1016/0047-2727(73)90008-X)
6. *Chirinko R.S.* Business fixed investment spending: modeling strategies, empirical results, and policy implications // *Journal of Economic Literature*. 1993. Vol. 31, No. 4. Pp. 1875–1911. URL: <https://www.jstor.org/stable/2728330>
7. *Jorgenson D.W.* Econometric studies of investment behavior: A Survey // *Journal of Economic Literature*. 1971. Vol. 9, No. 4. Pp. 1111–1147. URL: <https://www.jstor.org/stable/2721137>
8. *Chirinko R.S., Eisner R.* Tax policy and investment in major U.S. macroeconomic econometric models // *Journal of Public Economics*. 1983. Vol. 20, Issue 2. Pp. 139–166. [https://doi.org/10.1016/0047-2727\(83\)90008-7](https://doi.org/10.1016/0047-2727(83)90008-7)
9. *Eisner R.* Tax policy and investment behavior: Comment // *American Economic Review*. 1969. Vol. 59, No. 3. Pp. 379–388. URL: <https://www.jstor.org/stable/1808969>
10. *Eisner R.* Tax policy and investment behavior: Further Comment // *American Economic Review*. 1970. Vol. 60, No. 4. Pp. 746–752. URL: <https://www.jstor.org/stable/1818420>
11. *Eisner R., Nadiri M.I.* Investment behavior and neoclassical theory // *Review of Economics and Statistics*. 1968. Vol. 50, No. 3. Pp. 369–382. <https://doi.org/10.2307/1937931>
12. *Cummins J.G., Hassett K.A.* The Effects of Taxation on Investment: New Evidence from Firm Level Panel Data // *National Tax Journal*. 1992. Vol. 45, Issue 3. Pp. 243–251. <https://doi.org/10.1086/NTJ41788967>
13. *Cummins J.G., Hassett K.A., Hubbard R.G.* Tax reforms and investment: A cross-country comparison // *Journal of Public Economics*. 1996. Vol. 62, Issue 1-2. Pp. 237–273. [https://doi.org/10.1016/0047-2727\(96\)01580-0](https://doi.org/10.1016/0047-2727(96)01580-0)
14. *House C.L., Shapiro M.D.* Temporary investment tax incentives: Theory with evidence from bonus depreciation // *American Economic Review*. 2008. Vol. 98, No. 3. Pp. 737–768. <https://doi.org/10.1257/aer.98.3.737>
15. *Yagan D.* Capital tax reform and the real economy: The effects of the 2003 dividend tax cut // *American Economic Review*. 2015. Vol. 105, No. 12. Pp. 3531–3563. <https://doi.org/10.1257/aer.20130098>
16. *Liu Y., Mao J.* How do tax incentives affect investment and productivity? Firm-level evidence from China // *American Economic Journal: Economic Policy*. 2019. Vol. 11, No. 3. Pp. 261–291. <https://doi.org/10.1257/pol.20170478>
17. *Zhang L., Chen Y., He Z.* The effect of investment tax incentives: evidence from China's value-added tax reform // *International Tax and Public Finance*. 2018. Vol. 25. Pp. 913–945. <https://doi.org/10.1007/s10797-017-9475-y>
18. *Auerbach A.J., Hasset K.* Recent U.S. investment behavior and the tax reform act of 1986: A disaggregate view // *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*. 1991. Vol. 35. Pp. 185–216. [https://doi.org/10.1016/0167-2231\(91\)90024-Y](https://doi.org/10.1016/0167-2231(91)90024-Y)
19. *Cummins J.G., Hassett K.A., Hubbard R.G.* A reconsideration of investment behavior using tax reforms as natural experiments // *Brookings Papers on Economic Activity*. Vol. 1994, No. 2. Pp. 1–74. <https://doi.org/10.2307/2534654>
20. *Desai M.A., Goolsbee A.D.* Investment, overhang, and tax policy // *Brookings Papers on Economic Activity*. Vol. 2004, No. 2. Pp. 285–355. <https://doi.org/10.1353/eca.2005.0004>

21. *Cohen D., Cummins J.G.* A Retrospective Evaluation of the Effects of Temporary Partial Expensing // Finance and Economics Discussion Series. No. 2006-19. Washington, D.C.: Federal Reserve Board, 2006. 25 p. <http://dx.doi.org/10.17016/FEDS.2006.19>
22. *Edgerton J.* Investment incentives and corporate tax asymmetries // Journal of Public Economics. 2010. Vol. 94, Issue 11-12. Pp. 936–952. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2010.08.010>
23. *Zwick E., Mahon J.* Tax policy and heterogeneous investment behavior // American Economic Review. 2017. Vol. 107, No. 1. Pp. 217–248. <https://doi.org/10.1257/aer.20140855>
24. *Du J., Shen G., Zou J.* Tax incentives and firm financing structures: evidence from China's accelerated depreciation policy // International Tax and Public Finance. 2022. <https://doi.org/10.1007/s10797-022-09762-w>
25. *Eichfelder S., Schneider K.* How do tax incentives affect business investment? Evidence from German bonus depreciation // Arqus Working Paper No. 231. Arbeitskreis Quantitative Steuerlehre, arqus, eV, 2018. 57 p. URL: [http://www.arqus.info/mobile/paper/arqus\\_231.pdf](http://www.arqus.info/mobile/paper/arqus_231.pdf)
26. *Eichfelder S., Jacob M., Schneider K.* Do tax incentives affect investment quality? // Journal of Corporate Finance. 2023. Vol. 80. P. 102403. <https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2023.102403>
27. *Ponomareva K.A.* Investment tax benefits in China: special features of legal regulation and comparative analysis with Russian practices // Law Enforcement Review. 2022. Vol. 6, No. 3. Pp. 80–93. [https://doi.org/10.52468/2542-1514.2022.6\(3\).80-93](https://doi.org/10.52468/2542-1514.2022.6(3).80-93)
28. *Шаталов С.Д., Пинская М.Р., Стещенко Ю.А.* Лучшие практики предоставления налоговых льгот инвестиционной направленности // Ученые записки Международного банковского института. 2022. № 4 (42). С. 7–23. URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_50244398\\_89987008.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_50244398_89987008.pdf)
29. *Пансков В.Г.* К вопросу о сущности понятия «Налоговая льгота» // Финансы. 2023. № 1. С. 21–28. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50242263>
30. *Булатова Ю.И.* Анализ предоставляемых в России налоговых льгот и субсидий для поддержки частных инвестиций // Экономика и предпринимательство. 2021. № 8 (133). С. 1104–1109. <https://doi.org/10.34925/EIP.2021.133.8.212>
31. *Сердюкова Н.В.* Оценка бюджетной эффективности налоговых льгот // Налоговая политика и практика. 2023. № 2 (242). С. 68–71. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50286314>
32. *Федосимов Б.А.* Основные направления разработки правовых средств повышения эффективности налоговых льгот // Финансовое право. 2021. № 8. С. 43–48. <https://doi.org/10.18572/1813-1220-2021-8-43-48>
33. *Микулин А.И.* Территория деятельности как критерий для применения налоговых льгот резидентами ОЭЗ // Налоговед. 2023. № 4. С. 43–50. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50493383>
34. *Какаулина М.О., Горлов Д.Р.* Оценка влияния налоговых льгот на инвестиционную активность в особых экономических зонах Российской Федерации // Journal of Applied Economic Research. 2022. Т. 21, № 2. С. 282–324. <http://dx.doi.org/10.15826/vestnik.2022.21.2.011>
35. *Ильина В.В.* Особые экономические зоны и действующие налоговые льготы: перспективы развития // Экономика. Бизнес. Финансы. 2021. № 2. С. 10–15. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44835524>
36. *Пинская М.Р., Шаталов С.Д., Пономарева К.А.* Подходы к налоговому стимулированию развития инновационной деятельности // Инновационное развитие экономики. 2022. № 3-4 (69-70). С. 246–255. <https://doi.org/10.51832/2223798420223-4246>
37. *Belomytseva O.S., Grinkevish L.S.* Development and Distinguishing Features of Investment Tax Deduction in the Russian Federation // Journal of Tax Reform. 2016. Vol. 2, No. 2. Pp. 126–138. <http://dx.doi.org/10.15826/jtr.2016.2.2.020>
38. *Belev S.G., Matveev E.O., Moguchev N.S.* Estimation of Profit Taxation Effect on Russian Companies' Investments // Journal of Tax Reform. 2022. Vol. 8, No. 2. Pp. 127–139. <https://doi.org/10.15826/jtr.2022.8.2.112>



39. *Sinenko O.A.* Methods of Assessing of Tax Incentives Effectiveness in Special Economic Zones: An Analytical Overview // Journal of Tax Reform. 2016. Vol. 2, No. 3. Pp. 168–178. <http://dx.doi.org/10.15826/jtr.2016.2.3.022>

40. *Майбуров И.* Оценка налоговых расходов и эффективности налоговых льгот: методология решения задачи // Общество и экономика. 2013. №. 4. С. 71–91. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19132879>

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

### **Пинская Миляуша Рашитовна**

Доктор экономических наук, доцент, руководитель Центра налоговой политики Научно-исследовательского финансового института, г. Москва, Россия (125375, г. Москва, Настасьинский переулок, 3, строение 2); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9328-1224>  
e-mail: [mpinskaya@nifi.ru](mailto:mpinskaya@nifi.ru)

### **Стешенко Юлия Александровна**

Кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Центра налоговой политики Научно-исследовательского финансового института, г. Москва, Россия (125375, г. Москва, Настасьинский переулок, 3, строение 2); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6511-6026>  
e-mail: [steshenko@nifi.ru](mailto:steshenko@nifi.ru)

### **Цаган-Манджиева Кермен Николаевна**

Кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник Центра налоговой политики Научно-исследовательского финансового института, г. Москва, Россия (125375, г. Москва, Настасьинский переулок, 3, строение 2); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8146-3354> e-mail: [tsagan-mandzhieva@nifi.ru](mailto:tsagan-mandzhieva@nifi.ru)

## ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Пинская М.Р., Стешенко Ю.А., Цаган-Манджиева К.Н. Оценка эффективности инвестиционных налоговых льгот в России // Journal of Applied Economic Research. 2023. Т. 22, № 3. С. 522–550. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.022>

## ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 25 мая 2023 г.; дата поступления после рецензирования 24 июля 2023 г.; дата принятия к печати 15 августа 2023 г.

# Evaluation of the Effectiveness of Investment Tax Incentives in Russia

Milyausha R. Pinskaya , Yuliya A. Steshenko  , Kermen N. Tsagan-Mandzhieva 

Financial Research Institute,  
Moscow, Russia

 [steshenko@nifi.ru](mailto:steshenko@nifi.ru)

**Abstract.** Investment is one of the most important factors determining economic fluctuations in the short term and economic growth in the long term. For this reason, governments in many countries have long been engaged in developing policies aimed at increasing business investment activity, with investment tax incentives being one of the main tools used. Russia currently has many investment-oriented tax incentives, which creates a special need for a comprehensive assessment of their effectiveness. The aim of the study is to develop and test a methodology for assessing the effectiveness of investment tax incentives, with the help of which it is possible to determine whether the benefit brings a positive effect both for the beneficiary and for the state. The hypothesis of the study is that the evaluation of the effectiveness of investment tax incentives can be carried out based on financial and economic data about the company. In this study, we searched for examples of evaluating the effectiveness of investment tax incentives in the context of each company that is the beneficiary of the incentive in the works of foreign scientists and at the state level. It is concluded that in most countries with a high level of assessment of the effectiveness of tax expenditures, such methods are not used. As a result of the study, a methodology for assessing the effectiveness of investment tax incentives was proposed and tested, which involves an analysis of the application of incentives by operating organizations. The methodology focuses on indicators of financial and economic analysis; the assessment is carried out based on indicators determined at the level of the beneficiary and characterizing the effectiveness of the use of these benefits both for the state (fiscal efficiency) and for the taxpayer (economic efficiency). The value of the study is determined by the proposals to improve the analytical system "Effectiveness of Benefits", already launched in 2022, which is unlike any other in the world. The results of the work are of interest to government agencies and non-profit organizations to diagnose the effect of the use of benefits.

**Key words:** tax incentives; investment tax incentives; assessment of the effectiveness of tax incentives; tax expenditures; preferential tax treatment; tax incentive process.

JEL H21, E62

## References

1. Korytin, A.V. (2020). Vliianie nalogovoy nagruzki na raspredelenie priamykh inostrannykh investitsiy po otrasliam ekonomiki (Tax Burden Influence on the Foreign Direct Investment Distribution by Economic Industries). *Finansovyy zhurnal (Financial Journal)*, Vol. 121, No. 1, 68–86. (In Russ.). <https://doi.org/10.31107/2075-1990-2020-1-68-86>
2. Galander, T. (2021). Tax Incentives and Tax Opportunities. In: *Russia Business*. Edited by O. Medinskaya, H.R. Randau, C. Altmann. Springer, 233–248. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-64613-4\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-030-64613-4_28)
3. McElroy, F.W. (1977). Scale, substitution, and utilization effects of investment tax incentives. *Atlantic Economic Journal*, Vol. 5, 24–31. <https://doi.org/10.1007/BF02299896>
4. Lazarian, S.S. Chernotalova, M.A. (2017). Vliianie nalogovoi politiki na uroven investitsii chastnogo sektora (Taxes Impact on Private Investment). *Finansovyi zhurnal (Financial Journal)*, Vol. 118, No. 1, 10–18. (In Russ.). <https://doi.org/10.31107/2075-1990-2017-1-10-18>

- Journal*), No. 3(37), 71–84. (In Russ.). Available at: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_29358946\\_28182046.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_29358946_28182046.pdf)
5. Stiglitz, J.E. (1973). Taxation, corporate financial policy, and the cost of capital. *Journal of Public Economics*, Vol. 2, Issue 1, 1–34. [https://doi.org/10.1016/0047-2727\(73\)90008-X](https://doi.org/10.1016/0047-2727(73)90008-X)
  6. Chirinko, R.S. (1993). Business fixed investment spending: modeling strategies, empirical results, and policy implications. *Journal of Economic Literature*, Vol. 31, No. 4, 1875–1911. Available at: <https://www.jstor.org/stable/2728330>
  7. Jorgenson, D.W. (1971). Econometric studies of investment behavior: A Survey. *Journal of Economic Literature*, Vol. 9, No. 4, 1111–1147. Available at: <https://www.jstor.org/stable/2721137>
  8. Chirinko, R.S., Eisner, R. (1983). Tax policy and investment in major U.S. macroeconomic econometric models. *Journal of Public Economics*, Vol. 20, Issue 2, 139–166. [https://doi.org/10.1016/0047-2727\(83\)90008-7](https://doi.org/10.1016/0047-2727(83)90008-7)
  9. Eisner, R. (1969). Tax policy and investment behavior: Comment. *American Economic Review*, Vol. 59, No. 3, 379–388. Available at: <https://www.jstor.org/stable/1808969>
  10. Eisner, R. (1970). Tax policy and investment behavior: Further Comment. *American Economic Review*, Vol. 60, No. 4, 746–752. Available at: <https://www.jstor.org/stable/1818420>
  11. Eisner, R., Nadiri, M.I. (1968). Investment behavior and neoclassical theory. *Review of Economics and Statistics*, Vol. 50, No. 3, 369–382. <https://doi.org/10.2307/1937931>
  12. Cummins, J.G., Hassett, K.A. (1992). The Effects of Taxation on Investment: New Evidence from Firm Level Panel Data. *National Tax Journal*, Vol. 45, Issue 3, 243–251. <https://doi.org/10.1086/NTJ41788967>
  13. Cummins, J.G., Hassett, K.A., Hubbard, R.G. (1996). Tax reforms and investment: A cross-country comparison. *Journal of Public Economics*, Vol. 62, Issue 1-2, 237–273. [https://doi.org/10.1016/0047-2727\(96\)01580-0](https://doi.org/10.1016/0047-2727(96)01580-0)
  14. House, C.L., Shapiro, M.D. (2008). Temporary investment tax incentives: Theory with evidence from bonus depreciation. *American Economic Review*, Vol. 98, No. 3, 737–768. <https://doi.org/10.1257/aer.98.3.737>
  15. Yagan, D. (2015). Capital tax reform and the real economy: The effects of the 2003 dividend tax cut. *American Economic Review*, Vol. 105, No. 12, 3531–3563. <https://doi.org/10.1257/aer.20130098>
  16. Liu, Y., Mao, J. (2019). How do tax incentives affect investment and productivity? Firm-level evidence from China. *American Economic Journal: Economic Policy*, Vol. 11, No. 3, 261–291. <https://doi.org/10.1257/pol.20170478>
  17. Zhang, L., Chen, Y., He, Z. (2018). The effect of investment tax incentives: evidence from China's value-added tax reform. *International Tax and Public Finance*, Vol. 25, 913–945. <https://doi.org/10.1007/s10797-017-9475-y>
  18. Auerbach, A.J., Hasset, K. (1991). Recent U.S. investment behavior and the tax reform act of 1986: A disaggregate view. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, Vol. 35, 185–216. [https://doi.org/10.1016/0167-2231\(91\)90024-Y](https://doi.org/10.1016/0167-2231(91)90024-Y)
  19. Cummins, J.G., Hassett, K.A., Hubbard, R.G. (1994). A reconsideration of investment behavior using tax reforms as natural experiments. *Brookings Papers on Economic Activity*, Vol. 1994, No. 2, 1–74. <https://doi.org/10.2307/2534654>
  20. Desai, M.A., Goolsbee, A.D. (2004). Investment, overhang, and tax policy. *Brookings Papers on Economic Activity*, Vol. 2004, No. 2, 285–355. <https://doi.org/10.1353/eca.2005.0004>
  21. Cohen, D., Cummins, J.G. (2006). A Retrospective Evaluation of the Effects of Temporary Partial Expensing. *Finance and Economics Discussion Series. No. 2006-19*. Washington, D.C., Federal Reserve Board, 25 p. <http://dx.doi.org/10.17016/FEDS.2006.19>
  22. Edgerton, J. (2010). Investment incentives and corporate tax asymmetries. *Journal of Public Economics*, Vol 94, Issue 11-12, 936–952. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2010.08.010>
  23. Zwick, E., Mahon, J. (2017). Tax policy and heterogeneous investment behavior. *American Economic Review*, Vol. 107, No. 1, 217–248. <https://doi.org/10.1257/aer.20140855>

24. Du, J., Shen, G., Zou, J. (2022). Tax incentives and firm financing structures: evidence from China's accelerated depreciation policy. *International Tax and Public Finance*. <https://doi.org/10.1007/s10797-022-09762-w>
25. Eichfelder, S., Schneider, K. (2018). How do tax incentives affect business investment? Evidence from German bonus depreciation. *Arqus Working Paper No. 231*. Arbeitskreis Quantitative Steuerlehre, arqus, e.V, 57 p. Available at: [http://www.arqus.info/mobile/paper/arqus\\_231.pdf](http://www.arqus.info/mobile/paper/arqus_231.pdf)
26. Eichfelder, S., Jacob, M., Schneider, K. (2023). Do tax incentives affect investment quality? *Journal of Corporate Finance*, Vol. 80, 102403. <https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2023.102403>
27. Ponomareva, K.A. (2022). Investment tax benefits in China: special features of legal regulation and comparative analysis with Russian practices. *Law Enforcement Review*, Vol. 6, No. 3, 80–93. [https://doi.org/10.52468/2542-1514.2022.6\(3\).80-93](https://doi.org/10.52468/2542-1514.2022.6(3).80-93)
28. Shatalov, S.D., Pinskaia, M.R., Steshenko, Iu.A. (2022). Luchshie praktiki predostavleniia nalogovykh l'got investitsionnoi napravlenosti (Best practices for providing tax benefits for investments). *Uchenye zapiski Mezhdunarodnogo bankovskogo instituta (Proceedings of the International Banking Institute)*, No. 4 (42), 7–23. (In Russ.). Available at: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_50244398\\_89987008.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_50244398_89987008.pdf)
29. Panskov, V.G. (2023). K voprosu o sushchnosti poniatii «Nalogovaia l'gota» (On the question of problems of the concept of «tax exemptions» in the law and science of Russia). *Finansy (Finance Magazine)*, No. 1, 21–28. (In Russ.). Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50242263>
30. Bulatova, Iu.I. (2021). Analiz predostavliaemykh v Rossii nalogovykh lgot i subsidii dlia podderzhki chastnykh investitsii (Analysis of tax benefits and subsidies provided in Russia to support private investment). *Ekonomika i predprinimatelstvo (Journal of Economy and entrepreneurship)*, No. 8 (133), 1104–1109. (In Russ.). <https://doi.org/10.34925/EIP.2021.133.8.212>
31. Serdiukova, N.V. (2023). Otsenka biudzhetnoi effektivnosti nalogovykh lgot [Assessing the fiscal effectiveness of tax incentives]. *Nalogovaia politika i praktika [Tax Policy and Practice]*, No. 2 (242), 68–71. (In Russ.). Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50286314>
32. Fedosimov, B.A. (2021). Osnovnye napravleniia razrabotki pravovykh sredstv povysheniia effektivnosti nalogovykh lgot [Main directions of development of legal means for better effectiveness of tax incentives]. *Finansovoe pravo [Financial Law]*, No. 8, 43–48. (In Russ.). <https://doi.org/10.18572/1813-1220-2021-8-43-48>
33. Mikulin, A.I. (2023). Territoriia deiatelnosti kak kriterii dlia primeneniia nalogovykh lgot rezidentami O EZ (The territory of a business as a criterion for tax benefits to be applied by residents of special economic zones). *Nalogoved [Tax Researcher]*, No. 4., 43–50. (In Russ.). Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50493383>
34. Kakaulina, M.O., Gorlov, D.R. (2022). Otsenka vliianiia nalogovykh lgot na investitsionnuiu aktivnost v osobykh ekonomicheskikh zonakh Rossiiskoi Federatsii (Assessment of the Impact of Tax Incentives on Investment Activity in Special Economic Zones of the Russian Federation). *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 21, No. 2, 282–324. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.15826/vestnik.2022.21.2.011>
35. Ilyina, V.V. (2021). Osobyie ekonomicheskie zony i deistvuiushchie nalogovye lgoty: perspektivy razvitiia (Special economic zones and existing tax preferences). *Ekonomika. Biznes. Finansy [Economics. Business. Finance]*, No. 2, 10–15. (In Russ.). Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44835524>
36. Pinskaia, M.R., Shatalov, S.D., Ponomareva, K.A. (2022). Podkhody k nalogovomu stimulirovaniu razvitiia innovatsionnoi deyatelnosti (Approaches to tax incentives for the development of innovative activities). *Innovatsionnoe razvitie ekonomiki (Innovative Development of Economy)*, No. 3-4 (69-70), 246–255. (In Russ.). <https://doi.org/10.51832/2223798420223-4246>
37. Belomytseva, O.S., Grinkevish, L.S. (2016). Development and Distinguishing Features of Investment Tax Deduction in the Russian Federation. *Journal of Tax Reform*, Vol. 2, No. 2, 126–138. <http://dx.doi.org/10.15826/jtr.2016.2.2.020>

38. Belev, S.G., Matveev, E.O., Moguchev, N.S. (2022). Estimation of Profit Taxation Effect on Russian Companies' Investments. *Journal of Tax Reform*, Vol. 8, No. 2, 127–139. <https://doi.org/10.15826/jtr.2022.8.2.112>

39. Sinenko, O.A. (2016). Methods of Assessing of Tax Incentives Effectiveness in Special Economic Zones: An Analytical Overview. *Journal of Tax Reform*, Vol. 2, No. 3, 168–178. <http://dx.doi.org/10.15826/jtr.2016.2.3.022>

40. Mayburov, I. (2013). Otsenka nalogovykh raskhodov i effektivnosti nalogovykh l'got: metodologiya resheniya zadachi (Evaluation of tax expenditures and tax effectiveness: methodology of problem solving). *Obshchestvo i ekonomika (Society and Economy)*, No. 4, 71–91. (In Russ.). Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19132879>

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

### Milyausha Rashitovna Pinskaya

Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Tax Policy Center, Financial Research Institute, Moscow, Russia (125375, Moscow, Nastasinsky lane, 3, building 2). ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9328-1224> e-mail: [mpinskaya@nifi.ru](mailto:mpinskaya@nifi.ru)

### Yuliya Alexandrovna Steshenko

Candidate of Economic Sciences, Senior Research, Center for Tax Policy, Financial Research Institute, Moscow, Russia (125375, Moscow, Nastasinsky lane, 3, building 2); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6511-6026> e-mail: [steshenko@nifi.ru](mailto:steshenko@nifi.ru)

### Kermen Nikolaevna Tsagan-Mandzhieva

Candidate of Economic Sciences, Leading Researcher, Center for Tax Policy, Financial Research Institute, Moscow, Russia (125375, Moscow, Nastasinsky lane, 3, building 2); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8146-3354> e-mail: [tsagan-mandzshieva@nifi.ru](mailto:tsagan-mandzshieva@nifi.ru)

## FOR CITATION

Pinskaya, M.R., Steshenko, Yu.A., Tsagan-Mandzhieva, K.N. (2023). Evaluation of the Effectiveness of Investment Tax Incentives in Russia. *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 22, No. 3, 522–550. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.022>

## ARTICLE INFO

Received May 25, 2023; Revised July 24, 2023; Accepted August 15, 2023.



## The Impact of the Business Model on the Size of Investments Received by a Startup at the Series A Stage in the US Market

Darya A. Zubakina  , Pavel E. Koliassov 

Ural Federal University  
named after the First President of Russia B. N. Yeltsin,  
Yekaterinburg, Russia

 [d.a.zubakina@urfu.ru](mailto:d.a.zubakina@urfu.ru)

**Abstract.** Numerous studies have been devoted to the factors influencing the market success of startups. However, at early stages of startup development, obtaining investments is a priority. Nevertheless, the topic of the influence of various factors, specifically the choice of business model, on the amount of investment received by a startup remains underexplored. Therefore, the aim of this research is to assess the impact of the business model on the amount of investment received by a startup at the Series A stage. The hypothesis being put forward is that the business model patterns utilized by the startup impact the amount of investment received at the Series A stage. To achieve this goal and test the hypothesis, Student's t-test and Mann-Whitney test were applied to a sample of 2313. As a result of the study, the influence of the business model for different industries was revealed. Considering that different business models have varying effects on the amount of investment, models leading to an increase or decrease in investment size were identified for startup founders. The results of this article enable startups to compare their chosen model with those that allow for larger investments and to adjust their chosen strategy. Additionally, this study stands out due to the uniqueness of the methods applied within the scope of the issues covered in the article and the unique sample size in assessing the impact of the business model factor. The findings of this research serve as a catalyst for incorporating the business model factor into further studies dedicated to a comprehensive assessment of a startup's investment attractiveness and the creation of a machine learning model to predict the success of obtaining investments and the amount of investment a startup can expect.

**Key words:** business model; startup; Series A; investment; impact; industry; financing.

JEL M13

### 1. Introduction

Startups are a popular form of business initiation: as of 2023, there are over 200,000 active startups worldwide<sup>1</sup>, and that is only the ones still functioning. After all, 80 to 90% of startups fail for various reasons. [1] Accordingly, the number of failed startups is several times higher.

According to various studies, the main reasons for startup failure include: incorrect or non-existent business models, lack of

funding for further development, lack of demand for the product or service, as well as poor or improper team organization and business processes.

It is worth noting that the percentage of failure due to a lack of funding for further development is high: estimates range from 21% [2] to 29% [3] and 34% [4], indicating that this problem is significant, and its resolution is crucial for the startup industry.

The sources of funding can include personal savings, loans from family/friends/acquaintances, bank loans, and various forms

<sup>1</sup> <https://www.startupranking.com/countries>

of investments. However, obtaining a bank loan for a young company is problematic [5] due to the lack of sufficient positive cash flow in the first 2-3 years of the startup<sup>1</sup>. Therefore, many startups turn to investors who specialize in this type of activity.

Investors take on risk since, in the early stages of startup development, they cannot rely on operational indicators due to their absence. The only sources on which an investor can base their decision to finance or not are: their impression of the team and founders of the startup, the idea, the prototype, the value proposition, and the plan of how to create and capture that value, expressed in the business model.

The impression of the team and founders of the startup is difficult to evaluate since it requires taking into account both verbal and non-verbal factors, as well as various contingencies, such as the investor's mood at the time of the meeting.

Moreover, a sufficient number of such studies have been conducted to date. Such studies are based on surveying both the startup founders and investors, followed by comparing the obtained results. However, questions about the past can distort the actual data because certain factors that truly influenced the investor's decision may remain only in the subconscious of both the investor and the startup founders.

In contrast, research on various startup indicators serves as a counterbalance. These indicators include the utilized business models, team size, the amount of investments received at previous financing stages, the size of the potential market, and demand. Examining factual data about startups helps reduce the perception bias and allows for a genuine assessment of whether these indicators truly influence the startup, rather than being influenced solely by well-prepared pitches from the founders.

Moreover, the research "Startups' Roads to Failure" [2] emphasizes that an incorrect or nonexistent business model is the cause of failure in 35% of cases. Considering that an investor is interested in the success of a young company, they hypothetically pay attention to the model and base their decision, in part, on this factor.

Given that there is currently a lack of sufficient statistical research determining the impact of the choice of business model on the amount of investments received, the relevance of this study is high.

*The objective of this research* is to assess the impact of the chosen business model by a startup on the amount of investment obtained at the Series A stage.

*The proposed hypothesis* in this study is that the business model patterns used by startups impact the amount of investments received at the Series A stage.

*The article is structured as follows.* The first part of the paper examines existing research that identifies factors influencing investment size and the success of startups in securing investments. Methodological approaches and research limitations are also described. The second part presents the research findings and hypothesis testing. The article concludes with an interpretation of the obtained results, contributing to scientific research on this topic and serving as valuable material for startup founders. The practical value of this study lies in identifying patterns that lead startups to secure investments exceeding the industry average.

## 2. Literature Review

The popularity of scientific research on business models began to rise after the Internet boom of the 1990s. The definition of the term 'business model' varies in the literature depending on the emphasis of the defining author. For instance, Massa et al. [6], Zott et al. [7], and DaSilva et al. [8] in their review articles collected numerous definitions of the term 'business

<sup>1</sup> <https://www.demandsage.com/startup-statistics/#:~:text=There%20are%20currently%20around%2031.7,for%2099.9%25%20of%20US%20businesses>

model'. Generally, this term is interpreted as a formal and conceptual representation of how a business operates and how its business processes are structured.

The stages of startup financing are directly linked to its lifecycle. As startups progress through various stages from ideation to expansion, their needs change from technical resources to financial and managerial resources [9]. Consequently, the tasks for which startups require funding also change.

Ewens & Malenko [10] identifies 5 stages: seed, pilot version of the product, early, growth, and late. The acute need for financing arises at the 'early stage', when the company has a commercial product version, and the goal is the growth of the startup, market entry, and team expansion. At this stage, venture capital funds start investing in the startup. Andaleeb et al., in their research, combine the early stage and growth stage into one phase, which includes the Series A financing stage [11]. Tweten characterizes the Series A stage as a funding round that helps startups launch their products and services into the market, build a customer base, and scale operations to increase profitability<sup>1</sup>.

Overall, there are numerous studies dedicated to creating a machine learning-based model predicting both the success of a startup and its success in obtaining investments. Lyu et al. [12] developed a machine learning model that predicts startup success (IPO or acquisition) with an accuracy of 20.8%. The authors use factors such as startup information (founding year, country, location, industry, etc.), founder information (academic degree, graduation year, gender, etc.), and information about past deals (date, investment size, number of investors, etc.) in their model. Greater prediction accuracy was achieved by Ross et al., whose model's accuracy reaches

90% [13]. The authors use a broader set of factors, including information about the startup stage, time between previous rounds, team size, etc. However, unaccounted-for data strongly influences the prediction results. In general, these models take into account a multitude of investment-related information received by the startup.

Similarly, there are numerous studies focused on creating a machine learning model that predicts whether a startup will receive investments, indicating its investment attractiveness. These studies differ in the set of factors they include in the model and the type of the model itself [14–16]. Accordingly, the studies achieve different levels of accuracy.

Gastaud et al. [16] in addition to general startup information and information about previous investors (founding date, funds raised, number of investors, etc.), added information about the startup's competitors to their model, resulting in a prediction accuracy of 65%.

The highest accuracy was achieved by Bai & Zhao [15]. The authors expanded the set of factors by including information about the product, detailed information about the team and founders (creativity, relevant work experience, etc.), the presence of a general strategy and marketing strategy, etc., resulting in a prediction accuracy of 73%. The researchers note that the 'Planning strategy' factor is one of the most influential in prediction. The business model itself is a component of the planning element in a company.

Despite the high prediction accuracy rates, there remains a significant probability of incorrect predictions, which can be attributed to various unaccounted-for factors.

Montani et al., in a review article on existing startup valuation methods, emphasize that these methods tend to rely on three key factors: future forecasts, consideration of various startup development scenarios, and understanding and attention to the chosen business model [17].

<sup>1</sup> Chris Tweten Guide To Startup Funding Stages: From Pre-Seed To IPO// SPACEBAR collective – URL: <https://spacebarcollective.com/startup-funding-stages>



Weking et al. [18] have determined that the business model influences the success of a startup, namely its market survival. The authors found that only a portion of the business models, specifically 6 out of 16 that underwent selection stages, had an impact on the success of the startup.

The researchers analyzed a total of 55 business models developed by Gassmann et al. [19]. To test the influence of the business model, the authors used the Fisher's criterion and Chi-squared test. They divided the startups into groups based on whether they used or did not use the model, as well as whether they had failed or were still functioning in the market.

Prohorovs et al. [20] emphasize that venture investors primarily identify startup issues related to the business model, management skills, and high competition. The survey results of founders who did not receive investments also showed that entrepreneurs in 20% of cases identified "incorrectly chosen business model" as one of the key factors for failure. Additionally, the researchers examined the question of the startup's region: Latvian startups received investments twice the size of those received by Russian startups.

Böttcher et al. identified the influence of certain business model patterns on the size of Seed stage investments [21]. Weking et al. [18] used a binary labeling method to prepare the dataset and grouped startups into those that used a specific pattern and those that did not, for subsequent analysis. The statistical method used was biserial correlation. The results of this study show a weak influence of the business model on the size of investments received by startups, with a correlation coefficient of less than 0.3.

In summary, it can be stated that the issue of identifying factors influencing startup investment acquisition and investment amount, as well as predicting the success of investment acquisition, remains relevant. However, the level of development of this problem is difficult to characterize

as high due to the existence of numerous complexes and objectively difficult-to-measure factors. As for the question of the impact of the business model on investment size, the degree of development of this issue is low due to the lack of sufficient studies that differentiate between various methods used, sample characteristics (different investment rounds, regions, industries, etc.). Additionally, there is a challenge in defining the business model patterns a company utilizes, as this information is not available in popular databases (e.g., Crunchbase). Nevertheless, the contribution of existing research on this issue is significant and opens opportunities for future studies.

### 3. Methodology

Startups for each examined business model can be divided into two groups: those that use a specific pattern and those that do not, as utilized in the studies by Weking et al. [18], Böttcher et al. [21], and others.

Therefore, to test the hypothesis of the study (that the employed business model patterns by startups influence the size of investments obtained at the Series A stage), a Student's t-test with unequal variances was employed for samples with a normal or near-normal distribution, and the Mann-Whitney U-test was used for samples with a non-normal distribution. Each group, whether using or not using a specific business model, should have more than 5 observations for the application of these tests. The Shapiro-Wilk test was used to assess normality. Additionally, outliers were removed using the quartile method for each business model and each group separately.

Based on the fact that a startup goes through various stages of investment, which significantly differ in the size of investments obtained, this study focuses only on one stage. The following reasons led to the selection of the Series A stage:

- Investment objectives: Organizing serial production (ensuring continuous service operation), hiring a complete team, implementing marketing activities [22].

Therefore, after obtaining investments at the Series A stage, startups begin implementing the chosen business model and applying the selected patterns. Thus, it is at this stage that startups need to provide a plan for implementing future internal processes and methods of interaction with consumers, which constitute the business model [23].

– Product status: The product has been developed, and there are trial sales results. Prior to the Series A stage, startups only engage in trial actions in the market and focus on refining the product to meet market requirements, which can be described as the Research and Development (R&D, RnD) process<sup>1</sup> [24]. Consequently, before the Series A stage, a startup does not resemble a typical operating company in the market and does not implement the chosen business model in its operational activities, only conducting test sales.

In summary, Series A is typically the first stage of venture funding for a startup. The goal of raising funds is to enter the market, initiate mass production, expand the company’s workforce, and launch marketing activities.

Based on the theory of lifecycle stages by Adizes [25], a startup at the Series A stage is in the “Infancy” phase, which is

characterized by the transition from refining and validating its idea to operational activities. Adizes highlights that the primary task of a company at this stage is to move away from generating ideas and dreams and start focusing on sales: “The organization-infant must sell, sell, and sell.” Therefore, the most important aspects at the Series A stage are the business models that describe the process of interacting with consumers and generating sales, specifically how the company monetizes and earns revenue from its customers. These business models include various monetization models [26].

There are numerous classifications of business models, including those that encompass monetization models. One of the most popular classifications was proposed by Gassmann et al. [19] in 2013, which includes 55 business model patterns that describe various business processes of a company. However, over the past 10 years, numerous new business model patterns have emerged, and the most comprehensive list is provided by the company “Business Model Ideas”<sup>2</sup>. From these classifications, monetization models were identified and used in the study (Table 1). The developed classification consists of 15 monetization models.

<sup>1</sup> <https://www.mckinsey.com/capabilities/strategy-and-corporate-finance/our-insights/building-an-r-and-d-strategy-for-modern-times>

<sup>2</sup> <https://www.businessmodelideas.com/>

Table 1. Monetization Models

Business model	Variable	Description
ADD-ON	BM_1	The business model that provides additional options or features to the core product or service. This model is based on offering customers the opportunity to purchase additional features or options that enhance or expand the functionality of the core product.
ADVERTISING	BM_2	The business model based on selling advertising space in various mass media channels. Companies that operate under this model generate revenue by placing advertisements on their platforms, such as websites, social media, radio, television, newspapers, magazines etc..
AUCTION	BM_3	The business model in which sellers of products and services sell their goods through an auction by setting an initial price and selling the item to the highest bidder.

Business model	Variable	Description
BARTER	BM_4	The business model in which goods or services are exchanged between two parties without the use of monetary transactions.
COMMISSION	BM_5	The business model based on receiving commissions from the sales of goods or services from other companies. A company operating under this model receives a certain percentage from each sale made through its platform or via its services.
DONATION	BM_6	The business model in which companies and organizations accept donations from individuals or entities. It is based on voluntary contributions made to support the goals or mission of the company, project, or organization.
DYNAMIC PRICING	BM_7	The business model in which the price of a product or service dynamically changes based on demand, supply, and other external factors.
FIXED PRICES	BM_8	The business model in which the price of a product or service is fixed and does not change based on demand and supply.
FREEMIUM	BM_9	The business model in which the core product or service is provided for free, and users can purchase additional options or features for an additional fee.
LEVERAGE CUSTOMER DATA	BM_10	The business model in which a company utilizes its customers' data to make more effective business and marketing decisions. This model is based on collecting and analyzing a large volume of data about customers' behavior and needs, which can be obtained from various sources.
LICENSING	BM_11	The business model in which a company grants another company the right to use its intellectual property rights, such as trademarks, patents, copyrights, technologies, or other know-how.
PAY PER USE	BM_12	The business model in which customers pay only for the usage of a product or service. In the case of the PAY PER USE model, customers have the flexibility to use the product or service as they desire and pay based on their actual usage.
PAYWALL	BM_13	The method of restricting access to the content of a web page until a one-time or recurring subscription payment is made. This term is commonly used in relation to the policies of media outlets and scientific journals for restricting access to online materials.
SUBSCRIPTION	BM_14	Subscription-based business model, where a company provides consumers with access to its products or services through regular, often monthly or annual payments.

*Source:* developed by the authors based on the classifications by Oliver Gassmann et al. [19], Business Model Ideas service (URL: <https://www.businessmodelideas.com/>), and others [27-30]

Table 2. Example of binary marking of startup for the use of business model patterns

Business model	1	2	3	4	...	11	12	13	14
Appl.	0	0	1	1	...	0	1	1	0

Source: The business model DNA: Towards an approach for predicting business model success [31]

Following Böhm et al. [31], each startup was examined for the use of each business model pattern. Thus, a binary record was created for each startup, where 0 indicates that the model is not used, and 1 indicates that the model is used (Table 2).

Artificial intelligence from OpenAI, integrated into the Bing search engine, was used to label the startups. To verify the accuracy of determining the business models used by the startups, a random sample of 10 startups was taken from the dataset. The authors manually identified the corresponding patterns used by these startups and compared the results with the artificial intelligence-generated labels. In 7 cases, there was a complete match in the binary labeling results for all patterns, and in 3 cases, there was a partial match. The overall accuracy was calculated by taking the ratio of matching labeling results for each pattern (134 values out of 140 total values for the 10 startups), resulting in 95.7% accuracy.

The dataset consists of 2,313 startups operating in the USA, sourced from the Parsers VC database<sup>1</sup>. All these companies received investments at the Series A stage.

From 2016 to February 2023, the startups and their latest investment stage, Series A, were analyzed. To mitigate the influence of industry-specific factors<sup>2</sup>, the startups were categorized by industry. Based on existing classifications such as the List of Industries in the Russian Federation, the North American Industry Classification System (NAICS), and the International

Standard Industrial Classification (ISIC) in their latest revisions, a customized industry classification was developed (Table 3).

Table 3. Classification of industries used in the study

Industry	Variable
Agriculture, aquaculture, forestry	IN_1
Construction	IN_2
Education and science	IN_3
Entertainment and culture	IN_4
Finance, financial services, insurance, pensions, real estate services	IN_5
Manufacturing (heavy, light, high-tech etc.)	IN_6
Medicine and Healthcare	IN_7
Mining	IN_8
Services	IN_9
Software	IN_10
Trade and catering	IN_11
Transportation, logistics and communications	IN_12
Utilities	IN_13
Other	IN_14

Source: developed by the authors.

The average, median, and standard deviation of the investment size received at the Series A stage vary depending on the industry (Table 4). Industries with the highest average investment size include Mining, Medicine and Healthcare, and

<sup>1</sup> <https://parsers.vc/>

<sup>2</sup> <https://www.ycombinator.com/library/series-a-guide>

Table 4. Descriptive statistics of the sample

Total	Count	Mean	Median	Standard Deviation	Max	Min
	2313	20585574	12000000	51919707	1500000000	70000
Agriculture, aquaculture, forestry	37	15150000	11000000	10544673	40000000	2000000
Construction	14	10918571	10000000	6566387	23000000	1000000
Education and science	51	9401270	8500000	4841135	22000000	1750000
Entertainment and culture	87	13774851	10000000	10168108	46000000	75000
Finance, financial services, insurance, pensions, real estate services	153	13517974	12000000	7343057	33850000	200000
Manufacturing (heavy, light, high-tech etc.)	128	15872031	12900000	10056675	46000000	70000
Medicine and Healthcare	368	19385247	14000000	15388492	65000000	600000
Mining	4	30750000	26000000	14908052	52000000	19000000
Services	137	11217051	10000000	5740493	27000000	751000
Software	971	12838778	11000000	6986104	35000000	95000
Trade and catering	119	10868436	10000000	6888149	30000000	605800
Transportation, logistics and communications	63	13833571	10500000	9296848	40000000	900000
Utilities	18	12277489	11600000	9554223	35000000	200000

Source: developed by the authors

Manufacturing. Industries with the lowest average investment size include Education and Science, Trade and Catering, and Construction.

Given that the average and median investment sizes vary significantly depending on the industry, indirectly confirming the influence of the industry factor on investment size, an additional Kruskal-Wallis Test was conducted [32, 33]. This test reveals statistically significant differences between groups divided by the factor under consideration. The Kruskal-Wallis Test was chosen for the following reasons: the variances of the groups differ, and the number of observations in the groups is not the same.

To examine the impact of the business model factor, industries with more than 100 observations (startups) were selected. These industries include: (1) Finance, financial services, insurance, pensions, real estate services; (2) Manufacturing (heavy, light, high-tech etc.); (3) Medicine and Healthcare; (4) Services; (5) Software; (6) Trade and catering.

#### 4. Research Results

The distribution of investment sizes based on industry is presented in Figure 1.

The graph illustrates differences in the distribution of investment sizes based on industry. The Kruskal-Wallis Test yielded a p-value of approximately 0.00, indicating

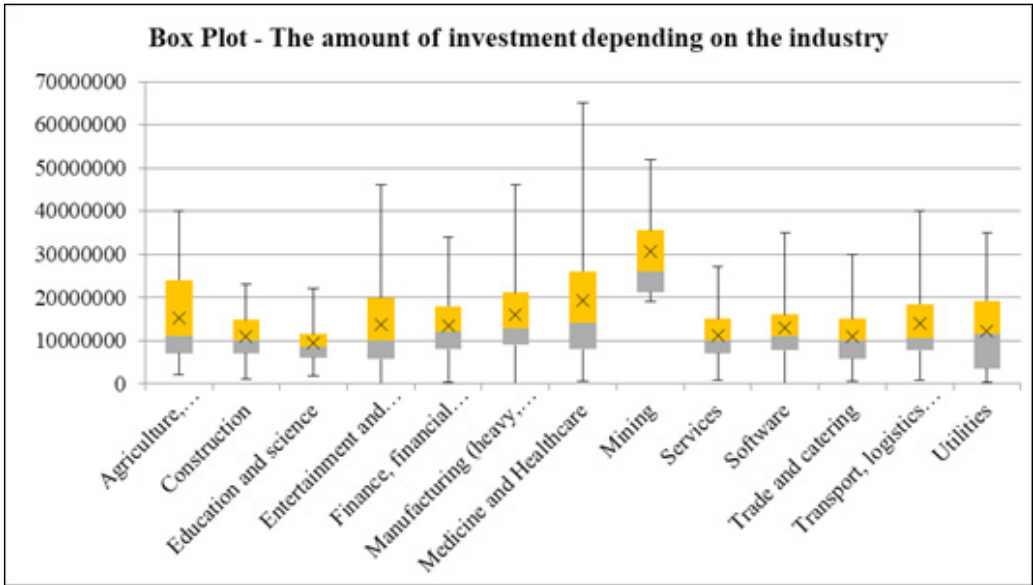


Figure 1. Box plot – The amount of investment depending on the industry

the influence of the industry factor on investment size. Consequently, the need to conduct U-tests and T-tests separately for each industry was confirmed.

The results of the analysis, normality tests, and p-values for the Student’s t-test and Mann-Whitney test are presented in Tables 5 and 6. The Shapiro-Wilk test for each pattern in all industries showed that in at least one of the two groups (those using

the pattern or not), the distribution is non-normal. However, there are borderline cases where the U-test shows a p-value greater than 0.1 while the T-test shows a p-value less than 0.1. For such cases, an additional check for normality distribution was conducted by plotting frequency graphs of investment size values. If the distribution closely resembled a normal distribution, the result of the T-test was accepted.

Table 5. Analysis Results

Industry	Finance, financial services, insurance, pensions, real estate services			Manufacturing (heavy, light, high-tech etc.)			Medicine and Healthcare		
	Normality	T-test	U-test	Normality	T-test	U-test	Normality	T-test	U-test
Business model									
BM_1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
BM_2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
BM_3	–	–	–	–	–	–	–	–	–
BM_4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
BM_5	No	0.75	0.45	No	0.10	0.10	No	0.56	0.65
BM_6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
BM_7	No	0.33	0.29	–	–	–	No	0.46	0.40

Industry	Finance, financial services, insurance, pensions, real estate services			Manufacturing (heavy, light, high-tech etc.)			Medicine and Healthcare		
BM_8	No	0.79	0.47	No	0.13	0.10	No	0.00	0.00
BM_9	No	0.63	0.43	–	–	–	No	0.00	0.05
BM_10	No	0.38	0.54	No	0.44	0.64	No	0.00	0.00
BM_11	No	0.78	0.60	No	0.70	0.57	No	0.00	0.00
BM_12	No	0.87	0.69	No	0.09	0.25	Close	0.01	0.23
BM_13	–	–	–	–	–	–	–	–	–
BM_14	No	0.12	0.19	No	0.36	0.28	No	0.00	0.00

Source: developed by the authors

Table 6. Analysis Results

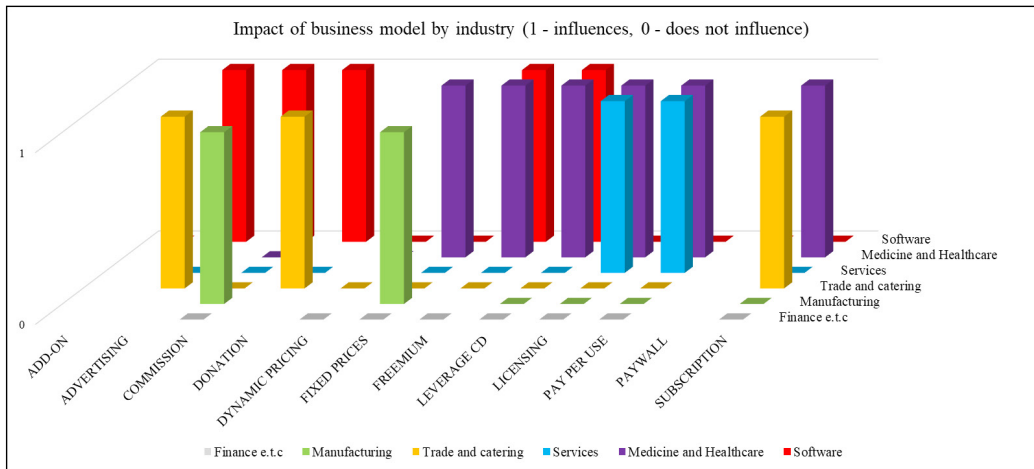
Industry	Services			Software			Trade and catering		
	Normality	T-test	U-test	Normality	T-test	U-test	Normality	T-test	U-test
Business model									
BM_1	–	–	–	No	0.56	0.54	–	–	–
BM_2	No	0.78	0.83	No	0.02	0.02	No	0.06	0.02
BM_3	–	–	–	–	–	–	–	–	–
BM_4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
BM_5	No	0.45	0.47	No	0.00	0.00	No	0.91	0.68
BM_6	No	0.33	0.61	No	0.05	0.09	No	0.05	0.02
BM_7	–	–	–	No	0.28	0.46	No	0.52	0.98
BM_8	No	0.98	0.50	No	0.56	0.53	No	0.39	0.89
BM_9	No	0.34	0.32	No	0.05	0.09	No	0.94	0.83
BM_10	No	0.30	0.34	Close	0.03	0.20	No	0.78	0.75
BM_11	No	0.04	0.01	No	0.71	0.92	No	0.37	0.55
BM_12	No	0.00	0.02	No	0.32	0.16	No	0.06	0.23
BM_13	–	–	–	No	0.38	0.48	–	–	–
BM_14	No	0.50	0.92	No	0.15	0.57	Close	0.04	0.25

Source: developed by the authors

The necessary number of observations for the AUCTION and BARTER business model patterns was not reached in any industry. The ADD-ON and PAYWALL models,

on the other hand, have a sufficient number of observations only in the “Software” industry.

To confirm the hypothesis regarding the impact of business models on investment



**Figure 2.** Influence of business model on investment size depending on industry  
 Source: developed by the authors

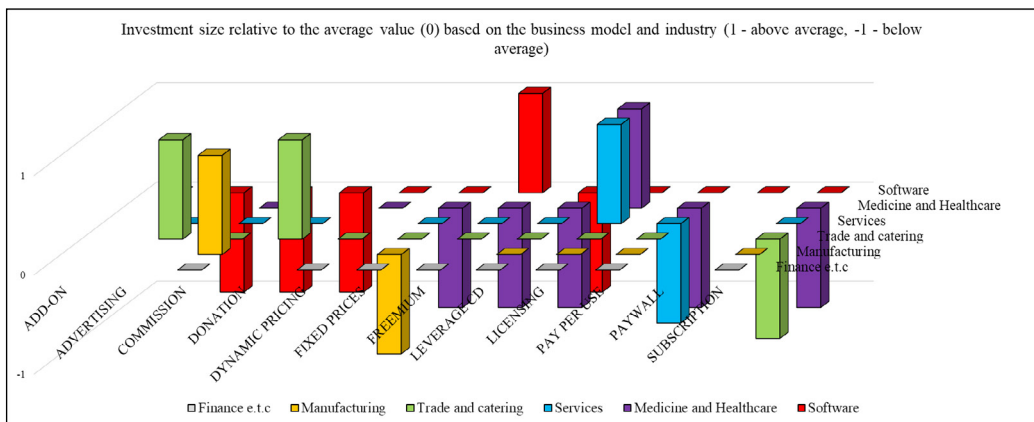
size, a criterion of p-value > 10 was used. The analysis showed that the business model has an influence in 5 out of the 6 industries considered, except for the “Finance, Financial Services, Insurance, Pensions, Real Estate Services” industry.

The business models presented in Figure 2 have an impact on investment size, with values equal to 1.

The results of the business model pattern analysis indicate that the impact of business models on investment size varies depending on the industry to which the startup belongs. Additionally, each of the business models that influence investment size has an effect in two industries simultaneously.

Considering that the Student’s t-test and Mann-Whitney test determine whether there are statistically significant differences between two groups, a graph (Figure 3) was constructed to show whether the use of a particular pattern leads to an increase in investment size compared to the industry average. This is done by comparing the average investment size when choosing a specific model to the overall average investment size within the industry.

The impact of the business model is not unidirectional across different industries. For instance, the use of the ADVERTISING model leads to above-average investment size in the “Trade and Catering” industry, while it results in below-average investment



**Figure 3.** Influence of business model on investment size relative to the industry average  
 Source: developed by the authors



size in the “Software” industry. Similarly, the COMMISSION, DONATION, and FREEMIUM models can lead to both smaller and larger investment sizes depending on the industry. This variation is due to the specific processes occurring in different industries<sup>1</sup> [34].

## 5. Discussion

### 5.1. Confirmation of the hypothesis

Based on the results of the conducted T-test and U-test, which showed that for 5 out of the 6 examined industries, there exist business model patterns leading to statistically significant deviations of investment levels from the industry average, the business model factor is statistically significant. Consequently, the hypothesis posed in this study has been confirmed.

The findings of this research align with the results of a survey conducted by Gompers et al. [35], in which 74% of venture investors highlighted the significance of the business model in their decision-making process.

Considering that the business model impacts the size of obtained investments, which in turn influences startup success, this study corroborates the findings of Cantamessa [2] on the importance of choosing a business model for startup success.

Regarding studies developing machine learning-based models for predicting investment success [14-16], this study can complement such work. If we assume that the choice of a business model can influence not only the investment size but also whether a startup receives investments at all, this research can supplement models that predict investment success using machine learning. These previous studies often had a considerable rate of false positives: ranging from 35% to 27%, likely due to a limited set of factors.

The results of this study also support the outcomes of the statistical research conducted by Böttcher et al. [21] regarding the influence of the business model on investment size. However, there are differences in the results: while Böttcher et al. [21] found that using the FREEMIUM model increases the size of investments received by startups, this study shows that the use of the FREEMIUM model increases investment size only in the “Software” industry, while in the “Medicine and Healthcare” industry, it actually reduces investment size. This discrepancy is explained by the consideration of the industry factor influencing startup investment acquisition in this research, as discussed by Tateossian<sup>2</sup>.

Additionally, this study confirmed the influence of the industry factor on investment size. Based on the investment distribution graph by industry (Figure 1) and the results of the Kruskal-Wallis Test, the “Mining”, “Medicine and Healthcare”, and “Manufacturing” sectors receive larger investments, which could be related to industry-specific characteristics and high capital expenditures required for equipment and technology in these sectors.

Conversely, the industries of “Education and science”, “Trade and Catering”, and “Construction” receive the lowest investments. In the case of “Education and science” and “Trade and Catering”, the reason could be lower CAPEX costs, as these industries largely specialize in services. In other words, industries providing services don’t require setting up production lines, workshops, etc. Similarly, in the “Construction” industry, startups are more oriented toward auxiliary services rather than contracting organizations, requiring investments mainly for specialized equipment rather than production lines.

<sup>1</sup> <https://www.smartsheet.com/retail-store-operations>

<sup>2</sup> <https://www.forbes.com/sites/forbesagencycouncil/2022/11/11/4-factors-that-can-affect-startup-success/?sh=6377186b6e48>

## 5.2. Influence of the industry factor

Moreover, the industry factor also influenced the variations in business model patterns that lead to increased or decreased investment size. For some industries, this phenomenon can be explained as follows:

### *Services.*

In the 'Services' industry, startups with a 'Licensing' business model receive, on average, larger investments. This is due to the widespread practice of franchising in the United States. A significant portion of companies that utilize franchising operate in the service sector<sup>1</sup>. Licensing, like franchising, involves transferring rights (licenses) to use intellectual property.

Such a business model also enables quick brand scalability in the market and requires lower capital expenditures because franchisees and companies purchasing licenses invest in launching the business independently.

### *Medicine and Healthcare.*

Startups with the LICENSING model receive more investment compared to companies with other models. This fact can be associated with the high proportion of service-providing companies in this industry, as well as the prevalence of scientific research and development. In the case of services, companies can sell the rights to offer their services and use their intellectual property to other companies. Alternatively, companies developing various medical technologies can license the production of their products and the use of their innovations. Implementing the LICENSING model enables faster and more cost-effective distribution of innovations in the market, as it avoids the need for startup-driven production and service delivery efforts.

### *Trade and Catering.*

In this sector, business models ADVERTISING and DONATION lead

to above-average investment sizes. The DONATION model is often used for fundraising in charitable foundations, contributing to societal well-being. Companies in the trade and hospitality sector directly interact with consumers and society, making their company image and public perception crucial. Given the growing popularity and applications of the ESG (Environmental, Social, and Governance) concept, startups aligning with this concept and driving social change become more investment-attractive. This is reflected in the emergence of the term "impact investing" in 2007, signifying "investments made with the intent to generate measurable social and environmental impact alongside a financial return."<sup>2</sup> There exists a global network of impact investors known as the "Global Impact Investing Network" which fosters the development of companies driving social change<sup>3</sup>. Overall, when a startup prioritizes societal and environmental welfare, it requires more investment and becomes more investment attractive.

Regarding the ADVERTISING model, startups can promote various products on their platforms in addition to direct sales, generating an additional source of revenue that enhances their investment appeal. However, due to the nature of the trade and catering industry, where companies closely and directly engage with consumers, the advertising model's effect is only significant within this sector.

### *Manufacturing.*

The COMMISSION model enables startups to generate additional revenue. For instance, in the creation of complex technological devices, a company can integrate third-party software, providing access to customers and charging a commission for it. Similarly, using the COMMISSION model is feasible when selling both their own products and

<sup>1</sup> <https://www.franchise.org/sites/default/files/2022-02/2022%20Franchising%20Economic%20Outlook.pdf>

<sup>2</sup> <https://www.skolkovo.ru/cases/impakt-investirovanie-investicii-budushego/>

<sup>3</sup> <https://thegiin.org/>

complementary goods from external companies on their trading platform to end users, while charging a commission for these transactions. This approach also enhances the potential profit margin, thereby increasing the investment appeal of the startup.

#### *Software.*

FREEMIUM allows providing access to digital products to all users, enabling consumers to familiarize themselves with the product before purchasing it. This raises the number of potential individuals entering the Attention and Interest stages of the AIDA concept funnel [36]. Implementing FREEMIUM increases, the potential customer base, thus elevating the count of paying users and making the startup more investment-attractive.

### **5.3. Limitations**

This study has revealed the influence of the business model on investment size and how business model patterns impact different industries. However, the study does not uncover the reasons behind these results — why a particular business model leads to an increase in investment size in one industry while another model decreases it. To establish a causal relationship, further research is needed, such as surveys of investors and startup founders [37], or an examination of the peculiarities of business processes within each industry.

Secondly, the findings of this study highlight the specific effects of the business model on investment size only for startups at the Series A stage operating in the US market. Complementary research could explore the impact of the business model at other stages (e.g., Seed or Series B) and in other markets (Europe, Southeast Asia).

Thirdly, while this work considers the influence of each business model individually, it does not account for the combined effect of using multiple models, which may introduce its own nuances. Many companies often employ multiple business model patterns simultaneously, such as FREEMIUM and SUBSCRIPTION [38].

## **6. Conclusion**

The research objective set in this study has been achieved: based on the investigations into the issues addressed in this work, a methodology was developed, a sample of 2313 American startups that had reached the Series A stage was defined, results were obtained that confirm the influence of the business model factor on investment size, and business model patterns that contribute to increasing and decreasing investment size were identified.

Building upon the research findings, the practical significance of this study is as follows:

- Startups planning to enter the Series A round can compare their chosen business model with the models from this study that lead to larger investments. They can then revise their strategy and consider adopting a more investment-attractive model. Given that this study focuses on startups operating in the US market, its results can be extended to the global market, considering that the US serves as a leader in this field and a benchmark for other regions.

- Opting for a more investment-attractive business model indirectly indicates higher chances of success for a startup. Therefore, any startup can analyze its chosen model using the results from this study.

- There exists a challenge in accurately and definitively assessing the business model patterns a startup employs. The introduction of a new evaluation system for startups by investors can facilitate this process, and publishing this information can fuel further research. The outcomes of this study encourage and call upon investors to act in this manner.

The theoretical significance lies in the fact that this research unveils new aspects of the issue of startup investment acquisition, proving the influence of the business model factor, and stimulates the undertaking of new studies based on its results.

Possible avenues for future research include:

1. Investigating the influence of not only monetization models but also other business model aspects, such as cost structure and expenditure patterns.

2. Examining the impact of the business model on stages other than Series A.

3. Exploring the influence of the business model on startup samples from countries other than the United States.

4. Investigating the effects of different combinations of business model patterns on investment size.

5. Developing a machine learning model that predicts investment size based on startup parameters, including the employed business model patterns and other indicators such as age, team size, investment size in previous stages, etc.

## References

1. Krishna, A., Agrawal, A., Choudhary, A. (2016). Predicting the Outcome of Startups: Less Failure, More Success. *2016 IEEE 16th International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW)*. IEEE. 798–805. <https://doi.org/10.1109/ICDMW.2016.0118>
2. Cantamessa, M., Gatteschi, V., Perboli, G., Rosano, M. (2018). Startups' Roads to Failure. *Sustainability*, Vol. 10, Issue 7, 2346. <https://doi.org/10.3390/su10072346>
3. Yusupova, A.T., Ryazantseva, A.V. (2022). High-Tech Entrepreneurship in the Russian Regions: Conditions for the Emergence of New Companies. *Regional Research of Russia*, Vol. 12, 143–153. <https://doi.org/10.1134/S207997052202023X>
4. Bednár, R., Tarišková, N. (2017). Indicators of startup failure. *Industry 4.0*, Vol. 2, Issue 5, 238–240. Available at: [https://stumejournals.com/journals/i4/2017/5/238\\_full.pdf](https://stumejournals.com/journals/i4/2017/5/238_full.pdf)
5. Cassar, G. (2004). The financing of business start-ups. *Journal of Business Venturing*, Vol. 19, Issue 2, 261–283. [https://doi.org/10.1016/S0883-9026\(03\)00029-6](https://doi.org/10.1016/S0883-9026(03)00029-6)
6. Massa, L., Tucci, C.L., Afuah, A. (2017). A critical assessment of business model research. *Academy of Management Annals*, Vol. 11, No. 1, 73–104. <https://doi.org/10.5465/annals.2014.0072>
7. Zott, C., Amit, R., Massa, L. (2011). The business model: recent developments and future research. *Journal of Management*, Vol. 37, Issue 4, 1019–1042. <https://doi.org/10.1177/0149206311406265>
8. DaSilva, C.M., Trkman, P. (2014). Business model: What it is and what it is not. *Long Range Planning*, Vol. 47, Issue 6, 379–389. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2013.08.004>
9. Schuh, G., Studerus, B., Hämmerle, C. (2022). Development of a Life Cycle Model for Deep Tech Startups. *Journal of Production Systems and Logistics*, Vol. 2, 5. <https://doi.org/10.15488/11730>
10. Ewens, M., Malenko, N. (2022). Board Dynamics Over the Startup Life Cycle. *Finance Working Paper No. 687/2020*. European Corporate Governance Institute, 56 p. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3640898>
11. Pal, A. (2021). *Financing Small Tech Firms in India vs. Canada: A Comparative Study*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3890898>
12. Lyu, S., Ling, S., Guo, K., Zhang, H., Zhang, K., Hong, S., Ke, Q., Gu, J. (2021). Graph neural network based vc investment success prediction. *Arxiv preprint arXiv:2105.11537*, 11p. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2105.11537>
13. Ross, G., Das, S., Sciro, D., Raza, H. (2021). CapitalVX: A machine learning model for startup selection and exit prediction. *Journal of Finance and Data Science*, Vol. 7, 94–114. <https://doi.org/10.1016/j.jfds.2021.04.001>
14. Sharchilev, B., Roizner, M., Romyantsev, A., Ozornin, D. (2018). Web-based startup success prediction. *Proceedings of the 27th ACM International Conference on Information and Knowledge Management*, 2283–2291. <https://doi.org/10.1145/3269206.3272011>
15. Bai, S., Zhao, Y. (2021). Startup investment decision support: Application of venture capital scorecards using machine learning approaches. *Systems*, Vol. 9, Issue 3, 55. <https://doi.org/10.3390/systems9030055>

16. Gastaud, C., Carniel, T., Dalle, J.M. (2019). The varying importance of extrinsic factors in the success of startup fundraising: competition at early-stage and networks at growth-stage. *ArXiv preprint* arXiv:1906.03210, 14 p. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1906.03210>
17. Montani, D., Gervasio, D., Pulcini, A. (2020). Startup company valuation: The state of art and future trends. *International Business Research*, Vol. 13, No. 9, 31–45. <https://doi.org/10.5539/ibr.v13n9p31>
18. Weking, J., Böttcher, T.P., Hermes, S., Hein, A. (2019). Does Business Model Matter for Startup Success? A Quantitative Analysis. *Proceedings of the 27th European Conference on Information Systems (ECIS)*, Stockholm & Uppsala, Sweden, 77. Available at: [https://aisel.aisnet.org/ecis2019\\_rip/77](https://aisel.aisnet.org/ecis2019_rip/77)
19. Gassmann, O., Frankenberger, K., Csik, M. (2013). The St. Gallen business model navigator. *Working Paper University of St. Gallen*. University of St. Gallen. Available at: <https://bmi-lab.com/business-model-navigator-full-paper>
20. Prohorovs, A., Bistrova, J., Ten, D. (2019). Startup success factors in the capital attraction stage: Founders' perspective. *Journal of East-West Business*, Vol. 25, Issue 1, 26–51. <https://doi.org/10.1080/10669868.2018.1503211>
21. Böttcher, T.P., Bootz, V., Zubko, T., Weking, J., Böhm, M., Krcmar, H. (2021). Enter the Shark Tank: The Impact of Business Models on Early Stage Financing. In: *Innovation Through Information Systems Volume III: A Collection of Latest Research on Management Issues*. Lecture Notes in Information Systems and Organisation. Vol. 48. Edited by F. Ahlemann, R. Schütte, S. Stieglitz. Springer Cham, 275–289. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-86800-0\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-030-86800-0_20)
22. Yusuf, A. (1997). An empirical investigation of the organisation life cycle model for small business development and survival in the South Pacific. *Journal of Enterprising Culture*, Vol. 5, No. 4, 423–445. <https://doi.org/10.1142/S0218495897000247>
23. Li, J. (2004). Place to Space: Migrating to E-business Models. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, Vol. 11, Issue 3, 418–419. <https://doi.org/10.1108/14626000410551690>
24. Singh, A. (2021). *Significance of Research Process in Research Work*. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3815032>
25. Adizes, I. (2004). *Managing Corporate Lifecycles*. Adizes Institute Publishing. Available at: <https://archive.org/search?query=external-identifier%3A%22urn%3Aoclc%3Aarcord%3A243597462%22>
26. Jabłoński, A., Jabłoński, M. (2020). *Digital Business Models: Perspectives on Monetisation*. London, Routledge, 214 p. <http://dx.doi.org/10.4324/9780429322679-4>
27. Dijkman, R.M., Sprenkels, B., Peeters, T., Janssen, A. (2015). Business models for the Internet of Things. *International Journal of Information Management*, Vol. 35, Issue 6, 672–678. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2015.07.008>
28. Olsen, R.K., Solvoll, M.K. (2018). Reinventing the business model for local newspapers by building walls. *Journal of Media Business Studies*, Vol. 15, Issue 1, 24–41. <https://doi.org/10.1080/16522354.2018.1445160>
29. Schuh, G., Wenger, L., Stich, V., Hicking, J., Gailus, J. (2020). Outcome economy: Subscription business models in machinery and plant engineering. *Procedia CIRP*, Vol. 93, 599–604. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.146>
30. Fiig, T., Goyons, O., Adelving, R., Smith, B. (2016). Dynamic pricing—The next revolution in RM? *Journal of Revenue and Pricing Management*, Vol. 15, 360–379. <https://doi.org/10.1057/rpm.2016.28>
31. Böhm, M., Weking, J., Fortunat, F., Müller, S., Welpe, I.M., Krcmar, H. (2017). The Business Model DNA: Towards an Approach for Predicting Business Model Success. *Wirtschaftsinformatik und Angewandte Informatik*. St. Gallen, 1006–1020. Available at: <https://wi2017.ch/images/wi2017-0333.pdf>
32. McKight, P.E., Najab, J. (2010). Kruskal-wallis test. *The Corsini Encyclopedia of Psychology*, Vol. 1, 1–10. <https://doi.org/10.1002/9780470479216.corpsy0491>

33. Ostertagova, E., Ostertag, O., Kováč, J. (2014). Methodology and application of the Kruskal-Wallis test. *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 611, 115–120. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.611.115>

34. von Delft, S., Zhao, Y. (2021). Business models in process industries: Emerging trends and future research. *Technovation*, Vol. 105, 102195. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102195>

35. Gompers, P.A., Gornall, W., Kaplan, S.N., Strebulaev, I.A. (2020). How do venture capitalists make decisions? *Journal of Financial Economics*, Vol. 135, Issue 1, 169–190. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2019.06.011>

36. Ghirvu, A.I. (2013) The AIDA Model for Advergaming. *The USV Annals of Economics and Public Administration*, Vol. 13, Issue 1, 90–98. Available at: <http://www.annals.seap.usv.ro/index.php/annals/article/viewFile/497/548>

37. Ch, P.D., Idqan, F., Imam, S.A. (2019). Factors affecting investor decisions to invest in startup: a case study of startup XYZ. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, Issue 5 (89), 217–226. <http://dx.doi.org/10.18551/rjoas.2019-05.27>

38. Sato, S. (2019). Freemium as optimal menu pricing. *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 63, 480–510. <https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2018.12.006>

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

### Darya Alekseevna Zubakina

Senior lecture, School of Economics and Management, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia (620002, Yekaterinburg, Mira street, 19); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3659-7019> e-mail: [d.a.zubakina@urfu.ru](mailto:d.a.zubakina@urfu.ru)

### Pavel Egorovich Koliassov

Bachelor's Degree in Management, School of Economics and Management, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia (620002, Yekaterinburg, Mira street, 19); ORCID <https://orcid.org/0009-0004-6022-8979> e-mail: [p.kolyasov@mail.ru](mailto:p.kolyasov@mail.ru)

## FOR CITATION

Zubakina, D.A., Koliassov, P.E. (2023). The Impact of the Business Model on the Size of Investments Received by a Startup at the Series A Stage in the US Market. *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 22, No. 3, 551–571. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.023>

## ARTICLE INFO

Received July 19, 2023; Revised August 23, 2023; Accepted September 4, 2023.

## Влияние бизнес-модели на размер инвестиций, полученных стартапом на стадии Series A на рынке США

Д. А. Зубакина  , П. Е. Колясов 

Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,  
г. Екатеринбург, Россия

 [d.a.zubakina@urfu.ru](mailto:d.a.zubakina@urfu.ru)

**Аннотация.** Множество исследований посвящено факторам, влияющим на рыночный успех стартапа. На ранних стадиях развития стартапа приоритетным является получение инвестиций. Однако тема влияния различных факторов, а именно выбора бизнес-модели, на размер инвестиций, полученных стартапом, является малоизученной. Целью данного исследования является оценка влияния бизнес-модели на размер инвестиций, полученных стартапом на стадии Series A. Проверяемая гипотеза – используемые стартапом паттерны бизнес-модели влияют на размер полученных инвестиций на стадии Series A на рынке США. Для достижения цели исследования и проверки гипотезы были применены Т-тест Стьюдента и тест Манна – Уитни на выборке из 2313 стартапов для сравнения групп, которые используют определенный паттерн бизнес-модели и не используют. В результате исследования было выявлено влияние бизнес-модели для разных отраслей. Исходя из того, что различные бизнес-модели имеют разное влияние на размер инвестиций, для основателей стартапов были выделены модели, приводящие к увеличению размера инвестиций и к уменьшению. Результаты данной статьи позволяют стартапам сравнить выбранную ими модель с теми, которые позволяют получить больший размер инвестиций, и изменить выбранную стратегию. Данное исследование отличается оригинальностью примененных методов и уникальным размером выборки в рамках оценки влияния фактора бизнес-модели. Результаты данного исследования служат толчком к включению фактора бизнес-модели в дальнейшие исследования, посвященные комплексной оценке инвестиционной привлекательности стартапа и создания модели машинного обучения для прогнозирования успешности получения инвестиций и размера инвестиций, на которые может рассчитывать стартап.

**Ключевые слова:** бизнес-модель; стартап; Series A; инвестиции; влияние; отрасль; финансирование.

### Список использованных источников

1. Krishna A., Agrawal A., Choudhary A. Predicting the Outcome of Startups: Less Failure, More Success // 2016 IEEE 16th International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW). IEEE, 2016. Pp. 798–805. <https://doi.org/10.1109/ICDMW.2016.0118>
2. Cantamessa M., Gatteschi V., Perboli G., Rosano M. Startups' Roads to Failure // Sustainability. 2018. Vol. 10, Issue 7. P. 2346. <https://doi.org/10.3390/su10072346>
3. Yusupova A.T., Ryazantseva A.V. High-Tech Entrepreneurship in the Russian Regions: Conditions for the Emergence of New Companies // Regional Research of Russia. 2022. Vol. 12. Pp. 143–153. <https://doi.org/10.1134/S207997052202023X>
4. Bednár R., Tarišková N. Indicators of startup failure // Industry 4.0. 2017. Vol. 2, Issue 5. Pp. 238–240. URL: [https://stumejournals.com/journals/i4/2017/5/238\\_full.pdf](https://stumejournals.com/journals/i4/2017/5/238_full.pdf)
5. Cassar G. The financing of business start-ups // Journal of Business Venturing. 2004. Vol. 19, Issue 2. Pp. 261–283. [https://doi.org/10.1016/S0883-9026\(03\)00029-6](https://doi.org/10.1016/S0883-9026(03)00029-6)

6. Massa L., Tucci C.L., Afuah A. A critical assessment of business model research // Academy of Management Annals. 2017. Vol. 11, No. 1. Pp. 73–104. <https://doi.org/10.5465/annals.2014.0072>
7. Zott C., Amit R., Massa L. The business model: recent developments and future research // Journal of Management. 2011. Vol. 37, Issue 4. Pp. 1019–1042. <https://doi.org/10.1177/0149206311406265>
8. DaSilva C.M., Trkman P. Business model: What it is and what it is not // Long Range Planning. 2014. Vol. 47, Issue 6. Pp. 379–389. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2013.08.004>
9. Schuh G., Studerus B., Hämmerle C. Development of a Life Cycle Model for Deep Tech Startups // Journal of Production Systems and Logistics. 2022. Vol. 2. P. 5. <https://doi.org/10.15488/11730>
10. Ewens M., Malenko N. Board Dynamics Over the Startup Life Cycle // Finance Working Paper No. 687/2020. European Corporate Governance Institute, 2022. 56 p. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3640898>
11. Pal A. Financing Small Tech Firms in India vs. Canada: A Comparative Study. 2021. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3890898>
12. Lyu S., Ling S., Guo K., Zhang H., Zhang K., Hong S., Ke Q., Gu J. Graph neural network based vc investment success prediction. Arxiv preprint arXiv:2105.11537. 2021. 11 p. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2105.11537>
13. Ross G., Das S., Sciro D., Raza H. CapitalVX: A machine learning model for startup selection and exit prediction // Journal of Finance and Data Science. 2021. Vol. 7. Pp. 94–114. <https://doi.org/10.1016/j.jfds.2021.04.001>
14. Sharchilev B., Roizner M., Rumyantsev A., Ozornin D. Web-based startup success prediction // Proceedings of the 27th ACM international conference on information and knowledge management. 2018. Pp. 2283–2291. <https://doi.org/10.1145/3269206.3272011>
15. Bai S., Zhao Y. Startup investment decision support: Application of venture capital scorecards using machine learning approaches // Systems. 2021. Vol. 9, Issue 3. P. 55. <https://doi.org/10.3390/systems9030055>
16. Gastaud C., Carniel T., Dalle J.M. The varying importance of extrinsic factors in the success of startup fundraising: competition at early-stage and networks at growth-stage. ArXiv preprint arXiv:1906.03210. 2019. 14 p. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1906.03210>
17. Montani D., Gervasio D., Pulcini A. Startup company valuation: The state of art and future trends // International Business Research. 2020. Vol. 13, No. 9. Pp. 31–45. <https://doi.org/10.5539/ibr.v13n9p31>
18. Weking J., Böttcher T.P., Hermes S., Hein A. Does Business Model Matter for Startup Success? A Quantitative Analysis. Proceedings of the 27th European Conference on Information Systems (ECIS), Stockholm & Uppsala, Sweden. 2019. 77. URL: <https://aisel.aisnet.org/ecis2019/rip/77>
19. Gassmann O., Frankenberger K., Csik M. The St. Gallen business model navigator. Working Paper University of St. Gallen. University of St. Gallen, 2013. URL: <https://bnilab.com/business-model-navigator-full-paper>
20. Prohorovs A., Bistrova J., Ten D. Startup success factors in the capital attraction stage: Founders' perspective // Journal of East-West Business. 2019. Vol. 25, Issue 1. Pp. 26–51. <https://doi.org/10.1080/10669868.2018.1503211>
21. Böttcher T.P., Bootz V., Zubko T., Weking J., Böhm M., Krcmar H. Enter the Shark Tank: The Impact of Business Models on Early Stage Financing // In: Innovation Through Information Systems Volume III: A Collection of Latest Research on Management Issues. Lecture Notes in Information Systems and Organisation. Vol. 48. Edited by F. Ahlemann, R. Schütte, S. Stieglitz. Springer Cham, 2021. Pp. 275–289. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-86800-0\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-030-86800-0_20)
22. Yusuf A. An empirical investigation of the organisation life cycle model for small business development and survival in the South Pacific // Journal of Enterprising Culture. 1997. Vol. 5, No. 4. Pp. 423–445. <https://doi.org/10.1142/S0218495897000247>



23. Li J. Place to Space: Migrating to E–business Models // *Journal of Small Business and Enterprise Development*. 2004. Vol. 11, Issue 3. Pp. 418–419. <https://doi.org/10.1108/14626000410551690>
24. Singh A. Significance of Research Process in Research Work. 2021. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3815032>
25. Adizes I. *Managing Corporate Lifecycles*. Adizes Institute Publishing. 2004. URL: <https://archive.org/search?query=external-identifier%3A%22urn%3Aoclc%3Arecord%3A243597462%22>
26. Jabłoński A., Jabłoński M. *Digital Business Models: Perspectives on Monetisation*. London: Routledge, 2020. 214 p. <http://dx.doi.org/10.4324/9780429322679-4>
27. Dijkman R.M., Sprenkels B., Peeters T., Janssen A. Business models for the Internet of Things // *International Journal of Information Management*. 2015. Vol. 35, Issue 6. Pp. 672–678. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2015.07.008>
28. Olsen R.K., Solvoll M.K. Reinventing the business model for local newspapers by building walls // *Journal of Media Business Studies*. 2018. Vol. 15, Issue 1. Pp. 24–41. <https://doi.org/10.1080/16522354.2018.1445160>
29. Schuh G., Wenger L., Stich V., Hicking J., Gailus J. Outcome economy: Subscription business models in machinery and plant engineering // *Procedia CIRP*. 2020. Vol. 93. Pp. 599–604. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.146>
30. Fiig T., Goyons O., Adelving R., Smith B. Dynamic pricing–The next revolution in RM? // *Journal of Revenue and Pricing Management*. 2016. Vol. 15. Pp. 360–379. <https://doi.org/10.1057/rpm.2016.28>
31. Böhm M., Weking J., Fortunat F., Müller S., Welpel I.M., Krcmar H. The Business Model DNA: Towards an Approach for Predicting Business Model Success // *Wirtschaftsinformatik und Angewandte Informatik*. St. Gallen, 2017. Pp. 1006–1020. URL: <https://wi2017.ch/images/wi2017-0333.pdf>
32. McKight P.E., Najab J. Kruskal-wallis test // *The Corsini Encyclopedia of Psychology*. 2010. Vol. 1. Pp. 1–10. <https://doi.org/10.1002/9780470479216.corpsy0491>
33. Ostertagova E., Ostertag O., Kováč J. Methodology and application of the Kruskal-Wallis test // *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol. 611. Pp. 115–120. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.611.115>
34. von Delft S., Zhao Y. Business models in process industries: Emerging trends and future research // *Technovation*. 2021. Vol. 105. P. 102195. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102195>
35. Gompers P.A., Gornall W., Kaplan S.N., Strebulaev I.A. How do venture capitalists make decisions? // *Journal of Financial Economics*. 2020. Vol. 135, Issue 1. Pp. 169–190. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2019.06.011>
36. Ghirvu A.I. The AIDA Model for Advergames // *The USV Annals of Economics and Public Administration*. 2013. Vol. 13, Issue 1. Pp. 90–98. URL: <http://www.annals.seap.usv.ro/index.php/annals/article/viewFile/497/548>
37. Ch P.D., Idqan F., Imam S.A. Factors affecting investor decisions to invest in startup: a case study of startup XYZ // *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2019. Issue 5 (89). Pp. 217–226. <http://dx.doi.org/10.18551/rjoas.2019-05.27>
38. Sato S. Freemium as optimal menu pricing // *International Journal of Industrial Organization*. 2019. Vol. 63. Pp. 480–510. <https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2018.12.006>

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

### Зубакина Дарья Алексеевна

Старший преподаватель Института экономики и управления Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3659-7019> e-mail: [d.a.zubakina@urfu.ru](mailto:d.a.zubakina@urfu.ru)

### **Колясов Павел Егорович**

Бакалавр в области менеджмента, Институт экономики и управления Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); ORCID <https://orcid.org/0009-0004-6022-8979> e-mail: [p.kolyasov@mail.ru](mailto:p.kolyasov@mail.ru)

### **ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ**

Зубакина Д.А., Колясов П.Е. Влияние бизнес-модели на размер инвестиций, полученных стартапом на стадии Series A на рынке США // Journal of Applied Economic Research. 2023. Т. 22, № 3. С. 551–571. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.023>

### **ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ**

Дата поступления 19 июля 2023 г.; дата поступления после рецензирования 23 августа 2023 г.; дата принятия к печати 4 сентября 2023 г.



## Оценка и прогнозирование углеродного следа металлургических предприятий Свердловской области

Н. В. Стародубец<sup>1</sup>  , И. С. Белик<sup>1</sup> , Н. Л. Никулина<sup>2</sup> , Т. Т. Аликберова<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> Институт экономики Уральского отделения РАН,  
г. Екатеринбург, Россия

 [n.v.starodubets@gmail.com](mailto:n.v.starodubets@gmail.com)

**Аннотация.** Достижение целей по снижению выбросов парниковых газов обеспечивается в том числе за счет мер прямого ценового регулирования, для реализации которых необходимым условием является расчет углеродного следа продукции. В то же время целевые значения углеродного следа могут использоваться в качестве управляющих параметров для установления отраслевых показателей снижения выбросов парниковых газов, а также для предоставления мер государственной поддержки предприятий. Целью работы является развитие методического подхода к использованию показателя «углеродный след продукции» в качестве параметра оценки текущего и прогнозного значений выбросов парниковых газов предприятий отраслей, попадающих под углеродное регулирование. Гипотеза исследования состоит в обосновании применения целевых значений показателя «углеродный след продукции» для стратегических оценок выбросов парниковых газов в процессе декарбонизации отраслей промышленности. Для этого в работе рассмотрен организационно-экономический механизм Европейской системы торговли квотами на выбросы парниковых газов. Описан методический подход к определению углеродного следа металлургической продукции, выполнены расчеты углеродного следа металлургических предприятий Свердловской области. Расчеты, основанные на усредненных показателях углеродоемкости продукции российских металлургических предприятий, показали, что совокупный углеродный след металлургического сектора Свердловской области по итогам 2021 г. составляет 21,8 млн тонн CO<sub>2</sub>-экв., целевое его значение может составлять 16,7 млн тонн CO<sub>2</sub>-экв. Различия в значениях обусловлены существующей структурой выпускаемой продукции и применяемыми технологиями. Разработка стандартных метрик оценки выбросов парниковых газов на уровне предприятия, регулярное проведение такой оценки и ее подтверждение независимой организацией (верификация) является подготовительным этапом, дающим возможность запуска механизма торговли квотами на выбросы парниковых газов на уровне региона или страны. Также углеродный след продукции может выступать управляющим параметром в ходе установления количественных значений объема снижения выбросов парниковых газов. Предлагаемый методический подход может использоваться лицами, принимающими решения, для формирования региональной политики декарбонизации.

**Ключевые слова:** торговля квотами на выбросы; углеродоемкость продукции; учет выбросов парниковых газов; инструменты углеродного регулирования; выбросы парниковых газов в металлургии; бенчмаркинг; наилучшие доступные технологии; декарбонизация.

## 1. Введение

Для достижения целей, связанных со снижением воздействия на климат, все больше стран, регионов, городов, компаний вводят системы регулирования выбросов парниковых газов (ПГ). Так, к 2021 г. было введено более 60 программ по углеродному регулированию на местном, национальном и международном уровнях [1]. При этом в программах используются как административные (в основном законодательные ограничения, нормативы, стандарты и др.), так и экономические меры регулирования выбросов ПГ.

Задачей экономических мер является создание мотивации к сокращению выбросов ПГ с помощью экономической заинтересованности. В качестве стимулирующих инструментов, относящиеся к прямому ценовому углеродному регулированию (*direct carbon pricing instruments*) используют углеродный налог, стоимость разрешения на единицу выбросов ПГ в рамках системы торговли квотами на выбросы, плата за углеродное содержание ввозимой продукции, углеродное

софинансирование проектов (*carbon crediting mechanism*) и др.

Подробная классификация мер углеродного регулирования содержится в работе Белик и др. [2]. Обзор инструментов прямого ценового углеродного регулирования и факторов, влияющих на цену углерода, представлен в работе Ji et al. [3].

В мировой практике также находят применение меры косвенного ценового углеродного регулирования, оказывающие опосредованное влияние на цену углеродоемких товаров, например дополнительные налоги на топливо с высоким углеродным содержанием и др. При этом наиболее распространенными в мире являются системы углеродного налогообложения и системы торговли квотами на выбросы.

По данным Всемирного банка<sup>1</sup>, в апреле 2022 г. прямые ценовые ме-

<sup>1</sup> World Bank. 2022. State and Trends of Carbon Pricing 2022. State and Trends of Carbon Pricing. Washington, DC: World Bank. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/a1abead2-de91-5992-bb7a-73d8aaaf767f>

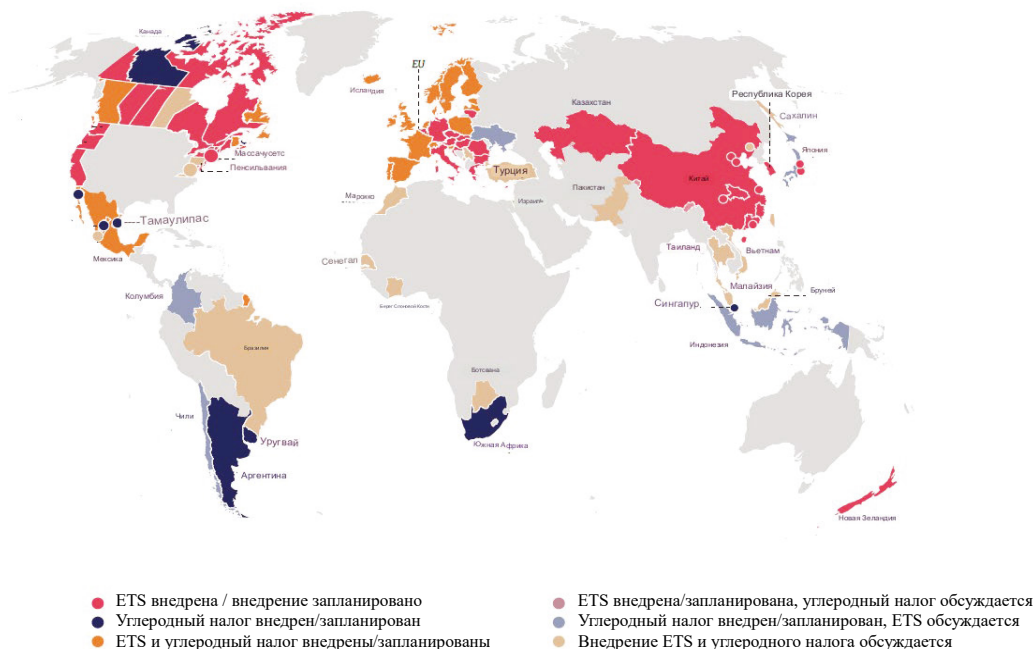


Рис. 1. Распространение механизмов ценового углеродного регулирования в мире  
 Figure 1. Distribution of carbon pricing instruments in the world

ханизмы регулирования выбросов ПГ покрывали 23 % глобальных выбросов ПГ и включали в себя 37 страновых систем углеродного налогообложения, и 34 страновых системы торговли квотами на выбросы (*Emissions trading system (ETS)*) (рис. 1), крупнейшей из которых является европейская система торговли квотами на выбросы – *EU ETS*, которая в 2021 г. включала в себя 10,4 тыс. установок промышленных предприятий и 350 авиалиний, под ее регулированием находились 36 % всех выбросов ПГ ЕС<sup>1</sup>.

Успешное применение ценовых механизмов углеродного регулирования одними странами и отсутствие подобных механизмов в других странах привело к активному обсуждению проблемы «утечки» углерода (*carbon leakage*) – перемещения производств в страны с низкими углеродными издержками. ЕС увидел потенциальное решение данной проблемы во внедрении наднациональной меры углеродного регулирования – трансграничного углеродного регулирования (ТУР).

Предпосылки создания механизма ТУР, его возможности в борьбе с утечками углерода и его перспективы описаны в работе Makhholm [4]. Описание механизма ТУР, его участников, взаимодействия между ними и порядка расчета платежей в рамках ТУР применительно к российским предприятиям содержится в работах Стародубец и др. [5], Belik et al. [6].

Принцип действия механизма ТУР заключается в необходимости приобретения предприятиями, импортирующими углеродоемкую продукцию в ЕС, специальных углеродных сертификатов, которые бы покрывали содержание углерода во ввозимой продукции. По сути, речь идет об уплате импортером в ЕС

своеобразной ввозной пошлины на углерод, что делает механизм ТУР по своей природе схожим с углеродным налогообложением. При этом средства, полученные регулятором, будут направлены на меры декарбонизации внутри ЕС.

Введение данного механизма ориентировано на решение проблемы «утечки» углерода и на стремление сохранить конкурентоспособность отраслей ЕС, производящих углеродоемкую продукцию. Другие страны мира также рассматривают возможность внедрения подобных механизмов, в частности перспективы введения мер ценового углеродного регулирования в странах Азиатского региона рассмотрены в работе Doda et al. [7].

Поскольку основой для расчета величины платежей в рамках ТУР, торговли квотами на выбросы, углеродного налога является углеродное содержание конкретного товара, участники перечисленных механизмов должны последовательно измерять углеродный след своей продукции. При этом желательно, чтобы подходы к его измерению были схожи. О важности использования единых подходов к определению удельных выбросов парниковых газов на корпоративном уровне говорится, в частности, в работе Volay et al. [8].

Также без информации о выбросах ПГ конкретных установок невозможно задать целевые значения выбросов ПГ для предприятий отрасли, в том числе при формировании территориальных рынков торговли квотами на выбросы парниковых газов. В этом смысле определение углеродного следа предприятий определенной территории является необходимым подготовительным этапом при создании таких рынков, что отмечено в работе Bailey [9].

*Целью работы* является развитие методического подхода к использованию показателя «углеродный след продукции» в качестве целевого для оценки текущего и прогнозного значений выбросов парниковых газов предприятий

<sup>1</sup> EU ETS 101. A beginner's guide to the EU's Emissions Trading System. URL: <https://carbonmarketwatch.org/publications/eu-ets-101-a-beginners-guide-to-the-eus-emissions-trading-system/>

отраслей, попадающих под углеродное регулирование.

*Гипотеза исследования* состоит в обосновании применения целевых значений показателя «углеродный след продукции» для стратегических оценок выбросов парниковых газов в процессе декарбонизации отраслей промышленности.

Для достижения цели выполнены следующие *задачи*, что нашло отражение в структуре статьи:

1. Описать организационно-экономический механизм европейской системы торговли квотами на выбросы ПГ (*EU ETS*), а также описать подход к определению выбросов парниковых газов промышленных предприятий.

2. Рассмотреть существующие методические подходы к определению углеродного следа продукции, дать их оценку.

3. Выполнить расчеты углеродного следа металлургических предприятий Свердловской области.

4. Выполнить прогноз выбросов ПГ для металлургических предприятий Свердловской области с использованием целевых значений углеродного следа металлургической продукции как управляющего параметра.

## 2. Литературный обзор

### 2.1. Способы интернализации внешних эффектов

Выбросы загрязняющих веществ, в том числе и выбросы ПГ, традиционно относят к так называемым внешним эффектам – дополнительным издержкам населения, государства, компаний, которые не участвуют в конкретных рыночных сделках, но вынуждены нести расходы на восстановление здоровья, на устранение последствий изменения климата (наводнения, засухи и т. д.), на восстановление почв и проч. Содержание внешних эффектов подробно описано в работе Randall [10].

Для справедливого учета внешних эффектов и реализации принципа

«загрязнитель платит» необходимо их интернализировать, что может быть реализовано с помощью внешних соглашений (теорема Коуза [11]), либо с помощью государственного вмешательства.

Согласно Коузу [11], государственное вмешательство не требуется в случае, если четко определены права собственности, вовлечено небольшое число участников, величина транзакционных издержек по совершению сделки мала. В этом случае роль государства сводится к поощрению к сделке между заинтересованными лицами. Определяя право собственности, государство устанавливает цену для внешнего эффекта, создавая вмененные издержки для обеих сторон, как следствие, возникает потребность найти решение проблемы внешних эффектов происходит их интернализация.

Критика теоремы Коуза состоит в том, что в реальности чаще всего речь идет о большом числе участников, крупных сделках и большой величине транзакционных издержек, что, в частности, описывается в работе Данилова-Данильяна [12]. При этом главным выводом из теоремы Коуза может являться тот факт, что четко сформулированные права собственности на внешние эффекты способствуют решению проблемы внешних эффектов.

Другим способом интернализации внешних эффектов является государственное вмешательство, реагирующее на так называемые «провалы рынка» – ситуации, когда рынок не может интернализировать внешние эффекты самостоятельно, и которое заключается в прямом контроле (законы, запрещающие отдельные виды деятельности, все виды нормирования и проч.), вводе налогов («пигувианские» налоги на загрязнение окружающей среды Пигу [13]). Именно по данному пути в основном развивалось государственное регулирование в сфере охраны окружающей среды и рационального природопользования.

Также может применяться ограниченное государственное вмешательство (как комбинация двух вышеприведенных подходов), когда, например, государство законодательно формирует рынок прав на внешние эффекты, участвует в создании институциональной площадки для торговли данными правами и затем контролирует ее работу, задавая необходимые стратегические ориентиры.

Примером реализации такого регулирования является механизм торговли квотами на выбросы на площадке *EU ETS*, который действует в Европейском союзе с 2005 г. Подробное описание механизма и экономический эффект от его работы представлен в работе Zhang & Wei [14]. В работе Convery [15] представлена история создания и развития Европейской системы торговли квотами на выбросы.

## 2.2. Обзор механизма работы *EU ETS*

*EU ETS* относится к механизму *cap-and-trade* – ограничений и торговли. Ограничиваются в данном случае выбросы ПГ в текущем периоде. Постепенное снижение величины разрешенных выбросов позволяет достигать

ЕС долгосрочных низкоуглеродных целей. В 2023 г. долгосрочной целью является сокращение выбросов ПГ на 55% до 2030 г. в сравнении с уровнем 1990 г. – *Fit for 55 package*. Подробное описание амбициозных долгосрочных целей ЕС по снижению выбросов ПГ содержится в работе Queminn [16].

Таким образом, предельная величина выбросов ПГ фиксируется государством, в то время как цена на единицу выбросов устанавливается рынком. В настоящее время углеродное регулирование ЕС распространяется на следующие секторы: производство электроэнергии, промышленность, авиация.

В рамках *EU ETS* государством устанавливается фиксированный верхний предел выбросов ПГ («потолок»), отвечающий национальным целям по снижению выбросов ПГ, который затем переводится в квоты (разрешения) на выбросы – *EU Allowances (EUA)*, каждая из которых дает разрешение на выброс одной тонны  $\text{CO}_2$ -эквивалента.

Все разрешения делятся на две части: 1) часть квот поступает на аукцион; 2) другая часть распределяется бесплатно между предприятиями отраслей, подверженных риску утечки углерода.

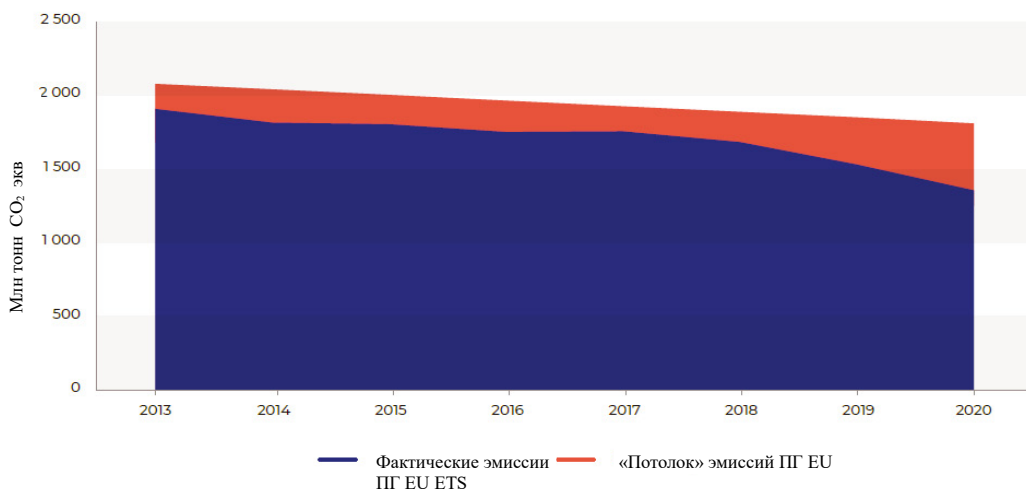


Рис. 2. Фактические эмиссии ПГ ЕС и «потолок» эмиссий ПГ за 2013–2020 гг.<sup>1</sup>

Figure 2. Actual EU GHG emissions and GHG emission cap for 2013–2020

Очевидно, что цена на единицу разрешения во многом зависит от величины разрешений на выбросы ПГ, поступившей на аукцион, в 2021 г. их доля составила 57%. Данный вопрос является предметом обсуждения. Подробное критическое описание механизма распределения квот и возникающих сложностей содержится в работе Sato et al. [17]. Фактические выбросы ПГ ЕС и «потолок» представлены на рис. 2.

Что касается участия предприятий в *EU ETS*, до 30 апреля каждого года все предприятия, попадающие под углеродное регулирование, должны передать в регистрирующий орган (*Central Registry*) число разрешений на выбросы (*EUAs*), равное выбросам парниковых газов предприятия за прошлый год. Неиспользованные разрешения на выбросы (*EUAs*) могут быть проданы другим предприятиям либо сохранены для использования в последующие периоды. Для предприятий обязательны ежегодный учет выбросов парниковых газов и верификация отчетности у независимой организации.

У предприятий существует три способа получения разрешений на выбросы ПГ для покрытия своих фактических углеродных выбросов.

*Во-первых*, приобрести на аукционе, который проводит *European Energy Exchange*. Доходы от продажи разрешений на выбросы ПГ поступают в страны – участники *EU ETS* в объеме, пропорционально их доле в совокупных выбросах ПГ ЕС. Половина указанных доходов должна быть использована на мероприятия, связанные со снижением выбросов ПГ. За период с 2013 по 2020 г. доходы от продажи

*EUA* составили 68 млрд евро, из которых 19 млрд были получены в 2020 г.<sup>2</sup>

*Во-вторых*, получить бесплатно в том случае, если отрасль подвержена «утечке» углерода. Фактически в список таких отраслей попадает вся промышленность (кроме энергетики, где бесплатные разрешения не выдаются с 2013 г.) и авиация. При этом количество бесплатных разрешений, на которое может рассчитывать предприятие, будет определено исходя из значений удельных выбросов ПГ 10% лучших с точки зрения углеродоемкости установок ЕС. Данное условие призвано стимулировать предприятия снижать свой углеродный след: в случае, если фактические выбросы ПГ окажутся выше расчетных, предприятию придется приобрести недостающие разрешения на выбросы. Если же предприятие не превысит расчетные показатели, излишком разрешений оно может распорядиться по своему усмотрению.

На сегодняшний день до 95% выбросов ПГ промышленных предприятий и авиации покрывается бесплатными разрешениями, что является предметом обсуждений и возможных изменений, поскольку существует справедливое мнение, что раздача бесплатных разрешений не стимулирует промышленные предприятия снижать углеродоемкость [18]. С началом работы ТУР с 2025 г. предполагается, что доля бесплатных квот будет снижаться, т.к. промышленные предприятия ЕС получают защиту от «утечки» углерода [19].

*В-третьих*, приобрести на вторичном рынке. На сегодняшний день можно продавать и покупать *EUAs*, в том числе полученные бесплатно.

Схематично взаимодействие между участниками *EU ETS* представлено на рис. 3.

<sup>1</sup> EU ETS 101. A beginner's guide to the EU's Emissions Trading System. URL: <https://carbonmarketwatch.org/publications/eu-ets-101-a-beginners-guide-to-the-eus-emissions-trading-system/>

<sup>2</sup> EU ETS 101. A beginner's guide to the EU's Emissions Trading System. URL: <https://carbonmarketwatch.org/publications/eu-ets-101-a-beginners-guide-to-the-eus-emissions-trading-system/>





Рис. 3. Организационная схема EU ETS

Figure 3. EU ETS organizational chart

Таким образом, для всех предприятий, участвующих в системе торговли квотами на выбросы, актуальным становится определение углеродного следа своей продукции.

*Во-первых*, от этого зависит величина приобретаемых разрешений на выбросы ПГ.

*Во-вторых*, очевидно, у предприятий возникает потребность сравнивать свои показатели с целевыми («эталонными») значениями по соответствующим технологическим процессам, с так называемыми бенчмарками, а для предприятий, получающих бесплатные разрешения на выбросы ПГ, сравнение с показателями 10% лучших с точки зрения углеродоемкости установок ЕС является строго обязательным. Бенчмарки также широко используются при определении целевых показателей выбросов ПГ на уровне проекта, предприятия, региона, страны, в том числе при принятии решения о предоставлении «зеленого» финансирования.

*В-третьих*, в рамках ТУР в определенных случаях при расчете величины углеродных платежей предприятиями-импортерами предполагается использование усредненных значений 10% худших с точки зрения углеродоемкости установок ЕС.

При этом необходима сопоставимость между подходами к определению

углеродного следа предприятия и системами бенчмаркинга, о чем пойдет речь в следующем разделе статьи.

### 2.3. Обзор методических подходов к определению углеродного следа металлургических предприятий

Металлургический сектор является крупным источником выбросов парниковых газов, на его долю приходится 7% общих мировых выбросов<sup>1</sup>. Доля металлургии в структуре антропогенных выбросов парниковых газов в России составляет 4,8%. Такие оценки приводятся в работе Симонян [20]. Для производства стали используется природное сырье и/или металлолом. Наиболее распространенными маршрутами производства стали в мире являются маршрут доменная печь – кислородный конвертер и электродуговая печь с использованием лома.

Общий подход к оценке углеродного следа продукции и организации в целом базируется на методологии Межправительственной группы экспертов по изменению климата. Он

<sup>1</sup> Iron and Steel Technology Roadmap: Towards More Sustainable Steelmaking, International Energy Agency. URL: <https://www.iea.org/reports/iron-and-steel-technology-roadmap>

подробно описан в серии стандартов ISO 14064 (в РФ – ГОСТ Р ИСО 14064). Особенности применения стандартов описаны в работе Gao et al. [21].

Дополнительно при оценке углеродного следа товара (услуги) возникают вопросы, связанные с определением границ такой оценки. Ответ на них представлен в теории и практике оценки жизненного цикла товара/услуги (*Life Cycle Assessment*), который базируется на ISO 14040/44. В нем содержатся основные принципы и составляющие данного метода: выбор границ системы и единиц измерения, подходы к проведению оценки, включая оценку неопределенности. Основной идеей является оценка совокупного воздействия на окружающую среду, включая выбросы парниковых газов, на протяжении всего жизненного цикла товара (услуги).

Существует большой пул работ, в которых была выполнена оценка углеродного следа металлургической продукции на основании стандартов, приведенных выше.

Renzulli et al. [22] приводят оценку воздействия производства стали по маршруту доменная печь – кислородный конвертер, включая выбросы парниковых газов, для итальянского металлургического завода полного цикла.

Аналогичные расчеты с применением подхода оценки жизненного цикла выполнены:

- для металлургических заводов Австралии Norgate et al. [23];

- для металлургического завода полного цикла в Польше Burchart-Korol [24];

- для нескольких металлургических предприятий полного цикла Chisalita et al. [25];

- для металлургического завода полного цикла в Германии Backes et al. [26].

Во всех приведенных исследованиях использовался единый подход к оценке воздействия производства стали на окружающую среду, включая выбросы парниковых газов, «от колыбели до ворот»

(cradle-to-gate), с учетом потребления электроэнергии из сети, что соответствует охвату 1, 2 в соответствии с ISO 14064.

Во всех приведенных работах были получены сопоставимые результаты по удельным выбросам парниковых газов на тонну произведенной стали по маршруту доменная печь – кислородный конвертер, и они составили от 1,6 т CO<sub>2</sub>-экв./т продукции до 2,3 т CO<sub>2</sub>-экв./т продукции.

Аналогичные расчеты были выполнены для производства стали по маршруту лом – электродуговая печь, и удельные значения выбросов парниковых газов составили от 0,6 до 0,9 т CO<sub>2</sub>-экв./т продукции (IEAGHG (2011)<sup>1</sup>).

Лисиенко и др. [27] с использованием авторского методического подхода к определению «сквозных эмиссий» парниковых газов, который не противоречит ни основам подхода оценки жизненного цикла товаров/услуг, ни принципам, заложенным в ISO 14064, выполнили оценку выбросов парниковых газов (без учета косвенных эмиссий от энергоресурсов) для различных сочетаний переделов металлургических производств.

В работе ЦЭНЭФ-XXI<sup>2</sup> приводятся оценки углеродного следа продукции российских металлургических предприятий для разных маршрутов производства стали, и они составляют 2,213 т CO<sub>2</sub>-экв./т чугуна, 1,896 т CO<sub>2</sub>-экв./т конверторной стали, 0,321 т CO<sub>2</sub>-экв./т электростали (охваты 1, 2 в соответствии с ISO 14064).

<sup>1</sup> IEAGHG. Potential for Biomass and Carbon Dioxide Capture and Storage. International Energy Agency Greenhouse Gas. Research & Development Programme, Paris. URL: <https://ieaghg.org/publications/technical-reports/reports-list/9-technical-reports/1033-2011-06-potential-for-biomass-and-carbon-dioxide-capture-and-storage>

<sup>2</sup> ЦЭНЭФ. СВМ. Последствия для российской экономики. URL: <https://cenef-xxi.ru/articles/issledovanie-cenef-xxi-%22cbam.-posledstviya-dlya-rossijskoj-ekonomiki%22>

Существуют национальные и отраслевые рекомендации по определению углеродного следа продукции, которые разрабатываются также с учетом вышеприведенных стандартов ISO 14064 и ISO 14040/44.

К отраслевым рекомендациям относятся рекомендации: 1) EUROFER для черных металлов; 2) Fertilizers Europe для удобрений; 3) European Aluminum Association для алюминия; 4) European Cement Association для цемента.

Что касается национальных рекомендаций, в ЕС действует документ, определяющий принципы и порядок определения углеродного следа продукции<sup>1</sup>, на основании которого рассчитаны удельные показатели углеродоемкости 10% лучших с точки установок ЕС (бенчмарки) для 54 товаров<sup>2</sup>, которые затем используется для расчета величины бесплатно выдаваемых квот на выбросы ПГ.

При этом следует отметить, что при расчете углеродного следа в данном случае используются в основном прямые выбросы ПГ, и только для алюминия и электростали используются значения прямых и косвенных эмиссий.

В России действуют Методика количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов, Приказ Минприроды РФ от 27 мая 2022 г. № 371 (далее – Методика)<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Commission Delegated Regulation (EU) 2019/331 of 19 December 2018 determining transitional Union-wide rules for harmonised free allocation of emission allowances pursuant to Article 10a of Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council.

<sup>2</sup> Commission Implementing Regulation (EU) 2021/447 of 12 March 2021 determining revised benchmark values for free allocation of emission allowances for the period from 2021 to 2025 pursuant to Article 10a (2) of Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council // Official Journal of the European Union L 87/29.

<sup>3</sup> Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов //

Основные принципы учета выбросов ПГ предприятия согласно Методике:

1. В границы количественного определения выбросов включаются прямые выбросы ПГ, которые происходят непосредственно от объектов организации и осуществляемых процессов.

2. Несущественные источники выбросов ПГ предприятия, которые составляют менее 5% в год от суммарных выбросов в организации, но не более 50 тыс т. CO<sub>2</sub>-экв. в год, могут быть исключены из рассмотрения.

3. Методы, которые используются для количественного определения выбросов ПГ, включают в себя:

– метод расчета на основе данных о деятельности и коэффициентов выбросов;

– метод расчета на основе материально-сырьевого баланса;

– метод расчета на основе периодических измерений выбросов парниковых газов;

– метод непрерывного мониторинга выбросов парниковых газов.

4. При отсутствии необходимых данных для количественного определения выбросов ПГ могут использоваться справочные данные из других источников информации с обязательной ссылкой на источники информации.

Для металлургических предприятий в границы определения выбросов ПГ входят следующие процессы: 1) производство кокса; 2) производство агломерата; 3) производство железорудных окатышей; 4) производство железа прямого восстановления; 5) производство чугуна; 6) производство кислородно-конвертерной и мартеновской стали; 7) производство электростали; 8) производство стального проката.

Количественное определение выбросов ПГ для предприятий черной

Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 27 мая 2022 года № 371. URL: <https://docs.cntd.ru/document/350962750?marker=65201M>

металлургии, согласно Методике, может осуществляться с использованием двух равнозначных методических подходов.

*Первый подход* предполагает расчет выбросов ПГ для каждого металлургического процесса в отдельности на основе углеродного баланса предприятия, с использованием данных о расходе углеродосодержащего сырья, материалов, восстановителя, топлива на производство металлургической продукции и удельного содержания углерода в них.

*Второй подход* предлагает определять выбросы ПГ от металлургических процессов и иных источников предприятия в совокупности на основе данных о движении углеродосодержащих ресурсов на производство металлургической продукции (с учетом изменения запасов) и удельного содержания углерода в них. И именно данный подход предлагается использовать в ГОСТ Р 113.26.01–2022. Под бенчмарками здесь понимается количественная оценка удельных выбросов парниковых газов, которая измеряется в тоннах CO<sub>2</sub>-экв. на единицу производственной деятельности<sup>1</sup>.

Другими словами, бенчмарки являются индикативными показателями углеродной эффективности производственных процессов, которые, с одной стороны, позволяют сравнивать предприятия отрасли между собой и с другими мировыми производителями (данные о мировых производителях продукции черной металлургии приводятся в докладах The World Steel Association<sup>2</sup> и The International Energy Agency<sup>3</sup>).

<sup>1</sup> ГОСТ Р 113.00.11–2022. Наилучшие доступные технологии. Порядок проведения бенчмаркинга удельных выбросов парниковых газов в отраслях промышленности.

<sup>2</sup> WSA. Steel Statistical Yearbooks 2020s. URL: <https://worldsteel.org/steel-by-topic/statistics/annual-production-steel-data/>

<sup>3</sup> Iron and Steel Technology Roadmap: Towards More Sustainable Steelmaking, International Energy Agency. URL: <https://www.iea.org/reports/iron-and-steel-technology-roadmap>

С другой стороны, бенчмарки по удельным выбросам ПГ могут служить инструментом государственной промышленной политики: их включают в справочники по НДТ, что описано в работе Доброхотовой и Матушанского [28]. Также они применяются как один из критериев оценки инвестиционных проектов модернизации в рамках оказания мер государственной поддержки: такого рода предложения описаны в работах Волосатовой и др. [29], Скобелева и Ученова [30].

#### **2.4. Оценка методических подходов к определению углеродного следа**

Особенностью методического подхода, используемого в ГОСТ Р 113.26.01–2022, является то, что в нем предлагается учитывать как прямые, так и косвенные выбросы ПГ. Совокупные удельные выбросы ПГ для каждого технологического процесса включают в себя: 1) прямые выбросы в границах производственного процесса (передела) без учета вторичных топливных газов; 2) выбросы, связанные с электроэнергией; 3) выбросы, связанные с тепловой энергией; 4) выбросы, связанные с техническими газами и дутьем.

Вероятно, применение такого подхода обусловлено тем, что в этом случае возможно получение сопоставимых показателей удельных выбросов ПГ для сравнения с ведущими мировыми производителями: в оценках удельной углеродоемкости WSA и IEA используется тот же подход. Различные подходы к определению бенчмарков в черной металлургии описаны в работе Башмакова и др. [31]. Включение в расчеты косвенных выбросов ПГ от потребления тепловой и электрической энергии стимулирует осуществление энергосберегающих проектов на самом предприятии.

Расчеты удельных прямых выбросов ПГ в ГОСТ Р 113.26.01–2022 строятся на данных об удельных объемах

использования углеродсодержащих ресурсов в границах производственного процесса и содержания углерода в них.

Удельные выбросы ПГ, связанные с электроэнергией, рассчитываются с использованием данных об удельном потреблении электроэнергии в границах производственного процесса (передела), об удельной выработке электроэнергии на источнике, находящемся в границах производственного процесса (передела) и коэффициента выбросов ПГ для электроэнергии.

Расчет удельных выбросов ПГ, связанных с тепловой энергией, выполняется с использованием информации об удельном потреблении тепловой энергии (в паре и горячей воде) в границах производственного процесса (передела), об удельной выработке тепловой энергии (в паре и горячей воде) в границах производственного процесса (передела) и коэффициента выбросов ПГ для тепловой энергии.

Расчет удельных выбросов ПГ, связанных с техническими газами и дутьем, выполняется с использованием информации об удельном потреблении соответствующего технического газа (кислород, азот, аргон), доменного дутья в границах производственного процесса (передела) и коэффициента выброса ПГ для соответствующего технического газа, доменного дутья.

Использование предлагаемых Методикой и ГОСТ Р 113.26.01–2022 подходов требует детальной информации о движении сырья, материалов, энергетических ресурсов на предприятии. Данная работа для российских металлургических предприятий описана в ИТС 26–2022 «Производство чугуна, стали и ферросплавов» (Приложение Д. Индикативные показатели удельных выбросов парниковых газов)<sup>1</sup>.

### 3. Методология исследования

#### 3.1. Данные

В настоящей статье авторы опираются на данные, собранные и обработанные в процессе обновления справочника ИТС 26–2022 «Производство чугуна, стали и ферросплавов» коллективом авторов под руководством Минпромторга России. Для расчета индикативных показателей удельных выбросов ПГ использовались данные по годовому объему производства и потребленным ресурсам по 30 предприятиям отрасли черной металлургии, являющихся крупнейшими производителями металлургической продукции в Российской Федерации и обеспечивающих порядка 98 % производства чугуна и 90 % стали и проката.

Данные были собраны в ходе анкетирования с использованием унифицированного шаблона отраслевой анкеты за период 2017–2020 гг. Учитывались прямые выбросы CO<sub>2</sub> от производственного процесса (передела), а также косвенные выбросы, связанные с производством электрической и тепловой энергии, технических газов и дутья, используемых в производственном процессе (на переделе).

#### 3.2. Методический подход

Применяемый методический подход основан на балансе выбросов ПГ, воплощенных в сырьевых продуктах, поступивших в процесс, и продуктов, полученных в процессе, которые могут быть сырьем для следующего металлургического передела. Средние значения углеродоемкости процессов металлургических производств для рассмотренных предприятий ( $CF_{mid}$ ) представлены в табл. 1<sup>2</sup>.

В то же время полученные от предприятий данные могут использоваться

<sup>1</sup> Актуализация Справочников НТД в 2022 году. URL: <https://www.gost.ru/portal/gost/home/activity/NDT/actualizationdirectory2022>

<sup>2</sup> Актуализация Справочников НТД в 2022 году. URL: <https://www.gost.ru/portal/gost/home/activity/NDT/actualizationdirectory2022>

Таблица 1. Значения индикативных показателей удельных выбросов ПГ для каждого технологического процесса металлургического предприятия  
 Table 1. Values of specific GHG emissions for each technological process of a metallurgical enterprise

№ пп	Технологический процесс (передел)	Удельные выбросы ПГ, т CO <sub>2</sub> -экв./т продукции передела		Наименование продукции передела
		$CF_{mid}$	$CF_i$	
1	Добыча железной руды и производство железорудных концентратов (справочно)	0,060	0,045	Железорудный концентрат
2	Производство кокса	0,440	0,117	Кокс
3	Производство агломерата	0,232	0,175	Агломерат
4	Производство железорудных окатышей	0,056	0,045	Железорудные окатыши
5	Производство чугуна в доменной печи	1,330	1,239	Чугун
6	Производство железа прямого восстановления	0,550	0,544	Железо прямого восстановления
7	Производство стали в конвертерах	0,230	0,203	Сталь
8	Производство стали в электродуговых печах (ЭДП)	0,410	0,258	Сталь
9	Горячий прокат и обработка (в т. ч. бесшовные трубы, катанка, сортовой прокат)	0,260	0,080	Стальной прокат

для определения целевых значений углеродоемкости продукции ( $CF_j$ ), которые, в свою очередь, могут выступать параметрами управляющего воздействия для установления отраслевых показателей снижения выбросов парниковых газов и предоставления мер государственной поддержки предприятий.

Целевые значения углеродоемкости продукции предлагается определять как значения 10% лучших установок в РФ в разрезе технологических процессов.

Для общей оценки углеродного следа производимой в Свердловской области металлургической продукции предлагается использовать информацию об объемах производства продукции каждого вида, производственных

процессах каждого предприятия и значений удельных выбросов ПГ для каждого процесса (бенчмарках) (см. табл. 1).

Удельные выбросы по различным маршрутам производства готовой продукции рассчитываются по формуле (1):

$$CF_{route,j} = (\sum CF_{mid} (CF_j) \times P_j) + CF_{mid,j} (CF_{t,j}), \quad (1)$$

где  $CF_{route,j}$  – удельные выбросы ПГ по соответствующему маршруту производства  $j$ -готовой продукции, т CO<sub>2</sub>-экв./т продукции предприятия;  $CF_{mid} (CF_j)$  – средние (целевые) значения удельных выбросов ПГ для продукции  $i$ -передела, т CO<sub>2</sub>-экв./т продукции;  $P_j$  – удельный

расход ресурса по  $i$ -му переделу на 1 тонну готовой продукции;  $CF_{mid,j}$  ( $CF_{t,j}$ ) – средние (целевые) значения удельных выбросов ПГ для  $j$ -готовой продукции, т  $CO_2$ -экв./т продукции предприятия.

Удельные расходы ресурсов по таким видам готовой продукции, как

чугун, сталь сырая, прокат стальной представлены в табл. 2 [32, 33].

Тогда удельные выбросы ПГ для каждого маршрута производства готовой металлургической продукции, согласно формуле 1 и данным табл. 1 и 2, представлены в табл. 3.

Таблица 2. Удельные расходы ресурсов для производства металлургической продукции

Table 2. Specific consumption of resources for metallurgical products production

Наименование продукции передела	Наименование углеродосодержащего ресурса	Удельный расход на 1 т, тонны ( $P_i$ )
Чугун	Агломерат	1,6
	Кокс	0,36
Сталь (доменная печь – конвертор)	Чугун	0,795
	Стальной лом	0,265
Сталь (доменная печь – ЭДП)	Чугун	0,18
	Стальной лом	0,91
Стальной прокат	Сталь	1,164

Таблица 3. Удельные выбросы ПГ по маршрутам производства готовой металлургической продукции

Table 3. Specific GHG emissions along the routes of finished metallurgical products production

Наименование готовой металлургической продукции	Маршрут производства	Удельные выбросы ПГ, т $CO_2$ -экв./т готовой продукции предприятия ( $E_{CO_2-экв}$ )	
		$CF_{mid}$ (среднее значение)	$CF_i$ (целевое значение)
Чугун	доменная печь	1,860	1,560
Сталь	доменная печь – конвертор	1,709	1,440
Сталь	доменная печь – ЭДП	0,745	0,534
Сталь	лом – ЭДП	0,410	0,258
Стальной прокат	доменная печь – конвертор – прокат	2,249	1,760
Стальной прокат	доменная печь – ЭДП – прокат	1,127	0,702
Стальной прокат	лом – ЭДП – прокат	0,740	0,380

Таблица 4. Информация о металлургических предприятиях Свердловской области

Table 4. Information about the metallurgical enterprises of the Sverdlovsk region

Название предприятия	Описание технологических процессов
АО «НЛМК-УРАЛ»	Электросталеплавильное производство, сырьем служит металлолом. Готовая продукция – стальной прокат (квадратная заготовка, арматура, катанка)
АО «ПЕРВОУРАЛЬСКИЙ НОВОТРУБНЫЙ ЗАВОД»	Электросталеплавильное производство, сырьем служит металлолом. Готовая продукция – стальные трубы и баллоны для предприятий нефте- и газодобывающей промышленности, топливно-энергетического комплекса, машиностроения, электротехнической промышленности, промышленного и гражданского строительства
ОАО «УРАЛЬСКИЙ ТРУБНЫЙ ЗАВОД»	Производство электросварных прямошовных труб из рулонной стали. Сырье для производства труб закупается на стороне
ООО «НЛМК-МЕТИЗ»	Электросталеплавильное производство, сырьем служит металлолом. Готовая продукция – стальной прокат (проволока, гвозди, метизы)
ПАО «НАДЕЖДИНСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД»	Предприятие полного металлургического цикла с собственной сырьевой базой. Имеет в своем составе агломерационный, доменный, электросталеплавильный (дуговая сталеплавильная электропечь), крупносортовый, сортопрокатный, калибровочный цеха и другие вспомогательные подразделения. Готовая продукция – стальной прокат
АО «ЕВРАЗ НИЖНЕТАГИЛЬСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ»	Предприятие полного металлургического цикла с собственной сырьевой базой. Готовая продукция – ванадиевый чугун, ванадиевый шлак, металлопрокат. В состав предприятия входят горнорудное, агломерационное, коксохимическое, огнеупорное, доменное, сталеплавильное, прокатное, кислородное производства

### 3.3. Предприятия для оценки

Для оценки углеродного следа металлургических предприятий Свердловской области были выбраны предприятия, приведенные в табл. 4.

### 4. Результаты исследования

На основании открытых данных была собрана информация о производстве готовой продукции на каждом предприятии за 2021 г. Затем с использованием информации об удельных выбросах ПГ по маршрутам производства готовой

продукции из данных табл. 3 и данным об объемах производства были получены значения углеродного следа каждого предприятия и металлургического сектора Свердловской области в целом (табл. 5).

Графически полученные результаты представлены на рис. 4.

Расчеты на основании усредненных показателей углеродоемкости продукции российских металлургических предприятий показали, что совокупный углеродный след металлургического



Таблица 5. Углеродный след металлургических предприятий Свердловской области за 2021 г.

Table 5. Carbon footprint of metallurgical enterprises of the Sverdlovsk region for 2021

Название предприятия	Выпуск готовой продукции, тыс. т	Удельные выбросы ПГ, т CO <sub>2</sub> -экв./т готовой продукции		Углеродный след (ср. знач.), тыс. т CO <sub>2</sub> -экв.	Углеродный след (целев. знач.), тыс. т CO <sub>2</sub> -экв.
		$CF_{mid}$ (среднее значение)	$CF_t$ (целевое значение)		
<b>АО «НЛМК-УРАЛ» (лом – ЭДП – прокат)</b>				<b>2217,8</b>	<b>1138,9</b>
Квадратная непрерывнолитая заготовка	1525,0	0,740	0,380	1128,5	579,5
Арматура	1004,0	0,740	0,380	743,0	381,5
Катанка	468,0	0,740	0,380	346,3	177,8
<b>АО «ПЕРВОУРАЛЬСКИЙ НОВОТРУБНЫЙ ЗАВОД» (лом – ЭДП – прокат)</b>				<b>1887,0</b>	<b>969,0</b>
Бесшовные трубы	1200,0	0,740	0,380	888,0	456,0
Сварные трубы	100,0	0,740	0,380	74,0	38,0
Трубные заготовки	1250,0	0,740	0,380	925,0	475,0
<b>ОАО «УРАЛЬСКИЙ ТРУБНЫЙ ЗАВОД» (прокат)</b>				<b>33,2</b>	<b>10,2</b>
Свайная труба	16,7	0,260	0,080	4,3	1,3
Труба электросварная	94,9	0,260	0,080	24,7	7,6
Труба электросварная обсадная	16,1	0,260	0,080	4,2	1,3
<b>ООО «НЛМК-МЕТИЗ» (лом – ЭДП – прокат)</b>				<b>225,3</b>	<b>115,7</b>
Проволока	266,0	0,740	0,380	196,8	101,1
Крепежные изделия (саморезы)	8,0	0,740	0,380	5,9	3,0
Гвозди	30,4	0,740	0,380	22,5	11,6
<b>ПАО «НАДЕЖДИНСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД» (доменная печь – ЭДП – прокат)</b>				<b>782,0</b>	<b>522,6</b>
Чугун	88,5	1,860	1,560	164,6	138,1

Окончание табл. 5

Название предприятия	Выпуск готовой продукции, тыс. т	Удельные выбросы ПГ, т CO <sub>2</sub> -экв./т готовой продукции		Углеродный след (ср. знач.), тыс. т CO <sub>2</sub> -экв.	Углеродный след (цел. знач.), тыс. т CO <sub>2</sub> -экв.
		$CF_{mid}$ (среднее значение)	$CF_t$ (целевое значение)		
Заготовка для переката	7,6	1,127	0,702	8,6	5,3
Заготовка осевая	111,3	1,127	0,702	125,4	78,1
Трубная заготовка	22,7	1,127	0,702	25,6	15,9
Прокат сортовой конструкционный	362,0	1,127	0,702	408,0	254,1
Прокат буровой пустотелый	0,2	1,127	0,702	0,2	0,1
Прокат сортовой холодноотянутый	19,0	1,127	0,702	21,4	13,3
Прокат со спец. отд. поверхности	2,0	1,127	0,702	2,3	1,4
Прочий сортовой прокат	23,0	1,127	0,702	25,9	16,1
<b>АО «ЕВРАЗ НИЖНЕТАГИЛЬСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ» (доменная печь – конвертер)</b>				<b>16633,6</b>	<b>13980,0</b>
Чугун	4900,0	1,860	1,560	9114,0	7644,0
Сырая сталь	4400,0	1,709	1,440	7519,6	6336,0
<b>ИТОГО</b>				<b>21778,8</b>	<b>16736,4</b>

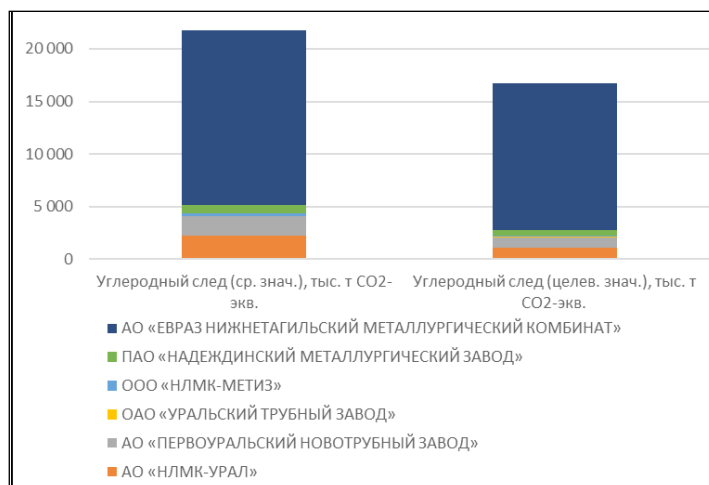


Рис. 4. Углеродный след металлургических предприятий Свердловской области за 2021 г.  
Figure 4. Carbon footprint of metallurgical enterprises of the Sverdlovsk region for 2021

сектора Свердловской области (с учетом прямых и косвенных эмиссий ПГ) по итогам 2021 г. при расчетах с использованием средних значений показателей углеродоемкости продукции составит 21,8 млн тонн  $\text{CO}_2$ -экв.

При этом максимальный удельный вес в структуре выбросов ПГ занимают такие предприятия, как «Евраз-НТМК» (76 %), «НЛМК-Урал» (10 %) и ПНТЗ (8,7 %), что обусловлено большими объемами выпускаемой продукции, ее составом и применяемыми технологиями.

## 5. Обсуждение результатов

Следует отметить, что авторы статьи не располагают данными о материальных и энергетических балансах исследуемых предприятий. В этой связи использовались не фактические значения углеродоемкости продукции переделов, а усредненные оценки, полученные в рамках обследования 30 российских металлургических предприятий и приводимые в ИТС 26–2022 «Производство чугуна, стали и ферросплавов».

Использование схожего с авторами методического подхода к определению углеродоемкости в работах [22–27] дало сопоставимые значения по удельным выбросам ПГ различных переделов металлургического производства.

В Отчете о выполнении инвентаризации объемов выбросов и поглощения парниковых газов на территории Свердловской области, выполненном ЗАО «Углеметан Сервис» по контракту с Правительством Свердловской области в 2019 г., выбросы ПГ предприятиями черной металлургии Свердловской области по итогам 2017 г. составили 17,4 млн тонн  $\text{CO}_2$ -экв.

Методология МГЭИК по проведению национальных инвентаризаций выбросов ПГ не предусматривает учет косвенных эмиссий ПГ в секторе «Промышленные процессы»: выбросы ПГ от производства тепловой и электрической энергии, используемой

в промышленных процессах, учитываются в секторе «Энергетика».

Поскольку в статье выполнены расчеты совокупных выбросов ПГ металлургических предприятий с учетом выбросов ПГ на всех переделах металлургического производства и с учетом тепловой, электрической энергии, поступившей со стороны, можно считать полученные в статье результаты сопоставимыми с данными региональной инвентаризации. При этом в статье приводится более полная оценка эмиссий ПГ металлургического сектора, с учетом поступающей со стороны тепловой и электрической энергии.

Гипотезой исследования являлось обоснование возможности использования целевых значений углеродного следа продукции для прогнозных оценок выбросов парниковых газов с учетом процессов декарбонизации отрасли.

Проведенные расчеты показали, что, если бы металлургические предприятия Свердловской области имели удельные значения показателей углеродоемкости выпускаемой продукции на уровне 10% лучших установок России, совокупные выбросы парниковых газов от металлургического сектора в регионе составили бы 16,7 млн тонн  $\text{CO}_2$ -экв., что на 23,4% ниже, чем значения, рассчитанные по показателям средней углеродоемкости.

Таким образом, гипотеза исследования находит подтверждение. Действительно, целевые значения удельных выбросов могут использоваться в качестве управляющих параметров для прогнозирования отраслевых эмиссий парниковых газов с учетом декарбонизации отрасли и для установления показателей снижения выбросов парниковых газов.

При этом очевидно, что российские металлургические предприятия не являются самыми передовыми с точки зрения применяемых технологий. В дорожной карте по декарбонизации

различных секторов в соответствии с целями Парижского соглашения<sup>1</sup>, а также во многих работах российских авторов (см. Galitskaya & Zhdaneev O. [34]; Башмаков [35], Плещенко [36]) содержатся различные перспективные мероприятия, направленные на снижение углеродного следа металлургического сектора.

Выделим следующие перспективные мероприятия.

1. Повышение доли стали, выплавленной в электродуговых печах. Снижение углеродного следа обусловлено в данном случае использованием металлического лома в качестве основного сырья. Использование лома позволяет избежать выбросов ПГ на переделах,

связанных с выплавкой стали, поэтому необходимо стимулировать заготовку лома, создавая соответствующие инструменты и инфраструктуру, что рассматривается в работе Тихоновской [37].

2. Повышение доли металлургического лома и горячебрикетированного железа в шихте.

3. Утилизация доменного газа и его использование для получения тепловой и электрической энергии.

4. Использование конверторного газа для производства электроэнергии и тепла.

5. Безкоксовые технологии производства железа, включая получение железа прямого восстановления (HyL-3, Midrex, COREX, Ромелт), замена углерода на водород при восстановлении железа.

В табл. 6 представлены сопоставимые с точки зрения методологии результаты расчетов углеродного следа для некоторых перспективных технологий производства стали.

Таблица 6. Показатели углеродоемкости перспективных технологий производства стали

Table 6. Carbon footprint of perspective metallurgical technologies

Название технологии	Углеродный след, т CO <sub>2</sub> -экв./т проката	Источник
Получение железа прямого восстановления с использованием природного газа и э/э, полученной из возобновляемых источников	1,40	Suer et al. [38]
Получение железа прямого восстановления с использованием природного газа и э/э, полученной из сети	1,70	
Получение железа прямого восстановления с использованием водорода и э/э, полученной из возобновляемых источников	0,76	
Получение железа прямого восстановления с использованием водорода и э/э, полученной из сети	2,3–3,0	Smith M. P. [39]
Вдувание природного газа в доменную печь	1,63	
Вдувание водорода в доменную печь	1,40	Chisalita D. A. et al. [25]
Маршрут доменная печь – конвертор с применением технологий улавливания и хранения CO <sub>2</sub>	0,89–0,41	
Использование горячебрикетированного железа (ГБЖ) в доменной печи	1,35	Yilmaz C., Turek T. [40]

Дальнейшим направлением исследования может являться оценка возможности реализации указанных мероприятий на металлургических предприятиях Свердловской области и прогнозирования изменения совокупных выбросов парниковых газов сектора в этой связи.

Также перспективно использование углеродного следа продукции как критерия отбора проектов для «зеленого финансирования» за счет средств государства и частных инвесторов. Особенности такого финансирования, включая научно-обоснованную систему критериев, одним из которых выступает углеродный след продукции, рассмотрены в работе Скобелева и Волосатовой [41].

## 6. Выводы

В процессе формирования региональной политики декарбонизации неизменно встает вопрос о том, каким может быть перспективное снижение выбросов парниковых газов в той или иной отрасли. Авторы предлагают ответить на него с использованием информации о планируемых объемах производства продукции и целевых значений показателя «углеродный след продукции».

Данный показатель, в зависимости от целей и имеющихся у государства ресурсов по поддержке низкоуглеродного развития, может приниматься как на уровне 10% лучших установок

страны, так и на уровне значений передовых мировых низкоуглеродных технологий. Использование данного показателя вносит вклад в развитие методического подхода определения прогнозных значений выбросов парниковых газов.

Другим важным методическим аспектом, рассмотренным в статье, является систематизация имеющихся зарубежных и отечественных подходов к оценке текущего и перспективного углеродного следа продукции металлургических предприятий в зависимости от маршрутов производства стали.

Разработка стандартов оценки выбросов парниковых газов на уровне предприятия, регулярное проведение такой оценки и ее подтверждение независимой организацией (верификация) является подготовительным этапом, дающим возможность запуска механизма торговли квотами на выбросы парниковых газов на уровне региона или страны.

Предлагаемый авторами в настоящей статье методический подход к определению текущего и перспективного углеродного следа предприятий черной металлургии может использоваться лицами, принимающими решения, для формирования региональной политики декарбонизации в части установления целевых отраслевых значений выбросов парниковых газов и соответствующих механизмов поддержки.

## Список использованных источников

1. *Chen L., Msigwa G., Yang M., Osman A.I., Fawzy S., Rooney D.W., Yap P.-S.* Strategies to achieve a carbon neutral society: a review // *Environmental Chemistry Letters*. 2022. Vol. 20. Pp. 2277–2310. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01435-8>
2. *Белик И.С., Стародубец Н.В., Майорова Т.В., Ячменева А.И.* Стимулирование перехода к низкоуглеродной экономике. М.: ИНФРА-М, 2018. 104 с. [https://doi.org/10.12737/monography\\_5b4465f5655254.86893595](https://doi.org/10.12737/monography_5b4465f5655254.86893595)
3. *Ji C.J., Hu Y.J., Tang B.J.* Research on carbon market price mechanism and influencing factors: a literature review // *Natural Hazards*. 2018. Vol. 92, Issue 2. Pp. 761–782. <https://doi.org/10.1007/s11069-018-3223-1>
4. *Makholm J.D.* Regulation of natural gas in the United States, Canada and Europe // *Prospects for a Low Carbon Fuel*. 2015. Vol. 9, No. 1. Pp. 107–127. <http://dx.doi.org/10.1093/reep/reu017>
5. *Стародубец Н.В., Грищенко Ю.О., Белик И.С., Никулина Н.Л.* Экономическая оценка последствий введения трансграничного углеродного регулирования для

регионального промышленного комплекса (на примере Свердловской области) // Journal of Applied Economic Research. 2022. Т. 21, № 4. С. 708–733. <http://dx.doi.org/10.15826/vestnik.2022.21.4.025>

6. *Belik I.S., Starodubets N.V., Yachmeneva A.I., Prokopov K.A.* Border Carbon Adjustment: Implications for Russian Companies and Regions in the Context of the Russia Sanctions (the Case of Magnitogorsk Iron and Steel Works and Chelyabinsk Region) // R-Economy. 2022. Vol. 8, No. 3. Pp. 252–267. <https://doi.org/10.15826/recon.2022.8.3.020>

7. *Doda B., Kuneman W.A.E., Krause E., Boute A., Jackson E.* Carbon pricing potential in East and South Asia. Interim Report // CLIMATE CHANGE. 2021. No. 40. Germany: Adelphi Research Gemeinnützige GmbH, 2021. 65 p. URL: <https://www.adelphi.de/en/publication/carbon-pricing-potential-east-and-south-asia>

8. *Bolay A.F., Bjørn A., Weber O., Margini M.* Prospective sectoral GHG benchmarks based on corporate climate mitigation targets // Journal of Cleaner Production. 2022. Vol. 376. P. 134220. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134220>

9. *Bailey I.* The EU emissions trading scheme // Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change. 2010. Vol. 1, Issue 1. Pp. 144–153. <https://doi.org/10.1002/wcc.17>

10. *Randall A.* The Problem of Market Failure // Natural Resources Journal. 1983. Vol. 23, No. 1. Pp. 131–148. URL: <http://www.jstor.org/stable/24882453>

11. *Coase R.H.* The Problem of Social Cost // Classic Papers in Natural Resource Economics / edited by C. Gopalakrishnan. London: Palgrave Macmillan, 1960. Pp. 87–137. [https://doi.org/10.1057/9780230523210\\_6](https://doi.org/10.1057/9780230523210_6)

12. *Данилов-Данильян В.И.* Теорема Коуза: попытка диагноза // Вестник Российской академии наук. 2012. Т. 82, № 9. С. 814–822. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17906851>

13. *Pigou A.* The Economics of Welfare. Macmillan, 1920. <https://doi.org/10.4324/9781351304368>

14. *Zhang Y.J., Wei Y.M.* An overview of current research on EU ETS: Evidence from its operating mechanism and economic effect // Applied Energy. 2010. Vol. 87, Issue 6. Pp. 1804–1814. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.12.019>

15. *Convery F.J.* Origins and Development of the EU ETS // Environmental and Resource Economics. 2009. Vol. 43, Issue 3. Pp. 391–412. <https://doi.org/10.1007/s10640-009-9275-7>

16. *Quemin S.* Raising climate ambition in emissions trading systems: The case of the EU ETS and the 2021 review // Resource and Energy Economics. 2022. Vol. 68. P. 101300. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2022.101300>

17. *Sato M., Rafaty R., Cael R., Grubb M.* Allocation, allocation, allocation! The political economy of the development of the European Union Emissions Trading System // Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change. 2022. Vol. 13, Issue 5. P. e796. <https://doi.org/10.1002/wcc.796>

18. *Somers J.* Technologies to Decarbonise the EU Steel Industry. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2022. <https://doi.org/10.2760/069150>

19. *Perino G., Willner M.* EU-ETS Phase IV: allowance prices, design choices and the market stability reserve // Climate Policy. 2017. Vol. 17, Issue 7. Pp. 936–946. <https://doi.org/10.1080/14693062.2017.1360173>

20. *Симонян Л.М.* Анализ методологии определения выбросов CO<sub>2</sub> на территории РФ применительно к черной металлургии // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2018. Т. 61, №9. С. 721–730. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2019-9-721-730>

21. *Gao T., Liu Q., Wang J.* A comparative study of carbon footprint and assessment standards // International Journal of Low-Carbon Technologies. 2014. Vol. 9, Issue 3. Pp. 237–243. <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctt041>

22. *Renzulli P.A., Notarnicola B., Tassielli G., Arcese G., Capua R.D.* Life Cycle Assessment of Steel Produced in an Italian Integrated Steel Mill // Sustainability. 2016. Vol. 8, Issue 8. P. 719. <https://doi.org/10.3390/su8080719>

23. *Norgate T.E., Jahanshahi S., Rankin W.J.* Assessing the environmental impact of metal production processes // *Journal of Cleaner Production*. 2007. Vol. 15, Issue 8-9. Pp. 838–848. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.06.018>
24. *Burchart-Korol D.* Life cycle assessment of steel production in Poland: a case study // *Journal of Cleaner Production*. 2013. Vol. 54. Pp. 235–243. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.04.031>
25. *Chisalita D.A., Petrescu L., Cobden P., Dijk van H.E., Cormos A.M., Cormos C.-C.* Assessing the environmental impact of an integrated steel mill with post-combustion CO<sub>2</sub> capture and storage using the LCA methodology // *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 211. Pp. 1015–1025. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.256>
26. *Backes J.G., Suer J., Pauliks N., Neugebauer S., Traverso M.* Life cycle assessment of an integrated steel mill using primary manufacturing data: actual environmental profile // *Sustainability*. 2021. Vol. 13, Issue 6. P. 3443. <https://doi.org/10.3390/su13063443>
27. *Лисуенко В.Г., Чесноков Ю.Н., Лантева А.В.* Использование триады доменная печь, кислородный конвертер, электродуговая печь для уменьшения углеродного следа // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*. 2017. Т. 60, № 8. С. 623–628. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2017-8-623-628>
28. *Доброхотова М.В., Матушанский А.В.* Применение концепции наилучших доступных технологий в целях технологической трансформации промышленности в условиях энергетического перехода // *Экономика устойчивого развития*. 2022. № 2 (50). С. 63–68. [https://doi.org/10.37124/20799136\\_2022\\_2\\_50\\_63](https://doi.org/10.37124/20799136_2022_2_50_63)
29. *Волосатова А.А., Пятница А.А., Гусева Т.В., Almgren R.* Наилучшие доступные технологии как универсальный инструмент совершенствования государственных политик // *Экономика устойчивого развития*. 2021. № 4 (48). С. 17–23. [https://doi.org/10.37124/20799136\\_2021\\_4\\_48\\_17](https://doi.org/10.37124/20799136_2021_4_48_17)
30. *Скобелев Д.О., Ученое А.А.* Потенциал применения концепции наилучших доступных технологий для принятия решений о государственной поддержке реального сектора российской экономики в условиях глобального энергоперехода // *Экономика устойчивого развития*. 2021. № 4 (48). С. 168–179. [https://doi.org/10.37124/20799136\\_2021\\_4\\_48\\_168](https://doi.org/10.37124/20799136_2021_4_48_168)
31. *Башмаков И.А., Скобелев Д.О., Борисов К.Б., Гусева Т.В.* Системы бенчмаркинга по удельным выбросам парниковых газов в черной металлургии // *Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации*. 2021. Т. 77, № 9. С. 1071–1086. <https://doi.org/10.32339/0135-5910-2021-9-1071-1086>
32. *Tsuchiya H.* The global resource balance table, an integrated table of energy, materials and the environment // *Energy Policy*. 2013. Vol. 61. Pp. 1107–1110. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.05.114>
33. *Измайлова А.С., Шаповалов А.Н.* Технологические возможности сокращения себестоимости продукции металлургических предприятий на современном этапе // *Тренды и управление*. 2017. № 2. С. 132–147. <https://doi.org/10.7256/2454-0730.2017.2.23040>
34. *Galitskaya E., Zhdaneev O.* Development of electrolysis technologies for hydrogen production: A case study of green steel manufacturing in the Russian Federation // *Environmental Technology & Innovation*. 2022. Vol. 27. P. 102517. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102517>
35. *Башмаков И.А.* Выбросы парниковых газов от мировой черной металлургии: прошлое, настоящее и будущее // *Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации*. 2021. Т. 77, № 8. С. 882–901. <https://doi.org/10.32339/0135-5910-2021-8-882-901>
36. *Плещенко В.И.* Перспективы перехода предприятий черной металлургии России к использованию безуглеродных технологий // *Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации*. 2021. Т. 77, № 8. С. 913–917. <https://doi.org/10.32339/0135-5910-2021-8-913-917>

37. Тихоновская И.Д. Методический подход к управлению системой обеспечения металлургических предприятий ломом черных металлов // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. 2016. Т. 15, № 5. С. 673–695. <http://dx.doi.org/10.15826/vestnik.2016.15.5.34>

38. Suer J., Ahrenhold F., Traverso M. Carbon Footprint and Energy Transformation Analysis of Steel Produced via a Direct Reduction Plant with an Integrated Electric Melting Unit // Journal of Sustainable Metallurgy. 2022. Vol. 8, No. 4. Pp. 1532–1545. <https://doi.org/10.1007/s40831-022-00585-x>

39. Smith M.P. Blast Furnace Ironmaking – A View on Future Developments // Procedia Engineering. 2017. Vol. 174. Pp. 19–28. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.133>

40. Yilmaz C., Wendelstorf J., Turek T. Modeling and simulation of the use of direct reduced iron in a blast furnace to reduce carbon dioxide emissions // Journal of Cleaner Production. 2017. Vol. 164. Pp. 1519–1530. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.162>

41. Скобелев Д.О., Волосатова А.А. Разработка научного обоснования системы критериев «зеленого» финансирования проектов, направленных на технологическое обновление российской промышленности // Экономика устойчивого развития. 2021. № 1 (45). С. 181–188. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44928673>

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

### Стародубец Наталья Владимировна

Кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической безопасности производственных комплексов Института экономики и управления Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8687-2050> e-mail: [n.v.starodubets@gmail.com](mailto:n.v.starodubets@gmail.com)

### Белик Ирина Степановна

Доктор экономических наук, профессор кафедры экономической безопасности производственных комплексов Института экономики и управления Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7405-3226> e-mail: [irinabelik2010@mail.ru](mailto:irinabelik2010@mail.ru)

### Никulina Наталья Леонидовна

Кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Института экономики Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия (620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6882-3172> e-mail: [nikulina.nl@uiec.ru](mailto:nikulina.nl@uiec.ru)

### Аликберова Тамила Тагировна

Ассистент кафедры финансового и налогового менеджмента Института экономики Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия (620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7382-0980> e-mail: [tamila.alikberova@urfu.ru](mailto:tamila.alikberova@urfu.ru)

## БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем благодарность фонду РНФ и Правительству Свердловской области: исследование выполнено в рамках гранта РНФ и правительства Свердловской области (проект №22-28-20453 «Комплексный подход к процессам декарбонизации экономики: формирование региональной политики»).








## **ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ**

Стародубец Н.В., Белик И.С., Никулина Н.Л., Аликберова Т.Г. Оценка и прогнозирование углеродного следа металлургических предприятий Свердловской области // Journal of Applied Economic Research. 2023. Т. 22, № 3. С. 572–599. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.024>

## **ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ**

Дата поступления 14 июня 2023 г.; дата поступления после рецензирования 29 июля 2023 г.; дата принятия к печати 18 августа 2023 г.

# Assessment and Forecasting of Metallurgical Enterprises Carbon Footprint in the Sverdlovsk Region

Natalia V. Starodubets<sup>1</sup>  , Irina S. Belik<sup>1</sup> , Natalia L. Nikulina<sup>2</sup> ,  
Tamila T. Alikberova<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Ural Federal University  
named after the First President of Russia B.N. Yeltsin,  
Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> Institute of Economics, The Ural Branch of Russian Academy of Sciences,  
Yekaterinburg, Russia

 [n.v.starodubets@gmail.com](mailto:n.v.starodubets@gmail.com)

**Abstract.** The achievement of the targets of reducing greenhouse gas emissions is ensured, among other things, through direct price regulation measures, for the implementation of which a necessary condition is the calculation of the carbon footprint of products. At the same time, carbon footprint targets can be used as driving parameters to set industry targets for reducing greenhouse gas emissions, as well as to provide government support measures for enterprises. The aim of the work is to develop a methodological approach to the use of the «carbon footprint of products» indicator as a parameter for assessing the current and forecast values of greenhouse gas emissions from enterprises in industries that are subject to carbon regulation. The hypothesis of the study is to justify the use of target values of the indicator «carbon footprint of products» for strategic estimates of greenhouse gas emissions in the process of industrial decarbonization. For this purpose, the paper considers the organizational and economic mechanism of the European emissions trading system. A methodical approach to determining the carbon footprint of metallurgical products is described, and calculations of the carbon footprint of metallurgical enterprises in the Sverdlovsk region are performed. Calculations based on average indicators of the carbon intensity of products of Russian metallurgical enterprises showed that the total carbon footprint of the metallurgical sector of the Sverdlovsk region in 2021 is 21.8 million tons of CO<sub>2</sub>-eq; its target value may be 16.7 million tons of CO<sub>2</sub>-eq. Differences in values are due to the existing structure of manufactured products and applied technologies. The development of standard metrics for assessing greenhouse gas emissions at the enterprise level, regularly conducting such an assessment and its verification by an independent organization may constitute a preparatory stage that makes it possible to launch a mechanism for trading greenhouse gas emissions at the regional or country level. Additionally, the carbon footprint of products can act as a control parameter while establishing quantitative values for the volume of greenhouse gas emission reductions. The proposed methodological approach can be used by decision makers to shape regional decarbonization policies.

**Key words:** emissions trading; carbon intensity of products; GHG accounting; carbon regulation tools; GHG emissions in metallurgy; benchmarking; best available technologies; industrial decarbonization.

JEL Q510

## References

1. Chen, L., Msigwa, G., Yang, M., Osman, A.I., Fawzy, S., Rooney, D.W., Yap, P.-S. (2022). Strategies to achieve a carbon neutral society: a review. *Environmental Chemistry Letters*, Vol. 20, 2277–2310. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01435-8>

2. Belik, I.S., Starodubets, N.V., Mayorova, T.V., Iachmeneva, A.I. (2018). *Stimulirovanie perekhoda k nizkouglerodnoi ekonomike (Encouraging a transition to a low-carbon economy)*. Moscow, INFRA-M. (In Russ.). [https://doi.org/10.12737/monography\\_5b4465f5655254.86893595](https://doi.org/10.12737/monography_5b4465f5655254.86893595)
3. Ji, C.J., Hu, Y.J., Tang, B.J. (2018). Research on carbon market price mechanism and influencing factors: a literature review. *Natural Hazards*, Vol. 92, Issue 2, 761–782. <https://doi.org/10.1007/s11069-018-3223-1>
4. Makhholm, J.D. (2015). Regulation of natural gas in the United States, Canada and Europe. *Prospects for a Low Carbon Fuel*, Vol. 9, No. 1, 107–127. <http://dx.doi.org/10.1093/reep/reu017>
5. Starodubets, N.V., Grishchenko, Iu.O., Belik, I.S., Nikulina, N.L. (2022). Ekonomicheskaya otsenka posledstviy vvedeniya transgranichnogo uglerodnogo regulirovaniya dlya regionalnogo promyshlennogo kompleksa (na primere Sverdlovskoi oblasti) (Economic Assessment of the Consequences of the Carbon Border Adjustment Mechanism Introduction for the Regional Industrial Complex (on the Example of the Sverdlovsk Region)). *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 21, No. 4, 708–733. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.15826/vestnik.2022.21.4.025>
6. Belik, I.S., Starodubets, N.V., Yachmeneva, A.I., Prokopov, K.A. (2022). Border Carbon Adjustment: Implications for Russian Companies and Regions in the Context of the Russia Sanctions (the Case of Magnitogorsk Iron and Steel Works and Chelyabinsk Region). *R-Economy*, Vol. 8, No. 3, 252–267. <https://doi.org/10.15826/recon.2022.8.3.020>
7. Doda, B., Kuneman, W.A.E., Krause, E., Boute, A., Jackson, E. (2021). Carbon pricing potential in East and South Asia. Interim Report. *CLIMATE CHANGE*, 2021, No. 40. Germany, Adelphi Research Gemeinnützige GmbH, 65 p. Available at: <https://www.adelphi.de/en/publication/carbon-pricing-potential-east-and-south-asia>
8. Bolay, A.F., Bjørn, A., Weber, O., Margini, M. (2022). Prospective sectoral GHG benchmarks based on corporate climate mitigation targets. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 376, 134220. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134220>
9. Bailey, I. (2010). The EU emissions trading scheme. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, Vol. 1, Issue 1, 144–153. <https://doi.org/10.1002/wcc.17>
10. Randall, A. (1983). The Problem of Market Failure. *Natural Resources Journal*, Vol. 23, No. 1, 131–148. Available at: <http://www.jstor.org/stable/24882453>
11. Coase, R.H. (1960). The Problem of Social Cost. In: *Classic Papers in Natural Resource Economics*. Edited by C. Gopalakrishnan. London, Palgrave Macmillan, 87–137. [https://doi.org/10.1057/9780230523210\\_6](https://doi.org/10.1057/9780230523210_6)
12. Danilov-Danilyan, V.I. (2012). Teorema Kouza: popytka diagnoza (Coase's Theorem: an attempted diagnosis). *Vestnik Rossiiskoi akademii nauk (Herald of the Russian Academy of Sciences)*, Vol. 82, No. 9, 814–822. (In Russ.). Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17906851>
13. Pigou, A. (1920). *The Economics of Welfare*. Macmillan. <https://doi.org/10.4324/9781351304368>
14. Zhang, Y.J., Wei, Y.M. (2010). An overview of current research on EU ETS: Evidence from its operating mechanism and economic effect. *Applied Energy*, Vol. 87, Issue 6, 1804–1814. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.12.019>
15. Convery, F.J. (2009). Origins and Development of the EU ETS. *Environmental and Resource Economics*, Vol. 43, Issue 3, 391–412. <https://doi.org/10.1007/s10640-009-9275-7>
16. Quemin, S. (2022). Raising climate ambition in emissions trading systems: The case of the EU ETS and the 2021 review. *Resource and Energy Economics*, Vol. 68, 101300. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2022.101300>
17. Sato, M., Rafaty, R., Calel, R., Grubb, M. (2022). Allocation, allocation, allocation! The political economy of the development of the European Union Emissions Trading System. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, Vol. 13, Issue 5, e796. <https://doi.org/10.1002/wcc.796>
18. Somers, J. (2022). *Technologies to Decarbonise the EU Steel Industry*. Luxembourg, Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/069150>

19. Perino, G., Willner, M. (2017). EU-ETS Phase IV: allowance prices, design choices and the market stability reserve. *Climate Policy*, Vol. 17, Issue 7, 936–946. <https://doi.org/10.1080/14693062.2017.1360173>
20. Simonian, L.M. (2018). Analiz metodologii opredeleniia vybrosov SO<sub>2</sub> na territorii RF primenitelno k chernoi metallurgii (Analysis of the methodology for determining CO<sub>2</sub> emissions on the territory of the Russian Federation in respect to the ferrous metallurgy). *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Chernaia metallurgii (Izvestiya. Ferrous Metallurgy)*, Vol. 61, No. 9, 721–730. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2019-9-721-730>
21. Gao, T., Liu, Q., Wang, J. (2014). A comparative study of carbon footprint and assessment standards. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, Vol. 9, Issue 3, 237–243. <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctt041>
22. Renzulli, P.A., Notarnicola, B., Tassielli, G., Arcese, G., Capua, R.D. (2016). Life Cycle Assessment of Steel Produced in an Italian Integrated Steel Mill. *Sustainability*, Vol. 8, Issue 8, 719. <https://doi.org/10.3390/su8080719>
23. Norgate, T.E., Jahanshahi, S., Rankin, W.J. (2007). Assessing the environmental impact of metal production processes. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 15, Issue 8-9, 838–848. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.06.018>
24. Burchart-Korol, D. (2013). Life cycle assessment of steel production in Poland: a case study. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 54, 235–243. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.04.031>
25. Chisalita, D.A., Petrescu, L., Cobden, P., Dijk, van H.E., Cormos, A.M., Cormos, C.-C. (2019). Assessing the environmental impact of an integrated steel mill with post-combustion CO<sub>2</sub> capture and storage using the LCA methodology. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 211, 1015–1025. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.256>
26. Backes, J.G., Suer, J., Pauliks, N., Neugebauer, S., Traverso, M. (2021). Life cycle assessment of an integrated steel mill using primary manufacturing data: actual environmental profile. *Sustainability*, Vol. 13, Issue 6, 3443. <https://doi.org/10.3390/su13063443>
27. Lisienko, V.G., Chesnokov, Iu.N., Lapteva, A.V. (2017). Ispolzovanie triady domennaia pech, kislorodnyi konverter, elektrodugovaia pech dlia umensheniia uglerodnogo sleda (The use of triad of blast furnace, oxygen converter and electric arc furnace for carbon footprint reduction). *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Chernaia metallurgii (Izvestiya. Ferrous Metallurgy)*, Vol. 60, No. 8, 623–628. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2017-8-623-628>
28. Dobrokhotova, M.V., Matushanskii, A.V. (2022). Primenenie kontseptsii nailuchshikh dostupnykh tekhnologii v tseliakh tekhnologicheskoi transformatsii promyshlennosti v usloviakh energeticheskogo perekhoda (Applying the best available techniques concept for the technological transformation of industry under the energy transition conditions). *Ekonomika ustoiчивого razvitiia (Economics of sustainable development)*, No. 2 (50), 63–68. (In Russ.). [https://doi.org/10.37124/20799136\\_2022\\_2\\_50\\_63](https://doi.org/10.37124/20799136_2022_2_50_63)
29. Volosatova, A.A., Piatnitsa, A.A., Guseva, T.V., Almgren, R. (2021). Nailuchshie dostupnye tekhnologii kak universal'nyi instrument sovershenstvovaniia gosudarstvennykh politik (Best available techniques as a universal instrument for improving state policies). *Ekonomika ustoiчивого razvitiia Ekonomika ustoiчивого razvitiia (Economics of sustainable development)*, No. 4 (48), 17–23. (In Russ.). [https://doi.org/10.37124/20799136\\_2021\\_4\\_48\\_17](https://doi.org/10.37124/20799136_2021_4_48_17)
30. Skobelev, D.O., Uchenov, A.A. (2021). Potentsial primeneniia kontseptsii nailuchshikh dostupnykh tekhnologii dlia priniatiia reshenii o gosudarstvennoi podderzhke realnogo sektora rossiiskoi ekonomiki v usloviakh global'nogo energoperekhoda (The potential of best available techniques for making decisions on the governmental support of the real economy sectors of the Russian Federation under the conditions of the global energy transition). *Ekonomika ustoiчивого razvitiia Ekonomika ustoiчивого razvitiia (Economics of sustainable development)*, No. 4 (48), 168–179. (In Russ.). [https://doi.org/10.37124/20799136\\_2021\\_4\\_48\\_168](https://doi.org/10.37124/20799136_2021_4_48_168)

31. Bashmakov, I.A., Skobelev, D.O., Borisov, K.B., Guseva, T.V. (2021). Sistemy benchmarkinga po udelnym vybrosam parnikovyykh gazov v chernoii metallurgii (Benchmarking systems for greenhouse gases specific emissions in steel industry). *Chernaia metallurgii. Biulleten' nauchno-tekhnikheskoi i ekonomicheskoi informatsii (Ferrous Metallurgy. Bulletin of Scientific, Technical and Economic Information)*, Vol. 77, No. 9, 1071–1086. (In Russ.). <https://doi.org/10.32339/0135-5910-2021-9-1071-1086>
32. Tsuchiya, H. (2013). The global resource balance table, an integrated table of energy, materials and the environment. *Energy Policy*, Vol. 61, 1107–1110. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.05.114>
33. Izmailova, A.S., Shapovalov, A.N. (2017). Tekhnologicheskiiye vozmozhnosti sokrashcheniia sebestoimosti produktsii metallurgicheskikh predpriatii na sovremennom etape [Technological capacity for cutting the cost of production at metallurgical enterprises at the current stage]. *Trendy i upravlenie (Trends and Management)*, No. 2, 132–147. (In Russ.). <https://doi.org/10.7256/2454-0730.2017.2.23040>
34. Galitskaya, E., Zhdaneev, O. (2022). Development of electrolysis technologies for hydrogen production: A case study of green steel manufacturing in the Russian Federation. *Environmental Technology & Innovation*, Vol. 27, 102517. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102517>
35. Bashmakov, I.A. (2021). Vybrosy parnikovyykh gazov ot mirovoi chernoii metallurgii: proshloe, nastoiashchee i budushchee (Greenhouse gas emissions caused by global steel industry: the past, the present and the future). *Chernaia metallurgii. Biulleten' nauchno-tekhnikheskoi i ekonomicheskoi informatsii (Ferrous Metallurgy. Bulletin of Scientific, Technical and Economic Information)*, Vol. 77, No. 8, 882–901. (In Russ.). <https://doi.org/10.32339/0135-5910-2021-8-882-901>
36. Pleshchenko, V.I. (2021). Perspektivy perekhoda predpriatii chernoii metallurgii Rossii k ispolzovaniyu bezuglerodnykh tekhnologii (Prospects of transition of ferrous metallurgy enterprises of Russia to the use of carbon-free technologies.). *Chernaia metallurgii. Biulleten' nauchno-tekhnikheskoi i ekonomicheskoi informatsii (Ferrous Metallurgy. Bulletin of Scientific, Technical and Economic Information)*, Vol. 77, No. 8, 913–917. (In Russ.). <https://doi.org/10.32339/0135-5910-2021-8-913-917>
37. Tikhonovskaia, I.D. (2016). Metodicheskiiy podkhod k upravleniiu sistemoi obespecheniia metallurgicheskikh predpriatii lomom chernyykh metallov (A methodical approach to the management of ferrous scrap supply system of metallurgical enterprises). *Vestnik UrFU. Seriya ekonomika i upravlenie (Bulletin of UrFU. Series Economics and Management)*, Vol. 15, No. 5, 673–695. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.15826/vestnik.2016.15.5.34>
38. Suer, J., Ahrenhold, F., Traverso, M. (2022). Carbon Footprint and Energy Transformation Analysis of Steel Produced via a Direct Reduction Plant with an Integrated Electric Melting Unit. *Journal of Sustainable Metallurgy*, Vol. 8, No. 4, 1532–1545. <https://doi.org/10.1007/s40831-022-00585-x>
39. Smith, M.P. (2017). Blast Furnace Ironmaking – A View on Future Developments. *Procedia Engineering*, Vol. 174, 19–28. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.133>
40. Yilmaz, C., Wendelstorf, J., Turek, T. (2017). Modeling and simulation of the use of direct reduced iron in a blast furnace to reduce carbon dioxide emissions. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 164, 1519–1530. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.162>
41. Skobelev, D.O., Volosatova, A.A. (2021). Razrabotka nauchnogo obosnovaniia sistemy kriteriev «zelenogo» finansirovaniia proektov, napravlennykh na tekhnologicheskoe obnovlenie rossiiskoi promyshlennosti (Scientific rationale for the development of the “green” project financing criteria system designed to achieve technological restoration for the Russian industry). *Ekonomika ustoichivogo razvitiia (Economics of Sustainable Development)*, No. 1 (45), 181–188. (In Russ.). Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44928673>

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

### **Natalia Vladimirovna Starodubets**

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Economic Safety of Industrial Complexes, School of Economics and Management, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia (620002, Yekaterinburg, Mira street, 19); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8687-2050> e-mail: [n.v.starodubets@gmail.com](mailto:n.v.starodubets@gmail.com)

### **Irina Stepanovna Belik**

Doctor of Economic Sciences, Professor, Department of Economic Safety of Industrial Complexes, School of Economics and Management, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia (620002, Yekaterinburg, Mira street, 19); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7405-3226> e-mail: [irinabelik2010@mail.ru](mailto:irinabelik2010@mail.ru)

### **Natalia Leonidovna Nikulina**

Candidate of Economic Sciences, Senior Researcher, Institute of Economics, The Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia (620014, Yekaterinburg, Moskovskaya street, 29); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6882-3172> e-mail: [nikulina.nl@uiec.ru](mailto:nikulina.nl@uiec.ru)

### **Tamila Tagirovna Alikberova**

Assistant, Department of Financial and Tax Management, School of Economics and Management, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia (620002, Yekaterinburg, Mira street, 19); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7382-0980> e-mail: [tamila.alikberova@urfu.ru](mailto:tamila.alikberova@urfu.ru)

## ACKNOWLEDGMENTS

We express our gratitude to the RSF and the Government of the Sverdlovsk Region: the study was carried out within the framework of a grant from the RSF and the Government of the Sverdlovsk Region (project No. 22-28-20453 «An integrated approach to the processes of economy decarbonization: the formation of regional policy»).

## FOR CITATION

Starodubets, N.V., Belik, I.S., Nikulina, N.L., Alikberova, T.T. (2023). Assessment and Forecasting of Metallurgical Enterprises Carbon Footprint in the Sverdlovsk Region. *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 22, No. 3, 572–599. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.024>

## ARTICLE INFO

Received June 14, 2023; Revised July 29, 2023; Accepted August 18, 2023.



## Влияние факторов цифровой среды на развитие предпринимательских экосистем регионов России

В. А. Якимова<sup>1</sup>  , С. В. Панкова<sup>1,2</sup> 

<sup>1</sup> Амурский государственный университет,  
г. Благовещенск, Россия

<sup>2</sup> Оренбургский государственный университет,  
г. Оренбург, Россия

 [vilena\\_yakimova@mail.ru](mailto:vilena_yakimova@mail.ru)

**Аннотация.** Актуальность исследования предпринимательских экосистем в условиях цифровой среды вызвана наличием в рамках конкретных регионов сетевых взаимосвязей между предпринимательством, институтами поддержки бизнеса, научно-образовательными организациями, государством в условиях трансформации процессов обмена информацией и технологиями. В условиях вызовов цифровой экономики назрела необходимость определения точек роста региональных экосистем и определения эффектов от воздействия трансформационных факторов на реляционные компоненты экосистемы. Целью исследования является моделирование результативности воздействия цифровой среды на показатели, характеризующие уровень развития предпринимательских экосистем в пространственно-временном континууме. Гипотеза исследования – факторы цифровой среды стимулируют формирование предпринимательских экосистем в регионе. Используются приемы и методы кластеризации, корреляционно-регрессионного анализа, пространственно-временное моделирование. Нами обоснован состав базовых компонент модели региональной предпринимательской экосистемы, сформулированы ключевые принципы ее функционирования, определены критерии ее состояния. Отобраны и структурированы по выделенным компонентам показатели, свидетельствующие о воздействии цифровой среды на результативность функционирования предпринимательских экосистем. Выявлены регионы с выраженными признаками наличия предпринимательских экосистем, установлены особенности их географического размещения. Составлены модели влияния факторов цифровизации на критериальные показатели развития региональных предпринимательских экосистем. Определено положительное влияние на рост прибыльности субъектов предпринимательства присутствия быстрорастущих компаний, сектора информационно-компьютерных технологий, его государственной и инвестиционной поддержки; выявлена прямая зависимость концентрации регионального бизнеса от показателей информационно-ресурсной, инфраструктурной, финансовой компонент. На число быстрорастущих компаний и стартапов влияет наличие акселерационных и инкубационных платформ, масштабируемых проектов в области сквозных технологий и инвестиций в IT-проекты. Значимость результатов состоит в развитии теоретических положений, характеризующих структуру региональных предпринимательских экосистем, критерии их состояния и функционирования, влияние факторов цифровизации на их развитие. Полученные результаты могут использоваться для формирования и корректировки программ по реализации стратегий в области цифровой трансформации экономики регионов.

**Ключевые слова:** концептуальная модель экосистемы; региональная экономика; предпринимательская экосистема; цифровая среда; пространственно-временное моделирование.

## 1. Введение

Предпринимательская деятельность в региональной экономике является драйвером развития благосостояния общества, формируя экономический потенциал на субнациональном уровне, взаимодействуя с институциональными структурами, информационно-технологическим сектором, образовательной средой и непосредственно с потребителями. Экосистемный подход к исследованию предпринимательской среды приобретает все большую популярность в научном сообществе благодаря интеграции различных теоретических направлений, объясняющей возникновение синергетического эффекта от взаимодействия объекта исследования с окружающей средой.

Переход к цифровой экономике, сопровождающийся реализацией соответствующей национальной программы на государственном и региональном уровнях, актуализирует вопросы оценки положительных и отрицательных эффектов от внедрения в предпринимательскую среду цифровых технологий и коммуникационных платформ.

На первых этапах создания цифровой среды в сфере предпринимательства неизбежны дополнительные издержки ресурсов, связанные с освоением новых продуктов в различных видах экономической деятельности, гипотетически компенсируемые впоследствии после перехода к полномасштабному использованию инноваций.

К тому же совокупность особенностей каждого региона, исторически сложившиеся специализация и культура бизнеса по-разному влияют на результативность одних и тех же инновационных процессов, что подтверждает актуальность выявления точек роста предпринимательства и определения влияния цифровизации на показатели, характеризующие зрелость предпринимательской экосистемы в условиях цифровой среды в различных регионах

на протяжении периода времени, соответствующего стадиям внедрения и использования цифровых технологий.

*Цель исследования* – моделирование результативности воздействия цифровой среды на показатели, характеризующие уровень развития предпринимательских экосистем в пространственно-временном континууме.

Цифровизация ускоряет ряд предпринимательских процессов, способствует построению партнерских отношений и сетей, в то же время для многих предприятий вызовы цифровизации становятся ограничениями и препятствуют росту. Неоднозначное потенциальное воздействие факторов цифровизации в современных условиях обусловили выбор гипотезы.

В статье верифицируется гипотеза о благоприятном влиянии факторов цифровой среды на стимулирование развития предпринимательских экосистем в регионе.

*Структура исследования* предполагает теоретический обзор исследований в области средообразующих факторов предпринимательских экосистем, выделении группы наиболее значимых факторов и компонентов цифровой среды, которые предположительно оказывают влияние на зарождение и развитие экосистем. В рамках эмпирического исследования выделены регионы с развитыми предпринимательскими экосистемами и сформированы модели, описывающие благоприятное и негативное влияние на индикаторы развития регионального предпринимательства.

## 2. Обзор литературы

Экосистемный подход в региональной экономике возник благодаря формированию основ биологии как науки о биосистемах путем переноса в экономику биологических понятий и акцентированию внимания на значимости окружающей среды. В первоначальных научных трудах по экосистемам



описывалась роль и назначение новообразований, естественные причины их создания.

Stam & Spigel [1] обосновывают, что предпринимательство является «проводником экономического роста региона» за счет инновационной активности и создания новых предприятий в экосистеме. В работе справедливо отмечено, что географическая близость предприятий, инфраструктура и институциональная поддержка предпринимательства становятся катализаторами высокой концентрации предпринимателей на одной территории.

Autio et al. [2] в качестве экосистем признают региональные сообщества, ориентированные на удовлетворение предпринимательских потребностей. Однако, признавая значимость экосистемы как источника новых субъектов предпринимательства, не следует ограничиваться односторонней позицией и выгодой только для самих предприятий.

Acs et al. [3], опираясь на межстрановые сравнительные исследования, пришли к выводу, что экосистема – это «совокупность организмов, взаимодействующих друг с другом и с окружающей средой, характеризующаяся равновесием и стабильностью для поддержания популяции». Авторы работы анализировали причины объединения предприятий и справедливо отметили, что рост масштабов экосистемы создает региональные эффекты, повышая деловую и инновационную активность, создавая новые виды деятельности и продукты.

Отличие регионального эффекта экосистемы от иных объединений точнее были описаны в трудах представителей европейской научной школы.

Jacobides et al. [4] сформулировали теорию предпринимательских экосистем, которая объясняет рост добавленной стоимости благодаря симбиотическим и коэволюционным свойствам экосистемы, факторам притяжения

партнеров по бизнесу друг к другу. В таком подходе сделан акцент на структуре экосистемы и описании функциональной роли каждого участника. Например, «оркестратор экосистемы» координирует сеть и бизнес-процессы, создает возможности совместного производства, минимизирует риски участников, налаживает взаимосвязи с потребителями и компаниями, производящими дополнительную продукцию и услуги.

Учитывая воздействия глобальных вызовов, предпринимательские экосистемы развиваются благодаря факторам внешней среды и в условиях цифровых трансформаций. Наибольшее исследовательское значение приобретают экосистемные подходы, рассматривающие роль окружающей среды и факторов, обеспечивающих развитие экосистем.

Клейнер [5] определяет экосистему как «естественную оболочку для региональных предприятий, которая создает условия для совместной реализации бизнес-процессов и проектов».

Ефимов и др. [6] роль среды описывают как создание благоприятных условий для возникновения «быстрорастущих предприятий <...> взаимосвязанных субъектов, соединенных формальными и неформальными связями», ускорения обмена знаниями, технологиями, уникальной информацией. Факторы внутренней и внешней среды определяют адаптивные кооперационные связи между участниками отношений в экосистеме, а экосистемный эффект усиливается благодаря легкой доступности к рынкам ресурсов, информации и технологий.

Следует отметить, что факторно-средовой подход достаточно распространен в теории экосистем, позволяет объяснить естественные начала сетей и экономические эффекты от благоприятной среды, от которой зависит продуктивность экосистемы. При этом выделение в научной литературе системообразующих факторов является весьма разнообразным и противоречивым.

Audretsch & Belitski [7] называют важными институциональные и организационные факторы, Смицких [8] – институциональные, общественные, сетевые, инновационные факторы. На основе сравнения экосистем в крупных городах Японии и Индии Kapturkiewicz [9] определил факторы-катализаторы экосистем: финансовые, рыночные, трудовые, инфраструктурные.

Xie et al. [10], тестируя гипотезу в отношении первостепенного влияния факторов на инновационную активность предпринимательства, обосновали, что стимулами являются государственные расходы и интернет-инфраструктура.

Chepurenko et al. [11] дополнительно к вышеперечисленным факторам выделяет наличие крупных вузов и регуляторов.

Данные выводы согласуются с эмпирическими исследованиями Trabskaja & Mets [12] и Singh et al. [13]. Ученые объясняют рост и расширение экосистем за счет кадровых ресурсов, новых знаний, предпринимательских инициатив, стартапов (на базе сетевых отношений вузов с компаниями; технопарков; «горячих точек технологий»).

Научные исследования естественных системообразующих факторов подталкивают ученых и региональные органы власти к изучению важности роли искусственных методов формирования экосистем.

Granstrand & Holgersson [14] и Li-Ying et al. [15] подчеркивают, что экосистемными катализаторами выступают сформированные исследовательские центры, институты поддержки регионального предпринимательства и финансовые посредники.

Kohtamäki et al. [16] считают, что необходимы системные интеграторы и операторы.

Gianluca et al. [17] определяли важную роль в экосистеме инкубаторов и акселераторов, инжиниринговых структур, технопарков на базе высокотехнологичных компаний.

Rosado-Cubero et al. [18] в отношении испанских бизнес-инкубаторов обосновали, что они выполняют роль наставничества, финансовой, юридической и административной поддержки начинающих предприятий в экосистеме. Действительно, системообразующие факторы способствуют обмену ресурсами и технологиями, позволяют коммерциализировать инновации, развивать предприятия на основе особых предпочтительных режимов.

Для минимизации негативного влияния факторов окружающей среды, устойчивого, сбалансированного развития и минимизации рисков в экосистеме встраиваются институты.

Leendertse et al. [19] описывают процесс стимулирования к сетевым взаимоотношениям на базе институтов и скорректированной модели поведения агентов.

Sendra-Pons et al. [20] подчеркивают важность институций как системообразующих факторов. По мнению ученых, главными институциями являются региональные органы власти и центры поддержки предпринимательства, которые притягивают партнеров по бизнесу и формируют локальную институциональную среду.

Bruns et al. [21] более точно дают понимание роли институциональных факторов в развитии экосистем, конкретизируя их как нормы и политики, воздействующие на среду для поддержания деловой активности экосистемы.

Kumar & Borbora [22] справедливо полагают, что институты минимизируют административные барьеры, уровень коррупции, обеспечивают «цифровое доверие» бизнеса к продуктам экосистемы.

Wei [23] подчеркивает важность институтов для создания среды в экосистеме. На основе произведенной оценки он считает, что государственное вмешательство и искусственная поддержка экосистем необходимы в слаборазвитых институциональных средах, что позволит

реализовать целенаправленную политику органов власти и сформировать единую предпринимательскую культуру.

Если ряд ключевых системообразующих факторов в исследованиях достаточно обозначен, то исследования воздействия факторов цифровизации на предпринимательскую экосистему и ее компоненты носят фрагментарный характер.

Лаврикова и др. [24] описывают современные взгляды на цифровизацию как «глобальные вызовы». Они раскрывают эффекты формирования «рынков будущего» и перехода от конкуренции бизнеса к сложным конкурентно-партнерским отношениям в рамках межотраслевых экосистем.

Ермакова и Корабейников [25] обосновали, что значительная пространственная дифференциация в уровне развития цифровой экономики в регионах на рынке посредников и потребителей оказывает существенное влияние на предпринимательский сектор.

Рассматривая воздействия цифровизации на понимание структуры и среды экосистемы, следует выделить дискуссию по проблеме смены «оркестратора экосистемы».

Brown & Mason [26], являясь сторонниками кластерной теории, полагают, что крупное региональное предприятие – это центр притяжения партнеров в региональной экосистеме. Противоположной является точка зрения представителей теории платформенных и цифровых экосистем.

Narima [27] сформулировал эволюционную теорию, которая приводит к видоизменению лидера экосистемы. Автор определил, что факторами динамической трансформации становятся ресурсы и технологии, распределяемые внутри экосистемы благодаря платформам.

Cozzolino et al. [28] к платформам, интегрирующим технологические и инфраструктурные среды, относят центры компетенций по формированию сетей,

электронные платформы государственно-частного партнерства, платформы предпринимательских групп. По мнению ученых, платформы организуют межотраслевое сотрудничество при ослаблении конкурентной позиции структурных элементов экосистемы.

Карпинская и Рыбачук [29], а также Li-Ying et al. [15] демонстрируют преимущества платформ, которые заключаются в сокращении транзакционных издержек, образовании сетевых эффектов и вытеснении традиционных фирм с рынка.

Dattée et al. [30] делают вывод о том, что преимущество технологической платформы заключается в создании «единого информационного пространства» региона и интеграции поставщиков технологий, ресурсов для создания альянсов и бизнес-сетей. Участники экосистемы получают возможности быстрого обмена информацией и совместного использования ресурсов и технологий. Цифровые платформы при достижении эффекта от масштаба выходят за рамки одного региона и становятся независимыми от географии размещения оператора.

Следует выделить работы, в которых платформы рассматриваются не как «оркестратор» всех современных экосистем, а как отдельный тип.

Клейнер [5] аргументирует выделение инфраструктурного типа платформ, Попов и др. [31] акцентируют внимание на комплементарных и ресурсных платформенных экосистемах, Cobben et al. [32] – на кластерных и платформенных структурах.

Varykin et al. [33] и Gianluca [17] обосновывают, что цифровая экосистема как отдельный тип отличается самоорганизацией, устойчивостью, наличием цифровых платформ, которые создают единую информационную среду для взаимодействия участников при отсутствии жестких функциональных связей. С такой позицией следует согласиться, поскольку

цифровые экосистемы обладают уникальной структурой, сформированной благодаря эволюции предпринимательских экосистем под воздействием цифровых трансформаций. При этом, к сожалению, в работах в недостаточной мере уделено внимание принципам создания цифровых экосистем.

Geoffrey et al. [34] обосновывают подход к смене «оркестратора экосистемы» в условиях цифровых трансформаций. За счет стремительного роста цифровых компаний лидерство в экосистеме переходит к предприятиям электронной коммерции, телекоммуникационным компаниям, обеспечивающим доступ к промышленному интернету. Индустриальные предприятия принимают решения о сетевых взаимоотношениях с ИКТ-сектором, ожидая дополнительный эффект от применения аналитики больших данных, облачных технологий и специализированного программного обеспечения.

Lafuente et al. [35] и Hein et al. [36] солидарны в том, что цифровизация стимулирует рост комбинаций сетей, создает новые экономические выгоды от интеграции, роста капитализации и масштабирования бизнеса.

Аликаева и др. [37], ориентируясь на значение цифровизации, подчеркивают синергетическое взаимодействие власти, бизнеса, технологических лидеров и социально-экономических субъектов для роста экономики.

Имеются научные работы, в которых описывается благоприятное влияние факторов цифровой среды на отдельные компоненты экосистемы – управленческие бизнес-модели, региональную среду, экономические эффекты.

Toh [38] на примере данных Сингапура собрал доказательную базу, позволяющую описать положительное влияние факторов цифровой среды на рост добавленной ценности экосистемы.

Rusliati & Mulyaningrum [39] подтверждают рост доходов компаний

и ускорение информационных потоков за счет цифровых инструментов и диффузии цифровых инноваций.

Kraus et al. [40] представили эмпирическое доказательство того, что доходность и прибыльность предпринимательства растет за счет цифровизации бизнес-моделей и сетевых эффектов.

Frank et al. [41] и Kolagar et al. [42] подтверждают получение бизнес-сектором выгод от цифровизации сервисного обслуживания клиентов и быстрой адаптации к изменениям рынка.

Choy [43] показывает положительное влияние технологий на равновесие социально-экономической системы, сокращение производственных затрат и рост производительности.

Li et al. [44] описывают стимулы роста предпринимательства на основе цифровой инфраструктуры с отложенным временным эффектом. Более сильные эффекты получены в провинциях со слаборазвитой традиционной инфраструктурой. В то же время, по мнению Карповой и Майбурова [45], непродуманное и поспешное внедрение цифровых технологий, особенно со стороны государства, может привести к дополнительным издержкам бизнеса.

Wang & Shao [46] уточняют, что цифровизация усиливает региональные конвергенции только в провинциях и странах с высоким уровнем экономического развития. Противоречивые выводы создают необходимость исследования цифровых эффектов на предпринимательские экосистемы в современных условиях, определяя факторы цифровой среды и их комбинации.

Для проведения эмпирических исследований влияния цифровых эффектов на развитие региональных предпринимательских экосистем необходимы методологическая база и инструментарий. Однако выделенные в изученных работах индикаторы не позволяют в полной мере провести такую оценку.

С одной стороны, имеется перечень индикаторов, описывающих роль эффектов экосистем, предложенных Kapturkiewicz [9] (стартапы, акселераторы и бизнес-инкубаторы, производительность, занятость), Leendertse et al. [19] (коэффициенты рождаемости бизнеса, число организаций с высокими темпами роста, рейтинги легкости ведения бизнеса и качества институтов в регионе, доступность сервисов для бизнеса, уровень образования населения, обеспеченность цифровой инфраструктурой и т. п.), Солодилова и др. [47] (индекс продуктивности экосистемы).

С другой стороны, данные подходы не позволяют в полной мере идентифицировать экосистемные эффекты, отделить факторы цифровой среды и иные системообразующие факторы от эффектов экосистемы. В традиционной оценке уровня сформированности

предпринимательских экосистем мало изучены индикаторы для оценки влияния цифровизации на их компоненты, что не позволяет в полной мере оценить цифровые эффекты и степень их влияния.

### 3. Методология исследования

*Первый этап исследования* заключается в кластеризации регионов, в которых отмечаются признаки наличия предпринимательских экосистем. В качестве индикаторов предлагаются показатели табл. 1.

Выбранные индикаторы позволяют оценить наличие лидеров в регионе, в качестве которых выступают быстрорастущие компании, формирующие предпринимательские сети (индикаторы K1-K4). Поскольку целью создания предпринимательских экосистем выступает активный рост предпринимательства,

Таблица 1. Перечень показателей для оценки наличия и развития предпринимательских экосистем в регионе

Table 1. List of indicators for assessing the presence and development of entrepreneurial ecosystems in the region

Обозначение	Расшифровка показателей
K1	Количество быстрорастущих фирм – газелей в регионе, ед.
K2	Количество быстрорастущих компаний малого и среднего бизнеса с годовым оборотом от 60 млн до 5 млрд руб. в регионе, ед.
K3	Число компаний в регионе с прибылью более 1 млрд руб., ед.
K4	Число компаний в регионе с выручкой более 1 млрд руб., ед.
K5	Количество зарегистрированных организаций на душу населения, ед.
K6	Скорость создания бизнеса в регионе
K7	Коэффициент рождаемости организаций
K8	Количество зарегистрированных организаций к количеству ликвидированных, ед.
K9	Количество головных офисов холдингов, ФПГ в регионе, ед.
K10	Количество созданных ТОР в регионе, ед.
K11	Количество промышленных кластеров, ед.
K12	Количество ОЭЗ в регионе, ед.

в качестве индикаторов оценки наличия эффектов предлагается использовать К5-К8.

В качестве метода классификации выбран иерархический метод (внутригрупповых связей) по ряду выбранных индикаторов и для оценки расстояния – квадрат евклидова расстояния. Внутригрупповая связь в кластерном анализе характеризует меру расстояния между двумя кластерами на основе пар наблюдений, принадлежащих кластерам с учетом пары наблюдений, которые формируются внутри кластеров. Кластерный анализ позволяет сгруппировать регионы по схожим признакам и установить группу регионов для последующего анализа.

Второй этап исследования сводится к проведению факторного анализа

с использованием авторского подхода к изучению структуры региональных предпринимательских экосистем, базирующегося на рассмотрении их как совокупности системообразующих элементов и реляционных механизмов.

В табл. 2 представлены индикаторы, которые могут охарактеризовать влияние факторов цифровой среды на выделенные компоненты. Информационной базой исследования выступают статистические показатели ЕМИСС по 85 регионам России, данные сборников ВШЭ «Индикаторы цифровой экономики», содержание интернет-сайтов ассоциации акселераторов и бизнес-инкубаторов, Министерства науки и высшего образования РФ, цифровых платформ «Инвестиционные проекты России», «НТИ» и «Госрасходы».

Таблица 2. Факторы развития цифровой среды региона, сгруппированные по компонентам предпринимательской экосистемы  
Table 2. Factors in the development of the digital environment of the region, grouped by components of the entrepreneurial ecosystem

Обозначение	Показатели, отражающие развитие цифровой среды
<b>Информационно-ресурсная компонента (IR)</b>	
D_lider	Количество в регионе крупнейших российских групп и компаний ИКТ (фирмы цифровые-гиганты), ед.
D_cluster	Количество кластеров цифрового развития в регионе (кластеры информационных технологий), ед.
Inf_v_VRP	Доля сектора информации и связи в ВРП, %
ICT production	Объем производства сектора ИКТ в общем объеме производства всех секторов экономики региона, %
ICT_organiz	Доля организаций сектора ИКТ региона в общем количестве зарегистрированных организаций региона, %
Growth_org_ICT	Темп роста региональных организаций, функционирующих в секторе ИКТ, %
R_lider_ICT	Количество организаций в регионе, включенных в рейтинг сектора ИКТ в топ-100 лидеров отрасли, ед.
R_integr_robot	Количество организаций в регионе, включенных в рейтинг интеграторов промышленных роботов, ед.
VRP_k_cost	Отношение ВРП к совокупным затратам на цифровизацию (ИКТ), руб./руб.

Продолжение табл. 2

Обозначение	Показатели, отражающие развитие цифровой среды
Org_RFID	Доля организаций, использующих RFID в общем числе организаций региона, %
Project_cross_tech	Число региональных проектов в области сквозных технологий, ед.
<i>Project_cross_tech_scal</i>	Число региональных проектов в области сквозных технологий (работающих и на стадии масштабирования), ед.
Org_internet	Доля организаций, использующих сеть Интернет в общем числе организаций региона, %
Wideband_internet	Доля организаций, использующих сеть Интернет с широкополосным доступом в общем количестве организаций региона, %
<b>Инфраструктурная компонента (Inf)</b>	
IT_technopark	Количество технопарков в сфере ИТ, функционирующих в регионе, ед.
Cloud_serv	Доля организаций, использующих облачные сервисы в общем числе организаций региона, %
NTI_infrast	Научно-технологическая инфраструктура – региональные центры коллективного пользования, научно-образовательные центры, исследовательские центры, научные ИТ-сервисы, ед.
Quant	Число кванториумов в регионе, ед.
Eng_tech_centр	Число инженерно-технических центров, легио-конструирования и кружков робототехники в регионе, ед.
Accel	Число акселераторов и бизнес-инкубаторов в регионе, ед.
Accel_platf	Число акселераторов федерального проекта «Платформа университетского технологического предпринимательства» в регионе, ед.
Accel_sprint	Число региональных компаний-победителей акселератора «Спринт» (проекты в области платформ для образования, CRM-системы и т. п.), ед.
Start	Число стартапов в регионе, ед.
R_Start	Рейтинг стартапов, действующих в регионе, балл
Act_point	Число мероприятий, организованных в региональных точках кипения и точках роста, ед.
Act_point_NTИ	Процент мероприятий НТИ в региональных точках кипения, %
Act_point_part	Число участников в региональных точках кипения, чел.
Act_point_part_NTИ	Процент участников НТИ в региональных точках кипения, %
<b>Институциональная компонента (Ins)</b>	
Ind_Institute	Индекс развития институтов в регионе

Продолжение табл. 2

Обозначение	Показатели, отражающие развитие цифровой среды
<b>Реляционная компонента (Rel)</b>	
ERP	Доля организаций, использующих ERP в общем числе организаций региона, %
Online orders	Доля организаций, использующих сеть Интернет для размещения заказов, в общем числе организаций региона, %
Elect_sales	Доля организаций, использующих электронные продажи в общем числе организаций региона, %
Online retail	Доля продаж через Интернет в общем объеме оборота розничной торговли в регионе, %
Web_sait	Доля организаций, имеющие веб-сайт в регионах в общем числе организаций региона, %
e-commerce_loc	Интернет-торговля в регионе (локальный рынок), тыс. руб.
e-commerce_trans	Интернет-торговля в регионе (трансграничный рынок), тыс. руб.
<b>Научно-образовательная компонента (Nobr)</b>	
Grad_ICT	Доля выпускников специализации информационных и цифровых технологий региональных вузов в общем числе выпускников региона, %
Grad_Manag	Доля выпускников направления «Менеджмент» региональных вузов в общем числе выпускников региона, %
R_univer_ICT	Рейтинг регионов по образовательному потенциалу в технической сфере, балл
Internet_users	Доля населения, являющегося активными пользователями сети Интернет, в общей численности населения региона, %
Digital_skills	Доля населения региона – пользователей цифровых технологий, которые обладают цифровыми навыками на высоком уровне, %
<b>Финансовая компонента (Fin)</b>	
Invest_ICT	Доля инвестиций сектора ИКТ в общем объеме инвестиций региона, %
Invest_ICT_proizv	Отношение инвестиций в секторе ИКТ к объему производства сектора ИКТ региона
IT-project	Количество региональных инвестиционных проектов в IT-сфере, ед.
Invest_IT-project	Сумма инвестиций в региональные проекты IT-сфере, млрд руб.
Grant_Fond	Сумма грантов, направленных на финансирование региональных проектов Российского фонда развития информационных технологий, млрд руб.



Окончание табл. 2

Обозначение	Показатели, отражающие развитие цифровой среды
Budget_inform	Расходы консолидированного бюджета РФ и бюджетов государственных внебюджетных фондов в области связи и информации, млрд руб.
Budget_inform_ex	Кассовое исполнение консолидированного бюджета РФ и бюджетов государственных внебюджетных фондов в области связи и информации, млрд руб.
Budget_nat_project	Государственные расходы по финансированию нацпроекта «Цифровая экономика» субъектов РФ, млн руб.

В процессе исследования применялся анализ панельных данных, преимуществом которого является возможность определения пространственно-временных взаимосвязей. Фиксированная переменная – период 2018–2021 гг., объект наблюдения – регион, в котором имеются признаки наличия предпринимательской экосистемы.

В качестве программного обеспечения и анализа статистических данных использовался программный продукт SPSS-статистика. Большой интерес для исследования представляет модель с фиксированными эффектами, поскольку применяется к объектам генеральной совокупности (регионам) и объясняет зависимую переменную ( $K_i$ ) генеральной средней, дифференцированными эффектами воздействия индивидуальных факторов и комбинаторными эффектами при их взаимодействии. Повторные изменения возникают у разных регионов за разные периоды времени. Фиксированные эффекты появляются, когда независимые переменные, уровни которых надежно определены, могут быть воспроизведены при реализации повторений.

Модель с фиксированными переменными описывает оценки индивидуальных эффектов, которыми выступают коэффициенты при переменных, а ненаблюдаемая фиксированная величина фиксируется отдельно. Базовая модель, определяющая эффекты:

$$K_i = \text{const} + \alpha_i + \beta_1 K_1 + \beta_2 K_2 + \beta_3 K_3 + \beta_n K_n + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}, \quad (1)$$

где  $K_i$  – зависимая переменная,  $\alpha_i$ ,  $\beta_j$  – эффект (фиксированный или случайный) на  $i$ -уровнях воздействия факторов,  $(\alpha\beta)_{ij}$  – эффект от их взаимодействия,  $\varepsilon_{ijk}$  – остатки в нормально распределенной модели.

## 4. Результаты исследования

### 4.1. Компоненты и принципы предпринимательской экосистемы в цифровой среде

На основе рассмотрения региональных экосистем как конгломерата системобразующих элементов и реляционных механизмов, на рис. 1 выделены базовые компоненты предпринимательской экосистемы в условиях цифровой среды.

Цифровая среда предпринимательской экосистемы представляет собой комплекс факторов внешнего окружения участников экосистемы, которые взаимодействуют в условиях применения цифровых технологий для создания экономических эффектов в регионе.

Цифровая среда формируется за счет сетей, систем телекоммуникаций, цифровых платформ совместного потребления, центров обработки данных, облачных технологий. Учитывая влияние цифровизации, лидером региональной предпринимательской экосистемы выступают цифровая платформа или



**Рис. 1.** Модель региональной предпринимательской экосистемы в цифровой среде  
**Figure 1.** Model of a regional entrepreneurial ecosystem in the digital environment

компании-газели, которые наращивают темпы роста за счет широкого применения цифровых решений в производстве. Предприятия ИКТ-сектора обладают ресурсами для формирования цифрового потенциала, накопления и передачи знаний и технологий в государственную и промышленную сферы.

Цифровизация трансформирует взаимоотношения между участниками экосистемы и ускоряет процессы обмена материальными, технологическими, информационными, трудовыми ресурсами и их распределения. Инфраструктурная компонента направлена на формирование партнерских отношений между акторами экосистемы. Программы акселерации призваны обеспечить развитие инноваций и поиск источников финансирования, объединить разработчиков сквозных технологий и предпринимателей.

Роль научно-образовательной компоненты сводится к притоку новых знаний, исследователей. Образовательные учреждения являются катализаторами накопления человеческого капитала,

развития цифровых навыков для широкого использования цифровых технологий.

Ключевые принципы современной предпринимательской экосистемы в условиях цифровой среды сводятся к следующему:

1) масштабности и оперативности – рост числа участников, скорости обмена информацией между участниками;

2) обратной связи и информативности – доступность прогнозной аналитики, структурированной информации, обработанной с помощью цифровых технологий;

3) гибкости и баланса интересов участников – цифровые трансформации обеспечивают участников возможностью многовариантного выбора решений по поводу новых рынков сбыта, источников финансирования и т. п.;

4) дифференциации – увеличения возможностей и способов согласования интересов участников экосистемы, наличие возможности стать участниками нескольких экосистем при различных направлениях деятельности;

5) партнерства на взаимовыгодной основе – выстраивание отношений и поиск способов сотрудничества на основе цифровых платформ, социальных сетей, интерактивного взаимодействия в режиме реального времени;

6) устойчивости к изменениям в окружающей среде – способность экосистемы в целом адаптироваться к нововведениям без деградации компонентов и потери связей.

Таблица 3. **Описательные статистики для кластеров регионов с уровнем образования предпринимательских экосистем**

Table 3. **Descriptive statistics for clusters of regions with the level of formation of entrepreneurial ecosystems**

Показатель	Кластер 1 (наличие признаков концентрации экосистем)	Кластер 2 (слабая концентрация экосистем)	Кластер 3 (высокая концентрация экосистем)
Регионы, включенные в кластер	Белгородская обл., Брянская обл., Владимирская обл., Воронежская обл., Ивановская обл., Калужская обл., Костромская обл., Орловская обл., Рязанская обл., Тамбовская обл., Тверская обл., Тульская обл., Ярославская обл., Карелия, Архангельская обл., Вологодская обл., Калининградская обл., Ленинградская обл. и др.	Калмыкия, Смоленская обл., Липецкая обл., Ингушетия, Чеченская Республика, Омская обл., Курская обл., Бурятия, Адыгея, Крым, Кабардино-Балкарская респ., Алания, Тюменская обл. и др.	г. Санкт-Петербург, Московская обл., г. Москва
Количество регионов	61	23	3
Среднее значение показателей			
$K_1$	1	1	8
$K_2$	15	2	138
$K_3$	30	2	373
$K_4$	321	0	2836
$K_5$	1,5	1,2	1,9
$K_6$	0,89	0,96	0,2
$K_7$	62,78	68	14,6
$K_8$	0,53	0,67	0,12
$K_9$	20,8	2,7	278
$K_{10}$	0,4	0,2	1,44
$K_{11}$	1,42	0,2	0
$K_{12}$	1,58	0,6	2,6

#### 4.2. Кластеризация регионов

Для оценки влияния факторов цифровой среды на предпринимательские экосистемы определены регионы, в которых имеются признаки наличия экосистем и развития их компонентов. Кластерный анализ позволил объединить регионы в три кластера (табл. 3).

К первому и третьему кластеру отнесены регионы, в которых имеются предпринимательские экосистемы, а ко второму – менее развитые регионы с нечетким проявлением признаков объединения предпринимательства в сети и партнерские отношения. Для третьего кластера характерно наличие большого числа быстрорастущих фирм, но низкая скорость создания бизнеса. В первый кластер включены регионы, в которых созданы кластеры, сети, и отмечается продуктивность экосистем, связанная с ростом самих компаний и увеличением их количества, что соответствует экосистемному подходу. В связи с этим для последующего факторного анализа в качестве объекта исследования выбраны регионы первого кластера.

#### 4.3. Модели влияния факторов цифровизации на показатели регионов

На основе анализа построены модели, позволяющие оценить влияние факторов цифровизации на показатели регионов, в которых имеются признаки наличия предпринимательских экосистем.

*Модель 1* и *2* описывает влияние цифровых эффектов на показатели прибыльности регионального предпринимательства. В скобках модели указаны статистики значимости каждого фактора, включенного в многофакторную модель.

*Модель 1* описывает влияние на число прибыльных организаций в регионе:

$$\begin{aligned}
 K_3 = & 6,86 + 6,45D_{lider} - 1,01Online\ retail - \\
 t = & (0,03) \quad (0,0) \quad (0,05) \\
 & - 6,43ICT\ production + \\
 & \quad (0,0) \\
 & + 0,05e - commerce_{loc} + \\
 & \quad (0,02) \\
 & + 3,52Budget_{inform} + 0,3Project_{cross\ tech\ scal} + \\
 & \quad (0) \quad (0,07) \\
 & + 0,00087e - commerce_{trans} + 2,83Quant + \\
 & \quad (0,0) \quad (0,04) \\
 & + 2,12Accel + 0,47Start + 0,012Act_{point} - \\
 & \quad (0,003) \quad (0,0) \quad (0,008) \\
 & \quad 0,0004Act_{point\ part} - 0,26R_{inver\ ICT} - \\
 & \quad (0,018) \quad (0,0) \\
 & - 0,05IT - project + 0,00011Grant\_Fond \\
 & \quad (0,012) \quad (0,0)
 \end{aligned}$$

Применение сквозных технологий позволяет предприятиям экономить на затратах и генерировать синергетические эффекты от сотрудничества на всех стадиях производственно-сбытовой цепочки. Рост прибыльности обеспечивается за счет наличия быстрорастущих компаний ИКТ, которые являются поставщиками цифровых инноваций для региональных компаний.

Также на прибыльность компаний региона оказывает кумулятивное положительное влияние рост интернет-торговли на местных и зарубежных рынках, бюджетное финансирование и грантовая поддержка ИТ-проектов, увеличение числа внедренных проектов в области сквозных технологий. В условиях цифровой среды интернет-торговля увеличивает рентабельность продаж. Компании наращивают прибыль за счет участия в программах акселерации, точек кипения, разработки стартапов.

Механизмы акселерации бизнеса и внедрения цифровых решений создают положительный эффект и способствуют сетевому сотрудничеству. Мероприятия, проводимые в точках роста и программы акселерации направлены на поиск партнеров и совместное решение проблем бизнеса.

В качестве сдерживающих факторов следует отметить неэффективность роста доли розничных интернет-продаж, рейтинг вузов по образовательному потенциалу в технологической сфере, числа IT-проектов в регионе. При росте доли сектора ИКТ в регионе уменьшается прибыльность предпринимательства, что говорит о большой производительности предприятий промышленности и сферы услуг. Инвестиционные проекты в IT-сфере находятся на стадии проектирования и инвестирования, а позволят наращивать прибыль для компаний только на стадии масштабирования в длительной перспективе. Модель 2 является альтернативной по отношению к модели 1 и отличается включением факторов, оказывающих благоприятное воздействие, а количественная оценка воздействия сдерживающих факторов сконцентрирована в константе.

Модель 2 описывает влияние факторов цифровой среды на число прибыльных организаций в регионе:

$$K_3 = -6,5 + 8,62D_{lider} + 0,000007e -$$

$$t = (0,001) \quad (0,0)$$

$$- commerce_{loc} + 2,91Budget_{inform} +$$

$$(0,0) \quad (0,0)$$

$$+ 0,001e + commerce_{trans} + 1,9Accel +$$

$$(0,0) \quad (0,05)$$

$$+ 0,41Start + 0,0001Grant\_Fond -$$

$$(0,0) \quad (0,0)$$

$$- 1,1Accel_{platf} + 20,36Invest\_ICT\_proizv$$

$$(0,04) \quad (0,001)$$

В отличие от первой модели высокое положительное значение на прибыльность оказывает рост инвестиций в сектор ИКТ в расчете на объем производства этого сектора. Эффективности работы экосистемы способствуют информационно-ресурсные компоненты, т. е. доступность для бизнеса региона технологий и решений, цифровизация реляционных компонентов, что позволяет

с помощью интернет-площадок наращивать объемы реализации.

Модель 3 описывает влияние факторов цифровой среды на число зарегистрированных организаций в регионе на душу населения:

$$K_5 = -1,86 + 0,62Budget_{inform} +$$

$$t = (0,001) \quad (0,004)$$

$$+ 0,018Project_{cross\ teach\ scal} - 0,000003e -$$

$$(0,0)$$

$$commerce_{trans} + 0,045IT - project +$$

$$(0,0) \quad (0,002)$$

$$+ 0,05Invest_{ICT} + 0,13R_{liderICT} -$$

$$(0,001) \quad (0,0)$$

$$- 0,03VRP_{kcost} + 0,014Wideband_{internet} +$$

$$(0,0) \quad (0,0)$$

$$+ 0,33Ind_{Institute} - 0,65Budget_{inform\ ex} -$$

$$(0,0) \quad (0,002)$$

$$- 0,000005Budget_{inform\ nat\ project} +$$

$$(0,0)$$

$$+ 0,001InvestIT - project +$$

$$(0,033)$$

$$+ 1,11Growth\_org\_ICT$$

$$(0,04)$$

Модель 4 описывает влияние факторов цифровой среды на число зарегистрированных организаций в регионе на душу населения:

$$K_5 = -0,6 - 0,04Budget_{inform} - 0,000001e -$$

$$t = (0,01) \quad (0,06)$$

$$- commerce_{trans} + 0,08IT - project +$$

$$(0,023) \quad (0,0)$$

$$+ 0,025Project_{cross\ teach\ scal} +$$

$$(0,0)$$

$$+ 0,012Wideband_{internet} + 0,24Ind_{Institute} -$$

$$(0,0) \quad (0,0)$$

$$- 0,0004Act_{point} + 0,13Inf_{vVRP} -$$

$$(0,0) \quad (0,02)$$

$$- 0,001VRP_{kcost} - 0,000002Budget_{nat\ project} +$$

$$(0,027) \quad (0,0)$$

$$0,00015R\_Start$$

$$(0,029)$$

Высокая концентрация предпринимательства в регионе свидетельствует о положительном эффекте и влиянии системообразующих и институциональных факторов развития экосистем.

Согласно модели 3 рост концентрации бизнеса наблюдается за счет доступности информационно-ресурсной базы (концентрация в регионе лидеров в ИКТ-секторе и темпы их роста, число проектов в области сквозных технологий, использование компаниями широкополосного Интернета), а также развития институтов и инвестиционной поддержки ИТ-проектов.

Быстрыми темпами растет не только число производителей цифровых технологий за счет создания новых предприятия и реализации инвестиционных проектов, но и увеличивается количество предприятий иных секторов. Искусственный интеллект, анализ больших данных и другие цифровые технологии способствуют появлению предприятий с встроенными в бизнес-процессы цифровыми продуктами. При этом в регионах, где отсутствуют проекты по внедрению сквозных технологий, наблюдается затухание предприятий со устаревшими технологиями и неконкурентоспособной продукцией.

Модели 5 и 6 характеризуют воздействие цифровизации на скорость создания бизнеса в регионах. Модель 5:

$$K_6 = 1,02 + 0,0000007Act_{point} + t = (0,0) \quad (0,004) + 0,00033VRP_{kcost} + 0,011D_{lider} + 0,016K11 + (0,001) \quad (0,035) \quad (0,008) + 0,001Start + 0,0016Grand_{Manag} + (0,004) \quad (0,034) + 0,18Invest_{ICTproizv} - 0,013NTI_{infrastr} - (0,01) \quad (0,0) - 0,003Org_{internet} (0,0)$$

На скорость создания бизнеса оказывают благоприятное воздействие

факторы, относимые к информационно-ресурсной составляющей, цифровизации инфраструктуры, научно-образовательной и финансовой компоненте. Для продуктивности региональной экосистемы цифровизация реляционной компоненты является малозначимым фактором.

Модель 5 показывает, что процессы создания предприятий стимулируются за счет активности точек кипения, окупаемости затрат на цифровизацию предприятий сектора ИКТ, что означает их высокую производительность в регионе, наличие крупных цифровых лидеров в регионе. Важен человеческий капитал и рост числа выпускников в области менеджмента. Отмечается, что в кластерах скорость создания новых предприятий заметно выше, по сравнению с другими формами экосистем (ТОРами и ОЭЗ). Кадры для предпринимательства и доступность информационных ресурсов и услуг со стороны производителей цифровых технологий создают положительные стимулы для роста бизнеса. При этом отрицательное воздействие оказывает увеличение доли региональных организаций, использующих Интернет и веб-сайты. Данный фактор оказывает влияние на расширение и рост существующего бизнеса, самозанятость населения.

Модель 6:

$$K_6 = 0,53 + 0,0039Wideband_{internet} + t = (0,0) \quad (0,0) + 0,0000004Act_{point} + 0,13Invest_{ICTproizv} + (0,058) \quad (0,023) + 0,004Internet_{users} - 0,03ICT_{production} - (0,014) \quad (0,033) - 0,0044Elect_{sales} - 0,004Web_{sait} (0,04) \quad (0,01)$$

Анализируя модель 6, можно отметить, что рост доли населения, активно пользующегося Интернетом, способен привести к росту числа региональных

предприятий. Фактором роста является доступность электронных государственных услуг и публичность в сети Интернет лучших практики открытия бизнеса, что приводит к активизации работающего населения и безработных граждан к открытию своего бизнеса.

Модели 7 и 8 отражает влияние факторов цифровой среды на образование в регионе организаций-газелей с высокими масштабами и скоростью бизнеса. Модель 7:

$$K_2 = -4,83 + 0,0001e - commerce_{trans} + \\ t = (0,0) \quad (0,0) \\ + 0,08R_{univerICT} + 1,41Ind_{Institute} + 3,31R_{liderICT} + \\ (0,0) \quad (0,0) \quad (0,0) \\ + 0,13Start + 0,5Invest_{ICT} + \\ (0,0) \quad (0,0) \\ + 0,89IT - project + 3,48R_{integr robot} + \\ (0,0) \quad (0,0) \\ + 0,14Project\_cross\_tech\_scal \\ (0,0)$$

Модель 8:

$$K_2 = -8,27 + 2Ind_{Institute} + 2,98Inf_{vVRP} + \\ t = (0,0) \quad (0,0) \quad (0,0) \\ + 3,24R_{liderICT} + 0,000002e - commerce_{loc} + \\ (0,0) \quad (0,0) \\ + 0,0003e - commerce_{trans} + 0,18Eng_{tech centr} + \\ (0,0) \quad (0,014) \\ + 0,28Accel_{platf} + 0,1Start + \\ (0,03) \quad (0,0) \\ + 0,92IT - project + \\ (0,0) \\ + 0,0000038Grant\_Fond \\ (0,0)$$

Наличие компаний-газелей в регионе, которые являются базой для формирования предпринимательских экосистем и их системообразующим элементом, определяется наличием компаний лидеров ИКТ-сектора с высоким рейтингом, интеграторов промышленных роботов, масштабируемых проектов

в области сквозных технологий, развитием институтов поддержки бизнеса, наличием рейтинговых вузов в научно-технологической сфере и инвестиций в IT-проекты.

Большая часть быстрорастущих фирм концентрируется в регионах, где имеются лидеры в сфере цифровизации и экономики знаний, а также в условиях доступности дорогостоящих, но производительных технологий для повышения эффективности промышленного сектора. Рост таких компаний наблюдается также за счет построения цифровых платформ и возможности реализации продукции на экспорт посредством интернет-продаж.

В региональной среде стартапы выступают источником цифровых инноваций и создают условия для расширения экосистем и масштабирования предприятий. Успешные сотрудники в предприятиях, студенты рейтинговых вузов стремятся к реализации собственного бизнеса и тем самым создают стартап-идеи. Большая часть стартапов поддерживается и реализуется в области цифровых технологий.

Модели 9 и 10 описывают причины роста стартапов. Модель 9:

$$Start = -10,17 + 0,00001e - commerce_{loc} + \\ t = (0,0) \quad (0,0) \\ + 1,87Accel_{platf} + 0,04K4 + 12,46K10 + \\ (0,013) \quad (0,0) \quad (0,0) \\ + 1,3IT_{technopark} - 0,91Project_{cross tech scal} + \\ (0,003) \quad (0,0) \\ + 34,11Invest_{ICT proizr} - 0,01Act\_point \\ (0,0) \quad (0,0)$$

Модель 10 описывает влияние факторов цифровой среды на число стартапов в регионе:

$$Start = -36,29 - 5,74R_{liderICT} + 0,0001e - \\ t = (0,0) \quad (0,0) \\ - commerce_{loc} + 14,21K10 + \\ (0,0) \quad (0,0)$$

$$\begin{aligned}
& + 44,76Invest_{ICT\,proizv} - \\
& \quad (0,0) \\
& - 1,77K11 + 1,5IT_{technopark} + 0,44Web_{sait} - \\
& \quad (0,037) \quad (0,01) \quad (0,011) \\
& - 4,2Accel + 4,02Accel\_sprint \\
& \quad (0,0) \quad (0,0)
\end{aligned}$$

Согласно модели 9, влияние на увеличение стартапов оказывают проекты в области акселерации «Платформа университетского технологического предпринимательства», в рамках которых поддерживаются новые технологические решения для открытия бизнеса путем внедрения цифровых технологий. Также стартапы создаются в регионах с высокой долей компаний по уровню доходов и в действующих режимах ТОСЭР и IT-технопарках.

Для стартапов преференциальные режимы становятся благоприятными в связи с наличием льготных налоговых

и административных условий, предоставления доступа к инфраструктуре, что важно для открытия нового бизнеса. Как показывают оба уравнения регрессии, IT-технопарки становятся катализаторами роста цифровых экосистем на основе готовой инфраструктуры и инвестиций.

В модели 10 на развитость стартапов негативное влияние оказывает наличие лидеров в регионе, что говорит о сдерживании стартапов при высокой концентрации ресурсов и квалифицированных кадров в высокоразвитых корпорациях. Это объясняется тем, что опасение высокой конкуренции с ведущими компаниями не создает стремлений многих сотрудников к открытию собственного бизнеса.

#### 4.4. Оценка качества моделей

В табл. 4 сведены показатели, позволяющие оценить качество моделей.

Таблица 4. Оценка качества пространственно-временных моделей  
Table 4. Evaluation of the quality of space-time models

Модель	Повторные измерения (дисперсия)	Критерий Вальда	Методы оценки качества панельных данных		
			Информационный критерий Акаике (AIC)	Критерий Гурвича – Цая (AICC)	Байесовский критерий Шварца (BIC)
1	176,63 (15,8)	11,18 (0)	2038,99	2041,95	2102,37
2	202,36 (17,96)	11,27 (0)	2093,57	2094,87	2136,02
3	0,20 (0,018)	11,18 (0)	342,032	344,37	398,38
4	0,21 (0,019)	11,27 (0)	353,273	355,030	402,8
5	0,015 (0,0013)	11,3 (0)	-326,24	-324,95	-283,69
6	0,01 (0,001)	11,2 (0)	-308,62	-307,72	-273,17
7	11,63 (1,04)	11,23 (0)	1357,497	1358,80	1399,85
8	12,95 (1,15)	11,23 (0)	1386,59	1388,12	1432,47



Окончание табл. 4

Мо- дель	Повторные измерения (диспер- сия)	Критерий Вальда	Методы оценки качества панельных данных		
			Информационный кри- терий Акаике (AIC)	Критерий Гур- вича – Цая (AICC)	Байесовский кри- терий Шварца (BIC)
9	200,63 (20,92)	9,59 (0)	1519,64	1521,18	1555,01
10	210,37 (21,93)	9,59 (0)	1530,36	1532,18	1568,94

Таблица 5. Обобщение результатов моделирования

Table 5. Generalization of simulation results

Ком- по- нента циф- ровой среды	Влия- ние	Число при- быльных организаций в ре- гионе		Число заре- гистрирован- ных организа- ций в регионе на душу насе- ления		Скорость создания бизнеса в ре- гионе		Количество в регионе ор- ганизаций-га- зелей мало- го и среднего бизнеса		Число стар- тапов в ре- гионе		Общее количество
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
IR	«+»	2	1	4	3	2	1	3	2	–	–	18
	«–»	1	–	1	1	1	1	–	–	1	1	7
Inf	«+»	4	2	–	1	2	1	1	3	2	3	19
	«–»	1	1	–	1	1	–	–	–	1	1	6
Rel	«+»	2	2	–	–	–	–	1	2	1	2	10
	«–»	1	–	1	1	–	2	–	–	–	–	5
Nobr	«+»	–	–	–	–	1	1	1	–	–	–	3
	«–»	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1
Fin	«+»	2	3	4	1	1	1	2	2	–	–	16
	«–»	1	–	2	2	–	–	–	–	1	–	6
Ins	«+»	–	–	1	1	–	–	1	1	–	–	4
	«–»	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0
K11	«+»	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	1
	«–»	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1
K4	«+»	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	1
K10	«+»	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1	2
Итого		15	9	13	11	9	7	9	10	8	9	100
Доля факторов, оказывающих влияние:												
положительное	66,67	88,89	69,23	54,55	77,78	57,14	100	100	62,50	66,67	74	
отрицательное	33,33	11,11	30,77	45,45	22,22	42,86	0,00	0,00	37,50	33,33	26	

Примечание: «+» – положительное, «–» отрицательное.

На основе оценки лучшими по качеству моделями являются модели, описывающие влияние факторов на число зарегистрированных организаций и скорость создания бизнеса в регионе. С большей погрешностью в оценках можно принять модели 1 и 2.

В табл. 5 представлено обобщение результатов моделирования.

Как показал сводный анализ, в среднем на 74% цифровизация оказывает благоприятное воздействие на развитие региональных экосистем, а на наличие компаний-газелей – на 100%. Факторы негативно влияют на скорость роста и концентрацию предпринимательства в регионе.

## 5. Обсуждение результатов

Предпринимательские экосистемы концентрируются вокруг компаний с уникальными технологиями, которые предоставляют больше ресурсов для обучения, регионального сотрудничества и формирования стартапов. Развитая инфраструктура экосистемы обеспечивает межорганизационное сотрудничество для объединения бизнеса, региональных вузов и правительственных структур.

Выявлено, что предпринимательские экосистемы тяготеют к размещению в благополучных регионах, с высокими финансовыми мерами поддержки предпринимательства. В слаборазвитых регионах концентрация предпринимательских экосистем происходит при реализации инвестиционных проектов, направленных на обеспечение качества жизни населения.

Данный факт подтверждает результаты, полученные в работе Li et al. [44]. Положительное влияние роста доходности и прибыльности бизнеса конкретизируют результаты, полученные Chou [43].

По сравнению с ранее проведенными исследованиями Ермаковой и Корабейникова [25], Солодиловой и др. [47], Leendertse et al. [19], Toh [38], в ходе настоящей работы выделены ключевые

компоненты цифровой среды, с помощью активизации факторов которой представляется возможным усилить развитие предпринимательства. К таким компонентам относится инфраструктура, информационно-ресурсная и финансовая компонента.

Наличие в регионе развитого сектора ИКТ открывает доступ к уникальным ресурсам. Для бизнеса доступны виртуальные технологии поддержки управления новыми идеями, подготовки бизнес-планов, новые бизнес-модели с сервисно-доминирующей логикой. Цифровые технологии позволяют ускорить транзакции, тем самым обеспечивая рост прибыли участников экосистемы. Средства коммуникации являются функциональными возможностями для выстраивания взаимоотношений между участниками экосистемы. В сильных предпринимательских экосистемах доступность финансового, венчурного капитала для быстрорастущих IT-компаний приводит к расширению границ экосистем.

Ограничения результатов исследования связаны с наличием показателей за относительно небольшой временной лаг, что объясняется периодом ведения статистического учета по результатам выполнения национального проекта «Цифровая экономика». В дальнейшем динамическое развитие процессов цифровизации и проявлений экосистемных эффектов в рамках региона может пополнить эмпирическую базу данных обновленными показателями и выступит направлением будущих исследований в данной области.

Поставленная гипотеза исследования подтвердилась частично, поскольку выявлено, что факторы цифровой среды оказывают как положительное, так и сдерживающее воздействие.

## 6. Заключение

Экосистемный подход, активно реализуемый современной наукой, предполагает получение существенно значимых

результатов при использовании его для исследований в области региональной экономики. Развитие цифровизации вызывает кардинальные изменения в процессах, происходящих в региональных экосистемах, что актуализирует необходимость корректировки стратегий цифровой трансформации регионов. Для создания реализации комплексного подхода к управлению региональной экономикой необходимо определиться с приоритетами поддержки и внедрения цифровизации.

Теоретическую значимость имеет сформированная структурно-компонентная модель региональных предпринимательских экосистем с выделением шести взаимосвязанных составляющих, показатели развития которых в условиях цифровой среды были представлены в качестве факторных переменных, заложенных в основу пространственно-временных моделей, исследующих влияние цифровизации на развитие предпринимательства в регионах.

В ходе проведенного исследования влияния на показатели развития предпринимательских экосистем нами использовались данные, отобранные по 61 региону Российской Федерации (из рассматриваемых 85 субъектов) с выявленными признаками наличия и определенного уровня развития данных систем, за 2018–2021 гг. При этом

использовался метод кластеризации, позволивший распределить все регионы по трем принципиально отличающимся группам и выделить регионы со сформированной предпринимательской экосистемой. Согласно поставленной цели разработаны 10 эконометрических моделей, описывающих положительное и сдерживающее воздействие факторов цифровой среды на развитие предпринимательских экосистем.

В результате моделирования получены статистически достоверные данные о разнонаправленном влиянии факторов, представляющих каждую из предложенных компонент, на критериальные показатели, характеризующие качество региональных предпринимательских экосистем: рост прибыльности предприятий, концентрацию бизнеса, скорость его создания, численность организаций-газелей и рост стартапов.

Практическая значимость исследования заключается в возможности применения полученных факторов для управления и принятия решений органами власти по реализации программ стратегического развития регионов в части активизации экосистем и минимизации влияния сдерживающих факторов. Полученные модели применимы для прогнозирования в условиях стимулирования цифровизации в бизнес-секторе экономики.

#### Список использованных источников

1. *Stam E., Spigel B.* Entrepreneurial ecosystems // Utrecht School of Economics Discussion Paper Series No. 16-13. Utrecht School of Economics, 2016. 15 p. URL: [https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/347982/16\\_13.pdf](https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/347982/16_13.pdf)
2. *Autio E., Nambisan S., Thomas L.D., Wright M.* Digital affordances, spatial affordances, and the genesis of entrepreneurial ecosystems // Strategic Entrepreneurship Journal. 2018. Vol. 12, Issue 1. Pp. 72–95. <https://doi.org/10.1002/sej.1266>
3. *Acs Z.J., Autio E., Szerb L.* National systems of entrepreneurship: Measurement issues and policy implications // Research Policy. 2014. Vol. 43, Issue 3. Pp. 476–494. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2008160>
4. *Jacobides M.G., Cennamo C., Gawer A.* Towards a theory of ecosystems // Strategic Management Journal. 2018. Vol. 39, Issue 8. Pp. 2255–2276. <http://dx.doi.org/10.1002/smj.2904>
5. *Клейнер Г.Б.* Экономика экосистем: шаг в будущее // Экономическое возрождение России. 2019. № 1 (59). С. 40–45. <https://kleiner.ru/pubs/ekonomika-ekosistem-shag-v-budu-shhee/>

6. Ефимов В.С., Лантева А.В., Румянцев М.В. Наука и образование региона в экосистемной перспективе (на примере Красноярского края) // Университетское управление: практика и анализ. 2019. Т. 23, № 3. С. 40–55. <https://doi.org/10.15826/umpa.2019.03.018>
7. Audretsch D., Belitski M. Entrepreneurial ecosystems in cities: establishing the framework conditions // Journal of Technology Transfer. 2017. Vol. 42, Issue 5. Pp. 1030–1051. <https://doi.org/10.1007/s10961-016-9473-8>
8. Смицких К.В. Теоретические аспекты взаимодействия акторов предпринимательской экосистемы // Креативная экономика. 2022. Т. 16, № 10. С. 3901–3912. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2021.104379>
9. Kapturkiewicz A. Varieties of Entrepreneurial Ecosystems: A comparative study of Tokyo and Bangalore // Research Policy. 2022. Vol. 51, Issue 9. P. 104377. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2021.104377>
10. Xie Z., Wang X., Xie L., Duan K. Entrepreneurial ecosystem and the quality and quantity of regional entrepreneurship: A configurational approach // Journal of Business Research. 2021. Vol. 128. Pp. 499–509. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.02.015>
11. Chepurenko A. Entrepreneurship Ecosystems in Post-Socialist Economies // Foresight and STI Governance. 2019. Vol. 13. No. 4. Pp. 6–8. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2019.4.6.8>
12. Trabskaja J., Mets T. Ecosystem as the Source of Entrepreneurial Opportunities // Foresight and STI Governance. 2019. Vol. 13. No. 4. Pp. 10–22. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2019.4.10.22>
13. Singh S., Sinha S., Das V.M., Sharma A. A framework for linking entrepreneurial ecosystem with institutional factors: A modified total interpretive structural modelling approach // Journal for Global Business Advancement. 2019. Vol. 12, No. 3. Pp. 382–404. <http://dx.doi.org/10.1504/JGBA.2019.10022953>
14. Granstrand O., Holgersson M. Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition // Technovation. 2020. Vol. 90-91. P. 102098. <http://dx.doi.org/10.1016/j.technovation.2019.102098>
15. Li-Ying J., Sofka W., Tuertscher Ph. Managing innovation ecosystems around Big Science Organizations // Technovation. 2022. Vol. 116. P. 102523. <http://dx.doi.org/10.1016/j.technovation.2022.102523>
16. Kohtamäki M., Parida V., Oghazi P., Gebauer H., Baines T.S. Digital servitization business models in ecosystems: A theory of the firm // Journal of Business Research. 2019. Vol. 104. Pp. 380–392. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.06.027>
17. Gianluca E., Margherita A., Passiante G. Digital entrepreneurship ecosystem: How digital technologies and collective intelligence are reshaping the entrepreneurial process // Technological Forecasting and Social Change. 2020. Vol. 150. P. 119791. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119791>
18. Rosado-Cubero A., Hernández A., Freire-Rubio T. Promotion of entrepreneurship through business incubators: Regional analysis in Spain // Technological Forecasting and Social Change. 2023. Vol. 190. P. 122419. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122419>
19. Leendertse J., Schrijvers M., Stam E. Measure Twice, Cut Once: Entrepreneurial Ecosystem Metrics // Research Policy. 2022. Vol. 51, Issue 9. P. 104336. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104336>
20. Sendra-Pons P., Comeig I., Mas-Tur A. Institutional factors affecting entrepreneurship: A QCA analysis // European Research on Management and Business Economics. 2022. Vol. 28, Issue 3. P. 100187. <http://dx.doi.org/10.1016/j.iiedeen.2021.100187>
21. Bruns K., Bosma N., Sanders M., Schramm M. Searching for the existence of entrepreneurial ecosystems // Small Business Economics. 2017. Vol. 49, Issue 1. Pp. 31–54. <https://doi.org/10.1007/s11187-017-9866-6>
22. Kumar G., Borbora S. Facilitation of Entrepreneurship: The Role of Institutions and the Institutional Environment // South Asian Journal of Management. 2016. Vol. 23, No. 3. Pp. 57–77. URL: <https://ssrn.com/abstract=3002268>

23. *Wei Y.* Reprint of: Regional governments and opportunity entrepreneurship in underdeveloped institutional environments: An entrepreneurial ecosystem perspective // *Research Policy*. 2022. Vol. 51, Issue 9. P. 104667. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2022.104667>
24. *Лаврикова Ю.Г., Андреева Е.Л., Тарасов А.Г., Ратнер А.В.* Влияние глобальных экономических вызовов на развитие рынков будущего // *Экономика и управление*. 2019. № 9 (167). С. 34–42. <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2019-9-34-42>
25. *Ermakova Zh.A., Korabeynikov I.N.* The formation of production relations in the context of the digital economy establishment in the Russian Federation // *Economy of Regions*. 2019. Vol. 15, No. 4. Pp. 1199–1211. <http://dx.doi.org/10.17059/2019-4-18>
26. *Brown R., Mason C.* Looking inside the spiky bits: A critical review and conceptualization // *Small Business Economics*. 2017. Vol. 49. Pp. 11–30. <https://doi.org/10.1007/s11187-017-9865-7>
27. *Harima J.* Public Accelerators in Entrepreneurial Ecosystems: Resource Orchestration in the Early Ecosystem Evolution. Berlin: Springer Gabler, 2020. 263 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-31655-6>
28. *Cozzolino A., Corbo L., Aversa P.* Digital platform-based ecosystems: The evolution of collaboration and competition between incumbent producers and entrant platforms // *Journal of Business Research*. 2021. Vol. 126. Pp. 385–400. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.12.058>
29. *Карпинская В.А., Рыбачук М.А.* Генезис экосистемной формы организации производства в современной экономике: факторы и результаты // *Journal of Economic Regulation*. 2021. Т. 12, № 2. С. 85–99. <https://doi.org/10.17835/2078-5429.2021.12.2.085-099>
30. *Dattée B., Alexy O., Autio E.* Maneuvering in poor visibility: how firms play the ecosystem game when uncertainty is high // *The Academy of Management Journal*. 2018. Vol. 61, No. 2. Pp. 466–498. <https://doi.org/10.5465/amj.2015.0869>
31. *Попов Е.В., Симонова В.Л., Челак И.П.* Типология моделей региональных инновационных экосистем // *Региональная экономика: теория и практика*. 2020. Т. 18, № 7. С. 1336–1356. <https://doi.org/10.24891/re.18.7.1336>
32. *Cobben D., Ooms W., Roijackers N., Radziwon A.* Ecosystem types: A systematic review on boundaries and goals // *Journal of Business Research*. 2022. Vol. 142. Pp. 138–164. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.12.046>
33. *Barykin S.E., Kapustina I.V., Kirillova T.V., Yadykin V., Konnikov Y.A.* Economics of Digital Ecosystems // *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. 2020. Vol. 6, Issue 4. Pp. 124–128. <http://dx.doi.org/10.3390/joitmc6040124>
34. *Parker G., Alstyne M.V., Jiang X.* Platform Ecosystems: How Developers Invert the Firm // *MIS Quarterly*. 2017. Vol. 41, No. 1. Pp. 255–266. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2861574>
35. *Lafuente E., Ács Z.J., Szerb L.* A composite indicator analysis for optimizing entrepreneurial ecosystems // *Research Policy*. 2021. Vol. 51, Issue 9. P. 104379. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2021.104379>
36. *Hein A., Weking J., Schreieck M., Wiesche M., Böhm M., Krcmar H.* Value Co-Creation Practices in Business-to-Business Platform Ecosystems // *Electron Markets*. 2019. Vol. 29, Issue 3. Pp. 503–518. <http://dx.doi.org/10.1007/s12525-019-00337-y>
37. *Аликаева М.В., Асланова Л.О., Шинахов А.А.* Теории социально-экономических систем: закономерности и тенденции развития // *Вестник ВГУИТ*. 2020. Т. 82, № 3. С. 284–288. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-3-284-288>
38. *Toh M.H.* Developing Digital Business Ecosystem in Singapore // *Asia Competitiveness Institute Research Paper Series*. Research Paper No. 12-2021. Asia Competitiveness Institute, Lee Kuan Yew School of Public Policy, 2021. 23 p. URL: <https://lkyspp.nus.edu.sg/docs/default-source/aci/acr202112.pdf>
39. *Rusliati E., Mulyaningrum M.* Micro and Small Business Development by Using Digital Economy // *Proceedings of the 1st International Conference on Economics, Business, Entrepreneurship, and Finance (ICEBEF 2018)*. Series: *Advances in Economics, Business and*

Management Research. Vol. 65. Atlantis Press, 2019. Pp. 352–355. <https://doi.org/10.2991/ice-bef-18.2019.79>

40. Kraus S., Durst S., Pinto Ferreira J.J., Veiga P.M., Kailer N., Weinmann A. Digital transformation in business and management research: An overview of the current status quo // International Journal of Information Management. 2021. Vol. 63. P. 102466. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102466>

41. Frank A.G., Mendes G.H.S., Ayala N.F., Ghezzi A. Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective // Technological Forecasting and Social Change. 2019. Vol. 141. Pp. 341–351. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.01.014>

42. Kolagar M., Parida V., Sjödin D. Ecosystem transformation for digital servitization: A systematic review, integrative framework, and future research agenda // Journal of Business Research. 2022. Vol. 146. Pp. 176–200 <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.03.067>

43. Choy B.G. Random Interaction Effect of Digital Transformation on General Price Level and Economic Growth // Foresight and STI Governance. 2020. Vol. 14, No. 1. Pp. 29–47. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2020.1.29.47>

44. Li Yu., Zhang J., Lyu Ya. Does telecommunications infrastructure promote entrepreneurship in developing countries? Evidence from a quasi-natural experiment in China // Structural Change and Economic Dynamics. 2023. Vol. 66. Pp. 196–119. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2023.04.013>

45. Карпова О.М., Майбуров И.А. Трансформации налога на добавленную стоимость в условиях форсированной цифровизации российской экономики // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2019. № 46. С. 7–19. <http://dx.doi.org/10.17223/19988648/46/1>

46. Wang L., Shao J. Digital economy, entrepreneurship and energy efficiency // Energy. 2023. Vol. 269. P. 126801. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.126801>

47. Солодилова Н., Маликов Р., Гришин К. Искусственные предпринимательские экосистемы как фактор реконфигурации деловой среды региона // Общество и экономика. 2020. № 4. С. 38–55. <https://doi.org/10.31857/S020736760009170-6>

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

### Якимова Вилена Анатольевна

Кандидат экономических наук, доцент кафедры финансов, руководитель лаборатории исследования региональных предпринимательских экосистем в условиях цифровой среды Амурского государственного университета, г. Благовещенск, Россия (675027, г. Благовещенск, Игнатъевское шоссе, 21); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5866-5652> e-mail: [vilena\\_yakimova@mail.ru](mailto:vilena_yakimova@mail.ru)

### Панкова Светлана Валентиновна

Доктор экономических наук, профессор кафедры бухгалтерского учета, анализа и аудита Оренбургского государственного университета, ведущий научный сотрудник лаборатории исследования региональных предпринимательских экосистем в условиях цифровой среды Амурского государственного университета, г. Оренбург, Россия (460018, г. Оренбург, просп. Победы, 13), ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3632-6702> e-mail: [panksv@mail.ru](mailto:panksv@mail.ru)

## БЛАГОДАРНОСТИ

Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-00044 на тему: «Концептуальная модель региональной предпринимательской экосистемы в условиях цифровой среды», [HTTPS://RSCF.RU/PROJECT/23-28-00044/](https://RSCF.RU/PROJECT/23-28-00044/)

## **ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ**

Якимова В.А., Панкова С.В. Влияние факторов цифровой среды на развитие предпринимательских экосистем регионов России // Journal of Applied Economic Research. 2023. Т. 22, № 3. С. 600–629. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.025>

## **ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ**

Дата поступления 28 мая 2023 г.; дата поступления после рецензирования 6 июля 2023 г.; дата принятия к печати 3 августа 2023 г.

## The Influence of Digital Environment Factors on the Development of Entrepreneurial Ecosystems in Russian Regions

Vilena A. Yakimova<sup>1</sup>  , Svetlana V. Pankova<sup>1,2</sup> 

<sup>1</sup> Amur State University,  
Blagoveshchensk, Russia

<sup>2</sup> Orenburg State University,  
Orenburg, Russia

 [vilena\\_yakimova@mail.ru](mailto:vilena_yakimova@mail.ru)

**Abstract.** The relevance of the study of entrepreneurial ecosystems in a digital environment is caused by the presence within specific regions of network relationships between entrepreneurship, business support institutions, scientific and educational organizations, and the state in the context of the transformation of information and technology exchange processes. In the face of the challenges of the digital economy, there is a need to determine the points of growth of regional ecosystems and identify the effects of the impact of transformational factors on the relational components of the ecosystem, which are formed by the new digital environment. The aim of the study is to model the effectiveness of the impact of the digital environment on indicators characterizing the level of development of entrepreneurial ecosystems in the space-time continuum. The research hypothesis is that the factors of the digital environment stimulate the formation of entrepreneurial ecosystems in the region. Methods: we used techniques and methods of clustering, correlation and regression analysis, and space-time modeling. Results: the authors substantiated the composition of the basic components of the model of the regional entrepreneurial ecosystem, formulated the key principles of its functioning, and determined the criteria for its condition. We have selected and structured indicators indicating the impact of the digital environment on the effectiveness of the functioning of entrepreneurial ecosystems. The article contains data on the identification of regions with pronounced signs of the presence of entrepreneurial ecosystems. The authors have established the features of their geographical location. We have compiled models of the impact of digitalization on the criteria indicators of regional business ecosystems. The study determined the positive impact on the profitability growth of the presence of fast-growing companies in the region, the information and computer technology sector, and the size of its state and investment support. The authors have identified a direct dependence of business concentration on information resources, infrastructure, and financial components. We have established the degree of influence of acceleration and incubation platforms, scalable projects in the field of end-to-end technologies and investments in IT projects on the number of fast-growing companies and startups. The results develop the theoretical propositions of regional business ecosystems, criteria for their condition and functioning, and the influence of digitalization factors on their development. The obtained results can be used for the formation and adjustment of programs for the implementation of strategies in the field of digital transformation of the regional economy.

**Key words:** conceptual ecosystem model; regional economy; entrepreneurial ecosystem; digital environment; space-time modeling.

**JEL** P25, R12



## References

1. Stam, E., Spigel, B. (2016). Entrepreneurial ecosystems. *Utrecht School of Economics Discussion Paper Series No. 16-13*. Utrecht School of Economics, 15 p. Available at: [https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/347982/16\\_13.pdf](https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/347982/16_13.pdf)
2. Autio, E., Nambisan, S., Thomas, L.D., Wright, M. (2018). Digital affordances, spatial affordances, and the genesis of entrepreneurial ecosystems. *Strategic Entrepreneurship Journal*, Vol. 12, Issue 1, 72–95. <https://doi.org/10.1002/sej.1266>
3. Acs, Z.J., Autio, E., Szerb, L. (2014). National systems of entrepreneurship: Measurement issues and policy implications. *Research Policy*, Vol. 43, Issue 3, 476–494. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2008160>
4. Jacobides, M.G., Cennamo, C., Gawer, A. (2018). Towards a theory of ecosystems. *Strategic Management Journal*, Vol. 39, Issue 8, 2255–2276. <http://dx.doi.org/10.1002/smj.2904>
5. Kleiner, G.B. (2019). Ekonomika ekosistem: shag v budushchee (Ecosystem economy: step into the future). *Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii (The Economic Revival of Russia)*, No. 1 (59), 40–45. (In Russ.). Available at: <https://kleiner.ru/pubs/ekonomika-ekosistem-shag-v-budushchee/>
6. Efimov, V.S., Lapteva, A.V., Rumiantsev, M.V. (2019). Nauka i obrazovanie regiona v ekosistemnoi perspektive (na primere Krasnoiar'skogo kraia) (Science and education of the region: The ecosystem perspective (the case of the Krasnoyarsk Territory)). *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz (University Management: Practice and Analysis)*, Vol. 23, No. 3, 40–55. (In Russ.). <https://doi.org/10.15826/umpa.2019.03.018>
7. Audretsch, D., Belitski, M. (2017). Entrepreneurial ecosystems in cities: establishing the framework conditions. *Journal of Technology Transfer*, Vol. 42, Issue 5, 1030–1051. <https://doi.org/10.1007/s10961-016-9473-8>
8. Smitskikh, K.V. (2022). Teoreticheskie aspekty vzaimodeistviia aktorov predprinimatel'skoi ekosistemy (Theoretical aspects of the interactions between actors in the entrepreneurial ecosystem). *Kreativnaia ekonomika (Creative Economy)*, Vol. 16, No. 10, 3901–3912. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2021.104379>
9. Kapturkiewicz, A. (2022). Varieties of Entrepreneurial Ecosystems: A comparative study of Tokyo and Bangalore. *Research Policy*, Vol. 51, Issue 9, 104377. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2021.104377>
10. Xie, Z., Wang, X., Xie, L., Duan, K. (2021). Entrepreneurial ecosystem and the quality and quantity of regional entrepreneurship: A configurational approach. *Journal of Business Research*, Vol. 128, 499–509. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.02.015>
11. Chepurenskiy, A. (2019). Entrepreneurship Ecosystems in Post-Socialist Economies. *Foresight and STI Governance*, Vol. 13, No. 4, 6–8. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2019.4.6.8>
12. Trabskaja, J., Mets, T. (2019). Ecosystem as the Source of Entrepreneurial Opportunities. *Foresight and STI Governance*, Vol. 13, No. 4, 10–22. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2019.4.10.22>
13. Singh, S., Sinha, S., Das, V.M., Sharma, A. (2019). A framework for linking entrepreneurial ecosystem with institutional factors: A modified total interpretive structural modelling approach. *Journal for Global Business Advancement*, Vol. 12, No. 3, 382–404. <http://dx.doi.org/10.1504/JGBA.2019.10022953>
14. Granstrand, O., Holgersson, M. (2020). Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition. *Technovation*, Vol. 90-91, 102098. <http://dx.doi.org/10.1016/j.technovation.2019.102098>
15. Li-Ying, J., Sofka, W., Tuertscher, Ph. (2022). Managing innovation ecosystems around Big Science Organizations. *Technovation*, Vol. 116, 102523. <http://dx.doi.org/10.1016/j.technovation.2022.102523>
16. Kohtamäki, M., Parida, V., Oghazi, P., Gebauer, H., Baines, T.S. (2019). Digital servitization business models in ecosystems: A theory of the firm. *Journal of Business Research*, Vol. 104, 380–392. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.06.027>

17. Gianluca, E., Margherita, A., Passiante, G. (2020). Digital entrepreneurship ecosystem: How digital technologies and collective intelligence are reshaping the entrepreneurial process. *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 150, 119791. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119791>
18. Rosado-Cubero, A., Hernández, A., Freire-Rubio, T. (2023). Promotion of entrepreneurship through business incubators: Regional analysis in Spain. *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 190, 122419. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122419>
19. Leendertse, J., Schrijvers, M., Stam, E. (2022). Measure Twice, Cut Once: Entrepreneurial Ecosystem Metrics. *Research Policy*, Vol. 51, Issue 9, 104336. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104336>
20. Sendra-Pons, P., Comeig, I., Mas-Tur, A. (2022). Institutional factors affecting entrepreneurship: A QCA analysis. *European Research on Management and Business Economics*, Vol. 28, Issue 3, 100187. <http://dx.doi.org/10.1016/j.iedeen.2021.100187>
21. Bruns, K., Bosma, N., Sanders, M., Schramm, M. (2017). Searching for the existence of entrepreneurial ecosystems. *Small Business Economics*, Vol. 49, Issue 1, 31–54. <https://doi.org/10.1007/s11187-017-9866-6>
22. Kumar, G., Borbora, S. (2016). Facilitation of Entrepreneurship: The Role of Institutions and the Institutional Environment. *South Asian Journal of Management*, Vol. 23, No. 3, 57–77. Available at: <https://ssrn.com/abstract=3002268>
23. Wei, Y. (2022). Reprint of: Regional governments and opportunity entrepreneurship in underdeveloped institutional environments: An entrepreneurial ecosystem perspective. *Research Policy*, Vol. 51, Issue 9, 104667. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2022.104667>
24. Lavrikova, Iu.G., Andreeva, E.L., Tarasov, A.G., Ratner, A.V. (2019). Vliianie globalnykh ekonomicheskikh vyzovov na razvitie rynkov budushchego (Impact of Global Economic Challenges on the Development of Future Markets). *Ekonomika i upravlenie (Economics and Management)*, No. 9 (167), 34–42. (In Russ.). <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2019-9-34-42>
25. Ermakova, Zh.A., Korabeynikov, I.N. (2019). The formation of production relations in the context of the digital economy establishment in the Russian Federation. *Economy of Regions*, Vol. 15, No. 4, 1199–1211. <http://dx.doi.org/10.17059/2019-4-18>
26. Brown, R., Mason, C. (2017). Looking inside the spiky bits: A critical review and conceptualization. *Small Business Economics*, Vol. 49, 11–30. <https://doi.org/10.1007/s11187-017-9865-7>
27. Harima, J. (2020). *Public Accelerators in Entrepreneurial Ecosystems: Resource Orchestration in the Early Ecosystem Evolution*. Berlin, Springer Gabler, 263 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-31655-6>
28. Cozzolino, A., Corbo, L., Aversa, P. (2021). Digital platform-based ecosystems: The evolution of collaboration and competition between incumbent producers and entrant platforms. *Journal of Business Research*, Vol. 126, 385–400. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.12.058>
29. Karpinskaia, V.A., Rybachuk, M.A. (2021). Genezis ekosistemnoi formy organizatsii proizvodstva v sovremennoi ekonomike: faktory i rezultaty (The genesis of the ecosystem form of production organization in a modern economy: factors and results). *Journal of Economic Regulation*, Vol. 12, No. 2, 85–99. (In Russ.). <https://doi.org/10.17835/2078-5429.2021.12.2.085-099>
30. Dattée, B., Alexy, O., Autio, E. (2018). Maneuvering in poor visibility: how firms play the ecosystem game when uncertainty is high. *The Academy of Management Journal*, Vol. 61, No. 2, 466–498. <https://doi.org/10.5465/amj.2015.0869>
31. Popov, E.V., Simonova, V.L., Chelak, I.P. (2020). Tipologiya modelei regionalnykh innovatsionnykh ekosistem (A typology of regional innovation ecosystem models). *Regionalnaia ekonomika: teoriia i praktika (Regional Economics: Theory and Practice)*, Vol. 18, No. 7, 1336–1356. (In Russ.). <https://doi.org/10.24891/re.18.7.1336>
32. Cobben, D., Ooms, W., Roijackers, N., Radziwon, A. (2022). Ecosystem types: A systematic review on boundaries and goals. *Journal of Business Research*, Vol. 142, 138–164. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.12.046>

33. Barykin, S.E., Kapustina, I.V., Kirillova, T.V., Yadykin, V., Konnikov, Y.A. (2020). Economics of Digital Ecosystems. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, Vol. 6, Issue 4, 124–128. <http://dx.doi.org/10.3390/joitmc6040124>
34. Parker, G., Alstyne, M.V., Jiang, X. (2017). Platform Ecosystems: How Developers Invert the Firm. *MIS Quarterly*, Vol. 41, No. 1, 255–266. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2861574>
35. Lafuente, E., Ács, Z.J., Szerb, L. (2021). A composite indicator analysis for optimizing entrepreneurial ecosystems. *Research Policy*, Vol. 51, Issue 9, 104379. <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2021.104379>
36. Hein, A., Weking, J., Schrieck, M., Wiesche, M., Böhm, M., Krcmar, H. (2019). Value Co-Creation Practices in Business-to-Business Platform Ecosystems. *Electron Markets*, Vol. 29, Issue 3, 503–518. <http://dx.doi.org/10.1007/s12525-019-00337-y>
37. Alikaeva, M.V., Aslanova, L.O., Shinakhov, A.A. (2020). Teorii sotsial'no-ekonomicheskikh sistem: zakonomernosti i tendentsii razvitiia (Theories of socio-economic ecosystems: patterns and development trends). *Vestnik VGUIT (Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies)*, Vol. 82, No. 3, 284–288. (In Russ.). <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-3-284-288>
38. Toh, M.H. (2021). Developing Digital Business Ecosystem in Singapore. *Asia Competitiveness Institute Research Paper Series*. Research Paper No. 12-2021. Asia Competitiveness Institute, Lee Kuan Yew School of Public Policy, 23 p. Available at: <https://lkyspp.nus.edu.sg/docs/default-source/aci/acirp202112.pdf>
39. Rusliati, E., Mulyaningrum, M. (2019). Micro and Small Business Development by Using Digital Economy. *Proceedings of the 1st International Conference on Economics, Business, Entrepreneurship, and Finance (ICEBEF 2018)*. Series: *Advances in Economics, Business and Management Research*, Vol. 65. Atlantis Press, 352–355. <https://doi.org/10.2991/icebef-18.2019.79>
40. Kraus, S., Durst, S., Pinto Ferreira, J.J., Veiga, P.M., Kailer, N., Weinmann, A. (2021). Digital transformation in business and management research: An overview of the current status quo. *International Journal of Information Management*, Vol. 63, 102466. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102466>
41. Frank, A.G., Mendes, G.H.S., Ayala, N.F., Ghezzi, A. (2019). Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 141, 341–351. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.01.014>
42. Kolagar, M., Parida, V., Sjödin, D. (2022). Ecosystem transformation for digital servitization: A systematic review, integrative framework, and future research agenda. *Journal of Business Research*, Vol. 146, 176–200. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.03.067>
43. 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, 29–47. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2020.1.29.47>
44. Li, Yu., Zhang, J., Lyu, Ya. (2023). Does telecommunications infrastructure promote entrepreneurship in developing countries? Evidence from a quasi-natural experiment in China. *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol. 66, 196–119. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2023.04.013>
45. Karpova, O.M., Mayburov, I.A. (2019). Transformatsii naloga na dobavlennuiu stoisimost' v usloviiakh forsirovannoi tsifrovizatsii rossiiskoi ekonomiki (Prospects for the Value-Added Tax Improvement in the Context of a Forced Digitalization of the Russian Economy). *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika [Bulletin of Tomsk State University. Economics]*, No. 46, 7–19. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.17223/19988648/46/1>
46. Wang, L., Shao, J. (2023). Digital economy, entrepreneurship and energy efficiency. *Energy*, Vol. 269, 126801. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.126801>
47. Solodilova, N., Malikov, R., Grishin, K. (2020). Iskusstvennyye predprinimatelskie ekosistemy kak faktor rekonfiguratsii delovoi sredy regiona (Artificial entrepreneurial ecosystems as a regional business environment reconfiguration factor). *Obshchestvo i ekonomika (Society and Economics)*, No. 4, 38–55. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S020736760009170-6>

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

### Vilena Anatolyevna Yakimova

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Finance, Head of the Laboratory for the Study of Regional Entrepreneurial Ecosystems in a Digital Environment, Amur State University, Blagoveshchensk, Russia (675027, Blagoveshchensk, Ignatievskoye Shosse, 21) ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5866-5652> e-mail: [vilena\\_yakimova@mail.ru](mailto:vilena_yakimova@mail.ru)

### Svetlana Valentinovna Pankova

Doctor of Economics, Professor of the Department of Accounting, Analysis and Audit, Orenburg State University, Leading Researcher of the Laboratory for the Study of Regional Entrepreneurial Ecosystems in a Digital Environment, Amur State University, Orenburg, Russia (460018, Orenburg, Prospekt Pobedy, 13), ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3632-6702> e-mail: [panksv@mail.ru](mailto:panksv@mail.ru)

## ACKNOWLEDGMENTS

This article was prepared by the research through the grant of the Russian Science Foundation № 23-28-00044 on the topic «Conceptual model of a regional entrepreneurial ecosystem in a digital environment», <https://rscf.ru/project/23-28-00044/>

## FOR CITATION

Yakimova, V.A., Pankova, S.V. (2023). The Influence of Digital Environment Factors on the Development of Entrepreneurial Ecosystems in Russian Regions. *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 22, No. 3, 600–629. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.025>

## ARTICLE INFO

Received May 14, 2023; Revised July 6, 2023; Accepted August 3, 2023.



## Пространственное моделирование влияния научно-исследовательского потенциала на динамику научно-технологического развития регионов России

И. В. Наумов  , С. С. Красных 

*Институт экономики Уральского отделения РАН,  
г. Екатеринбург, Россия*

 [naumov.iv@uiiec.ru](mailto:naumov.iv@uiiec.ru)

**Аннотация.** Исследование научно-технологического развития российских регионов имеет важное значение по нескольким причинам. Во-первых, создание передовых производственных технологий имеет решающее значение для повышения конкурентоспособности российской промышленности и обеспечения технологического суверенитета страны. Во-вторых, анализ влияния расходов на науку, численности исследователей и количества организаций на развитие передовых технологий поможет выявить факторы, способствующие или препятствующие научно-техническому прогрессу в различных регионах. Это может стать основой для разработки предложений по актуализации Стратегии научно-технологического развития РФ, а также стратегий развития федеральных округов и субъектов РФ. Целью исследования является оценка влияния динамики научно-исследовательского потенциала регионов на динамику разрабатываемых в них передовых производственных технологий с помощью методов пространственного моделирования. Была подтверждена гипотеза о том, что в условиях высокой пространственной неоднородности научно-технологического развития при оценке влияния различных факторов на динамику разрабатываемых передовых производственных технологий недопустимо формирование обычных регрессионных моделей, не учитывающих пространственные эффекты, а целесообразно построение пространственных моделей SAR, SEM, SAC, SDM и др. Новизной методического подхода является использование методов пространственного моделирования с применением нескольких матриц пространственных весов. В ходе исследования было подтверждено, что на динамику разрабатываемых передовых производственных технологий положительное влияние оказывают располагающиеся в соседних регионах инженерно-технические кадры, занимающиеся научными исследованиями и разработками, а также выделяемые научным организациям окружающих регионов финансовые ресурсы на проведение фундаментальных исследований. Негативное влияние на динамику разрабатываемых передовых технологий, согласно модели Дарбина, оказывают численность функционирующих в окружающих регионах научно-исследовательских организаций и объем выделяемого финансирования на прикладные исследования и разработки. Теоретическая значимость исследования заключается в выявлении факторов, влияющих на создание отечественных передовых производственных технологий. Практическая значимость заключается в возможности использования данных результатов для формирования стратегий содействия научно-техническому развитию регионов Российской Федерации в современных условиях.

**Ключевые слова:** научно-технологическое развитие; пространственное моделирование; регионы России; модель пространственного лага (SAR); модель пространственной ошибки (SEM); модель пространственного лага и ошибки (SAC); пространственная модель Дарбина (SDM).

## 1. Введение

Передовые производственные технологии относятся к технологическим инновациям и необходимы прежде всего для обеспечения долгосрочного процветания будущих поколений. Развитие инновационных технологий способствует экономическому росту, открывая новые рынки и способствуя росту современных высокотехнологичных отраслей.

Кроме того, осуществление научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, в том числе разработка технологий, способствует повышению эффективности производства [1]. Именно поэтому объем разрабатываемых передовых производственных технологий является важнейшим индикатором оценки научно-технологического развития регионов Российской Федерации по национальному проекту «Наука и университеты».

Под передовыми производственными технологиями понимаются технологии и технологические процессы, а также оборудование, необходимое для их реализации, которые основаны на компьютерном управлении или микроэлектронике. При расчете показателя, характеризующего объем генерируемых в регионах передовых производственных технологий, Федеральная служба государственной статистики учитывает только те машины и оборудование, которые непосредственно участвуют в реализации технологии или технологического процесса.

Несмотря на широкую изученность проблемы, в настоящее время отсутствуют работы, учитывающие влияние пространственных особенностей динамики данных факторов на научно-технологическое развитие регионов России. В виду значительной пространственной неоднородности процессов разработки передовых производственных технологий

в нашей стране, их концентрации в определенных регионах становится важным использование методов пространственного моделирования для оценки влияния различных факторов на их динамику с учетом пространственных эффектов.

*Цель исследования* – оценка влияния динамики научно-исследовательского потенциала регионов на динамику разрабатываемых в них передовых производственных технологий с помощью методов пространственного моделирования.

Для достижения данной цели определены следующие *задачи*:

1) обзор методов пространственного моделирования для выявления закономерностей между социально-экономическими показателями, в том числе включающими в себя науку и технологии;

2) формирование методического подхода к исследованию, с использованием методов пространственного моделирования, включающего в себя различные матрицы пространственных весов для оценки влияния затрат на фундаментальную, прикладную науку и разработки, количества исследователей, техников, и научных организаций на количество разрабатываемых передовых производственных технологий;

3) построение пространственных моделей для оценки влияния факторов на научно-технологическое развитие регионов России.

*Гипотеза исследования* – в условиях высокой пространственной неоднородности научно-технологического развития при оценке влияния различных факторов на динамику разрабатываемых передовых производственных технологий недопустимо формирование обычных регрессионных моделей, не учитывающих пространственные эффекты, а целесообразно построение пространственных моделей SAR, SEM, SAC, SDM и др.

## 2. Обзор литературы

### 2.1. Исследование факторов влияния на научно-технологическую деятельность региона

В настоящее время существует множество исследований, посвященных определению факторов, влияющих на развитие научно-технологической деятельности региона.

Молодцова [2] рассматривает экономические, нормативные, информационные, инфраструктурные, кадровые и инструментальные, в том числе факторы автор разделяет на внешние и внутренние.

Рыжая [3] выявляет факторы по направлению влияния на научно-технологическое развитие: разработка и распространение технологий, образование и переподготовка работников, финансовая поддержка научно-технического прогресса, модернизация производства с помощью технологий со стороны государства, региона и промышленного комплекса.

Тюрина и др. [4] рассматривают международные, геополитические, социально-политические, природно-экологические, социально-культурные, организационно-управленческие, информационные, финансово-экономические, трудовые, логистические факторы, которые классифицировались ими как управляемые и неуправляемые, внешние и внутренние, экстенсивные и интенсивные, прогнозируемые и непрогнозируемые.

Shiying et al. [5] отмечают, что рост бюджетных расходов на науку и технологии положительно влияет на развитие инновационности регионов Китая.

He et al. [6] определили, что существует пространственная зависимость эффективности НИОКР, регионы с высокой эффективностью оказывают влияние на соседние территории в провинциях Китая.

Zhu et al. [7] выявили, что наиболее явные пространственные эффекты

отмечаются в восточной части Китая, а также в дельте реки Янцзы.

Yan et al. [8] обосновывают, что государственная политика в области науки и технологий оказывает положительное влияние на регионы, способствуя укрупнению центров НИОКР.

Malecki [9] и Luo [10] отмечают, что существует значительная пространственная неоднородность разработок и эффективности научно-технологических инноваций в провинциях Китая.

Zou & Zhu [11] отмечают, что региональная открытость является ключевым фактором для развития технологических инноваций.

### 2.2. Методы пространственного моделирования

Для исследования динамики научно-технологического развития в российских регионах и изучения факторов, определяющих создание передовых производственных технологий, используются различные методы пространственного моделирования: моделирование пространственного лага (SAR), пространственной ошибки (SEM), пространственного лага и ошибки (SAC) и Дарбина (SDM) с использованием метода обобщенных моментов, максимального правдоподобия, формирование пространственных моделей с использованием географически-взвешенных регрессий и т. д.

#### 2.2.1. Модель пространственного запаздывания (SAR)

Модель пространственного запаздывания (SAR) учитывает пространственные зависимости между наблюдениями и широко используется в таких областях, как экономика, география и экология.

Zulkarnain et al. [12] применяли модель SAR при измерении продуктивности аквакультур в Индонезии.

Kazama et al. [13] использовали эту модель SAR при оценке распределения снега для водных ресурсов.

Ren [14] применял SAR для изучения влияния цифрового финансового развития на экономическое развитие городов в провинции Цзянсу.

Обзор работ по пространственному моделированию показал, что модель SAR пока не применялась для моделирования факторов научно-технологического развития территорий.

Модель пространственной ошибки (SEM) используется для анализа пространственных данных и учета пространственных зависимостей между наблюдениями.

Al-Hasani et al. [15] применяли модель SEM при сравнении точности моделей OLS, SLM и SEM для данных о дорожно-транспортных происшествиях в Султанате Оман.

Jaaya et al. [16] использовали данную модель SEM для моделирования заболеваемости туберкулезом в городе Бандунг, Индонезия.

Данный вид пространственных моделей также не применялся для моделирования научно-технического развития территорий, но перечисленные работы демонстрируют возможность их использования для анализа пространственных зависимостей в ошибках модели.

### **2.2.2. Модель пространственного запаздывания и ошибки (SAC)**

Модель пространственного запаздывания и ошибки (SAC) объединяет модель пространственной авторегрессии (SAR) и модель пространственных ошибок (SEM) для обеспечения более полного понимания пространственных взаимосвязей.

Lambert et al [17], Шаклеина и Шаклеин [18] и Liu et al. [19] применяли модель SAC в социально-экономических исследованиях. Aw & Cabral [20] применяли модель SAC в экологических исследованиях для анализа пространственных закономерностей и взаимосвязей между переменными.

Применение данной модели SAC для анализа факторов динамики научно-технологического развития регионов также не было обнаружено.

### **2.2.3. Пространственная модель Дарбина (SDM)**

Пространственная модель Дарбина (SDM) учитывает не только пространственные особенности развития окружающих территорий при построении модели, но и пространственный лаг каждого фактора.

Wang & Wang [21] для анализа влияния «зеленых» финансов и энергетики на экономическое развитие провинций Китая.

Zhang et al. [22] использовали модель SDM при исследовании роли изобилия лесных ресурсов в экономическом развитии дельты реки Янцзы.

Mukrom et al. [23] применяли модель SDM для моделирования продолжительности жизни в провинциях Китая.

Lacombe et al. [24] применяли модель SDM для анализа явки избирателей на президентских выборах 2004 г. в Соединенных Штатах Америки.

Lu & Zhu [25] применяли модель SDM для измерения прямого, побочного и опосредованного влияния научно-технических инноваций на экономическое развитие провинций Китая.

Wu et al. [26] использовали модель для изучения пространственной взаимосвязей между наукой, технологиями и экономикой.

Huang [27] использовал модель SDM для оценки влияния научного прогресса на экономический рост данных территориальных систем.

Zeng [28] данную модель использовал для поиска факторов повышения экологической эффективности.

Zou et al. [29] применяли эту модель для оценки влияния высокотехнологичной промышленности на энергоэффективность в регионах Китая.



#### 2.2.4. Метод географически взвешенной регрессии (ГВР)

При формировании пространственных моделей использовался и другой метод – географически взвешенная регрессия (ГВР). Данный метод позволяет исследовать пространственно-изменяющиеся связи между переменными в модели, учитывает их пространственную неоднородность, в результате взаимосвязи между переменными могут отличаться в разных частях географического региона.

Jamhuri et al. [30] применяли метод ГВР для оценки пространственных вариационных связей в Малайзии.

Jasim et al. [31] использовали метод ГВР для оценки социальных и экономических факторов, влияющих на распространение пандемии COVID-19.

Comber et al. [32] использовали этот метод для исследования пространственной неоднородности в социальных, демографических и экологических процессах в разных странах.

Nazarpour et al. [33] применяли метод ГВР для установления геохимических аномалий в русловых отложениях района Такаб в Северном Иране.

При построении таких моделей используются не матрицы пространственных весов, а географические координаты, что позволяет достаточно точно оценивать наблюдающиеся пространственные эффекты при моделировании социально-экономических процессов. Однако метод ГВР обладает значительным недостатком – он не позволяет оценивать взаимосвязи между переменными в динамике, только в данный момент времени.

Недостатком пространственных моделей, построенных с применением методов обобщенных моментов и максимального правдоподобия является высокая чувствительность результатов моделирования к типу используемой матрицы пространственных весов. И чаще всего исследователи используют определенную

взвешивающую матрицу, не проводя оценку взаимосвязей по другим матрицам. Это приводит к неточной, а иногда и некорректной оценке наблюдаемых пространственных эффектов.

Для решения данной проблемы был разработан методический подход, учитывающий различные матрицы пространственных весов при построении моделей.

### 3. Материалы и методы

Научно-технологическое развитие любой территориальной системы характеризуют такие показатели, как:

1) число научно-исследовательских организаций и объектов научной инфраструктуры, обеспечивающих их функционирование;

2) численность научно-исследовательских кадров, техников и вспомогательного персонала, участвующего в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах;

3) количество подготовленных кадров высшей квалификации и получивших научную степень;

4) объем финансирования фундаментальных, прикладных исследований и разработок;

5) объем разрабатываемых и используемых передовых производственных технологий;

6) количество выданных патентов на изобретения, полезные модели и другие объекты интеллектуальной собственности.

И если первые четыре показателя характеризуют скорее состояние научно-исследовательского потенциала территории, то два последних – результаты его развития, являясь важнейшими индикаторами научно-технологического развития территориальной системы.

Отсутствие статистической информации об использовании производственными предприятиями и другими хозяйствующими субъектами патентов на изобретения, полезные модели

и других результатов интеллектуальной деятельности значительно затрудняет исследование динамики научно-технологического развития регионов, не позволяет оценить степень внедрения научно-исследовательских разработок в хозяйственной деятельности. Поэтому в данной работе мы сконцентрировались на оценке и моделировании динамики создаваемых в регионах России передовых производственных технологий, так как имеется информация об их использовании в производственной деятельности предприятий.

Для пространственного моделирования динамики разрабатываемых передовых производственных технологий в регионах России с учетом факторов, оказывающих на нее значительное влияние, а также пространственных взаимовлияний окружающих территориальных систем, был предложен методический подход.

Этот подход предполагает системное использование различных инструментов, а в частности: 1) пространственного автокорреляционного анализа по методике П. Морана; 2) регрессионного моделирования по панельным данным с фиксированными и случайными эффектами; 3) моделирования пространственного лага (SAR), пространственной ошибки (SEM); 4) формирования интегрированной модели лага и ошибки (SAC); 5) пространственного лага включенных в модель факторов (модель Дарбина – SDM).

На начальном этапе данный методический подход предполагает проведение пространственного автокорреляционного анализа распределения разрабатываемых передовых производственных технологий по регионам России по методике П. Морана с использованием нескольких матриц пространственных весов (по смежным границам между регионами, линейным расстояниям, автомобильным дорогам и протяженности железнодорожных путей сообщения между их

административными центрами, а также по их нормированным версиям).

Данный анализ необходим для установления пространственных кластеров похожих регионов, отличающихся высоким объемом разрабатываемых передовых производственных технологий, а также регионов, испытывающих их сильное влияние. Использование различных матриц пространственных весов при проведении данного анализа позволит получить обоснованные и объективные результаты распределения регионов по четырем квадрантам на диаграмме П. Морана. Методические особенности пространственного автокорреляционного анализа подробно раскрыты в наших ранних работах Наумов и др., [34], Наумов и Красных [35].

На следующем этапе результаты пространственного автокорреляционного анализа будут дополнены статистическим анализом пространственного распределения, концентрации факторов, оказывающих влияние на разработку передовых производственных технологий в регионах России.

На данном этапе предлагается оценить, как регионы, отличающиеся высоким уровнем генерации новых технологий, обеспечены организациями, осуществляющими научные исследования и разработки, научно-исследовательскими и инженерно-техническими кадрами, финансированием фундаментальных, прикладных исследований и разработок, как менялся уровень их концентрации в регионах с 2000 по 2021 г.

Влияние данных факторов на динамику разрабатываемых передовых производственных технологий в регионах будет подтверждено и регрессионными моделями по панельным данным с использованием объединенного (pooled) МНК, с фиксированными и случайными эффектами без учета пространственных эффектов.

Для оценки пространственных эффектов в динамике разрабатываемых

передовых производственных технологий в регионах России мы предлагаем формирование модели SAR – с пространственным лагом (1), SEM – с пространственной ошибкой (2), интегрированной модели SAC – с пространственным лагом и ошибкой (3), а также пространственной модели Дарбина SDM – с учетом пространственного лага факторных признаков (4).

$$\ln(V_{it}) = \alpha + \rho W \ln(V_{it}) + \beta_1 \ln(X1_{it}) + \beta_2 \ln(X2_{it}) + \beta_3 \ln(X3_{it}) + \beta_4 \ln(X4_{it}) + \beta_5 \ln(X5_{it}) + \beta_6 \ln(X6_{it}) + \varepsilon_{it}, \quad (1)$$

$$\ln(V_{it}) = \alpha + \beta_1 \ln(X1_{it}) + \beta_2 \ln(X2_{it}) + \beta_3 \ln(X3_{it}) + \beta_4 \ln(X4_{it}) + \beta_5 \ln(X5_{it}) + \beta_6 \ln(X6_{it}) + \lambda Wu_{it} + \gamma_t + \mu_i + \varepsilon_{it}, \quad (2)$$

$$\ln(V_{it}) = \alpha + \rho W \ln(V_{it}) + \beta_1 \ln(X1_{it}) + \beta_2 \ln(X2_{it}) + \beta_3 \ln(X3_{it}) + \beta_4 \ln(X4_{it}) + \beta_5 \ln(X5_{it}) + \beta_6 \ln(X6_{it}) + \lambda Wu_{it} + \gamma_t + \mu_i + \varepsilon_{it}, \quad (3)$$

$$\ln(V_{it}) = \alpha + \rho W \ln(V_{it}) + \rho_1 W \ln(X1_{it}) + \rho_2 W \ln(X2_{it}) + \rho_3 W \ln(X3_{it}) + \rho_4 W \ln(X4_{it}) + \rho_5 W \ln(X5_{it}) + \rho_6 W \ln(X6_{it}) + \beta_1 \ln(X1_{it}) + \beta_2 \ln(X2_{it}) + \beta_3 \ln(X3_{it}) + \beta_4 \ln(X4_{it}) + \beta_5 \ln(X5_{it}) + \beta_6 \ln(X6_{it}) + \gamma_t + \varepsilon_{it}, \quad (4)$$

где  $V_{it}$  – объем разработанных в регионах передовых производственных технологий, ед.;  $WV_{it}$  – пространственно взвешенные значения объема разработанных в регионах передовых производственных технологий;  $WX_{it}$  – пространственно взвешенные значения факторов

регрессионной модели;  $Wu_{it}$  – матрица пространственной автокорреляции ошибки;  $X1_{it}$  – численность организаций, выполнявших научные исследования и разработки, ед.;  $X2_{it}$  – численность техников, занятых научными исследованиями и разработками, чел.;  $X3_{it}$  – численность исследователей, занятых научными исследованиями, чел.;  $X4_{it}$  – внутренние затраты на фундаментальные научные исследования, млн руб.;  $X5_{it}$  – внутренние затраты на прикладные научные исследования и разработки, млн руб.;  $X6_{it}$  – внутренние затраты на разработки, млн руб.;  $\alpha$  – совокупность прочих факторов, влияющих на объем разработанных технологий;  $\beta$  – коэффициент эластичности по факторам регрессионной модели;  $\rho$  – коэффициент пространственной авторегрессии;  $\lambda$  – вектор не зависящих от времени индивидуальных пространственно зависимых специфических эффектов;  $\mu_i$  – индивидуальный эффект региона  $i$ , не зависящий от времени  $t$ ;  $\gamma_t$  – временные эффекты для региона  $i$  в момент времени  $t$ ;  $\varepsilon_{it}$  – нормально распределенные случайные величины по времени  $t$  и территориям  $i$ .

Модель пространственного лага (SAR) позволит оценить влияние факторов на динамику производства передовых технологий с учетом пространственных эффектов, возникающих в результате воздействия окружающих регионов, также разрабатываемых данные технологии. В случае присутствия в данной модели значительной константы, которая отражает влияние неизвестных нам факторов, или статистической незначимости коэффициента авторегрессии, характеризующего пространственный лаг, предполагается формирование модели пространственной ошибки (SEM).

Данная модель не подтверждает влияние соседних территорий на процессы разработки передовых технологий, а свидетельствует о том, что ошибки регрессионной модели пространственно

взаимосвязаны. Для учета пространственной зависимости в остатках регрессионной модели, пространственных эффектов, возникающих в результате влияния окружающих регионов, предполагается формирование интегрированной модели пространственного лага и пространственной ошибки (SAC).

Ее формирование позволит скорректировать коэффициент пространственной авторегрессии, характеризующим влияние окружающих регионов, и подтвердить важность пространственных особенностей размещения научно-исследовательских организаций для производства передовых производственных технологий. Модель Дарбина (SDM) позволит не только установить влияние окружающих регионов на динамику разрабатываемых в территориальных системах передовых производственных технологий, но и выявить наличие пространственного лага по ключевым факторам в модели.

Указанные модели, в отличие от других исследований, будут построены с использованием двух матриц пространственных весов: матрицы смежных границ между регионами и линейных расстояний между их административными центрами. Выбор указанных матриц был обусловлен их постоянством во времени в отличие от матриц обратных расстояний по автомобильным дорогам и протяженности железнодорожных путей сообщения между регионами, которые изменялись на протяжении всего рассматриваемого периода с 2000 по 2021 г.

Для построения пространственных моделей предлагается использование двушагового метода обобщенных моментов по панельным данным (GMM – Panel Generalized Method of Moments) с инструментом весовой матрицы периода White для контролирования гетероскедастичности, фиксированными эффектами времени (дамми-переменными), а также преобразованием данных с использованием ортогональных отклонений.

Для подтверждения достоверности модели и тестирования нулевой гипотезы о том, что модель корректна, предлагается проведение Sargan – Hansen test (J-statistic). Высокое  $P$ -значение данного теста позволит нам принять данную нулевую гипотезу и сделать вывод о достоверности построенной модели.

Достоверность построенной модели будет оцениваться и с помощью Agellano – Bond serial correlation test, который необходим для проверки нулевой гипотезы об отсутствии автокорреляции возмущений первого и второго порядка, а также Jarque – Bera test на нормальность распределения случайных ошибок в модели.

Для выбора лучшей пространственной модели из всех построенных по матрицам линейных расстояний и смежных границ будут использоваться стандартные ошибки моделей, значения информационных критериев Schwarz и Akaike, а также аналог коэффициента детерминации – квадрат корреляции исходных и смоделированных значений. Данные параметры помогут установить не только оптимальный вид пространственной модели, но и определить оптимальный тип матрицы пространственных весов для ее построения.

*На заключительном этапе* исследования пространственный анализ динамики разрабатываемых в регионах передовых производственных технологий будет дополнен анализом их использования, а именно оценкой концентрации их использования в группе регионов, формирующих пространственный кластер по методике П. Морана.

Данный анализ позволит оценить востребованность передовых производственных технологий в регионах с развитым научно-исследовательским потенциалом, определить регионы, хозяйствующие субъекты которых активно их используют для модернизации технологических процессов, и в целом оценить сложившиеся пространственные

особенности научно-технологического развития регионов России. Построенные модели станут основой для сценарного прогнозирования научно-технологического развития регионов с учетом пространственных эффектов.

#### 4. Результаты исследования

##### 4.1. Пространственная кластеризация регионов по объему разрабатываемых передовых производственных технологий

Пространственный автокорреляционный анализ по методике П. Морана, показал, что разрабатываемые в России передовые производственные технологии концентрируются в регионах, обладающих мощным научно-исследовательским потенциалом.

Диаграмма рассеивания Морана, построенная в результате обобщения результатов данного анализа по нескольким матрицам пространственных весов, показала, что основными центрами разработки передовых производственных технологий являются г. Москва и Санкт-Петербург, Московская, Свердловская, Челябинская, Новосибирская, Томская, Тюменская, Белгородская, Ленинградская, Воронежская Самарская, Саратовская, Ростовская области, республики Татарстан и Башкортостан, Пермский и Краснодарский края (рис. 1).

Данные регионы формируют *квадрант НН* с высокими значениями исследуемого показателя и положительными индексами пространственной автокорреляции. Наиболее высокие локальные индексы Морана по матрице



Рис. 1. Диаграмма рассеивания Морана по объему разрабатываемых передовых производственных технологий в регионах России в 2021 г.

Fig. 1. The Moran scatterplot by volume of advanced production technologies being developed in the regions of Russia in 2021

Источник: составлено авторами.

пространственных весов, сформированной по линейным расстояниям, наблюдались в 2021 г. в г. Москва (0,010479), Московской области (0,018446), г. Санкт-Петербург (0,002884), Ленинградской (0,003060), Свердловской (0,001967) и Челябинской (0,001677) областях.

Положительные индексы пространственной автокорреляции Морана свидетельствуют о потенциальной возможности объединения данных территорий в пространственные кластеры. Близкое пространственное расположение регионов, входящих в данный квадрант, позволяет им наладить тесные межрегиональные взаимосвязи в научно-технологической сфере, что будет способствовать формированию и развитию пространственных кластеров.

Как показал анализ, отдельные регионы уже оказывают значительное влияние на окружающие регионы в процессах разработки передовых технологий. Так, зона сильного влияния, а ее формируют регионы, входящие в *квадрант LH*, образовалась вокруг г. Москва и Московской области, г. Санкт-Петербург и Ленинградской области (рис. 1). Наиболее высокие значения локальных индексов Морана в данном квадранте наблюдались в Тульской (-0,00239), Тверской (-0,00235), Калужской (-0,00222), Рязанской (-0,00134), Владимирской (-0,00124), Псковской (-0,00113), Новгородской (-0,00094) областях и Республике Карелия (-0,00093).

Регионы Урала и Поволжья оказывают более умеренное влияние на окружающие регионы. Можно выделить и регионы, существенно отличающиеся от окружающих по объему разрабатываемых передовых производственных технологий, в частности Новосибирскую, Томскую области и Краснодарский край. Данные регионы обладают мощным научно-исследовательским потенциалом, который может быть успешно реализован для создания прогрессивных технологий, однако их пространственное размещение в окружении регионов,

в которых не осуществляется активная научно-исследовательская и производственная деятельность, не позволяет им стать пространственными кластерами взаимосвязанных регионов со своей зоной влияния на окружающие территории.

Пространственный автокорреляционный анализ с использованием различных пространственных матриц показал, что подавляющее большинство регионов образуют *квадрант LL* диаграммы рассеивания Морана, что свидетельствует о высокой пространственной неоднородности процессов разработки передовых производственных технологий. Мы можем наблюдать ярко выраженные центры генерации новых технологий и их зоны влияния на окружающие территории.

Возможность формирования в России пространственных кластеров взаимосвязанных регионов, генерирующих передовые производственные технологии, была подтверждена и рассчитанными в ходе пространственного автокорреляционного анализа значениями глобального индекса Морана (табл. 1).

Положительные значения индекса Морана, рассчитанные с применением различных матриц пространственных весов, свидетельствуют о наличии пространственных взаимовлияний между исследуемыми территориями, их схожесть по объему разрабатываемых передовых производственных технологий и возможность формирования пространственных кластеров.

Наиболее высокое значение глобального индекса Морана было получено при проведении пространственного автокорреляционного анализа с использованием матрицы смежных границ. Это позволяет нам сделать предположение об оптимальности использования данной матрицы пространственных весов при построении пространственных моделей динамики разработки передовых производственных технологий в регионах России.

Таблица 1. **Результаты пространственного автокорреляционного анализа объема разрабатываемых передовых производственных технологий в 2021 г. по методике Морана по различным матрицам пространственных весов**

Table 1. **Results of spatial autocorrelation analysis of the volume of developed advanced production technologies in 2021 according to Moran's method by different matrices of spatial weights**

Матрицы пространственных весов между административными центрами регионов	Глобальный индекс Морана	$sd(I_i)$	$E(I_i)$	z-оценка	p-value
По автомобильным дорогам	0,0226	0,0005	3E-06	42,3	0
Нормированная матрица по автомобильным дорогам	0,0227	0,0005	3E-06	42,43	0
По линейным расстояниям	0,0229	0,0005	3E-06	47,705	0
Нормированная матрица по линейным расстояниям	0,0235	0,0004	3E-06	56,948	0
По смежным границам	0,1153	0,0008	2E-05	146,61	0
Нормированная матрица по смежным границам	0,0913	0,0008	1E-05	110,89	0
По протяженности ж/д путей сообщения	0,0281	0,0006	4E-06	47,655	0
Нормированная матрица по протяженности ж/д путей сообщения	0,0248	0,0005	3E-06	52,49	0

Источник: составлено авторами.

## 4.2. Оценка факторов, оказывающих влияние на объем разрабатываемых передовых производственных технологий

### 4.2.1. Регрессионный анализ панельных данных

Для оценки факторов, оказывающих влияние на объем разрабатываемых в регионах России передовых производственных технологий, была построена регрессионная модель с использованием панельных данных по 76 субъектам РФ за период с 2000 по 2021 г.

При ее формировании из-за отсутствия статистических данных из регрессионного анализа были исключены такие регионы, как Республика Крым, Ингушетия, Хакасия и Чечня, г. Севастополь, Еврейская автономная область, Ненецкий, Чукотский и Ямало-Ненецкий автономный округа.

Данные регионы отличаются крайне низким объемом разрабатываемых передовых производственных технологий.

Исходные данные в стоимостной форме были очищены от инфляции с использованием индексов потребительских цен, которые наблюдались в субъектах РФ с 2000 по 2021 г. Расчет описательных статистик по ключевым переменным в модели показал высокую неоднородность исходных данных. Для повышения их однородности была проведена процедура линеаризации данных путем извлечения натурального логарифма. Расширенный тест Augmented Dickey – Fuller подтвердил стационарность временных рядов по исследуемым переменным.

В результате регрессионного анализа оптимальной регрессионной моделью, как показали тесты Бреуш – Пагана

и Хаусмана, а также информационные критерии Шварца, Акаике и Ханнана – Куина, была признана модель с фиксированными эффектами. В ней отсутствует автокорреляция остатков, мультиколлинеарность, наблюдается гомоскедастичность и нормальность распределения остатков.

Построенная модель позволила установить положительное влияние

функционирующих в регионах научно-исследовательских организаций, численности исследователей, выполняющих научные исследования и разработки, а также внутренних затрат на прикладные научные исследования и разработки на объем разрабатываемых передовых производственных технологий (табл. 2).

Негативное влияние на динамику данного показателя оказала численность

**Таблица 2. Основные параметры регрессионной модели зависимости динамики объема разрабатываемых технологий от различных факторов (с фиксированными эффектами)**

**Table 2. The main parameters of the regression model of the dependence of the dynamics of the volume of developed technologies on various factors (with fixed effects)**

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
const	-2,331	0,203	-11,460	<0,0001 ***
X1	0,519	0,076	6,809	<0,0001 ***
X2	-0,153	0,042	-3,647	0,0003 ***
X3	0,286	0,066	4,362	<0,0001 ***
X4	-0,016	0,026	-0,592	0,5539
X5	0,123	0,028	4,337	<0,0001 ***
X6	0,104	0,022	4,660	<0,0001 ***
R-squared	0,554	Mean dependent var	1,516	
Adjusted R-squared	0,513	S. D. dependent var	1,469	
S. E. of regression	1,006	Akaike info criterion	4846	
Sum squared resid	1610	Schwarz criterion	5291	
Log likelihood	-2341	Hannan-Quinn criter	5011	
F-statistic	24,35	Durbin-Watson stat	2,179	
Prob (F-statistic)	0,000			
Breusch-Pagan test statistic (LM)	0,971			0,548
Hausman test statistic (H)	24,752			0,0003

*Источник:* составлено авторами.



техников, занятых научными исследованиями и разработками. Выделяемые в регионах финансовые ресурсы для развития фундаментальной науки не оказали влияния на объем генерируемых передовых производственных технологий, коэффициент регрессии, соответствующий данному фактору в модели, оказался статистически незначимым.

Расчитанные коэффициенты регрессии показали, что ключевым фактором генерации передовых производственных технологий в регионах является обеспеченность территорий научными организациями и научно-исследовательскими кадрами.

Вместе с тем высокое значение константы в модели свидетельствует и о существовании других факторов, оказывающих значительное влияние на объем разрабатываемых передовых производственных технологий в регионах России. Таким фактором, согласно выдвинутой в работе гипотезе, являются пространственные эффекты, возникающие от соседства регионов с ведущими научно-исследовательскими центрами генерации передовых производственных технологий. Мы исходим из предположения о том, что регионы, находящиеся в окружении данных центров, будут также развиваться более высокими темпами, активней генерировать и внедрять передовые производственные технологии.

#### 4.2.2. Модель пространственного запаздывания (SAR)

Для проверки данного предположения были построены модели с пространственным лагом (SAR) с использованием матриц пространственных весов по смежным границам между регионами и линейным расстояниям между их административными центрами. Основные параметры данных моделей и показатели их достоверности представлены в табл. 3.

Положительный, статистически значимый коэффициент регрессии

пространственно взвешенной переменной, установленный в ходе регрессионного моделирования, подтвердил выдвинутую гипотезу о наличии пространственных эффектов в динамике разрабатываемых технологий.

Согласно данным моделям, на динамику генерируемых в регионах передовых производственных технологий оказывают влияние не только изменение численности научно-исследовательских организаций, научно-исследовательских и инженерно-технических кадров и объемов финансирования фундаментальной, прикладной науки и разработок, но и деятельность по разработке передовых технологий в соседних регионах.

Построенная модель, а в частности высокое значение коэффициента регрессии при пространственно взвешенной переменной, показала важное значение пространственных особенностей размещения предприятий для генерации передовых производственных технологий. Размещаясь в окружении регионов, обладающих мощным научно-исследовательским потенциалом, предприятия получают важнейшее преимущество в использовании сформировавшейся инфраструктуры, научно-технического комплекса и более активно генерируют передовые производственные технологии.

Низкие значения информационных критериев Schwarz и Akaike, стандартных ошибок и остаточной дисперсии, а также более высокое значение квадрата корреляции исходных и смоделированных значений зависимой переменной позволили нам установить оптимальность регрессионной модели, построенной с использованием взвешивающей матрицы по смежным границам.

Согласно данной модели на объем разрабатываемых передовых производственных технологий влияют численность исследователей и техников, занятых научными исследованиями и разработками, а также объем

Таблица 3. Пространственные регрессионные модели динамики объема разработанных в регионах России передовых производственных технологий по матрице линейных расстояний и смежных границ методом двухэтапного GMM  
 Table 3. Spatial regression models of the dynamics of the volume of advanced production technologies developed in the regions of Russia according to the matrix of linear distances and adjacent boundaries using the two-stage GMM method

Variable	Матрица пространственных весов по линейным расстояниям				Матрица пространственных весов по смежным границам между регионами			
	SAR	SEM	SAC	SDM	SAR	SEM	SAC	SDM
<b>a (-1)</b>	0,055 ***	0,083 ***	0,054 ***	0,025	0,067 ***	0,049 ***	0,046 ***	0,040 **
<b>WY</b> – пространственный лаг объема разработанных передовых производственных технологий	75,304 ***		80,946 ***	76,114 ***	64,106 ***		41,744 ***	62,948 ***
<b>WE</b> – пространственная ошибка модели		68,39 ***	-4,291			64,28 ***	21,434 ***	
<b>X1</b> – численность организаций, выполняющих научные исследования и разработки	0,138 ***	0,635 ***	0,111 *	0,817 ***	-0,126	0,353 ***	0,129 *	0,709 **
<b>X2</b> – численность техников, занятых научными исследованиями и разработками	-0,049	-0,207 ***	-0,042	-0,207	0,103 ***	-0,108 ***	0,036	-0,131
<b>X3</b> – численность исследователей, занятых научными исследованиями и разработками	0,061	0,281 ***	0,011	-0,676 ***	0,101 ***	0,377 ***	0,191 ***	-0,193
<b>X4</b> – объем затрат на фундаментальные исследования	0,041 ***	0,068 ***	0,036 ***	0,018	-0,081 ***	-0,029 ***	-0,056 ***	-0,451 ***
<b>X5</b> – объем затрат на прикладные исследования	0,131 ***	0,168 ***	0,123 ***	0,431 ***	0,048 ***	0,169 ***	0,101 ***	0,171 ***
<b>X6</b> – объем затрат на разработки	0,007	0,101 ***	-0,0002	-0,073 *	0,011	0,076 ***	0,038 ***	0,113 ***
<b>WX1</b> – пространственный лаг численности научно-исследовательских организаций				-53,074 ***				-62,944 ***

Окончание табл. 3

Variable	Матрица пространственных весов по линейным расстояниям				Матрица пространственных весов по смежным границам между регионами			
	SAR	SEM	SAC	SDM	SAR	SEM	SAC	SDM
<b>WX2</b> – пространственный лаг численности техников				14,143				20,467 **
<b>WX3</b> – пространственный лаг численности исследователей				53,056 ***				12,870
<b>WX4</b> – пространственный лаг объема затрат на фундаментальные исследования				0,751				25,535 ***
<b>WX5</b> – пространственный лаг объема затрат на прикладные исследования				-29,525 ***				-15,523 ***
<b>WX6</b> – пространственный лаг объема затрат на разработки				6,262				-13,441 ***
Квадрат корреляции (V; Vmod)	0,846	0,806	0,847	0,844	0,877	0,843	0,875	0,877
S.E. of regression	0,324	0,357	0,327	0,326	0,284	0,320	0,286	0,286
Sum squared resid	156,7	190,1	159,8	157,92	120,2	153,2	122,0	121,4
Sargan – Hansen test (J-statistic)	46,89	170,35	43,844	32,027	53,14	50,92	47,62	40,98
Prob (J-statistic)	0,518	0,949	0,604	0,867	0,283	0,359	0,447	0,516
Jarque – Bera	738,0 ***	411,8 ***	685,6 ***	1197,6 ***	768,9 ***	145,2 ***	594,9 ***	637,7 ***
Arellano – Bond Test: AR (1)	-3,67***	-4,47 ***	-3,69 ***	-3,806 ***	-1,78 ***	-3,76 ***	-4,15 ***	-3,62 ***
AR (2)	1,509	1,789	1,508	1,296	0,269	0,783	0,578	0,138
Schwarz criterion	-0,253	-0,423	-0,212	-0,243	-0,389	-0,452	-0,385	-0,419
Akaike info criterion	-0,351	-0,521	-0,314	-0,363	-0,487	-0,550	-0,486	-0,538

Источник: составлено авторами.

осуществляемых затрат на фундаментальные и прикладные исследования. Данные факторы оказывают непосредственное влияние на динамику разрабатываемых технологий в регионе их сосредоточения и косвенное влияние на их динамику в соседних регионах.

#### 4.2.3. Модель пространственной ошибки (SEM)

Для оценки наличия пространственных зависимостей между остатками в панельной модели с фиксированными эффектами были сформированы модели пространственной ошибки (SEM), при этом оптимальной, обладающей наименьшими стандартными ошибками, остаточной дисперсией и информационными критериями, была признана модель, построенная с применением взвешивающей матрицы по смежным границам (табл. 2).

Данная модель, в отличие от модели пространственного лага SAR, позволила подтвердить влияние численности научно-исследовательских кадров и внутренних затрат на разработки на динамику генерируемых в регионах передовых технологий. Как и в модели SAR, выделяемые в регионах финансовые ресурсы на развитие фундаментальной науки не оказали должного влияния на рост объема разрабатываемых передовых технологий. Построенная модель показала, что, помимо оказывающих влияние факторов, наблюдаются взаимосвязи и в пространственных ошибках модели.

#### 4.2.4. Модель пространственного запаздывания и ошибки (SAC)

Для учета пространственного лага и ошибки в модели была сформирована интегрированная модель SAC, при этом оптимальной моделью была признана модель по смежным границам. Она позволила скорректировать значение оцениваемого пространственного эффекта, наблюдавшегося в динамике разрабатываемых передовых производственных

технологий. Коэффициент пространственной авторегрессии, характеризующий наличие пространственного лага в модели, значительно превысил размер вектора, не зависящих от времени индивидуальных пространственно зависимых специфических эффектов, характеризующих пространственную ошибку в модели. Это подтверждает важное значение пространственных эффектов в научно-технологичном развитии регионов. Рост объема разрабатываемых передовых технологий в научно-исследовательских центрах способствует его росту и в окружающих их регионах.

Модель подтвердила положительное влияние числа научно-исследовательских организаций, исследовательских кадров, выделяемых финансовых ресурсов на прикладные исследования и разработки на динамику разрабатываемых в регионах новых технологий, а также негативное влияние осуществляемых затрат на фундаментальные исследования. Численность технического персонала, участвующего в научных исследованиях, как и в модели, построенной по МНК с фиксированными эффектами, не оказала влияния на динамику разрабатываемых технологий (табл. 2, 3).

#### 4.2.5. Пространственная модель Дарбина (SDM)

Для учета пространственных эффектов исследуемых факторов на динамику разрабатываемых передовых производственных технологий были построены регрессионные модели Дарбина (SDM) по двум матрицам пространственных весов.

Оптимальной моделью по всем рассматриваемым параметрам была признана модель, при построении которой использовалась взвешивающая матрица смежных границ между регионами. Она позволила не только подтвердить влияние окружающих регионов и скорректировать коэффициент пространственной авторегрессии, но и определить,

что на динамику разрабатываемых передовых производственных технологий оказывают положительное влияние располагающиеся в соседних регионах инженерно-технические кадры, занимающиеся научными исследованиями и разработками. В самих регионах технические кадры не оказывают влияние на динамику генерируемых технологий, данный факт был подтвержден и другими регрессионными моделями.

Модель Дарбина в отличие от модели пространственного лага (SAR) подтвердила влияние функционирующих в регионах научно-исследовательских организаций и в то же время показала негативное влияние их динамики в окружающих регионах. На это указывает отрицательный пространственный лаг указанной переменной (-62,9). Если учесть, что значительная часть научно-исследовательских организаций сконцентрирована в 18 регионах страны, а в остальных регионах их численность с каждым годом сокращается, то вполне закономерно установленное моделью Дарбина негативное влияние сокращающейся численности организаций в окружающих регионах на процессы разработки передовых производственных технологий.

Построенная модель Дарбина, как и прочие пространственные модели, подтвердила негативное влияние внутренних затрат научных организаций, выделяемых на фундаментальные исследования, на динамику разрабатываемых передовых производственных технологий, но при этом показала значимость выделения финансовых ресурсов научным организациям, осуществляющим данные исследования в окружающих регионах.

Для разработки технологий, востребованных в производстве, необходимы прикладные исследования и разработки, и модель Дарбина показала значимость выделения финансовых ресурсов для их проведения (табл. 2), однако без фундаментальных исследований невозможно

получить прорывной, прогрессивный характер разрабатываемых технологий, поэтому выделяемое финансирование организациям фундаментальной науки окружающих регионов оказывает положительное влияние на динамику генерируемых технологий. Поскольку не все регионы активно генерируют данные технологии, а только те, в которых сконцентрирован научно-исследовательский потенциал, то и выделяемые организациями финансовые ресурсы на прикладные исследования и разработки в окружающих регионах не оказывают должного влияния на динамику генерируемых передовых производственных технологий в других территориальных системах.

Пространственная модель Дарбина, построенная с использованием матрицы пространственных весов по смежным границам, по многим критериям, а в частности по стандартным ошибкам, размеру остаточной дисперсии, информационным критериям, квадрату корреляции между исходными и моделируемыми значениями зависимой переменной была выбрана в качестве оптимальной модели, описывающей зависимость динамики генерируемых в регионах России передовых производственных технологий от различных факторов, наблюдающихся как в самих регионах, так и их окружении.

Данная модель позволяет установить все многообразие пространственных эффектов, которые наблюдаются в процессах разработки передовых производственных технологий.

## 5. Обсуждение результатов

Построенные регрессионные модели и пространственный автокорреляционный анализ показали значимость пространственных особенностей размещения научно-исследовательских организаций, научных и инженерно-технических кадров, а также выделяемого финансирования научных исследований для разработки передовых

производственных технологий. В условиях пространственной неоднородности исследуемых процессов, такие модели позволяют с наименьшим уровнем погрешностей оценить их зависимость от факторов внутренней и внешней среды. И в результате проведенного исследования данная гипотеза была подтверждена.

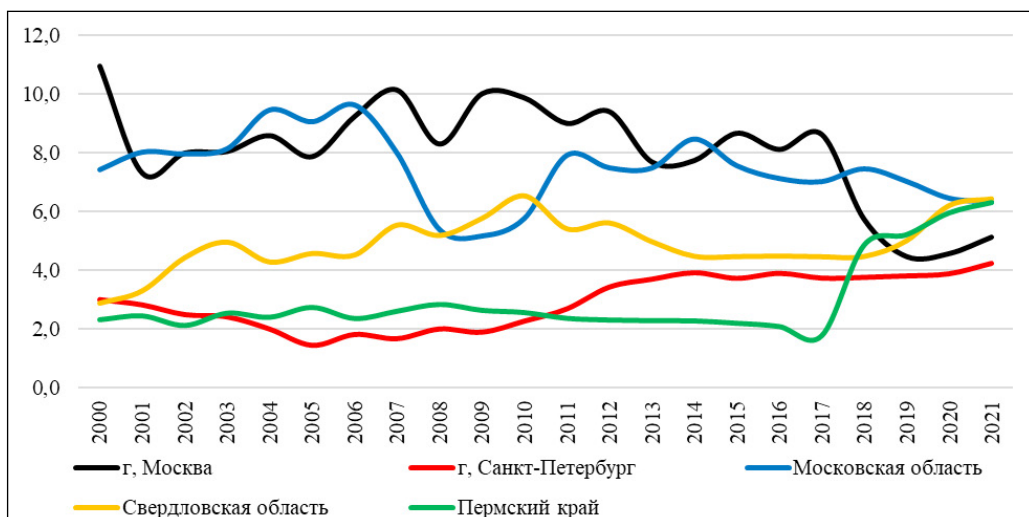
Регионы с развитым научно-исследовательским потенциалом, к которым нами были отнесены г. Москва и Санкт-Петербург, Московская, Свердловская, Челябинская, Новосибирская, Томская области и другие субъекты РФ, значительно отличаются от других территориальных систем и по объему и динамике разработки передовых производственных технологий. Данные регионы отличаются и значительными результатами их внедрения в производстве.

Так, по данным 2021 г. в 18 регионах, в которых было сконцентрировано 61,3% всех российских научно-исследовательских организаций, 78% исследователей и техников, осуществляющих научные исследования и разработки, а также

78,9% выделяемых на науку финансовых средств, было разработано 86,5% и использовано 51,6% всех передовых производственных технологий. Основными центрами их использования являются регионы их разработки: г. Москва (5,1% всех использованных в России передовых технологий), г. Санкт-Петербург (4,2%), Московская область (6,3%), Свердловская область (6,4%), Пермский край (6,3%), Самарская область (2,8%), Республика Татарстан (2,6%), Челябинская область (2,5%), Саратовская область (2,5%) и др. (рис. 2).

За период с 2000 по 2021 г. уровень концентрации используемых технологий значительно вырос в промышленно развитых регионах, таких как Свердловская область (с 2,9 до 6,4%), Республика Татарстан (с 1,5 до 2,6%), Ленинградская область (с 0,2 до 1,1%) и г. Санкт-Петербург (с 3,0 до 4,2%), Краснодарский край (с 0,5 до 1,9%), Пермский край (с 2,3 до 6,3%).

Рост концентрации используемых технологий в данных регионах позволяет нам сделать вывод о востребованности



**Рис. 2.** Динамика концентрации используемых передовых производственных технологий в регионах России за период с 2000 по 2021 г., в %

**Fig. 2.** Dynamics of the concentration of advanced production technologies in use in the regions of Russia for the period from 2000 to 2021, in %

Источник: составлено авторами

сконцентрированного в них мощного научно-исследовательского потенциала. Промышленные предприятия регионов – центров разработки передовых производственных технологий активно их внедряют в производстве.

Рост концентрации используемых технологий наблюдался и в регионах, не обладающих мощным научно-исследовательским потенциалом, но располагающихся в непосредственной близости к ним, а именно, во Владимирской, Вологодской, Липецкой, Тверской, Ярославской областях, Красноярском крае, ЯНАО и в Республике Мордовия. Располагаясь в окружении региональных научно-исследовательских центров, такие территориальные системы получают важное преимущество – доступ к научно-исследовательской инфраструктуре, необходимой для разработки передовых производственных технологий, а также к инновационной инфраструктуре (технопаркам, венчурным фондам), необходимой для их успешного внедрения.

Таким образом, в научно-технологическом развитии регионов наблюдаются пространственные эффекты, и они оказывают значительное влияние на динамику разрабатываемых и используемых передовых производственных технологий.

Результаты исследования согласуются с полученными выводами других авторов, которые наблюдали пространственные эффекты в процессах влияния научно-исследовательского потенциала на динамику научно-технологического развития провинций Китая, что нашло свое отражение в исследованиях He et al. [6], Zhu et al. [7] и Yan et al. [8].

Результаты данного исследования согласуются также с выводами, полученными Рыжей [3], о благоприятном влиянии научно-технологического потенциала на динамику научно-технологического развития.

Основное ограничение нашего исследования заключается в том, что

используемый в исследовании методический подход в большей степени учитывает влияние внутренних факторов на процессы разработки передовых производственных технологий, там, где пространственные эффекты имеют наиболее важное значение, и в меньшей степени оценивает влияние внешних факторов, таких как санкционное давление, запрет на импорт высокотехнологичного оборудования, нестабильная экономическая и политическая ситуация в мире и др. Оценке их влияния на процессы разработки передовых производственных технологий будет посвящено отдельное исследование.

## 6. Заключение

Пространственное моделирование динамики научно-технологического развития российских регионов позволило получить значимые сведения о факторах, влияющих на создание передовых производственных технологий. Анализ показал, что концентрация исследовательских организаций, научных и инженерных кадров, а также выделяемое финансирование НИОКР, играют решающую роль в развитии передовых производственных технологий.

Исследование выявило, что территории, с активно развивающимся научно-исследовательским потенциалом, отличаются значительным объемом разрабатываемых передовых производственных технологий. Сконцентрированные здесь научные организации, научно-исследовательские и инженерно-технические кадры, финансовые ресурсы, выделяемые на научные исследования и разработки, положительно влияют на динамику генерируемых новых технологий. Поскольку значительная часть данных технологий разрабатывается в регионах с развитым производственным комплексом, то можно предположить, что сконцентрированный на их территории научно-исследовательский потенциал востребован.

Регрессионные модели и пространственный автокорреляционный анализ показали значимость пространственных особенностей процессов разработки передовых производственных технологий. Регионы, обладающие мощным научно-исследовательским потенциалом, имеют значительные результаты в разработке и внедрении передовых технологий в хозяйственной деятельности.

Таким образом, можно заключить, что поставленная исследовательская цель, а именно, оценка влияния динамики научно-исследовательского потенциала регионов на динамику разрабатываемых в них передовых производственных технологий с помощью методов пространственного моделирования, и соответствующие задачи для реализации данной цели, достигнуты.

Также в процессе исследования была подтверждена гипотеза о том, что в условиях высокой пространственной неоднородности научно-технологического развития при оценке влияния различных факторов на динамику разрабатываемых передовых производственных

технологий недопустимо формирование обычных регрессионных моделей, не учитывающих пространственные эффекты, а целесообразно построение пространственных моделей SAR, SEM, SAC, SDM и др.

Теоретическая значимость проведенного исследования состоит в развитии методического подхода для пространственного моделирования динамики разрабатываемых передовых производственных технологий в регионах России, а также в выявлении факторов, влияющих на их создание.

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования полученных результатов органами власти для формирования стратегий содействия научно-техническому развитию регионов Российской Федерации, учитывая важность развития их научно-исследовательского потенциала для обеспечения технологического суверенитета в условиях санкционного давления и существующих ограничений в доступе к международным финансовым и технологическим рынкам.

#### Список использованных источников

1. Батьковский А.М., Кравчук П.В., Стяжкин А.Н. Оценка экономической эффективности производства высокотехнологичной продукции инновационно-активными предприятиями отрасли // Креативная экономика. 2019. № 1 (13). С. 115–128. <https://doi.org/10.18334/ce.13.1.39738>
2. Молодцова О.П. Факторы, влияющие на научно-технологическую деятельность в регионе // Стратегии бизнеса. 2022. Т. 10, № 12. С. 306–310. <https://doi.org/10.17747/2311-7184-2022-12-306-310>
3. Рыжая А.А. Факторы, влияющие на научно-технологическое развитие промышленного комплекса региона // Молодежный научно-исследовательский журнал. 2017. № 5-1 (59). С. 38–43. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.59.019>
4. Тюрина Ю.Г., Лавренко Е.А., Селиверстова Н.И., Колмыкова М.А., Саморуков А.А. Система факторов научно-технологического развития региона // Российское предпринимательство. 2018. Т. 19, № 5. С. 1480–1500. <http://dx.doi.org/10.18334/rp.19.5.39107>
5. Shiyong H., Jianjia H., Liangrong S. Fiscal science and technology expenditure and the spatial convergence of regional innovation efficiency: evidence from China's province-level data // Economic Research-Ekonomiska Istraživanja. 2023. Vol. 36, Issue 1. Pp. 1848–1866. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2022.2094436>
6. He B., Wang J., Wang J., Wang K. The Impact of Government Competition on Regional R&D Efficiency: Does Legal Environment Matter in China's Innovation System? // Sustainability. 2018. Vol. 10, Issue 12. P. 4401. <https://doi.org/10.3390/su10124401>



7. Zhu D., Zhang Y., Lu Z. Does Government Purchasing Science and Technology Public Service Promote Regional S&T Innovation Ability? Evidence from China // Sustainability. 2023. Vol. 15, Issue 3. P. 2354. <https://doi.org/10.3390/su15032354>
8. Yan Y., Jiang L., He X., Hu Y., Li J. Spatio-temporal evolution and influencing factors of scientific and technological innovation level: A multidimensional proximity perspective // Frontiers in Psychology. 2022. Vol. 13. P. 920033. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.920033>
9. Malecki E. Science, technology, and regional economic development: Review and prospects // Research Policy. 1981. Vol. 10, Issue 4. Pp. 312–334. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(81\)90017-2](https://doi.org/10.1016/0048-7333(81)90017-2)
10. Luo Q. Research on the Dynamic Evolution of Scientific and Technological Innovation Efficiency in Universities and Identification of Influencing factors – based on Markov Chain Estimation and GMM Model // Mathematical Problems in Engineering. 2021. Vol. 2021. P. 9831124. <https://doi.org/10.1155/2021/9831124>
11. Zou L., Zhu Y.W. Universities' Scientific and Technological Transformation in China: Its Efficiency and Influencing Factors in the Yangtze River Economic Belt // PLoS One. 2021. Vol. 16, Issue 12. P. e0261343. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261343>
12. Zulkarnain R., Djuraidah A., Sumertajaya M. Spatial autoregressive stochastic frontier model with application to Indonesia's aquaculture // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1863. P. 012044. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1863/1/012044>
13. Kazama S., Izumi H., Sarukkalige P., Nasu T., Sawamoto M. Estimating snow distribution over a large area and its application for water resources // Hydrological Processes. 2008. Vol. 22, Issue 13. Pp. 2315–2324. <https://doi.org/10.1002/HYP.6826>
14. Ren Q. The impact of digital financial development on the economic development of cities in Jiangsu Province – Empirical test based on the spatial lag model // BCP Business & Management. 2022. Vol. 35. Pp. 798–805. <https://doi.org/10.54691/bcpbm.v35i.3406>
15. Al-Hasani G., Asaduzzaman, Soliman A.H. Comparison of spatial regression models with Road Traffic Accidents Data R // Proceedings of the International Conference on Statistics: Theory and Applications. 2019. P. 31. <https://doi.org/10.11159/ICSTA.19.31>
16. Jaya I.G., Ruchjana B.N., Tantular B., Zulhanif, Andriyana Y. Simulation and Application of the Spatial Autoregressive Geographically Weighted Regression Model (SAR-GWR) // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Vol. 13, No. 1. Pp. 377–385. URL: [http://www.arpnjournals.org/jeas/research\\_papers/rp\\_2018/jeas\\_0118\\_6679.pdf](http://www.arpnjournals.org/jeas/research_papers/rp_2018/jeas_0118_6679.pdf)
17. Lambert D.M., Brown J.P., Florax R.J.G.M. A two-step estimator for a spatial lag model of counts: Theory, small sample performance and an application // Regional Science and Urban Economics. 2010. Vol. 40, Issue 4. Pp. 241–252. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2010.04.001>
18. Шаклеина М.В., Шаклеин К.И. Факторы регионального развития предпринимательства России: оценка и роль пространственных взаимосвязей // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2022. Т. 15, № 5. С. 118–134. <https://doi.org/10.15838/esc.2022.5.83.6>
19. Liu X., Kounadi O., Zurita-Milla R. Incorporating Spatial Autocorrelation in Machine Learning Models Using Spatial Lag and Eigenvector Spatial Filtering Features // ISPRS International Journal of Geo-Information. 2022. Vol. 11, Issue 4. P. 242. <https://doi.org/10.3390/ijgi11040242>
20. Aw A., Cabral E.N. Functional SAC model: With application to spatial econometrics // arXiv. 2004. Vol. 55, No. 1. Pp. 1–12. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2004.07725>
21. Wang R., Wang F. Exploring the Role of Green Finance and Energy Development towards High-Quality Economic Development: Application of Spatial Durbin Model and Intermediary Effect Model // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022. Vol. 19, Issue 14. P. 8875. <https://doi.org/10.3390/ijerph19148875>
22. Zhang Q., Tang D., Boamah V. Exploring the Role of Forest Resources Abundance on Economic Development in the Yangtze River Delta Region: Application of Spatial Durbin SDM Model // Forests. 2022. Vol. 13, Issue 10. P. 1605. <https://doi.org/10.3390/f13101605>

23. Mukrom M. H., Yasin H., Hakim A.R. Pemodelan Angka Harapan Hidup Provinsi Jawa Tengah Menggunakan Robust Spatial Durbin Model // Jurnal Gaussian. 2021. Vol. 10, No. 1. Pp. 44–54. <https://doi.org/10.14710/j.gauss.10.1.44-54>
24. Lacombe D.J., Holloway G.J., Shaughnessy T.M. Bayesian Estimation of the Spatial Durbin Error Model with an Application to Voter Turnout in the 2004 Presidential Election // International Regional Science Review. 2014. Vol. 37, Issue 3. Pp. 298–327. <https://doi.org/10.1177/0160017612452133>
25. Lu Y., Zhu S. Digital economy, scientific and technological innovation, and high-quality economic development: A mediating effect model based on the spatial perspective // PloS ONE. 2022. Vol. 17, Issue 11. P. e0277245. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277245>
26. Wu F., Gao Q., Liu T. Nonlinear Effect of Scientific and Technological Innovation on Economic Development Based on Spatial Panel and Threshold Model // Advances in Economics, Business and Management Research. 2019. Vol. 85. Pp. 255–263. <https://doi.org/10.2991/icoeme-19.2019.49>
27. Huang Z. The Spatial Spillover Effect of Input and Output of Scientific Progress on Regional Economic Growth: The Case of Guangdong Province // Open Journal of Statistics. 2020. Vol. 10, No. 3. Pp. 540–553. <https://doi.org/10.4236/ojs.2020.103032>
28. Zeng L. China's Eco-Efficiency: Regional Differences and Influencing Factors Based on a Spatial Panel Data Approach // Sustainability. 2021. Vol. 13, Issue 6. P. 3143. <https://doi.org/10.3390/su13063143>
29. Zou Y., Huang M., Xiang W., Lu L., Lu Y., Gao J., Cheng Y. The impact of high-tech industry development on energy efficiency and its influencing mechanisms // Frontiers in Environmental Science. 2022. Vol. 10. P. 962627. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.962627>
30. Jamhuri J., Azhar B., Puan C., Norizah K. GWR-PM – Spatial variation relationship analysis with Geographically Weighted Regression (GWR) – An application at Peninsular Malaysia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2016. Vol. 37. P. 012032. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/37/1/012032>
31. Jasim I.A., Fileeh M.K., Ebrahim M.A., Al-Maliki L.A., Al-Mamoori S.K., Al-Ansari N. Geographically weighted regression model for physical, social, and economic factors affecting the COVID-19 pandemic spreading // Environmental Science and Pollution Research. 2022. Vol. 29, Issue 34. Pp. 51507–51520. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18564-w>
32. Comber A.C., Brunson M., Charlton G., Dong R., Harris B., Lu Y., Lu D., Murakami T., Nakaya Y., Wang, Harris P. The GWR Route Map: A Guide to the Informed Application of Geographically Weighted Regression // arXiv. 2004. P. 06070. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2004.06070>
33. Nazarpour A., Paydar G.R., Mehregan F.F., Hejazi S.J., Jafari M. Application of geographically weighted regression (GWR) and singularity analysis to identify stream sediment geochemical anomalies, case study, Takab Area, NW Iran // Journal of Geochemical Exploration. 2022. Vol. 235. P. 106953. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2022.106953>
34. Наумов И.В., Отмахова Ю.С., Красных С.С. Методологический подход к моделированию и прогнозированию воздействия пространственной неоднородности процессов распространения COVID-19 на экономическое развитие регионов // Компьютерные исследования и моделирование. 2021. Т. 13, № 3. С. 629–648. <https://doi.org/10.20537/2076-7633-2021-13-3-629-648>
35. Наумов И.В., Красных С.С. Исследование пространственной гетерогенности и межрегиональных взаимосвязей в процессах привлечения банковского капитала в российскую экономику // Финансы: теория и практика. 2022. Т. 26, № 6. С. 233–252. <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2022-26-6-233-252>

## **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**

### **Наумов Илья Викторович**

Кандидат экономических наук, доцент, заведующий лабораторией моделирования пространственного развития территорий Института экономики Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия (620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2464-6266> e-mail: [naumov.iv@uiec.ru](mailto:naumov.iv@uiec.ru)

### **Красных Сергей Сергеевич**

Кандидат экономических наук, младший научный сотрудник лаборатории моделирования пространственного развития территорий Института экономики Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия (620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2692-5656> e-mail: [krasnykh.ss@uiec.ru](mailto:krasnykh.ss@uiec.ru)

## **БЛАГОДАРНОСТИ**

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-28-01674, <https://rscf.ru/project/22-28-01674/>

## **ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ**

Наумов И.В., Красных С.С. Пространственное моделирование влияния научно-исследовательского потенциала на динамику научно-технологического развития регионов России // Journal of Applied Economic Research. 2023. Т. 22, № 3. С. 630–656. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.026>

## **ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ**

Дата поступления 16 июня 2023 г.; дата поступления после рецензирования 18 июля 2023 г.; дата принятия к печати 3 августа 2023 г.

# Spatial Modelling of the Impact of R&D Potential on the Dynamics of Scientific and Technological Development of Russian Regions

Ilya V. Naumov  , Sergey S. Krasnykh 

*Institute of Economics, The Ural Branch of Russian Academy of Sciences,  
Yekaterinburg, Russia*

 [naumov.iv@uiiec.ru](mailto:naumov.iv@uiiec.ru)

**Abstract.** The study of the scientific and technological development of Russia's regions is important for several reasons. Firstly, the development of advanced production technologies is crucial for enhancing the competitiveness of Russian industry and ensuring the country's technological sovereignty. Secondly, analyzing the impact of science expenditures, the number of researchers and the number of organizations on the development of advanced technologies will help to identify the factors that either promote or hinder scientific and technological progress in different regions. This, in turn, can serve as the basis for developing proposals to update the Strategy of Scientific and Technological Development of the Russian Federation, as well as the development strategies of federal districts and constituent entities of the Russian Federation. The purpose of this study is to assess the impact of the dynamics of the regions' R&D potential on the dynamics of advanced production technologies developed within those regions using spatial modelling methods. The following hypothesis has been proposed - increasing budget expenditures on science and technology has a positive impact on the development of advanced manufacturing technologies in Russian regions. The novelty of the methodological approach lies in the use of spatial modelling methods applying several spatial weight matrices. In the course of the study, it was confirmed that the dynamics of the newly developed advanced production technologies is positively influenced by the engineering and technical personnel based in the neighboring regions who are engaged in research and development, as well as by the financial resources allocated to scientific organizations of the surrounding regions to conduct fundamental research. According to Durbin's model, the number of R&D organizations operating in the surrounding regions and the amount of funding allocated for applied research and development have a negative impact on the dynamics of developed advanced technologies. The theoretical significance of the study lies in the identification of factors affecting the creation of domestic advanced manufacturing technologies. The practical significance lies in the possibility of using these results to form strategies to promote scientific and technological development of the regions of the Russian Federation under modern conditions.

**Key words:** scientific and technological development; spatial modeling; Russian regions; spatial lag model (SAR); spatial error model (SEM); spatial lag and error model (SAC); Spatial Durbin model (SDM).

**JEL O33**

## References

1. Batkovskii, A.M., Kravchuk, P.V., Stiazhkin, A.N. (2019). Otsenka ekonomicheskoi effektivnosti proizvodstva vysokotekhnologichnoi produktsii innovatsionno-aktivnymi predpriiatiiami otrasli (Evaluation of the economic efficiency of the production of high-tech products by innovation-active enterprises of the industry). *Kreativnaia ekonomika (Creative Economy)*, No. 1 (13), 115–128. (In Russ.). <https://doi.org/10.18334/ce.13.1.39738>
2. Molodtsova, O.P. (2022). Faktory, vliiaiuschie na nauchno-tekhnologicheskuiu deiatel'nost v regione (Factors affecting scientific and technological activities in the region). *Strategii*

*business (Business Strategies)*, Vol. 10, No. 12, 306–310. (In Russ.). <https://doi.org/10.17747/2311-7184-2022-12-306-310>

3. Ryzhaia, A.A. (2017). Faktory, vliiaushchie na nauchno-tekhnologicheskoe razvitie promyshlennogo kompleksa regiona (Factors affecting the scientific and technological development of regional industrial complex). *Mezhdunarodny nauchno-issledovatel'skii zhurnal (International Research Journal)*, No. 5-1 (59), 38–43. (In Russ.). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.59.019>

4. Tiurina, Iu.G., Lavrenko, E.A., Seliverstova, N.I., Kolmykova, M.A., Samorukov, A.A. (2018). Sistema faktorov nauchno-tekhnologicheskogo razvitiia regiona (System of factors of scientific and technological development of the region). *Rossiiskoe predprinimatel'stvo [Russian Entrepreneurship]*, Vol. 19, No. 5, 1480–1500. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.18334/rp.19.5.39107>

5. Shiyong, H., Jianjia, H., Liangrong, S. (2023). Fiscal science and technology expenditure and the spatial convergence of regional innovation efficiency: evidence from China's province-level data. *Economic Research-Ekonomika Istraživanja*, Vol. 36, Issue 1, 1848–1866. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2022.2094436>

6. He, B., Wang, J., Wang, J., Wang, K. (2018). The Impact of Government Competition on Regional R&D Efficiency: Does Legal Environment Matter in China's Innovation System? *Sustainability*, Vol. 10, Issue 12, 4401. <https://doi.org/10.3390/su10124401>

7. Zhu, D., Zhang, Y., Lu, Z. (2023). Does Government Purchasing Science and Technology Public Service Promote Regional S&T Innovation Ability? Evidence from China. *Sustainability*, Vol. 15, Issue 3, 2354. <https://doi.org/10.3390/su15032354>

8. Yan, Y., Jiang, L., He, X., Hu, Y., Li, J. (2022). Spatio-temporal evolution and influencing factors of scientific and technological innovation level: A multidimensional proximity perspective. *Frontiers in Psychology*, Vol. 13, 920033. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.920033>

9. Malecki, E. (1981). Science, technology, and regional economic development: Review and prospects. *Research Policy*, Vol. 10, Issue 4, 312–334. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(81\)90017-2](https://doi.org/10.1016/0048-7333(81)90017-2)

10. Luo, Q. (2021). Research on the Dynamic Evolution of Scientific and Technological Innovation Efficiency in Universities and Identification of Influencing factors – based on Markov Chain Estimation and GMM Model. *Mathematical Problems in Engineering*, Vol. 2021, 9831124. <https://doi.org/10.1155/2021/9831124>

11. Zou, L., Zhu, Y.W. (2021). Universities' Scientific and Technological Transformation in China: Its Efficiency and Influencing Factors in the Yangtze River Economic Belt. *PLoS One*, Vol. 16, Issue 12, e0261343. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261343>

12. Zulkarnain, R., Djuraidah, A., Sumertajaya, M. (2021). Spatial autoregressive stochastic frontier model with application to Indonesia's aquaculture. *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1863, 012044. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1863/1/012044>

13. Kazama, S., Izumi, H., Sarukkalige, P., Nasu, T., Sawamoto, M. (2008). Estimating snow distribution over a large area and its application for water resources. *Hydrological Processes*, Vol. 22, Issue 13, 2315–2324. <https://doi.org/10.1002/HYP.6826>

14. Ren, Q. (2022). The impact of digital financial development on the economic development of cities in Jiangsu Province – Empirical test based on the spatial lag model. *BCP Business & Management*, Vol. 35, 798–805. <https://doi.org/10.54691/bcpbm.v35i.3406>

15. Al-Hasani, G., Asaduzzaman, Soliman, A.H. (2019). Comparison of spatial regression models with Road Traffic Accidents Data R. *Proceedings of the International Conference on Statistics: Theory and Applications*, 31. <https://doi.org/10.11159/ICSTA19.31>

16. Jaya, I.G., Ruchjana, B.N., Tantular, B., Zulhanif, Andriyana, Y. (2018). Simulation and Application of the Spatial Autoregressive Geographically Weighted Regression Model (SAR-GWR). *ARP Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 13, No. 1, 377–385. Available at: [http://www.arpnjournals.org/jeas/research\\_papers/rp\\_2018/jeas\\_0118\\_6679.pdf](http://www.arpnjournals.org/jeas/research_papers/rp_2018/jeas_0118_6679.pdf)

17. Lambert, D.M., Brown, J.P., Florax, R.J.G.M. (2010). A two-step estimator for a spatial lag model of counts: Theory, small sample performance and an application. *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 40, Issue 4, 241–252. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2010.04.001>

18. Shakleina, M.V., Shaklein, K.I. (2022). Faktory regionalnogo razvitiia predprinimatelstva Rossii: otsenka i rol prostranstvennykh vzaimosviazei (Drivers of entrepreneurship development in Russia's regions: Assessment and the role of spatial interrelations). *Ekonomicheskie i sotsialnye peremeny: Fakty, tendentsii, prognoz (Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast)*, Vol. 15, No. 5, 118–134. (In Russ.). <https://doi.org/10.15838/esc.2022.5.83.6>
19. Liu, X., Kounadi, O., Zurita-Milla, R. (2022). Incorporating Spatial Autocorrelation in Machine Learning Models Using Spatial Lag and Eigenvector Spatial Filtering Features. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, Vol. 11, Issue 4, 242. <https://doi.org/10.3390/ijgi11040242>
20. Aw, A., Cabral, E.N. (2004). Functional SAC model: With application to spatial econometrics. *arXiv*, Vol. 55, No. 1, 1–12. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2004.07725>
21. Wang, R., Wang, F. (2022). Exploring the Role of Green Finance and Energy Development towards High-Quality Economic Development: Application of Spatial Durbin Model and Intermediary Effect Model. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 19, Issue 14, 8875. <https://doi.org/10.3390/ijerph19148875>
22. Zhang, Q, Tang, D, Boamah, V. (2022). Exploring the Role of Forest Resources Abundance on Economic Development in the Yangtze River Delta Region: Application of Spatial Durbin SDM Model. *Forests*, Vol. 13, Issue 10, 1605. <https://doi.org/10.3390/f13101605>
23. Mukrom, M. H., Yasin, H., Hakim, A.R. (2021). Pemodelan Angka Harapan Hidup Provinsi Jawa Tengah Menggunakan Robust Spatial Durbin Model. *Jurnal Gaussian*, Vol. 10, No. 1, 44–54. <https://doi.org/10.14710/j.gauss.10.1.44-54>
24. Lacombe, D.J., Holloway, G.J., Shaughnessy, T.M. (2014). Bayesian Estimation of the Spatial Durbin Error Model with an Application to Voter Turnout in the 2004 Presidential Election. *International Regional Science Review*, Vol. 37, Issue 3, 298–327. <https://doi.org/10.1177/0160017612452133>
25. Lu, Y., Zhu, S. (2022). Digital economy, scientific and technological innovation, and high-quality economic development: A mediating effect model based on the spatial perspective. *PLoS ONE*, Vol. 17, Issue 11, e0277245. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277245>
26. Wu, F., Gao, Q., Liu, T. (2019). Nonlinear Effect of Scientific and Technological Innovation on Economic Development Based on Spatial Panel and Threshold Model. *Advances in Economics, Business and Management Research*, Vol. 85, 255–263. <https://doi.org/10.2991/icoeme-19.2019.49>
27. Huang, Z. (2020). The Spatial Spillover Effect of Input and Output of Scientific Progress on Regional Economic Growth: The Case of Guangdong Province. *Open Journal of Statistics*, Vol. 10, No. 3, 540–553. <https://doi.org/10.4236/ojs.2020.103032>
28. Zeng, L. (2021). China's Eco-Efficiency: Regional Differences and Influencing Factors Based on a Spatial Panel Data Approach. *Sustainability*, Vol. 13, Issue 6, 3143. <https://doi.org/10.3390/su13063143>
29. Zou, Y, Huang, M, Xiang, W, Lu, L, Lu, Y, Gao, J, Cheng, Y. (2022). The impact of high-tech industry development on energy efficiency and its influencing mechanisms. *Frontiers in Environmental Science*, Vol. 10, 962627. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.962627>
30. Jamhuri, J., Azhar, B., Puan, C., Norizah, K. (2016). GWR-PM – Spatial variation relationship analysis with Geographically Weighted Regression (GWR) – An application at Peninsular Malaysia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 37, 012032. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/37/1/012032>
31. Jasim, I.A., Fileeh, M.K., Ebrahmem, M.A., Al-Maliki, L.A., Al-Mamoori, S.K., Al-Ansari, N. (2022). Geographically weighted regression model for physical, social, and economic factors affecting the COVID-19 pandemic spreading. *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 29, Issue 34, 51507–51520. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18564-w>
32. Comber, A.C., Brunsdon, M., Charlton, G., Dong, R., Harris, B., Lu, Y., Lu, D., Murakami, T., Nakaya, Y., Wang, Harris, P. (2004). The GWR Route Map: A Guide to the

Informed Application of Geographically Weighted Regression. *arXiv*, 06070. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2004.06070>

33. Nazarpour, A., Paydar, G.R., Mehregan, F.F., Hejazi, S.J., Jafari, M. (2022). Application of geographically weighted regression (GWR) and singularity analysis to identify stream sediment geochemical anomalies, case study, Takab Area, NW Iran. *Journal of Geochemical Exploration*, Vol. 235, 106953. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2022.106953>

34. Naumov, I.V., Otmakhova, Iu.S., Krasnykh, S.S. (2021). Metodologicheskii podkhod k modelirovaniu i prognozirovaniu vozdeistviia prostranstvennoi neodnorodnosti protsessov rasprostraneniia COVID-19 na ekonomicheskoe razvitie regionov (Methodological approach to modeling and forecasting the impact of the spatial heterogeneity of the COVID-19 spread on the economic development of Russian regions). *Kompiuternye issledovaniia i modelirovanie (Computer Research and Modeling)*, Vol. 13, No. 3, 629–648. (In Russ.). <https://doi.org/10.20537/2076-7633-2021-13-3-629-648>

35. Naumov, I.V., Krasnykh, S.S. (2022). Issledovanie prostranstvennoi geterogenosti i mezhregionalnykh vzaimosviazei v protsessakh privlecheniia bankovskogo kapitala v rossiiskuiu ekonomiku (The Study of Spatial Heterogeneity and Interregional Relations in the Processes of Attracting Banking Capital to the Russian Economy). *Finansy: teoriia i praktika (Finance: Theory and Practice)*, Vol. 26, No. 6, 233–252. (In Russ.). <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2022-26-6-233-252>

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

### Ilya Viktorovich Naumov

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Laboratory of Modeling of Spatial Development of Territories, Institute of Economics, The Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia (620014, Yekaterinburg, Moskovskaya street, 29); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2464-6266> e-mail: [naumov.iv@uiec.ru](mailto:naumov.iv@uiec.ru)

### Sergey Sergeevich Krasnykh

Candidate of Economic Sciences, Researcher, Laboratory of Modeling of Spatial Development of Territories, Institute of Economics, The Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia (620014, Yekaterinburg, Moskovskaya street, 29); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2692-5656> e-mail: [krasnykh.ss@uiec.ru](mailto:krasnykh.ss@uiec.ru)

## ACKNOWLEDGMENTS

The research was supported by the grant of the Russian Science Foundation No. 22-28-01674, <https://rscf.ru/project/22-28-01674/>

## FOR CITATION

Naumov, I.V., Krasnykh, S.S. (2023). Spatial Modelling of the Impact of R&D Potential on the Dynamics of Scientific and Technological Development of Russian Regions. *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 22, No. 3, 630–656. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.026>

## ARTICLE INFO

Received June 16, 2023; Revised July 18, 2023; Accepted August 3, 2023.



## Оценка функционирования регионов на основе производственных функций с приведенными стоимостными факторами

*Р. А. Жуков*  , *М. А. Плинская* , *Е. В. Манохин* 

*Тульский филиал Финансового университета  
при Правительстве Российской Федерации,  
г. Тула, Россия*

 [pluszh@mail.ru](mailto:pluszh@mail.ru)

**Аннотация.** При моделировании развития экономики регионов на основе производственных функций возникает проблема выбора моделей, факторов и методик корректировки стоимостных характеристик с целью получения адекватных и точных моделей, а также формирования частных и интегральных показателей результативности. Такая проблема становится особенно существенной в случае, если модели адекватны и точны, а, следовательно, изучаемый процесс инвариантен относительно используемых моделей, факторов и методик расчета. Цель исследования – оценка результатов функционирования регионов на основе производственных функций при условии инвариантности процесса изменения объема ВРП относительно моделей, факторов и методик их приведения к сопоставимому виду при моделировании развития экономики субъектов Российской Федерации. Гипотеза исследования – инвариантность процесса изменения объема ВРП относительно используемых моделей, факторов и методик приведения стоимостных показателей к сопоставимому виду. Исследование было проведено на основе данных по областям Центрального федерального округа (2007–2020). В результате на базе пяти построенных моделей, факторы которых рассчитывались пятью различными способами, учитывающими как изменение цен, так и среднегодовые характеристики, было определено, что частные индикаторы имеют сходную динамику. При этом статистические тесты и авторская методика выбора модели, учитывающая приоритеты развития регионов, не дали возможность выявить наилучшую из них. Это позволило сделать вывод об инвариантности изучаемого процесса относительно моделей и используемых методик корректировки. Для решения проблемы выбора моделей для оценки результатов функционирования регионов предложено использовать интегральный показатель результативности, обобщающий используемые методики расчета, что уменьшает влияние субъективизма такого выбора. Теоретическая значимость заключается в возможности применения методологии формирования частных и интегральных показателей результативности для произвольных социально-экономических систем. Практическая значимость проведенного исследования заключается в том, что полученные результаты можно использовать для разработки мероприятий, цель которых – обеспечить устойчивое развитие областей Центрального федерального округа.

**Ключевые слова:** валовой региональный продукт; производственная функция; социально-экономическая система; изменение цен; интегральный индикатор; оценка; анализ.



## 1. Введение

При изучении экономики регионов, рассматриваемых как социально-экономические системы (ЭС), в качестве основного макроэкономического показателя используют валовой региональный продукт (ВРП), динамика которого может быть промоделирована посредством специальных экономико-статистических моделей – производственных функций (ПФ).

Наиболее часто используемыми моделями являются степенные мультипликативные модели, аналогичные неоклассической производственной функции Кобба – Дугласа, устанавливающей связь между результатами (объем ВРП) и основными факторами производства, в том числе стоимостью основных фондов (ОФ). Вследствие инфляционных процессов реальная стоимость основных фондов и объема ВРП отличается от фактической стоимости, что приводит к необходимости их корректировки с целью построения адекватных ПФ для моделирования развития экономики.

Использование различных методик приведения стоимостных характеристик к сопоставимому виду ведет к изменению значений параметров ПФ и статистических характеристик, обосновывающих адекватность моделей. При этом возникает проблема их выбора в случае, если модели адекватны и имеют приемлемую точность, что дает возможность выдвинуть предположение об инвариантности изучаемого процесса относительно используемых производственных функций, факторов и методик приведения стоимостных характеристик к сопоставимому виду.

В этом аспекте для оценки результатов функционирования регионов, действующих в различных условиях, что необходимо учитывать в экономических исследованиях, актуальным представляется использование частного и интегрального (обобщенного) индикаторов, позволяющих исключить влияние

различных единиц измерения, эффекта масштаба и учесть различные адекватные методики, что в итоге даст возможность проводить корректную оценку и сравнительный анализ разнокачественных и разноуровневых социально-экономических систем (в данном случае – субъектов Российской Федерации).

*Цель исследования* – оценка результатов функционирования регионов на основе производственных функций при условии инвариантности процесса изменения объема ВРП относительно моделей, факторов и методик их приведения к сопоставимому виду при моделировании развития экономики субъектов Российской Федерации.

*Объект исследования* – региональные социально-экономические системы, обладающие однородными результативными признаками (области Центрального федерального округа).

*Предмет исследования* – отличия результатов оценки ВРП в зависимости от выбранной методики.

*Гипотеза исследования* – инвариантность процесса изменения объема ВРП относительно используемых моделей, факторов и методик приведения стоимостных показателей к сопоставимому виду.

*Структура статьи:* исследование состоит из введения, раздела о степени проработанности проблемы, методологического раздела и информационной базы исследования, результатов исследования, обсуждения, заключения.

## 2. Степень проработанности проблемы

При моделировании экономики регионов вопрос применения валового регионального продукта в качестве основного показателя состояния, функционирования, сбалансированного развития субъектов Российской Федерации, корректности расчета ВРП остается открытым [1].

Михеева [2] показывает, что изменилась методология формирования ВРП,

что привело к ряду трудностей при моделировании развития региональной экономики, оценке сбалансированности, анализе и интерпретации результатов, выявлении причин изменения объема валового регионального продукта. Автором обосновано, что текущая рыночная стоимость основного капитала служит основой для потребления основного капитала по секторам экономики. Новый способ оценки повлек за собой внесение изменений в региональную и отраслевую структуру ВРП. Также сместились относительные позиции регионов в системе национальных показателей. По результатам пересчета ВРП произошло снижение межрегиональной дифференциации показателей валового внутреннего продукта на душу населения. Михеева [2] провела анализ изменений структуры групп на основе отчетов о формировании и использовании доходов. Переход на новую методологию привел к увеличению разрыва уровня показателей региональных счетов и непосредственно наблюдаемых показателей. Полученные результаты могут служить отправной точкой для понимания необходимости учета изменения цен основных фондов при формировании моделей изменения ВРП.

Сбалансированность, оценка которой осуществляется чаще всего на основе ВРП с точки зрения системной парадигмы, – это свойство структуры, развитие и функционирование которой обеспечивается благодаря ее системам, элементам и подсистемам. Одинцова и Романова [3, с. 8] отмечают, что одно из противоречий современной экономики – это сложность в достижении баланса развития и стабильности в процессе того, как осуществляется функционирование объекта.

Обеспечение социально-экономического роста в рамках равновесного развития происходит в процессе структурных изменений при условии того, что соотношение сил и энергии сохраняется

в рамках, находящихся под контролем. Лихтенштейн и Росс [4] отмечают, что данные изменения должны иметь больше качественный, а не количественный характер. Но при этом должна происходить идентификация указанных изменений, пусть и неявная. Для такой идентификации можно использовать систему сбалансированных индикаторов. Показатели сбалансированного развития неявно отражают, какие изменения происходят в элементах системы, в системных связях, а также в системе в целом.

По мнению многих исследователей, рост объема валового регионального продукта находится в зависимости от численности занятых и стоимости основных фондов.

Изменение стоимости основных фондов взаимосвязано с таким фактором, как обновление или модернизация оборудования. Таким образом, качественное изменение некоторого элемента системы, включая использование новых технологий, влечет за собой изменение его функционирования, основанное уже на иных принципах. Трансформация системы, осуществляющаяся под влиянием факторов, управляемых и неуправляемых, находит свое отражение в изменении системных целевых показателей, что является признаком ее развития.

При моделировании ВРП чаще всего используют неоклассическую производственную функцию Кобба – Дугласа или ее модификации. Но зачастую исследователи делают выбор в пользу линейных моделей, поскольку их параметры определяются наиболее просто.

Dreyer & Schmid [5] использовали линейные модели для оценки эффективности экономического роста стран Евросоюза. Они позволили выявить существенное влияние на этот рост стоимости основных фондов и имеющихся трудовых ресурсов.

Sayaria et al. [6] применяли аналогичные статистически адекватные модели, чтобы оценить взаимосвязь между

элементами валового внутреннего продукта (ВВП), индексом экономической свободы и инвестициями для тридцати европейских стран, подтвердивших их существенность.

Wang et al. [7] исследовали вопросы оценки взаимодействия с помощью индикатора координации взаимозависимости таких факторов, как урбанизация в Китае, цены на жилье и доступность жилья. Данные факторы рассматривались как социально-экономические подсистемы на базе моделей линейных функциональных форм, обладающих высоким качеством и точностью.

Эти модели ранее были использованы в работах Zhu & Gang [8] (оценка взаимосвязи урбанизации и экологии) и Zhu et al. [9] (для подсистем: население, морская экономика и окружающая среда).

Charfeddine & Mrabet [10] применили квадратическую модель. Их исследование посвящено влиянию на экологию стран североафриканского региона и Ближнего Востока социально-политических и экономических факторов.

Lin & Benjamin [11] применяли логарифмические модели для того, чтобы изучить причинно-следственные связи экономического роста, иностранных инвестиций и потребления энергии. Таким образом исследователи оценивали сбалансированность функционирования социально-экономических систем.

Zhenhua & Guangsheng [12] использовали транслогарифмические модели с целью выявить взаимосвязь таких факторов, как капитал, эффективность производства и экономический рост при обеспечении устойчивого развития Китайской Народной Республики.

Sáenz [13] анализировал торговый баланс Соединенных Штатов Америки и Южной Кореи. Применение степенных мультипликативных моделей совокупного потребления и инвестиционных товаров позволило автору доказать, что капиталоемкость, изменяющаяся во времени, служит объяснением горбообразной

эволюции хозяйственной деятельности субъектов экономики в сфере обрабатывающей промышленности. При этом капиталоемкость имеет решающее значение для формирования полной модели занятости в обрабатывающей промышленности, которая вызывает дополнительный «отток» рабочей силы из обрабатывающей промышленности, создавая различия между занятостью и долями добавленной стоимости, что согласуется с наблюдаемыми закономерностями структурных преобразований в Южной Корее.

Особого внимания заслуживают исследования ученых Центрального экономико-математического института Российской академии наук (ЦЭМИ РАН).

Макаров и др. [14] использовали степенные мультипликативные производственные функции и их логарифмические представления для оценки технической эффективности пространства инноваций.

Чернавский [15] использовал набор моделей, в том числе и трансцендентную функциональную форму для калибровки модели равновесия газовой отрасли, что позволило создать адекватную модель и осуществить сценарные прогнозы объема ВВП России.

Абдикеев и др. [16] за счет использования моделей временных рядов, в том числе VAR-моделей, осуществили долгосрочный прогноз ВВП России.

С целью исключения влияния изменения цен и инфляции абсолютные значения ВРП корректируют на уровень инфляции [17] либо приводят к сопоставимым ценам базисного периода, как показано в работе Афанасьева и Пономаревой [18].

Для фактора «основные фонды», включенного в модель производственной функции, перевод в сопоставимые цены связан с рядом трудностей, в том числе с выбором методики приведения основных фондов к сопоставимым ценам и с использованием определенного вида основных фондов.

Ханин и Фомин [19] предложили рассчитывать основные фонды по полной учетной стоимости на конец года (далее –  $ОФ_{ПВС}$ ), среднегодовую стоимость  $ОФ$  (далее –  $ОФ_{СТ}$ ) и остаточную балансовую стоимость (далее –  $ОФ_{ОБС}$ ) на базе бухгалтерской отчетности. Однако не указано, в каких случаях применять ту или иную методику расчета.

Скуфьина и др. [20] предложили использовать  $ОФ_{ПВС}$  с поправкой на степень их износа в году и включить в модель индекс стоимости основных фондов, приведенных к 2008 г. Авторы показали, что слабая зависимость валового внутреннего продукта в России от запасов основного капитала объясняет нецелесообразность использования запасов основного капитала в качестве параметра фонда в производственных функциях, а также сделали вывод, что можно использовать как стоимостные показатели, так и показатели физического объема.

Брянцева и Андреева [21] исследовали вопросы включения в систему линейных уравнений как стоимости основных фондов на конец года, так и темпов инфляции. И в этом случае результаты регрессионного анализа моделей показали их высокое качество и адекватность, хотя выбор основных фондов с расчетом по полной учетной стоимости не был никак обоснован.

Афанасьев и Пономарева [22] предложили наиболее адекватную с точки зрения обоснования выбора методику приведения к сопоставимым ценам основных фондов. Они использовали среднегодовую стоимость основных фондов, рассчитанную по методике, примененной авторами в дальнейших исследованиях на основе трудоемкой работы по сбору и обработке данных. При этом развитие авторской методики перерасчета касалось, в том числе изменения вида основных фондов.

Бывшев [23] на базе построенной трансцендентной модели изучил вклад научно-технического прогресса в ВВП

России. На первом этапе схемы оценивались статистические модели производственной функции с обязательной проверкой гипотезы о коинтеграции нестационарных временных рядов логарифмов российской экономики, в том числе уровни ВВП, основного капитала и живой рабочей силы и уровни цен на нефть. На втором этапе схемы была исследована стабильность оценок производственной функции, рассчитанных по различным обучающим выборкам, и оценена точность прогнозирования *ex post*, что показало высокую точность прогнозирования. Автор показал, что степень влияния НТП на ВВП составляет порядка 0,6%.

Айвазян и др. [24] при таких расчетах не учитывали фактор изменения цен, как, впрочем, и при формировании регионального индекса экономического развития с целью рейтингования субъектов Российской Федерации [25]. Однако построенные модели адекватны изучаемым процессам. При этом авторам удалось выявить большую чувствительность ВРП к изменениям основных фондов для регионов, специализирующихся на добыче полезных ископаемых, по сравнению с регионами, ориентированными на сельское хозяйство и обрабатывающую промышленность, последние из которых обладают существенной чувствительностью к изменению трудовых ресурсов (численности занятых).

Huawei [26] разработал модель векторной авторегрессии изменения цен на сырье. Он объединяет ВВП с инфляцией, выступающей в качестве компонента модели, что дает возможность осуществить его корректировку. Автором сделан вывод, что экономические факторы в Китае, такие как валовой внутренний продукт, обменный курс валюты, уровень инфляции и процентные ставки, могут привести к резкому росту цен.

Alabi et al. [27] для учета изменения цен и их влияния на ВВП использовали специальную корректирующую

функцию стоимости, включающую изменение инвестиций и капитала, что дало возможность обосновать длительные ценовые последствия сдерживаемого расширения экономики в целом.

Zhang et al. [28] предположили, что искажения цен на факторы влияют на эффективность распределения факторов, которые, в свою очередь, влияют на общую производительность факторов производства. Авторы предложили новый метод – модель производственной функции с изменяющейся во времени эластичностью для измерения ценовых искажений факторов капитала и рабочей силы. Фактическая цена факторов измеряется методом доли факторов в соответствии с национальным бухгалтерским учетом. На основе моделей Кобба – Дугласа и транслогарифмической функции они смогли обосновать увеличение факторов со временем. Причем две модели дают вилку искажения цен. Авторы предлагают использовать их в качестве правильного учета изменения цен на факторы производства. Однако авторы не указывают, какая из функций корректней описывает динамику ВВП.

Kuma & Gata [29] в логарифмической модели используют приведение номинального ВВП к реальному за счет дефлятора, используемого в международной практике, что предоставляет возможность осуществить его корректировку. Обладая высоким качеством, модель дает корректные результаты, однако если в рассмотрение взять номинальный ВВП в качестве альтернативы, то, по нашему мнению, модель может предоставить аналогичные адекватные оценки.

Boug et al. [30], используя многосекторальную макроэкономическую модель норвежской экономики с денежно-кредитной политикой таргетирования инфляции, показывают, что налогово-бюджетная политика влияет как на макроэкономику, так и на отраслевую структуру. Авторы применяют CES

функцию и ценовой дефлятор общего потребления, что также дает корректные результаты. В итоге они приходят к выводу о необходимости реализации стимулирующей налогово-бюджетной политики, поскольку добавленная стоимость в секторе неторгуемых товаров увеличивается за счет добавленной стоимости в секторе торгуемых товаров.

Ortis [31] предложил 4 адекватных модели для расчета стоимости первоначальных затрат и основных фондов на базе бухгалтерской отчетности, но вопрос выбора наилучшей модели с учетом корректировки на инфляцию остался открытым.

Вопрос формирования частных и интегральных показателей оценки и индексов регионального развития, в том числе с использованием ВРП, занимает особое место в экономических и других исследованиях, что подтверждается многочисленным числом публикаций по этой теме.

Sun et al. [32] показали, что интегральный показатель формируется за счет стандартизованных факторов, представленных в абсолютных значениях.

Dudek et al. [33] обосновали, что индикаторы необходимо предварительно центрировать, а потом приводить к процентному виду, уровню или баллу. При этом агрегирование осуществляется за счет весовых коэффициентов, полученных на основании оценок экспертов, увеличивающих субъективность получаемых результатов.

Zhukov et al. [34] придерживаются мнения, что при формировании индикаторов следует учитывать конкретные условия функционирования регионов, что обеспечивает корректность результатов сравнительного анализа их социально-экономического развития, в том числе с использованием нормативных моделей в виде производственных функций.

Исследователи все чаще разрабатывают соответствующие модели, которые

связывают факторы и результаты развития социально-экономических систем, чтобы сформировать частные и интегральные индикаторы оценки и сбалансированности их функционирования.

Анализ информационной достаточности и доступности данных показал, что в этой области также существует ряд проблем, в том числе в поиске показателей, позволяющих привести ВРП и основные фонды в сопоставимые цены. Например, в Единой межведомственной информационно-статистической системе (ЕМИСС)<sup>1</sup> имеются данные об индексе физического объема валового регионального продукта, но нет данных об индексах-дефляторах для приведения ВРП в сопоставимые цены.

Что касается стоимости основных фондов, то данные еще более разрознены или отсутствуют, что увеличивает трудоемкость работ при поиске и обработке необходимой информации, особенно агрегировании данных до 2016 г. и начиная с 2017 г., в связи с внесением изменений в Общероссийский классификатор видов экономической деятельности (ОКВЭД 2). Например, только до 2016 г.<sup>2</sup> имеется такой показатель, как среднегодовое наличие основных фондов в среднегодовых ценах. Есть данные о наличии основных фондов на конец года в среднегодовых ценах в разрезе субъектов Российской Федерации за 2008–2016 гг., по разделам ОКВЭД есть только с 2017 г.; среднегодовое наличие основных фондов в среднегодовых ценах с 2017 г.<sup>3</sup> (только по Российской Федерации в целом); индексы цен на продукцию (затраты, услуги) инвестиционного назначения с 2017 г.<sup>4</sup> (до 2017 г. нет). Другая часть данных находится на портале Федеральной службы государственной статистики

Российской Федерации (Росстат)<sup>5</sup>. И это лишь один из примеров.

Подведем итоги. В современных публикациях выбор моделей для оценки социально-экономических систем, в том числе для изучения изменения объема ВРП в субъектах РФ проводится на базе следующих аспектов: 1) качественное содержание и применимость производственной функции для выбранной области исследования; 2) авторский логический вывод, имеющий дальнейшее подтверждение благодаря проводимым статистическим оценкам моделей; 3) опора на исследования, которые были проведены ранее. Чаще встречается последний способ.

При этом можно сделать предварительный вывод, что разные модели и методики корректировки изменения цен могут давать корректные результаты и, следовательно, изучаемый процесс, в частности изменение объема ВРП или ВВП, инвариантен относительно моделей, факторов и методик приведения стоимостных характеристик к сопоставимому виду.

В рамках исследования будем опираться на методологию оценки функционирования систем, изложенную, например, в [34], и руководствоваться доступностью данных, необходимых для учета изменения цен в моделях связи валового регионального продукта со стоимостью основных фондов и среднегодовой численностью занятых в экономике, выступающих в роли основных факторов производства в соответствующих производственных функциях, представленных Клейнером [35].

### **3. Методология и информационная база исследования**

Региональная социально-экономическая система (РСЭС) рассматривается как совокупность резидентов субъектов

<sup>1</sup> <https://www.fedstat.ru>

<sup>2</sup> <https://www.fedstat.ru/indicator/40435>

<sup>3</sup> <https://www.fedstat.ru/indicator/58656>

<sup>4</sup> <https://www.fedstat.ru/indicator/57795>

<sup>5</sup> <https://www.gks.ru>

Российской Федерации (институциональных единиц регионов), осуществляющих вклад в валовой региональный продукт. В исследовании регион и область будем рассматривать как синонимы.

Каждый из регионов с номером  $k$  содержит элементы с номерами  $i$  ( $i = 1, \dots, I$ ), сгруппированных по классам  $s_q \in \mathcal{S}$ , где  $q$  есть номер класса. Совокупность таких элементов представляют собой множество или подсистему РСЭС с номером  $k$ .

В каждый период времени  $t$ , ограниченный числом периодов  $T$  ( $t = 1, \dots, T$ ), элемент с номером  $i$  описывается набором признаков четырех типов. Первый тип характеризует фактический результат функционирования элемента  $y_{i,k,s_q}(t)$ ; второй тип представляет собой условия функционирования элемента, которые будем называть факторами состояния или основными факторами производства  $x_{i,k,s_q,j}(t)$ , число которых ограничено набором существенных факторов  $J$ , включенных в модель ( $j = 1, \dots, J$ ). Третий тип факторов описывает управление элементом системы, их будем называть факторами воздействия  $z_{i,k,s_q,u}(t)$ , число которых определяется количеством значимых управляющих воздействий  $U$  ( $u = 1, \dots, U$ ). Последний тип факторов есть ожидаемое значение или норматив  $\hat{y}_{i,k,s_q}(t)$ , соответствующий признаку первого типа, который может быть вычислен по модели связи в виде производственной функции:

$$\hat{y}_i = f_i(x_{i,j}, z_{i,u}). \tag{1}$$

Допуская, что признаки первых трех типов есть случайные величины, то связь между фактическим и нормативным значениями можно описать эконометрическим уравнением как:

$$y_i = \hat{y}_i + \varepsilon_i, \tag{2}$$

где  $\varepsilon_i$  – нормальная случайная компонента.

Для определения параметров производственной функции, представленной формулой (1), можно воспользоваться

методом наименьших квадратов, где в качестве данных будут выступать значения признаков выборки, объединенной по  $t$  и  $k$ .

С целью оценки элемента  $i$  подсистемы  $s_q$  области с номером  $k$  в  $t$  период будем использовать частный результативный показатель  $\xi_i$ , который определяется по формуле:

$$\xi_{i,k,s_q}(t) = \frac{y_{i,k,s_q}^0(t)}{\hat{y}_{i,k,s_q}^0(t)}. \tag{3}$$

Здесь индекс «0» характеризует приведение результативного признака к унифицируемому виду, принимающего значения от 0 до 1 после процедур центрирования и нормирования (процедура стандартизации) исходного значения признака, выраженного в абсолютных единицах измерения. Стандартизованные переменные в дальнейшем будем обозначать индексом «\*». Такие алгоритмы позволяют исключить влияние масштаба и единиц измерения, что обеспечивает корректность проводимых оценок.

Если оценивать результат функционирования подсистемы  $s_q$  региона с номером  $k$ , то можно воспользоваться обобщенным или интегральным показателем результативности, определяемым квадратичной сверткой частных результатов функционирования элементов, входящих в подсистему  $s_q$ :

$$\xi_{k,s_q}(t) = \frac{\sqrt{\sum_{i_1=1}^I \sum_{i_2=1}^I r_{i_1,i_2,s_q} \cdot y_{i_1,k,s_q}^0(t) \cdot y_{i_2,k,s_q}^0(t)}}{\sqrt{\sum_{i_1=1}^I \sum_{i_2=1}^I \hat{r}_{i_1,i_2,s_q} \cdot \hat{y}_{i_1,k,s_q}^0(t) \cdot \hat{y}_{i_2,k,s_q}^0(t)}} \tag{4}$$

Здесь  $r_{i_1,i_2,s_q}$ ,  $\hat{r}_{i_1,i_2,s_q}$  – компоненты корреляционной матрицы, элементами которой являются парные коэффициенты корреляции Пирсона ( $i_1, i_2 = 1, \dots, I$ ). Будем считать функционирование элемента или подсистемы удовлетворительным, если значения частных (3) или

интегральных (4) показателей больше единицы.

По сути, выражение, стоящее в знаменателе (4), есть не что иное как агрегированная производственная функция, полученная квадратичной сверткой ПФ, используемых при расчете частных показателей, что дает учесть их взаимное влияние, что характерно для подсистем или системы в целом.

Если предположить, что элемент подсистемы может характеризоваться несколькими результативными признаками и его поведение описывается различными моделями, включающими факторы, рассчитанные по выбранным методикам, то соотношение (4) можно применить для получения агрегированного показателя оценки такого элемента. В этом аспекте индекс  $s_q \in S$  будет характеризовать тип модели, фактора или методики, которые используются при формировании интегрального показателя. Такую процедуру можно интерпретировать как свертку методик, что дает обобщенную методику формирования обобщенного (интегрального) показателя.

Таким образом методология исследования включает следующие этапы.

**1.** Сбор и обработка данных из открытых источников с целью формирования производственной функции, устанавливающей связь объема ВРП со стоимостью основных фондов и среднегодовой численностью занятых.

**2.** Приведение стоимостных характеристик (объем ВРП и стоимости основных фондов) к сопоставимому виду с помощью различных методик. Корректировка ВРП с помощью индекса инфляции и индекса-дефлятора. Для основных фондов предложено использовать стоимость  $ОФ_{\text{пус}}, ОФ_{\text{ст, пус}}, ОФ_{\text{ст, обс}}$ . Приведение к сопоставимым ценам предложено осуществлять с помощью индекса цен на продукцию (затраты, услуги) инвестиционного назначения.

**3.** Построение моделей связи скорректированного объема ВРП

со скорректированной стоимостью основных фондов и среднегодовой численностью занятых в экономике с использованием метода наименьших квадратов. Выбор функциональных форм моделей может быть определен исходя из содержательного смысла изучаемого процесса. Например, ручное производство продукта не может осуществляться без рабочей силы и средств труда. При линейной функциональной форме модели равенство 0 одного из указанных факторов, а другого отличного от 0, выпуск продукта будет ненулевым, что противоречит смысловому содержанию процесса. Тогда рекомендуется использовать степенные мультипликативные модели и их суперпозиции. Если производство, участок производства полностью автоматизированы, то отсутствие трудовых ресурсов не повлияет на выпуск продукта. Тогда можно использовать экспоненциальные или линейные модели. Если производство автоматизировано, технологии детерминированы, то рекомендуется использовать функцию Леонтьева. Для экономической подсистемы такие модели, зависящие от технологии, масштабов производства, возможного замещения факторов, более-менее построены и используются при оценке функционирования.

**4.** Проведение оценки адекватности построенных моделей. Для оценки адекватности можно использовать стандартные статистические тесты: например, критерий Фишера (оценивается качество модели), а также тесты, применяемые к ряду остатков, позволяющих осуществить проверку того, что ряд удовлетворяет основным предпосылкам теоремы Гаусса – Маркова.

**5.** Осуществление процедуры выбора моделей и процедуры выбора с учетом приоритетов развития субъектов Российской Федерации по методике, отраженной в [34]. Приоритеты ранжируются по степени важности для субъекта. В качестве объекта оценки выступают



показатели результативности. В случае рассмотрения двухуровневой СЭС (округ – субъект РФ) приоритеты могут устанавливаться на уровне «округ» (что наиболее важно для развития округа) или на уровне «регион» (что наиболее важно для развития субъекта РФ). Например, для Тульской области, характеризующейся высоким уровнем промышленного производства (вклад в ВРП региона составляет около 40%), наиболее приоритетным направлением является развитие промышленности. Следовательно, показатель результативности, характеризующий объем ВРП по виду деятельности D (С). Обрабатывающая промышленность имеет наибольший приоритет. Методом попарного сравнения определяются весовые коэффициенты для каждого из показателей результативности. В данном случае при анализе ВРП установка весовых коэффициентов не требуется, а приоритет определяется как наивысший.

**6. Расчет частных показателей результативности по формуле (3), применение критерия выбора модели по приоритету и проверка гипотезы об инвариантности процесса изменения объема ВРП относительно моделей, факторов и методик приведения стоимостных показателей к сопоставимому виду.**

**7. Расчет интегрального показателя результативности функционирования регионов по формуле (4) и его использование как инструмента оценки при условии обнаруженной инвариантности процесса.**

При построении моделей были использованы данные Росстата для 17 областей Центрального федерального округа за 2007–2020 гг., отраженные в сборнике «Регионы России. Социально-экономические показатели» (различные годы), данные из статистической базы ЕМИСС Росстата, размещенные на официальном сайте Росстат, а также таблицы, построенные по данным Росстата и представленные в сети Интернет.

В частности, были использованы следующие данные: уровень инфляции<sup>1</sup>; индексы потребительских цен на товары и услуги<sup>2</sup>; индексы цен на продукцию (затраты, услуги) инвестиционного назначения<sup>3</sup>; основные фонды<sup>4</sup>; среднегодовая численность населения, индекс физического объема валового регионального продукта и валовой региональный продукт<sup>5</sup>.

#### 4. Результаты исследования

Для построения производственной функции выбраны были выбраны степенные мультипликативные модели, соответствующие неклассической модели Кобба – Дугласа:

$$\hat{y}_i = a_{i,0} \cdot x_{i,1}^{a_{i,1}} \cdot x_{i,2}^{a_{i,2}}, \quad (5)$$

где  $\hat{y}_i$  – результативный признак, характеризующий объем валового регионального продукта (млн руб.);  $x_{i,1}$  – фактор, характеризующий основные фонды (млн руб.);  $x_{i,2}$  – фактор среднегодовой численности занятых в экономике (тыс. человек).

Были построены 5 степенных мультипликативных моделей связи, соответствующих формуле (5), по объединенной (области, годы) выборке, отличающиеся способом корректировки ВРП и основных фондов, в том числе использованием в качестве фактора среднегодовой стоимости основных фондов, представленные следующими формулами:

$$\text{ВРП}_{\text{И}} = f(\text{ЧЗ}_{\text{СГ}} \cdot \text{ОФ}_{\text{ПВС,И}}), \quad (5)$$

$$\text{ВРП}_{\text{СЦ,ИД по регионам}} = f(\text{ЧЗ}_{\text{СГ}} \cdot \text{ОФ}_{\text{СГ,ОБС,СЦ}}), \quad (6)$$

$$\text{ВРП}_{\text{СЦ,ИД по регионам}} = f(\text{ЧЗ}_{\text{СГ}} \cdot \text{ОФ}_{\text{СГ,ПВС,СЦ}}), \quad (7)$$

$$\text{ВРП}_{\text{СЦ,ИД по России}} = f(\text{ЧЗ}_{\text{СГ}} \cdot \text{ОФ}_{\text{СГ,ПВС,СЦ}}), \quad (8)$$

<sup>1</sup> <https://уровень-инфляции.рф/таблицы-инфляции>

<sup>2</sup> <https://www.fedstat.ru/indicator/31074>

<sup>3</sup> <https://www.fedstat.ru/indicator/57795>;  
<https://www.fedstat.ru/indicator/31111>

<sup>4</sup> <https://rosstat.gov.ru/folder/14304>

<sup>5</sup> <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204>

$$ВРП_{СЦ, ИД по России} = f(ЧЗ_{СГ} \cdot ОФ_{СГ, ОБС, СЦ}) \quad (9)$$

где И – инфляция; ИД – индекс-дефлятор; СЦ – сопоставимые цены; ИЦ – индексы цен на продукцию (затраты, услуги) инвестиционного назначения; ОБС – остаточная балансовая стоимость; ПУС – полная учетная стоимость ОФ на конец года; СГ – среднегодовое значение.

Для корректировки факторов и приведения их к уровню 2007 г. были применены следующие формулы:

$$ВРП_{Ит} = ВРП_i / \prod_{i=2008}^t [(100 + И)/100] \quad (10)$$

$$ВРП_{СЦ, т} = ВРП_i / \prod_{i=2008}^t [ИД_{ВРП, i} / 100] = \quad (11)$$

$$= ВРП_i / \prod_{i=2008}^t [Т_{ВРП, i} / ИФО_{ВРП, i} / 100],$$

$$Т_{ВРПт} = ВРП_i / ВРП_{i-1} \cdot 100, \quad (12)$$

$$(\cdot)_{СГт} = ((\cdot)_{начало\ года i} + (\cdot)_{конец\ года i}) / 2, \quad (13)$$

где Т – темп роста; ИФО – индекс физического объема валового регионального продукта;  $t = 2007-2020$  гг. (базовый период – 2007 г.).

Результаты оценки моделей представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Спецификация и статистическая оценка моделей 1–3

Table 1. Specification and statistical estimation of models 1–3

№ п/п	Статистика/Модель	ВРП <sub>и</sub> , ОФ <sub>пус, и</sub>	p-value	ВРП <sub>СЦ, ИД</sub> по регионам, ОФ <sub>СГ, ОБС, СЦ</sub>	p-value	ВРП <sub>СЦ, ИД</sub> по регионам, ОФ <sub>СГ, ПУС, СЦ</sub>	p-value
1	$a_0$ (коэффициент модели)	3,323	0,000	5,750	0,000	2,556	2,556
2	$a_1$ (коэффициент модели)	0,500	0,000	0,442	0,000	0,485	0,485
3	$a_2$ (коэффициент модели)	0,682	0,000	0,745	0,000	0,741	0,741
4	$R^2$ (коэффициент детерминации)	0,952	0,000	0,932	0,000	0,942	0,942
5	$n$ (степень свободы)	235	–	235	–	235	235
6	Rand (поворотные точки)	144/184	0,050	144/139	–	144/168	144/168
7	M(e) (тест на равенство 0 математического ожидания)	0,093	0,926	0,153	0,879	–0,068	–0,068
8	DW (Дарбин – Уотсон)	1,889	0,050	1,891	0,050	1,992	1,992
9	R/S критерий	4,939	–	6,054	–	5,757	5,757
10	Критерий $K^2$	3,068	0,216	4,773	0,092	3,168	3,168
11	W (тест Шапиро-Вилка)	0,991	0,146	0,984	0,010	0,984	0,984
12	критерий $c_2$	11,483	0,244	26,106	0,002	28,162	28,162

## Окончание табл. 1

№ п/п	Статистика/Модель	ВРП <sub>и</sub> , ОФ <sub>пвс, и</sub>	<i>p</i> -value	ВРП <sub>сц, ид</sub> по регионам, ОФ <sub>сг, обс, сц</sub>	<i>p</i> -value	ВРП <sub>сц, ид</sub> по регионам, ОФ <sub>сг, пвс, сц</sub>	<i>p</i> -value
13	$r_{x1}$ (критерий Спирмена)	0,071	0,279	0,060	0,357	0,013	0,013
14	$r_{x2}$ (критерий Спирмена)	0,099	0,127	0,028	0,668	0,038	0,038

Источник. Рассчитано авторами.

## Таблица 2. Спецификация и статистическая оценка моделей 4 и 5

Table 2. Specification and statistical estimation of models 4 and 5

№ п/п	Статистика/Модель	ВРП <sub>сц, ид</sub> по России, ОФ <sub>сг, пвс, сц</sub>	<i>p</i> -value	ВРП <sub>сц, ид</sub> по России, ОФ <sub>сг, обс, сц</sub>	<i>p</i> -value
	1	2	3	4	5
1	$a_0$	2,860	0,000	6,357	0,000
2	$a_1$	0,506	0,000	0,472	0,000
3	$a_2$	0,684	0,000	0,676	0,000
4	$R^2$	0,961	0,000	0,952	0,000
5	$v$	235	–	235	–
6	Rand	144/180	0,050	144/159	0,050
7	M (e)	–0,096	0,923	0,091	0,928
8	DW	1,955	0,050	1,866	0,050
9	R/S	5,375	–	4,802	–
10	$K^2$	0,880	0,644	1,858	0,395
11	W	0,995	0,676	0,994	0,519
12	$c_2$	9,854	0,362	5,470	0,792
13	$r_{x1}$	0,011	0,865	0,049	0,448
14	$r_{x2}$	0,034	0,600	0,035	0,593

Источник. Рассчитано авторами.

Из данных табл. 1 и 2 видно, что все модели с допущением для второй модели, которая не удовлетворяет статистическому критерию на случайность по ряду остатков на уровне значимости 5%, являются адекватными. Можно сделать вывод, что проведенные статистические тесты не выявили наилучшую из них.

Применение методики выбора наилучшей модели с учетом приоритетов развития регионов, развитой на основе [34] также не выявило наилучшую из них, как показано в табл. 3. В качестве дополнительного критерия, учитывающего приоритет, использована формула:

Таблица 3. Результаты оценки моделей по критерию приоритета  
 Table 2. Results of assessment of models according to the priority criterion

№ п/п	Модель	$K_{mod}$
1	2	3
1	ВРПИ, ОФПУС, И	1,051
2	ВРП <sub>сц, ид</sub> по регионам, ОФ <sub>сг, обс, сц</sub>	1,064
3	ВРП <sub>сц, ид</sub> по регионам, ОФ <sub>сг, пус, сц</sub>	1,055
4	ВРП <sub>сц, ид</sub> по России, ОФ <sub>сг, пус, сц</sub>	1,055
5	ВРП <sub>сц, ид</sub> по России, ОФ <sub>сг, обс, сц</sub>	1,054

Источник: рассчитано авторами.

$$K_{mod} = \min_{mod} \left( \frac{1}{K+T} \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T \xi_{mod,k}(t) \right), \quad (14)$$

где  $\xi_{mod,k}(t)$  – рассчитанный по формуле (3), частный результирующий показатель; mod – тип (номер) модели или методики, которая взята за основу при расчете факторов в скорректированных ценах;  $K$  – число элементов (областей);  $T$  – число периодов.

Чем приоритетней направление развития региона, тем строже (сумма значений, вычисленных по одной из нормативных моделей, выше, чем сумма значений, вычисленных по остальным моделям, следовательно, сумма значений показателя результативности меньше) должен быть норматив, что и отражает формула (14).

Как видно из данных табл. 3, значения критерия приоритета для моделей близки друг другу (отличия незначительны), что не дает оснований идентифицировать одну из них как наилучшую.

Тогда в этом случае для оценки результатов функционирования областей целесообразно использовать интегральный показатель, представленный формулой (4), за счет свертки частных показателей, вычисленных по разным моделям. Это соответствует тому, что осуществляется свертка методик, по которым корректировались ВРП и основные фонды с целью учета изменения

цен и приведения факторов к сопоставимому виду.

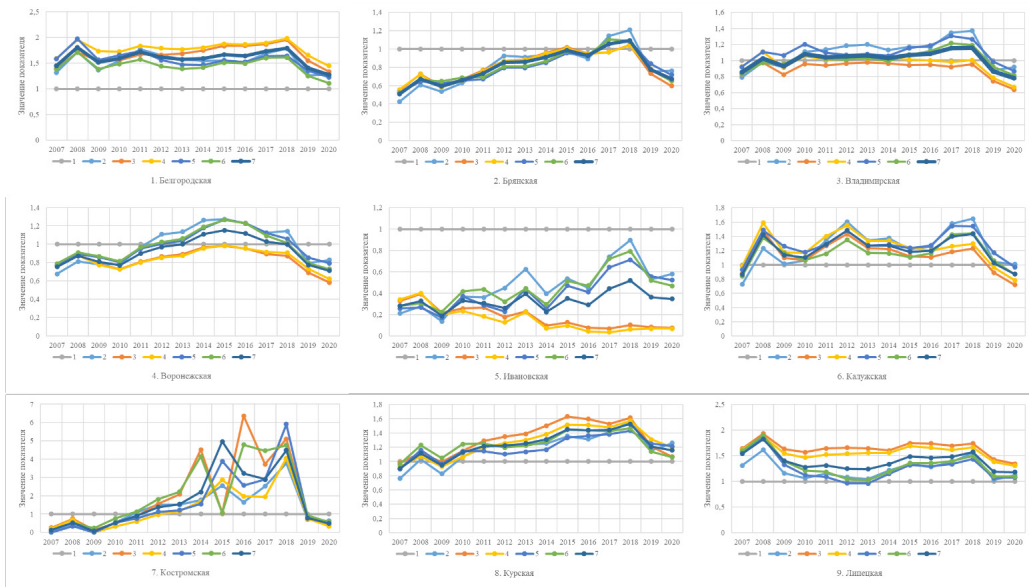
Результаты оценки для областей ЦФО представлены на рис. 1 и 2.

На рис. 1 и 2 линия 1 характеризует значения норматива (норматив равен единице); линия 2 – значения индикатора, рассчитанные по первой модели ВРП<sub>и</sub>, ОФ<sub>пус, и</sub>; 3 – ВРП<sub>сц, ид</sub> по регионам, ОФ<sub>сг, обс, сц</sub>; 4 – ВРП<sub>сц, ид</sub> по регионам, ОФ<sub>сг, пус, сц</sub>; 5 – ВРП<sub>сц, ид</sub> по России, ОФ<sub>сг, пус, сц</sub>; 6 – ВРП<sub>сц, ид</sub> по России, ОФ<sub>сг, обс, сц</sub>; 7 – значения интегрального показателя результативности.

Видно, что показатели результативности имеют сходные тенденции. При этом интегральный показатель усредняет частные показатели, что отражено на рис. 1 и 2.

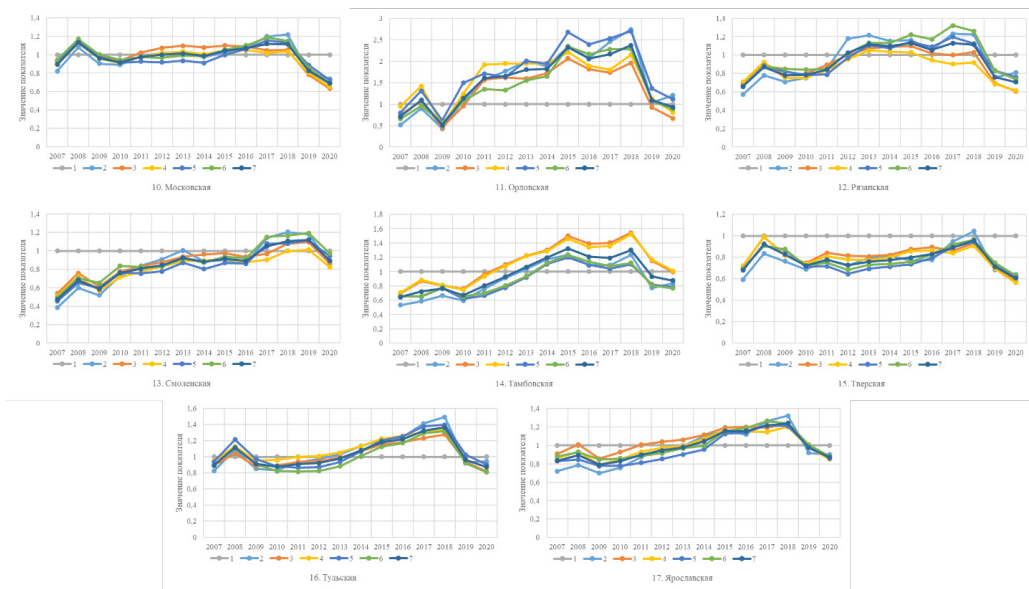
За счет квадратичной свертки происходит объединение фактических и нормативных результатов функционирования областей, что в данном случае соответствует обобщению методик, которые выбраны для корректировки стоимостных показателей, в частности ВРП и основных фондов. Это дает возможность признанные адекватными методики оценки и построенные на их основе адекватные модели обобщить и сформировать интегральную характеристику функционирования социально-экономических систем.

В случае вычисления обобщенного нормативного значения используется



**Рис. 1.** Значения интегрального и частных показателей результативности (Белгородская – Липецкая области)

**Fig. 1.** The values of integral and partial performance indicators (Belgorod – Lipetsk regions)



**Рис. 2.** Значения интегрального и частных показателей результативности (Московская – Ярославская области)

**Fig. 2.** The values of integral and partial performance indicators (Moscow – Yaroslavl regions)

агрегированная производственная функция, представляющая собой квадратичную свертку частных моделей – ПФ, используемых для расчета частных индикаторов результативности, соответствующих

определенной методике корректировки стоимостных факторов, в данном случае основных фондов и ВРП.

Значения интегрального показателя за последние 5 лет представлены в табл. 4.

Таблица 4. Результаты оценки функционирования областей Центрального федерального округа по интегральному показателю

Table 4. The assessment functioning results of the CFD regions by the integral indicator

Номер области	Период				
	2016	2017	2018	2019	2020
2	3	5	6	7	8
1	1,645	1,735	1,793	1,406	1,276
2	0,928	1,056	1,094	0,774	0,674
3	1,081	1,151	1,156	0,863	0,78
4	1,116	1,028	0,997	0,773	0,71
5	0,291	0,443	0,519	0,364	0,347
6	1,197	1,398	1,433	1,025	0,87
7	3,228	2,909	4,488	0,789	0,495
8	1,439	1,442	1,526	1,209	1,156
9	1,460	1,480	1,573	1,191	1,183
10	1,073	1,119	1,115	0,826	0,688
11	2,059	2,161	2,367	1,09	0,93
12	1,054	1,129	1,111	0,76	0,706
13	0,889	1,05	1,106	1,12	0,895
14	1,207	1,191	1,301	0,932	0,874
15	0,829	0,892	0,958	0,714	0,607
16	1,219	1,321	1,365	0,962	0,871
17	1,158	1,216	1,242	0,975	0,873

*Примечание:* номера областей соответствуют номерам областей, представленным на рис. 1 и 2.

*Источник:* рассчитано авторами.

Значения частных индикаторов результативности для Тульской области представлены в табл. 5.

На основании того, что динамика показателей, рассчитанных по моделям, сходна, а также расчета критериев, которые не дали возможности выявить наилучшую из моделей, а следовательно, и методику корректировки стоимостных показателей, можно сделать вывод, что изучаемый процесс инвариантен относительно моделей, факторов и методик,

использованных при приведении их сопоставимому виду.

## 5. Обсуждение

Действительно, результаты расчета, представленные на рис. 1 и 2, показывают сходную динамику изменения частных и интегральных показателей результативности, полученных с использованием различных методик приведения стоимостных характеристик к сопоставимому виду. По сути, они дают

Таблица 5. Результаты оценки функционирования Тульской области ЦФО по интегральному и частным показателям

Table 5. The assessed results of the Tula region functioning by the integral and partial indicators

Модель (индикатор)	Период				
	2016	2017	2018	2019	2020
2. ВРП <sub>ир</sub> , ОФ <sub>пус, и</sub>	1,244	1,414	1,493	0,930	0,942
3. ВРП <sub>сц, ид</sub> по регионам, ОФ <sub>сг, обс, сц</sub>	1,181	1,232	1,277	0,933	0,819
4. ВРП <sub>сц, ид</sub> по регионам, ОФ <sub>сг, пус, сц</sub>	1,258	1,301	1,345	1,023	0,901
5. ВРП <sub>сц, ид</sub> по России, ОФ <sub>сг, пус, сц</sub>	1,252	1,375	1,398	1,022	0,901
6. ВРП <sub>сц, ид</sub> по России, ОФ <sub>сг, обс, сц</sub>	1,169	1,294	1,318	0,920	0,806
7. Обобщенная модель (индикатор)	1,219	1,321	1,365	0,962	0,871

Источник: рассчитано авторами.

интервал оценок объема ВРП в период 2007–2020 гг. с учетом конкретных условий (имеющихся основных фондов и трудовых ресурсов) для областей ЦФО, что аналогично результатам, полученным Ortis [31]. Значение показателя выше норматива является свидетельством того, что результат функционирования региона удовлетворительный.

Например, рассмотрим Белгородскую область и результат ее оценки в 2020 г. На рис. 1 видно, что наибольшее значение ( $x = 1,450$ ) соответствует модели 4 (ВРП<sub>сц, ид</sub> по регионам, ОФ<sub>сг, пус, сц</sub>), а наименьшее ( $x = 1,112$ ) – модели 6 (ВРП<sub>сц, ид</sub> по России, ОФ<sub>сг, обс, сц</sub>).

Интерпретировать такой результат можно следующим образом. Значение, вычисленное по модели 4, выше единицы, что означает удовлетворительное функционирование региона, а эффективность используемых ресурсов – среднегодовых факторов – является приемлемым в рамках изменения цен в области. Аналогичный вариант (индикатор больше единицы) характерен и для модели 6, однако значение показателя ниже, чем значение, рассчитанное по модели 4.

Это может свидетельствовать о том, что на фоне общероссийских трендов изменения цен (использован

индекс-дефлятор для России в целом) Белгородская область функционирует несколько хуже. В части анализа стоимости ОФ можно сделать предположение об их излишнем износе, что приводит к более низкому значению показателя результативности относительно значения, полученного по модели 4. Такой результат может служить основанием для разработки мер, направленных на модернизацию ОФ в Белгородской области.

Для Тульской области максимальное значение показателя ( $x = 0,942$ ) дает модель 2 (ВРП<sub>ир</sub>, ОФ<sub>пус, и</sub>), наименьшее, как и в Белгородской области ( $x = 0,806$ ), соответствует модели 6 (ВРП<sub>сц, ид</sub> по России, ОФ<sub>сг, обс, сц</sub>), как показано на рис. 2 и в табл. 5. При этом значение показателей меньше единицы, что позволяет сделать вывод о том, что результаты функционирования региона не соответствуют нормативу. В течение последних двух лет значения частных и интегрального показателя уменьшаются, что свидетельствует об ухудшении экономики региона в целом.

Сложившаяся ситуация требует разработки мер, направленных на развитие экономики, в том числе мер, связанных с трудовыми ресурсами и обновлением основных фондов. Например, в рамках реализуемого в регионе Национального

проекта «Производительность труда и содействие занятости» рекомендуется создать центр компетенций «Эффективность». Основным направлением деятельности центра должно быть содействие распространению на предприятиях – участниках программы положительного опыта и обучения повышению эффективности использования основных фондов, обоснования инвестиционных решений, сбалансированных по используемым ресурсам, в том числе трудовым. В рамках указанной программы следует разработать мероприятия, направленные на стимулирование перехода работников из отраслей с избыточной занятостью в отрасли с недостаточной занятостью. В качестве рекомендации региональным органам управления можно предложить осуществить разработку программы модернизации и обновления основных фондов с региональной и федеральной поддержкой и привлечением инвестиций, в том числе для обрабатывающих производств, которые дают наибольший вклад (около 40%) в ВРП Тульской области. Для более детальной разработки мероприятий необходимо рассматривать каждый из видов деятельности отдельно и анализировать динамику изменения ОФ и занятости в рамках построенных моделей.

Для других областей можно применить аналогичную логику получения результатов анализа с целью дальнейшей разработки адресных мероприятий.

Для Костромской области наблюдались сильные колебания в значениях показателей результативности в период с 2014 по 2018 г., что может свидетельствовать о имевшейся несбалансированности экономики региона. Кроме того, объем ВРП области, представленный в абсолютном выражении, являлся одним из самых низких среди 17 областей Центрального федерального округа, а следовательно, и норматив для нее тоже минимальный. В соответствии с процедурой приведения фактических и нормативных

значений к шкале от 0 до 1 приведенные и фактические и нормативные значения оказались близкими к 0. Поскольку, согласно формуле (3), частный показатель результативности определяется их отношением, то результат может давать существенные отклонения от 1 в связи с близостью к 0 составляющих выражения. Это также может являться одним из объяснений нетипичных по сравнению с остальными регионами колебаний индикатора.

В 2020 г. наибольшие значения интегрального показателя результативности наблюдались в Белгородской ( $x = 1,276$ ), Липецкой ( $x = 1,183$ ) и Курской ( $x = 1,156$ ) областях. Для остальных областей значения показателя результативности меньше единицы, причем наихудшими из регионов оказались Ивановская ( $x = 0,347$ ), Костромская ( $x = 0,495$ ) и Тверская ( $x = 0,674$ ) области. Можно заключить, что экономика большинства областей Центрального федерального округа не достигает нормативных значений, а следовательно, имеющиеся ресурсы используются недостаточно эффективно.

Динамика изменения значений частных и интегральных показателей результативности показывает наличие негативных тенденций в большинстве областей ЦФО, начиная с 2019 г., хотя в абсолютном выражении объем ВРП растет. Можно заключить, что в случае, если непосредственно сравнивать объем ВРП, то можно получить некорректные суждения о том, какая из областей является более успешной, поскольку они функционируют в различных условиях. Наличие возможности провести корректный сравнительный анализ разнокачественных социально-экономических систем отличает предложенную методологию оценки от используемых в настоящее время, например представленных в работах Sun et al. [32] и Dudek et al. [33].

Поскольку большинство работ, посвященных оценке результатов функционирования социально-экономических систем с использованием ВРП или ВВП,



основано на собственных наборах данных, то согласованность полученных результатов можно оценить приближенно с помощью статистических критериев. Если оценивать качество моделей, например, по  $R^2$ , то для всех моделей его значение близко к единице и выше значений, полученных в [18, 22–25], а результаты тестов DW сравнимы между собой. Это подтверждает сходимость результатов с известными решениями, полученными в близких по тематике исследованиях.

Полученные модели со статистически оцененными параметрами построены по данным для областей Центрального федерального округа, что накладывает ограничение на область их применимости. При рассмотрении других субъектов Российской Федерации необходимо строить другие модели. При этом сама методология оценки останется неизменной, в том числе при расширении области исследования, включая увеличение количества результативных признаков с различным качественным содержанием и влияющими факторами, характеризующими условия функционирования социально-экономических систем, ее подсистем и элементов или систем другого типа, например, иерархических социально-эколого-экономических систем.

Кроме того, результаты показывают, что представленные модели адекватно описывают процесс изменения ВРП в областях Центрального федерального округа, и в соответствии с выбранными статистическими критериями и критерием, учитывающим приоритеты развития регионов, нет оснований для выбора наилучшей модели. Следовательно, они являются равнозначными и могут быть использованы для моделирования функционирования социально-экономических систем.

Это подтверждает поставленную гипотезу об инвариантности процесса изменения объема ВРП в регионах Центрального федерального округа

относительно моделей, факторов и методик приведения стоимостных характеристик к сопоставимому виду.

## 6. Заключение

В исследовании проведена оценка результатов функционирования областей Центрального федерального округа на базе авторской методологии, которая позволяет вычислить частные и интегральные показатели результативности на основе производственных функций и методик, используемых для приведения факторов к сопоставимому виду.

Отличием методологии является то, что с ее помощью можно учитывать конкретные условия функционирования регионов и формировать собственный динамический норматив, который является критерием устойчивого развития субъектов Российской Федерации. Представлен критерий, позволяющий осуществить выбор модели с учетом приоритетов развития регионов.

Показано, что в случае, когда ни статистические критерии, ни критерий приоритета не дают возможности выбрать лучшую модель из имеющегося набора, целесообразно использовать процедуру агрегирования методик, что не встречалось в исследованиях последних лет. Это решает проблему выбора моделей за счет формирования обобщенного (интегрального) показателя для оценки результатов функционирования социально-экономических систем, построенного с использованием совокупности адекватных моделей.

Адекватность моделей и идентичность изменения частных показателей результативности функционирования регионов Центрального федерального округа, построенных на основе фактических и нормативных значений скорректированного по ценам объема ВРП в зависимости от скорректированного фактора «основные фонды» и среднегодовой численности занятых, позволила сделать вывод об инвариантности изучаемого процесса относительно моделей,

факторов, методик корректировки, приводящих стоимостные показатели к сопоставимому виду.

Полученный результат подтвердил поставленную гипотезу. Можно предположить, что выводы об инвариантности процесса изменения объема ВРП можно распространить и на другие экономические явления, что является предметом отдельного исследования.

Цель исследования, заключающаяся в оценке результатов функционирования регионов на основе производственных функций при условии инвариантности процесса изменения объема ВРП относительно моделей, факторов и методик их приведения к сопоставимому виду, достигнута.

Теоретическая значимость исследования заключается в возможности расширения области применимости представленной методологии, позволяющей проводить оценку разнокачественных и разноуровневых социально-экономических систем, а частные и интегральные показатели результативности можно использовать в качестве корректного инструмента оценки и анализа функционирования регионов.

Практическая значимость результатов может послужить основой для разработки управленческих решений и формирования мероприятий, которые дадут возможность обеспечить устойчивое развитие областей Центрального федерального округа.

#### Список использованных источников

1. *Мухеева Н.Н.* Возможные альтернативы показателю валового регионального продукта // Проблемы прогнозирования. 2020. № 1 (178). С. 32–42. URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_42942028\\_77602670.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_42942028_77602670.pdf)
2. *Мухеева Н.Н.* «Новые» региональные пропорции: результаты пересчета валового регионального продукта // Проблемы прогнозирования. 2022. № 3 (192). С. 78–88. <https://doi.org/10.47711/0868-6351-192-78-88>
3. *Одинцов Б.Е.* Сбалансированно-целевое управление развитием предприятия: модели и технологии: научное издание. М. : Вузовский учебник, ИНФРА-М, 2017. 162 с. URL: <http://xn--100-5cd3h.xn--plai/static/media/books/1324759e-4783-11e8-963a-005056bf1e2a.pdf>
4. *Лухтенштейн В.Е., Росс Г.В.* Введение в теорию развития. М. : Финансы и статистика, 2022. 328 с. URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=400988>
5. *Dreyer J.K., Schmid P.A.* Growth effects of EU and EZ memberships: Empirical findings from the first 15 years of the Euro // Economic Modelling. 2017. Vol. 67. Pp. 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2016.09.007>
6. *Sayaria N., Saria R., Hammoudehb S.* The impact of value added components of GDP and FDI on economic freedom in Europe // Economic Systems. 2018. Vol. 42, Issue 2. Pp. 282–294. <https://doi.org/10.1016/j.ecosys.2017.03.003>
7. *Wang L., Rang X., Mu L.* The Coupling Coordination Evaluation of Sustainable Development between Urbanization, Housing Prices, and Affordable Housing in China // Discrete Dynamics in Nature and Society. Vol. 2021. Article ID 3937226. <https://doi.org/10.1155/2021/3937226>
8. *Zhu Zh., Gang D.* Coordinated Development of Urban Land Use and Ecological Economics in China // Journal of Mathematics. Vol. 2021. Article ID 5599633. <https://doi.org/10.1155/2021/5599633>
9. *Zhu X., Zhao Z., Yan R.* Coupling Coordinated Development of Population, Marine Economy, and Environment System: A Casein Hainan Province, China // Journal of Coastal Research. 2019. Vol. 98, Issue sp1. Pp. 18–21. <https://doi.org/10.2112/S198-005.1>
10. *Charfeddine L., Mrabet Z.* The impact of economic development and social-political factors on ecological footprint: A panel data analysis for 15 MENA countries // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017. Vol. 76. Pp. 138–154. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.031>

11. *Lin B., Benjamin I.N.* Causal relationships between energy consumption, foreign direct investment and economic growth for MINT: Evidence from panel dynamic ordinary least square models // *Journal of Cleaner Production*. 2018. Vol. 197, Part 1. Pp. 708–720. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.152>
12. *Zhenhua W., Guangsheng Z.* Industrial policy, production efficiency improvement and the Chinese county economic growth // *Proceedings of Rijeka Faculty of Economics: Journal of Economics and Business*. 2016. Vol. 34, No. 2. Pp. 505–528. <https://doi.org/10.18045/zbe-fri.2016.2.505>
13. *Sáenz L.F.* Time-varying capital intensities and the hump-shaped evolution of economic activity in manufacturing // *Journal of Macroeconomics*. 2022. Vol. 73. P. 103429. <https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2022.103429>
14. *Макаров В.Л., Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю., Бахтизин А.Р., Нанавян А.М.* Моделирование развития экономики региона и эффективность пространства инноваций // *Форсайт*. 2016. Т. 10, № 3. С. 76–90. <https://doi.org/10.17323/1995-459X.2016.3.76.90>
15. *Chernavskii S.* Problems of Increasing Overall Efficiency in the Russian Gas Sector // *Problems of Economic Transition*. 2016. Vol. 58, No. 2. Pp. 142–161. <https://doi.org/10.1080/10611991.2016.1166908>
16. *Абдикеев Н.М., Иванюк В.А., Пащенко Ф.Ф.* Долгосрочное прогнозирование макроэкономических показателей (на примере ВВП) // *Фундаментальные исследования*. 2017. № 8–1. С. 110–114. <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=41630>
17. *Жуков Р.А., Козлова Н.А., Манохин Е.В., Плинская М.А.* Построение агрегированной производственной функции с реализацией на примере регионов Центрального федерального округа // *Бизнес-информатика*. 2022. Т. 16, № 3. С. 7–23. <https://doi.org/10.17323/2587-814X.2022.3.7.23>
18. *Афанасьев А.А., Пономарева О.С.* Народнохозяйственная производственная функция России с учетом инфраструктуры в 1990–2020 гг. // *Проблемы рыночной экономики*. 2022. № 3. С. 16–28. <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2022-3-16-28>
19. *Ханин Г.И., Фомин Д.А.* Постсоветское общество и российская макроэкономическая статистика // *Мир России*. 2017. Т. 26, № 2. С. 62–81. <https://mirros.hse.ru/article/view/4874>
20. *Skufina T., Baranov S., Samarina V., Shatalova T.* Production functions in identifying the specifics of producing gross regional product of Russian Federation // *Mediterranean Journal of Social Sciences*. 2015. Vol. 6, No. 5. Pp. 265–270. <https://doi.org/10.5901/mjss.2015.v6n5s3p265>
21. *Брянцева И.В., Андреева И.А.* Прогнозирование инвестиций в основной капитал // *Вестник Тихоокеанского государственного университета*. 2019. № 4 (55). С. 109–118. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41685001>
22. *Афанасьев А.А., Пономарева О.С.* Производственная функция народного хозяйства России в 1990–2012 гг. // *Экономика и математические методы*. 2014. Т. 50, № 4. С. 21–33. URL: <http://www.cemi.rssi.ru/emm/files/2014-04-Afanasev-Ponomareva.pdf>
23. *Бышков В.А.* Оценка вклада научно-технического прогресса в реальный ВВП России // *Экономическая наука современной России*. 2022. № 3 (98). С. 46–64. [https://doi.org/10.33293/1609-1442-2022-3\(98\)-46-64](https://doi.org/10.33293/1609-1442-2022-3(98)-46-64)
24. *Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю., Кудров А.В.* Метод кластеризации регионов РФ с учетом отраслевой структуры ВВП // *Прикладная эконометрика*. 2016. № 1 (41). С. 24–46. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25781257>
25. *Бураков Н.А., Бухвальд Е.М., Кольчугина А.В., Рубинштейн А.Я., Славинская О.А., Слуцкий Л.Н.* Региональный индекс экономического развития и ранжирование субъектов Российской Федерации / под ред. Е.М. Бухвальда, А.Я. Рубинштейна. М. : Институт экономики РАН, 2019. 72 с. URL: [http://www.imepi-eurasia.ru/baner/Bukhvald\\_Rubinstein\\_paper\\_2019.pdf](http://www.imepi-eurasia.ru/baner/Bukhvald_Rubinstein_paper_2019.pdf)

26. *Huawei T.* Does gross domestic product, inflation, total investment, and exchanges rate matter in natural resources commodity prices volatility // *Resources Policy*. 2022. Vol. 79. P. 103013. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103013>
27. *Alabi O., Turner K., Katris A., Calvillo C.* Can network spending to support the shift to electric vehicles deliver wider economy gains? The role of domestic supply chain, price, and real wage effects // *Energy Economics*. 2022. Vol. 110. P. 106001. <https://doi.org/10.1016/j.ene-co.2022.106001>
28. *Zhang S., Chen C., Huang D.-H., Hu L.* Measurement of factor price distortion: A new production function method with time-varying elasticity // *Technological Forecasting and Social Change*. 2022. Vol. 175. P. 121363. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121363>
29. *Kuma B., Gata G.* Factors affecting food price inflation in Ethiopia: An autoregressive distributed lag approach // *Journal of Agriculture and Food Research*. 2023. Vol. 12. P. 100548. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100548>
30. *Boug P.* Fiscal policy, macroeconomic performance and industry structure in a small open economy // *Journal of Macroeconomics*. 2023. Vol. 76. P. 103524. <https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2023.103524>
31. *Ortis F.* A Comparative Analysis of Inflation-Adjusted and Historical Cost Accounting Information: Implications for the Value Relevance of Corporate Reports // *Trends Economics and Management*. 2019. Vol. 33, Issue 13. Pp. 35–50. <https://doi.org/10.13164/trends.2019.33.35>
32. *Sun X., Liu X., Li F., Tao Y., Song Y.* Comprehensive evaluation of different scale cities sustainable development for economy, society, and ecological infrastructure in China // *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 163. Pp. 329–337. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.002>
33. *Dudek M., Bashynska I., Filyppova S., Yermak S., Cicho D.* Methodology for assessment of inclusive social responsibility of the energy industry enterprises // *Journal of Cleaner Production*. 2023. Vol. 394. P. 136317. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136317>
34. *Zhukov R., Kuznetsov G., Manokhin E., Gorodnichev S., Nazyrova E., Melay E.* Comparative analysis of results of assessing the Central Federal District's regions' economic development by using linear and non-linear models // *Statistika*. 2019. Vol. 99, Issue 3. Pp. 272–286. URL: [https://www.czso.cz/documents/10180/88506454/32019719q3\\_272\\_zhukov\\_analyses.pdf/49286923-9731-4ded-ba2f-18640e46474c?version=1.0](https://www.czso.cz/documents/10180/88506454/32019719q3_272_zhukov_analyses.pdf/49286923-9731-4ded-ba2f-18640e46474c?version=1.0)
35. Клейнер Г.Б. Производственные функции: теория, методы, применение. М. : Финансы и статистика, 1986. 239 с. URL: <https://kleiner.ru/pubs/proizvodstvennyie-funktsii-teoriya-metodyi-primenenie-2/>

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

### **Жуков Роман Александрович**

Доктор экономических наук, доцент, научный сотрудник Тульского филиала Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, г. Тула, Россия (300012, г. Тула, ул. Оружейная, 1а); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2280-307X> e-mail: [pluszh@mail.ru](mailto:pluszh@mail.ru)

### **Плинская Мария Александровна**

Студент Тульского филиала Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, г. Тула, Россия (300012, г. Тула, ул. Оружейная, 1а); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1307-0935> e-mail: [plinskaya@gmail.com](mailto:plinskaya@gmail.com)

### **Манохин Евгений Викторович**

Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики и информатики Тульского филиала Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, г. Тула, Россия (300012, г. Тула, ул. Оружейная, 1а); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6711-3737> e-mail: [emanfinun@mail.ru](mailto:emanfinun@mail.ru)

## **БЛАГОДАРНОСТИ**

Исследование выполнено за счет гранта Правительства Тульской области (договор ДС/124 от 22.07.2022 г.)

## **ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ**

Жуков Р.А., Плинская М.А., Манохин Е.В. Оценка функционирования регионов на основе производственных функций с приведенными стоимостными факторами // Journal of Applied Economic Research. 2023. Т. 22, № 3. С. 657–682. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.027>

## **ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ**

Дата поступления 14 апреля 2023 г.; дата поступления после рецензирования 30 мая 2023 г.; дата принятия к печати 19 июня 2023 г.

# Assessment of the Regions Functioning Based on Production Functions with the Above Cost Factors

Roman A. Zhukov  , Maria A. Plinskaya , Evgeny V. Manokhin 

Tula Branch Financial University under the Government  
of the Russian Federation,  
Tula, Russia

 [pluzsh@mail.ru](mailto:pluzsh@mail.ru)

**Abstract.** When modeling the growth of a regional economy by means of production functions, a problem arises of choosing models, factors and methods for adjusting cost characteristics in order to obtain adequate and accurate models, as well as the characteristics of integral and partial indicators of performance that provide a correct assessment and analysis of the performance of the regions of Russia. Such a problem becomes especially significant if the models are adequate and accurate, and, consequently, the process under study is invariant with respect to the models, factors and calculation methods used. The aim of the study is to estimate the results of the regions' performance on the basis of production functions, provided that the process of changing the volume of GDP by region is invariant with respect to models, factors and methods of bringing them to a comparable form when modeling the growth of the Russia regional economy. The hypothesis of the investigation is the invariance of the process of the change of the volume of GDP by region relative to the models, factors and methods used to bring the cost indicators to a comparable form. The study used data on the CFD regions (2007–2020). As a result, five models were constructed, the factors of which were calculated in five different ways, taking into account both price changes and average annual characteristics. It was determined that partial indicators have similar dynamics. At the same time, statistical tests and the author's methodology for choosing a model that would take into account the priorities of regional development did not allow for identifying the best of them. This allowed us to conclude that the process under study is invariant with respect to the models and correction techniques used. To solve the problem of choosing models for evaluating the regions' performance results, it is proposed that an integral performance indicator should be applied that summarizes the calculation methods used. This would reduce the influence of subjectivity of such a choice. The theoretical significance lies in the possibility of applying the methodology to form integral and partial indicators of performance for arbitrary socio-economic systems. The practical significance of the conducted research lies in the fact that the results obtained can be used to design activities that would be aimed at ensuring the CFD regions' sustainable development.

**Key words:** gross regional product; production function; socio-economic system; price change; integral indicator; estimation; analysis.

**JEL** C10, C43, P25, R15, R11

## References

1. Mikheeva, N.N. (2020). Vozmozhnye alternativy pokazatelyu valovogo regionalnogo produkta (Possible alternatives to the gross regional product indicator). *Problemy prognozirovaniia (Studies on Russian Economic Development)*, No. 1 (178), 32–42. (In Russ.). Available at: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_42942028\\_77602670.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_42942028_77602670.pdf)
2. Mikheeva, N.N. (2022). «Novye» regionalnye proporsii: rezultaty perescheta valovogo regional'nogo produkta ("New" regional proportions: results of calculating gross regional prod-

- uct). *Problemy prognozirovaniia (Studies on Russian Economic Development)*, No. 3 (192), 78–88. (In Russ.). <https://doi.org/10.47711/0868-6351-192-78-88>
3. Odintsov, B.E. (2017). *Sbalansirovanno-tselevoe upravlenie razvitiem predpriiatiia: modeli i tekhnologii [Balanced and targeted management of corporate development: Models and technologies]*. Moscow, INFRA-M, 2017. 162 p. (In Russ.). Available at: <http://xn--100-5cd3h.xn--plai/static/media/books/1324759e-4783-11e8-963a-005056bf1e2a.pdf>
  4. Likhtenshtein, V.E., Ross, G.V. (2022). *Vvedenie v teoriyu razvitiia [An introduction to development theory]*. Moscow, Finansy i statistika. (In Russ.). Available at: <https://znanium.com/catalog/document?id=400988>
  5. Dreyer, J.K., Schmid, P.A. (2017). Growth effects of EU and EZ memberships: Empirical findings from the first 15 years of the Euro. *Economic Modelling*, Vol. 67, 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2016.09.007>
  6. Sayaria, N., Saria, R., Hammoudehb, S. (2018). The impact of value added components of GDP and FDI on economic freedom in Europe. *Economic Systems*, Vol. 42, Issue 2, 282–294. <https://doi.org/10.1016/j.ecosys.2017.03.003>
  7. Wang, L., Rang, X., Mu, L. (2021). The Coupling Coordination Evaluation of Sustainable Development between Urbanization, Housing Prices, and Affordable Housing in China, *Discrete Dynamics in Nature and Society*, Vol. 2021, 3937226. <https://doi.org/10.1155/2021/3937226>
  8. Zhu, Zh., Gang, D. (2021). Coordinated Development of Urban Land Use and Ecological Economics in China, *Journal of Mathematics*, Vol. 2021, 5599633. <https://doi.org/10.1155/2021/5599633>
  9. Zhu, X., Zhao, Z., Yan, R. (2019). Coupling Coordinated Development of Population, Marine Economy, and Environment System: A Casein Hainan Province, China. *Journal of Coastal Research*, Vol. 98, Issue spl, 18–21. <https://doi.org/10.2112/SI98-005.1>
  10. Charfeddine, L., Mrabet, Z. (2017). The impact of economic development and social-political factors on ecological footprint: A panel data analysis for 15 MENA countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 76, 138–154. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.031>
  11. Lin, B., Benjamin, I.N. (2018). Causal relationships between energy consumption, foreign direct investment and economic growth for MINT: Evidence from panel dynamic ordinary least square models. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 197, Part 1, 708–720. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.152>
  12. Zhenhua, W., Guangsheng, Z. (2016). Industrial policy, production efficiency improvement and the Chinese county economic growth. *Proceedings of Rijeka Faculty of Economics: Journal of Economics and Business*, Vol. 34, No. 2, 505–528. <https://doi.org/10.18045/zbefri.2016.2.505>
  13. Sáenz, L.F. (2022). Time-varying capital intensities and the hump-shaped evolution of economic activity in manufacturing. *Journal of Macroeconomics*, Vol. 73, 103429. <https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2022.103429>
  14. Makarov, V.L., Aivazian, S.A., Afanasyev, M.Iu., Bakhtizin, A.R., Nanavian, A.M. (2016). Modelirovanie razvitiia ekonomiki regiona i effektivnost prostranstva innovatsii (Modeling the Development of Regional Economy and an Innovation Space Efficiency). *Forsait (Foresight and STI Governance)*, Vol. 10, No. 3, 76–90. (In Russ.). <https://doi.org/10.17323/1995-459X.2016.3.76.90>
  15. Chernavskii, S. (2016). Problems of Increasing Overall Efficiency in the Russian Gas Sector. *Problems of Economic Transition*, Vol. 58, No. 2, 142–161. <https://doi.org/10.1080/10611991.2016.1166908>
  16. Abdikeyev, N.M., Ivaniuk, V.A., Pashchenko, F.F. (2017). Dolgosrochnoe prognozirovanie makroekonomicheskikh pokazatelei (na primere VVP) (Long-term macroeconomic parameters forecasting (on the example of GDP) overview regression analysis)). *Fundamental'nye issledovaniia (Fundamental Research)*, No. 8–1, 110–114. (In Russ.). Available at: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=41630>

17. Zhukov, R.A., Kozlova, N.A., Manokhin, E.V., Plinskaia, M.A. (2022). Postroenie agregirovannoi proizvodstvennoi funktsii s realizatsiei na primere regionov Tsentralnogo federal'nogo okruga (Construction of an aggregated production function with implementation based on the example of the regions of the Central Federal District of the Russian Federation). *Biznes-informatika (Business Informatics)*, Vol. 16, No. 3, 7–23. (In Russ.). <https://doi.org/10.17323/2587-814X.2022.3.7.23>
18. Afanasyev, A.A., Ponomareva, O.S. (2022). Narodnokhoziaistvennaia proizvodstvennaia funktsiia Rossii s uchetom infrastruktury v 1990-2020 gg. (Russian macroeconomic production function in regard to infrastructure for 1990-2020). *Problemy rynochnoi ekonomiki (Market Economy Problems)*, No. 3, 16–28. (In Russ.). <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2022-3-16-28>
19. Khanin, G.I., Fomin, D.A. (2017). Postsovetskoe obshchestvo i rossiiskaia makroekonomicheskaiia statistika (Post-Soviet Society and Russia's Macroeconomic Statistics). *Mir Rossii (Universe of Russia)*, Vol. 26, No. 2, 62–81. (In Russ.). <https://mirros.hse.ru/article/view/4874>
20. Skufina, T., Baranov, S., Samarina, V., Shatalova, T. (2015). Production functions in identifying the specifics of producing gross regional product of Russian Federation. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, Vol. 6, No. 5, 265–270. <https://doi.org/10.5901/mjss.2015.v6n5s3p26>
21. Briantseva, I.V., Andreeva, I.A. (2019). Prognozirovanie investitsii v osnovnoi kapital (Forecasting of Investment in Fixed Capital). *Vestnik Tikhookeanskogo gosudarstvennogo universiteta (Bulletin of PNU)*, No. 4 (55), 109–118. (In Russ.). Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41685001>
22. Afanasyev, A.A., Ponomareva, O.S. (2014). Proizvodstvennaia funktsiia narodnogo khoziaistva Rossii v 1990-2012 gg. (The Aggregate Production Function of Russian Economy in 1990–2012). *Ekonomika i matematicheskie metody (Economics and Mathematical Methods)*, Vol. 50, No. 4, 21–33. (In Russ.). Available at: <http://www.cemi.rssi.ru/emm/files/2014-04-Afanasev-Ponomareva.pdf>
23. Byvshev, V.A. (2022). Otsenka vklada nauchno-tekhnicheskogo progressa v realnyi VVP Rossii (Assessment of the Contribution of Scientific and Technological Progress to the Real GDP of Russia). *Ekonomicheskaiia nauka sovremennoi Rossii (Economics of Contemporary Russia)*, No. 3 (98), 46–64. (In Russ.). [https://doi.org/10.33293/1609-1442-2022-3\(98\)-46-64](https://doi.org/10.33293/1609-1442-2022-3(98)-46-64)
24. Aivazian, C.A., Afanasyev, M.Iu., Kudrov, A.V. (2016). Metod klasterizatsii regionov RF s uchetom otraslevoi struktury VPR (Clustering methodology of the Russian Federation regions with account of sectoral structure of GRP). *Prikladnaia ekonometrika (Applied Econometrics)*, No. 1 (41), 24–46. (In Russ.). Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25781257>
25. Burakov, N.A., Bukhvald, E.M., Kolchugina, A.V., Rubinshtein, A.Ia., Slavinskaia, O.A., Slutskin, L.N. (2019). *Regionalnyi indeks ekonomicheskogo razvitiia i ranzhirovanie subyektov Rossiiskoi Federatsii (Regional Index of Economic Development and Ranking of the Subjects of the Russian Federation)*. Moscow, RAS Institute of Economics. (In Russ.). Available at: [http://www.imepi-eurasia.ru/baner/Bukhvald\\_Rubinstein\\_paper\\_2019.pdf](http://www.imepi-eurasia.ru/baner/Bukhvald_Rubinstein_paper_2019.pdf)
26. Huawei, T. (2022). Does gross domestic product, inflation, total investment, and exchanges rate matter in natural resources commodity prices volatility. *Resources Policy*, Vol. 79, 103013. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103013>
27. Alabi, O., Turner, K., Katris, A., Calvillo, C. (2022). Can network spending to support the shift to electric vehicles deliver wider economy gains? The role of domestic supply chain, price, and real wage effects. *Energy Economics*, Vol. 110, 106001. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106001>
28. Zhang, S., Chen, C., Huang, D.-H., Hu, L. (2022). Measurement of factor price distortion: A new production function method with time-varying elasticity. *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 175, 121363. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121363>
29. Kuma, B., Gata, G. (2023). Factors affecting food price inflation in Ethiopia: An autoregressive distributed lag approach. *Journal of Agriculture and Food Research*, Vol. 12, 100548. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100548>



30. Boug, P. (2023). Fiscal policy, macroeconomic performance and industry structure in a small open economy. *Journal of Macroeconomics*, Vol. 76, 103524. <https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2023.103524>
31. Ortis, F. (2019). A Comparative Analysis of Inflation-Adjusted and Historical Cost Accounting Information: Implications for the Value Relevance of Corporate Reports. *Trends Economics and Management*, Vol. 33, Issue 13, 35–50. <https://doi.org/10.13164/trends.2019.33.35>
32. Sun, X., Liu, X., Li, F., Tao, Y., Song, Y. (2017). Comprehensive evaluation of different scale cities sustainable development for economy, society, and ecological infrastructure in China. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 163, 329–337. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.002>
33. Dudek, M., Bashynska, I., Filyppova, S., Yermak, S., Cicho, D. (2023). Methodology for assessment of inclusive social responsibility of the energy industry enterprises. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 394, 136317. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136317>
34. Zhukov, R., Kuznetsov, G., Manokhin, E., Gorodnichev, S., Nazyrova, E., Melay, E. (2019). Comparative analysis of results of assessing the Central Federal District's regions' economic development by using linear and non-linear models. *Statistika*, Vol. 99, Issue 3, 272–286. Available at: [https://www.czso.cz/documents/10180/88506454/32019719q3\\_272\\_zhukov\\_analyses.pdf/49286923-9731-4ded-ba2f-18640e46474c?version=1.0](https://www.czso.cz/documents/10180/88506454/32019719q3_272_zhukov_analyses.pdf/49286923-9731-4ded-ba2f-18640e46474c?version=1.0)
35. Kleiner, G.B. (1986). *Proizvodstvennyye funktsii: teoriia, metody, primeneniye [Production functions: Theory, methods, application]*. Moscow, Finansy i statistika. (In Russ.). Available at: <https://kleiner.ru/pubs/proizvodstvennyie-funktsii-teoriya-metodyi-primeneniye-2/>

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

### Roman Aleksandrovich Zhukov

Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Researcher, Tula Branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation, Tula, Russia (300012, Tula, Oruzheynaya street, 1a); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2280-307X> e-mail: [pluszh@mail.ru](mailto:pluszh@mail.ru)

### Maria Aleksandrovna Plinskaya

Student, Tula Branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation, Tula, Russia (300012, Tula, Oruzheynaya street, 1a); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1307-0935> e-mail: [plinskaya@gmail.com](mailto:plinskaya@gmail.com)

### Evgeny Viktorovich Manokhin

Candidate of Physics and Mathematics Sciences, Associate Professor, Department of Mathematics and Informatics, Tula Branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation, Tula, Russia (300012, Tula, Oruzheynaya street, 1a); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6711-3737> e-mail: [emanfinun@mail.ru](mailto:emanfinun@mail.ru)

## ACKNOWLEDGMENTS

The study was funded by a grant from the Government of the Tula region (agreement DS/124 dated 22.07.2022).





## FOR CITATION

Zhukov, R.A., Plinskaya, M.A., Manokhin, E.V. (2023). Assessment of the Regions Functioning Based on Production Functions with the Above Cost Factors. *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 22, No. 3, 657–682. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.027>

## ARTICLE INFO

Received April 14, 2023; Revised May 30, 2023; Accepted June 19, 2023.

## A Fuzzy Model for Personnel Risk Analysis: Case of Russian-Finnish Export-Import Operations of Small and Medium Enterprises

Tatiana Yu. Kudryavtseva , Angi E. Skhvediani  ✉, Maiia S. Leukhina ,  
Alexandra O. Schneider 

*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,  
Saint-Petersburg, Russia*

✉ [shvediani\\_ae@spbstu.ru](mailto:shvediani_ae@spbstu.ru)

**Abstract.** Small and medium enterprises (SMEs) have limited resources for balancing risks which occur during international activities. The main hypothesis tested in this research is that the qualification of employees is the main area of personnel risks in cross-border cooperation. The fuzzy-logic model for personnel risks analysis was developed for quantification of the risks related to international activities. First, different risk factors and their elements were identified and formulated as linguistic variables. Second, with the use of experts' judgments, a fuzzy logic-based system was constructed and evaluated. Risk level was calculated using MATLAB fuzzy logic toolbox and its factors were ranked accordingly. This model was applied to survey data from SMEs on Russia-Finland import-export operations during the 2020–2021 period. The personnel risk related to export-import Russia – Finland operations belonged to the above-average risk levels. Based on a more detailed analysis of risk elements, such elements as personnel development and training had the greatest coefficient and is an obvious high-risk area. The second highest value of the risk coefficient belonged to the element associated with personnel management. The lowest value belonged to elements related to motivation and recruitment processes. Therefore, theoretical contribution of the article is a model which allows us to quantify and identify micro-level personnel related risks in cross-border cooperation and present linguistic interpretation of these risks. This model can be use in practice by managers of specific SMEs or policy makers for obtaining broader and more representative results on risks related to international activities.

**Key words:** personnel risk; risk analysis; risk evaluation; fuzzy logic; small and medium sized enterprises.

JEL F23

### 1. Introduction

Internationalization processes were studied mainly for multinational companies, but less so for small and medium-sized enterprises (SMEs). SMEs are more affected by different types of risks when they enter markets of foreign countries. SMEs are vulnerable to threats because of their limited ability to neutralize them [1]. Some risks remain constant while others arise and diminish as the process progress. For example, the degree of uncertainty

increased during the 2020–2021 period due to the spread of COVID-19 [2] and during 2022–2023, when the Russia-Ukraine conflict was started [3]. Therefore, improvements in the performance of SMEs in the international area can be achieved by identifying risks, which occur across export and import processes, and providing management implications [4].

Risk analysis became an important tool to identify major risk factors and devise effective strategies to maintain a level of

risk below the acceptable level [5,6]. The primary objective of a risk analysis is to identify and assess potential risks that may arise in the context of a project and are potentially dangerous for the trading activity, companies and those involved in the project [7].

One of the effective tools for analyzing and evaluating risks in the absence of quantitative probability models is fuzzy logic [8]. Fuzzy logic can consistently classify the underlying risks using both the available data and the expert opinions. In addition, it which can create a system using vague language terms such as low, medium, high, etc. Risks are quantified using fuzzy logic, which increases the accuracy of risk assessment and strictly prioritizes risk control measures [9].

One of the risks faced by exporting/importing companies is the risk connected to human resources and their management – the so-called personnel risk – which poses one of the most serious threats to SMEs [10], due to its size and limited resources [11, 12]. Lack of qualified personnel is significant barrier to the SMEs growth [13] and productivity [14]. The importance of human resources was also highlighted during the Covid-19 pandemic [15] and the Russia-Ukraine conflict [3], which led to greater frailty and instability of SMEs activities. Therefore, proper risk management in the field of human resource management must be ensured [16].

Personnel-related risk analysis and management research is mainly limited to several main fields.

The first field is identification of general areas, where risks may arise. For example, Hudakova & Masar [13] used questionnaire to identify relative importance of market, financial, personnel, economic, safety, legal, and operational SMEs risks in Czech Republic, Poland, Hungary, and Slovakia.

The second field is discussion of precise risks within some area. Tselyutina et al. [17] designed a two-stage method for

estimating the probability of occurrence of 30 personnel risks in the management system of personnel flows of the studied organizations.

However, the main drawback of these research is limited attention to development of personnel-related risk identification techniques, discussion, and assessment of these risks in the context of import-export activities of SMEs.

Research, related to Russia-Finland cross border cooperation is mainly limited to country-level analysis in different areas. For example, Lundén [18] discussed cross-border cooperation in Europe from theoretical and historical point of view, Makarychev & Romashko [19] paid attention to security cooperation, while Gumenyuk et al. [20] justified that border traffic is an efficient tool for developing cross-border cooperation. However, to the best of our knowledge the topic related to identification and assessment of personnel risks related to cross-border Russia-Finland cooperation of SMEs during 2019–2021 was not discussed properly in scientific literature.

*The research aim* of this paper is to suggest a fuzzy model for personnel risk analysis and test it on sample data of SMEs performing export-import operations. This data was obtained from the surveys, which were performed as part of the project «Inclusive cross-border business networking of tomorrow» (INCROBB) within Program of cross-border cooperation «Russia-Southeastern Finland» in 2020–2021.

*The main hypothesis* tested in this research is that qualification of the employees is the main area of personnel risks in cross – border cooperation.

*The paper is organized* as follows. Section 2 reviews literature on personnel risk and methods of its assessment. Section 3 provides a framework for expert evaluation of risk factors using a questionnaire, as well as gives the details of chosen variables for a fuzzy logic-based algorithm for the evaluation of the personnel risk and its

elements. The construct of a logic-based system is also described in this section. Section 4 de-scribes the results of risk evaluation. Section 5 contains a discussion of the results. Finally, conclusions are given in Section 6.

## 2. Literature Review

There are various approaches for defining and calculating risks. Risk can be understood as mathematical expectation of losses multiplied probability of their occurrence. These losses may occur because of the implementation of a planned action. In other words, it is nothing more than the harm caused by performing a particular operation [21].

Operations in foreign markets are followed by higher uncertainty due to their complexity, differences, and unexpected changes in legal, policy and socio-cultural spheres.

Zang et al. [22] have explored cultural distance and cross-border diffusion of innovations. Using literature review, they have assessed 35 articles and found out that in general adoption and diffusion of innovation and new products are bound to be deeply influenced by cultural distance on country-level. However, they admit that at organizational and individual levels impact of national cultural dimensions on cross-border adoption and diffusion of innovation and new products may vary and requires deeper analysis.

Tian & Deng [23] have also used literature review and assessed 100 articles to synthesis empirical studies dedicated to the impact of culture on international business. They have proposed organizational framework, which can be used for achieving sustainable innovation. This framework includes relationships between different cultural dimensions, introduced by Hofstede, antecedents, output, and commercialization of innovations.

Calcada et. al. [24] explored economic effects of trade policy uncertainty and revealed that uncertainty about trade policy

in 2018 may have lowered aggregate U.S. investment by 1 % at firm-level. In addition, they have expanded empirical results by modelling trade policy uncertainty transmission in a two-country general equilibrium model with heterogeneous firms and endogenous export decision. They found out that both higher expected tariffs and increased uncertainty about future tariffs deter investment, with exporters accumulating less capital than nonexporters.

Crowley et. al. [25] in the same manner have explored trade policy uncertainty and foreign market entry by Chinese firms. They have found that due to the use of contingent tariffs during 2000–2009 Chinese entry into foreign markets have been roughly 2% lower per year.

Gebre Borojo et al. [26] have investigated effect of trade policy uncertainty on trade flow of emerging economies and low-income developing countries. They have found out that the higher level of trade policy uncertainty in a destination country, the higher business exposure to risks and, consequently, the lower trade performance of its trade partner countries.

Considering such complexity and limited resources of SMEs, which can be used for coping with uncertainty and mitigating risks, it is essential to discuss role of human resources in it.

Becker & Smidt [27] stated that there is lack of research in the intersecting fields of risk management and human resource management. They highlighted eight main areas of risks, related to the human resource management, including: health and well-being, productivity, financial, labor turnover, attendance rates/patterns, reputation, legal, innovation.

Personnel related risks discussed partly, for example, by Cooke & Lin [28] during analysis of challenges of entering Vietnamese market by Chinese firms. They reasoned organizational resource deficit, expressed in lack of managerial capabilities of young Chinese firms. These firms did

not have enough expertise for running up overseas operations and, consequently, underestimated total operation costs.

For risk analysis are used the following methods: sensitivity analysis, fault tree analysis, Monte Carlo analysis, event tree analysis, and scenario planning [29]. However, for the effective application of these complex quantitative methods, high-quality statistical data is required. Personnel related risks, which may occur during export – import operations, are not always obvious and not always can be linked to the concrete financial losses. Therefore, it is important to implement risk assessment methods, which take in account imprecise and non-numerical information.

Tselyutina et al. [17] proposed two-stage method for estimating the probability of occurrence of 30 personnel risks characteristic of different types of personnel flows. The evaluation of the probability of personnel risks was done by expert assessments. The experts were the chief executive officers or chief human resource officers of the studied organizations. Then possible scenarios were simulated using the Scenario Manager method.

Tikhonov [30] also proposed a methodology, which is based on the expert assessment method. He proposed to use two criteria to assess personnel risks: result (magnitude of consequences) from the manifestation of risk and the likelihood of risk manifestation. As the result, the “Probability – damage” matrix was built.

As we can see, only a few studies are using mathematical models and quantitative methods of personnel risk assessment. One of the perspective methods in this field is fuzzy-logic approach. It was frequently used to solve problems of uncertain nature, since it allows estimating the relationships between risk sources and the consequences [31]. For example, Uzhga-Rebrov & Grabusts [32] proposed fuzzy version of the prospect theory, Santana et al. [33] proposed credit classification fuzzy rules system, Sardasht & Rashedi [34]

proposed audit detection method based on fuzzy logic etc.

Organizational and personnel related issues were also discussed in the context of fuzzy modelling.

Luo [35] proposed conceptual model for risk assessment of import and export enterprises based on fuzzy logic and neural networks.

Wulan & Petrovic [36] used fuzzy logic for risk analysis and evaluation within enterprise collaborations.

Afzal et al. [37] proposed a risk assessment procedure by developing a fuzzy logic model to estimate the cost overrun risk in international projects.

Hugo et al. [38] did quantitative risk analysis in project management using fuzzy logic as well.

One of the motivations of the work, performed by Albadan et al. [39] was to analyze the personnel selection processes.

Izquierdo et al. [40] applied fuzzy logic to the personnel performance evaluation process. Therefore, fuzzy logic can be used for analysis of personnel related risks, which may face SMEs in high uncertainty spheres.

Therefore, our research fills in research gap related both to the methodological issues of personnel risk assessment using fuzzy-logic and identification of personnel related risks in cross border cooperation.

### **3. Materials and Methods**

#### **3.1. Research algorithm**

Research included several stages, which were performed to develop fuzzy logic-based model for personnel risk analysis of exporting/importing SMEs (Figure 1).

First, survey was conducted to identify opportunities, risks, and barriers for cross – border cooperation between Russia and Finland. Next, comparative analysis of survey results was conducted, and most important factors of cross border cooperation were identified the. Next, experts with relevant expertise to assess personnel risks of cross-border cooperation were selected. At final stage obtained results

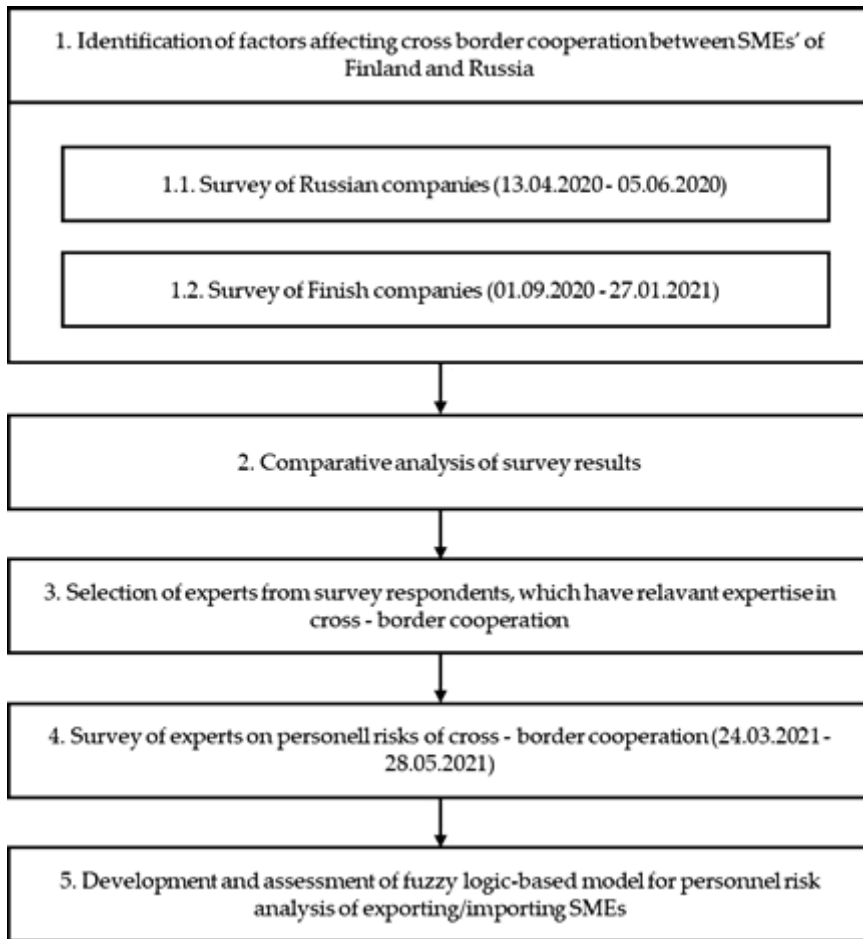


Figure 1. Research algorithm (the authors)

were used for development of fuzzy logic-based model.

### ***3.2. Surveys for identification of factors affecting cross border cooperation and personnel risks of cross-border cooperation***

At the first stage of the study, survey was developed and conducted using the Google Forms online service. The survey was aimed at identifying opportunities and barriers for sustainable cross-border cooperation between small and medium-sized enterprises of the Russian and Finnish companies, as well as their expectations from such cooperation.

The survey was conducted among Russian companies from 04/13/2020 to

06/05/2020 and among Finnish companies – from 09/01/2020 to 01/27/2021. The questionnaire was published on the official websites and pages of social networks of the Chamber of Commerce and Industry of St. Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (SPbPU), the INCROBB project, Lappeenranta University of Technology (LUT), South Karelia Entrepreneurs Association, South-East Finland-Russia CBC 2014-2020 program.

In addition, these organizations have distributed the survey between their partners using email. A total of 168 Russian and 76 Finnish companies took part in the survey. We invited to fill in this survey SMEs from St. Petersburg, the Leningrad Region, the Republic of Karelia, and regions

of South-Eastern Finland, because these companies could have relevant experience in cross-border cooperation. Respondent was classified as representative of SME if average number of employees was lower than 250 and if annual turnover was lower than 2000 mil. Rub for Russian enterprises or 50 mil. Euro for Finish enterprises.

Next, we selected experts from respondents, who have filled in the survey. We defined whether respondent can be called an expert based on his experience in cross – border cooperation and their position in the company. We classified top-managers or owners at SMEs operating in Russian Federation and Finland, that regularly export and/or import and have experience in Russia-Finland cross-border cooperation, as experts. These people have relevant expertise in the field and can assess relevance of risks connected to personnel. We focused on personnel risks since personnel qualification was named as one of the most crucial factors in successful cross-border cooperation during first survey.

Results from second questionnaire, which was distributed among selected experts, were used as sample data for testing fuzzy model for personnel risk analysis. We received 16 replies from the experts. All replies were received from experts from Russian enterprises. For fuzzy logic method application such number of experts is acceptable.

For example, Osei-Kyei et al. [41] provide example of using small samples (from 12 to 46) in an international e-mail/web-survey based research in public private partnerships, Hsieh et al. [42] used survey of 6 experts in order to evaluate risks in new software development projects, Mastrocinque et al. [43] used replies from 19 experts to test model, which assesses the open innovation level of the company, while Rajak & Vinodh [44] used opinions of 10 experts in order to evaluate social sustainability performance of an Indian automotive component manufacturing organization.

### 3.3. A fuzzy-logic-based approach for risk analysis

We have identified the elements of risks that afflict the human resources in small and medium-sized enterprises. Most existing risk analysis models as we saw in literature review are based on quantitative techniques such as Monte Carlo Simulation and Annual Loss Expectancy. However, the information that is related to most uncertainty factors is not numerical. Fuzzy logic provides an approximate model for the evaluation of the risk faced by SMEs through a linguistic approach.

Since Zadeh [45] introduced fuzzy set theory, it has been frequently used to solve problems of uncertain nature. Fuzzy logic is a popular risk analysis tool that has proven to be easy to understand and apply under many criteria and many attributes [46].

A fuzzy system is composed of three primary elements, namely fuzzy sets, membership functions, and fuzzy production rules.

Membership functions of various forms (e.g. linear, sigmoidal, triangular, etc.) can be defined to obtain the degree of belonging to a particular group, as discussed in [47, 48]. For this analysis, we will use triangular membership functions. Triangular membership functions are chosen because they are simple, and the assessment results obtained with the model are consistent with widely held opinions. Most importantly, triangular membership functions can approximate most non-triangular ones [49].

Thus, we can form four elements of risk and final personnel risk functions of the factors to interpret fuzzy linguistic variables in specific mathematical expressions:

$$PR = fPR(W, Y, Z), \quad (1)$$

$$W = fW(w_1, w_2, w_3), \quad (2)$$

$$X = fX(x_1, x_2), \quad (3)$$

$$Y = fY(y_1, y_2), \quad (4)$$

$$Z = fZ(z_1, z_2), \quad (5)$$

where the resulting estimate for the personnel risk (PR) forms the following indicators and their aspects:  $W$  – Motivation;  $w_1$  – motivation system;  $w_2$  – initiative and commitment to the company;  $w_3$  – staff turnover rate;  $X$  – Development and training of employees;  $x_1$  – the amount of money spent on training;  $x_2$  – the number of people that took a traineeship;  $Y$  – Recruitment process;  $y_1$  – qualification of employees;  $y_2$  – compliance with employees' qualifications with the requirements;  $Z$  – Management of employees;  $z_1$  – the level of education and professional training of the manager;  $z_2$  – work experience in the field of the manager.

The presented elements were sent to experts, who were asked to provide their range of values for each variable. Linguistic variables, that are presented in Table 1 and Table 2, will be assessed qualitatively.

Each row displays a conditional statement that binds the fuzzy values of input and output variables. Assume that the linguistic variables  $w_1, w_2, y_1, y_2$  and  $z_1$  are evaluated on the following scale:

- L – low;
- bA – below average;
- A – average;
- aA – above average;
- H – high.

Variables  $w_3, x_1, x_2,$  and  $z_2$  will be assessed quantitatively. Afterwards, the data gathered from the experts were used to design the membership functions that reflected these fuzzy terms. Fuzzy logical equations, put in accordance with the knowledge matrices, allow us to evaluate the integral assessment of personnel risk from the values of partial indicators.

Fuzzy logic-based systems use rules to represent the relationship between observations and actions. These rules consist of a precondition (IF-part) and a consequence (THEN-part). The precondition can consist of multiple conditions linked together with AND or OR conjunctions. Conditions may be negated with a NOT. The computation of fuzzy rules is called Fuzzy Inference. Knowledge acquisition

methodologies, such as interviews or questionnaires, can also be used to build the rules [50].

One of many types of rule representation is a logical matrix (Table 2). For this we apply a simple procedure for filling in logical matrices of N-dimensions, which includes the following steps:

1. The qualitative and quantitative levels are matched:

$$H = 1, aA = 2, A = 3, bA = 4, L = 5. \quad (6)$$

2. The output is calculated like an integer, closest to:

$$(\text{Input}_1 + \text{Input}_2 + \dots + \text{Input}_N)/N. \quad (7)$$

3. The qualitative value of an output variable is identified opposite to step 1.

What these rules are saying can be shown with a couple of examples from the rules:

IF the qualification of employees is average and compliance of employees' qualifications with the requirements is high THEN the risk from the recruitment process is below average.

IF the qualification of employees is high and compliance of employees' qualifications with the requirements is low THEN the risk from the recruitment process is average.

### 3.4. Construction of a fuzzy inference system

Based on the average values for the risk indicators collected from the experts, and by using MATLAB fuzzy logic toolbox, the triangular membership functions for the input variables (i.e., risk elements) and the output variable (risk factors) were defined to give numerical meaning to each label.

The set of membership functions is five-level. Each membership function identifies the range of inputs and outputs values that corresponds to a label as shown in Figure 2, where the x-axis represents the input values provided by the experts



Table 1. Scale for evaluating partial quality indicators (the authors)

Partial indicator	Low	Below average	Average	Above average	High
$w_1$ – motivation system	Lack of a staff motivation program. Payment of labor consists only of salary.	An underdeveloped system of motivation. – salary; – bonus.	Medium-developed motivation system. – salary; – social package; – bonus.	Developed motivation system. – salary; – social package; – bonus based on the results of the work.	Highly developed motivation system. – salary; – social package; – bonus based on the results of the work; – additional perks.
$w_2$ – initiative and commitment to the company	Lack of interest in the operation and development of the organization. Lack of proposals and initiatives.	Low interest in the operation and development of the organization. Only a small part of the staff is proactive.	Average interest in the operation and development of the organization. About half of the staff is proactive.	High interest in the operation and development of the organization. More than half of the staff is very proactive and of the organization.	Very high interest in the operation and development. All employees regularly make suggestions and initiatives.
$y_1$ – qualification of employees	Low	Below average	Average	Above average	High
$y_2$ – compliance of employees' qualifications with the requirements	Complete inadequacy of employees' qualifications with the requirements imposed on them.	The qualifications of the employees do not sufficiently meet the requirements imposed on them.	The qualifications of the employees meet the requirements imposed on them only partially.	The qualifications of employees are mostly meeting the requirements imposed on them.	Full compliance of employees' qualifications with the requirements imposed on them.
$z_1$ – the level of education and professional training of the manager	The manager does not have higher education.	The manager's education does not correspond to the position or industry.	The manager's education does not correspond to the position or industry, but the manager has special skills and abilities.	The education of the head corresponds to the position or industry.	The manager has higher education that corresponds to the position or industry. Additionally, the manager has special skills and abilities.

Table 2. Logical matrix for two input variables (the authors)

Input variable $y_1$ (employees' qualification)	Output variable $Y$ , where $y_2$ (compliance with the requirements) =				
	L	bA	A	aA	H
L	H	H	aA	aA	A
bA	H	aA	aA	A	A
A	aA	aA	A	A	bA
aA	aA	A	A	bA	bA
H	A	A	bA	bA	L

(from 1 to 5 representing the scale from Low to High) and the y-axis represents the degree of membership (from 0 to 1) for each membership function. The same procedure has been completed for the second level of our system, where we estimate the elements of risk.

The type of fuzzy inference system we will be using is called the Mamdani system, since it has more intuitive and easier to understand rule bases, they are well-suited to expert system applications where the rules are created from human expert knowledge. Figure 3 displays a diagram of the fuzzy inference system with the names of each input variable on the left, and

those of each output variable on the right, as shown in the next figure. The sample membership functions shown in the boxes are just icons and do not depict the actual shapes of the membership functions.

Here, we can see the example of how the system of  $Y$  variable looks. The fuzzy inference systems for  $X$  and  $Z$  have the same features: 2 inputs, 25 rules and 1 output. The fuzzy inference system for  $W$  is a little more complicated and has 3 inputs, 125 rules and 1 output.

The next step is to build a three-dimensional curve that represents the mapping from the qualification of employees and compliance of employees'

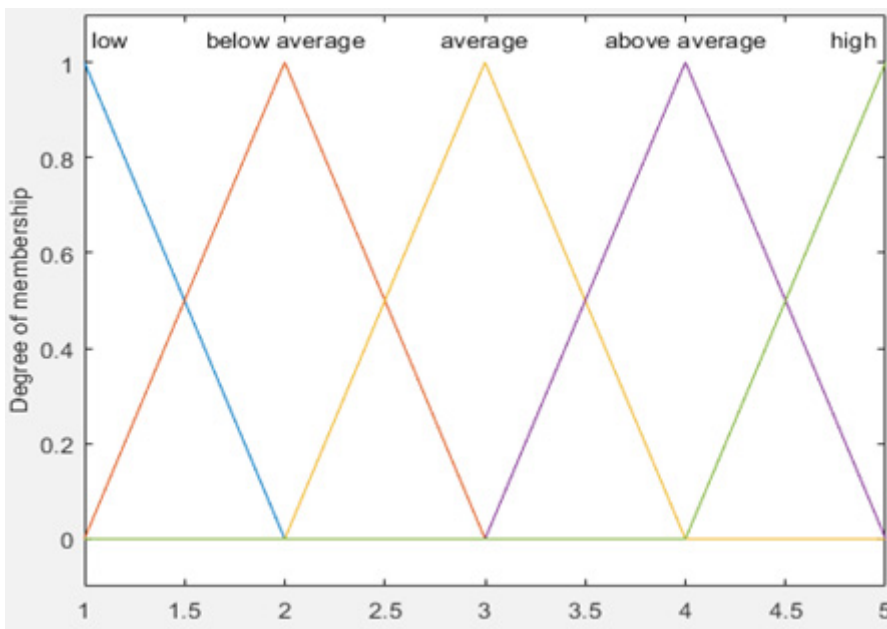


Figure 2. The system of triangular membership functions for the factors of risks (the authors)

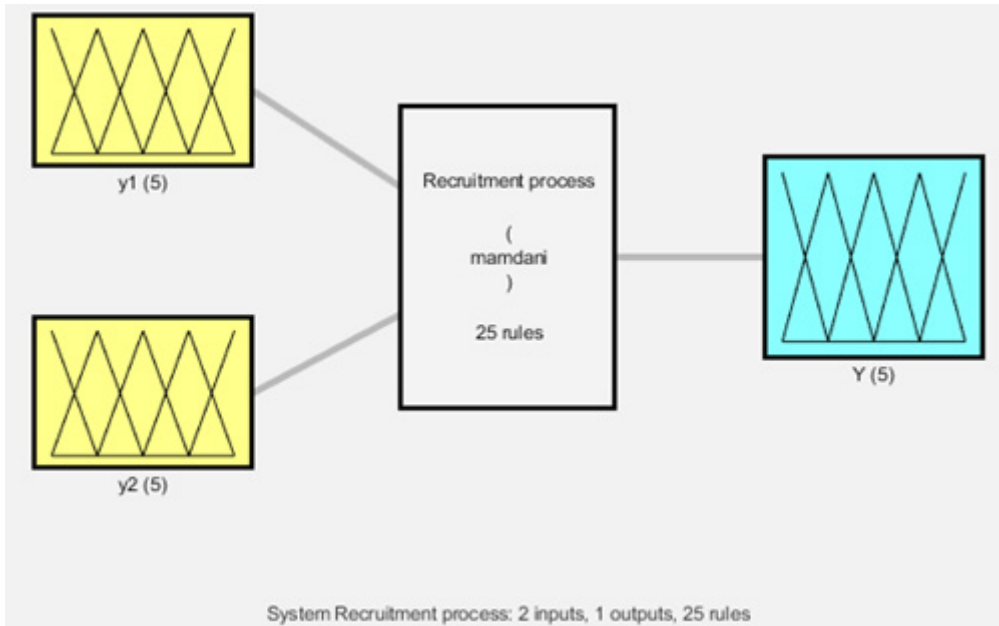


Figure 3. Fuzzy inference system for the Recruitment process (the authors)

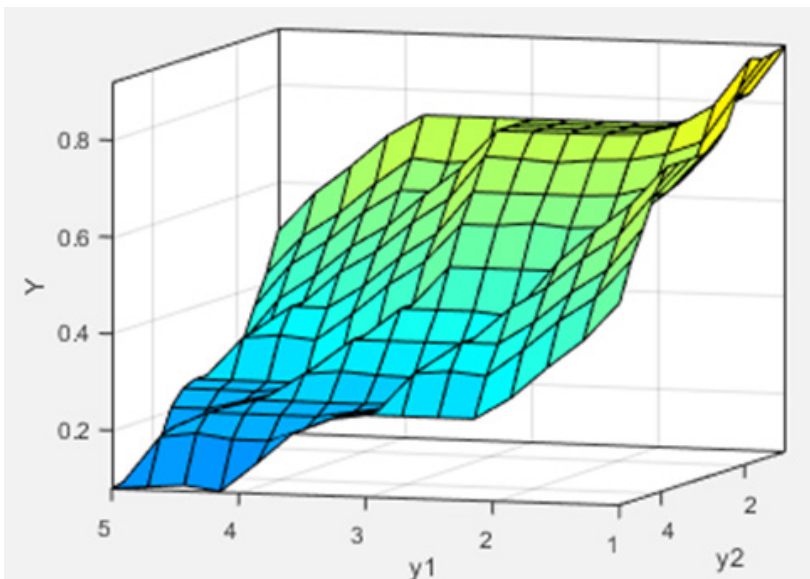


Figure 4. Fuzzy inference system in surface view (the authors)

qualifications with the requirements to risk from recruitment process amount. Because this curve represents a two-input one-output case, we can see the entire mapping in one plot. The graph is shown in Figure 4.

The output of each rule is a fuzzy set derived from the output membership

function and the implication method of the fuzzy inference system.

The final system for measuring personnel risk connects calculated  $W$ ,  $X$ ,  $Y$ , and  $Z$  inputs together. The fuzzy inference system for PR (personnel risk) has the following features: 4 inputs, 625 rules and 1 output.

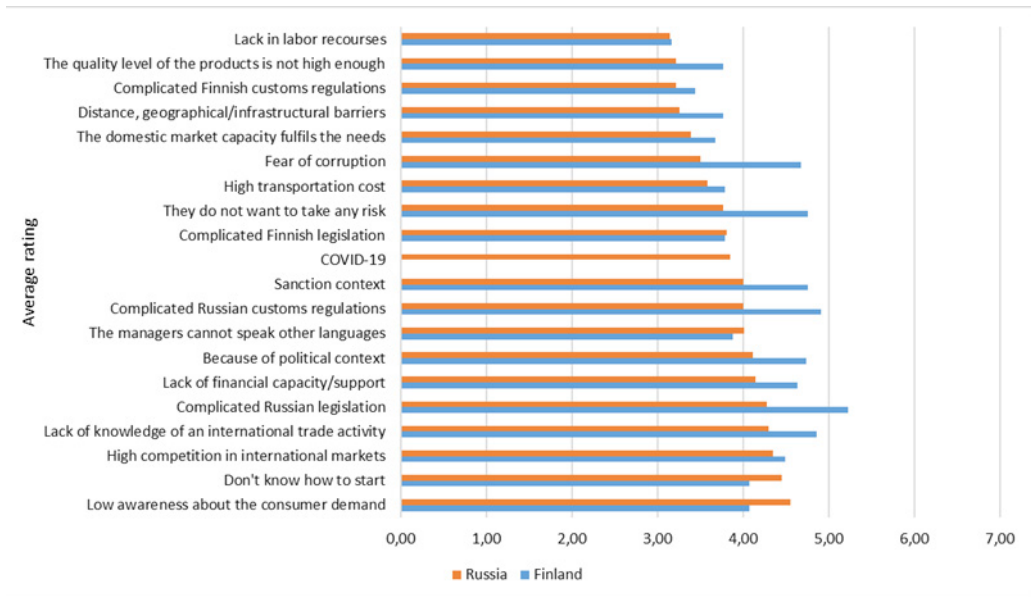


Figure 5. Rating of barriers for establishing cross-border cooperation (the authors)

#### 4. Results

168 Russian and 76 Finnish companies took part in survey for identification of factors affecting cross border cooperation between Russia and Finland in 2020-2021. As part of this survey were studied barriers that companies face when establishing cross-border cooperation. Russian enterprises highlighted that main obstacles to cross-border cooperation are lack of awareness of consumer demand, lack of knowledge on how to start this collaboration, as well as high competition in international markets. On the other hand, for Finnish enterprises the most significant barriers were complexity of Russian legislation, followed by the difficulties in the Russian customs regulation and lack of knowledge about the peculiarities of international trade (Figure 5).

Results of the rating reveal that lack in labor resources has the lowest average score among all barriers. This means, that on average enterprises does not feel lack of labor resources. On the other hand, most of other micro-level barriers, which have higher scores, are related to qualification and knowledge of the employees. Among these barriers are

low awareness about consumer demand on target market, poor knowledge of language, legislation of target country and international trade activity state, lack of knowledge on procedures and possible steps of entering foreign markets.

In addition, most of these macro-level barriers are factors, which increase uncertainty. Higher uncertainty requires higher qualification of the employees, since they must be able to cope with it using limited resources of SMEs. Taking it into account, we proceed to the second stage of the research, where we assessed personnel risk related to export-import operations in context of Russia-Finland cross-border cooperation.

At second stage we have selected respondents, who can be called experts, since they have had experience in Russia-Finland cross-border cooperation and hold top management positions. We focused on top management positions since they oversee the whole enterprise and can assess personnel related risks in cross border cooperation. We have distributed second survey among them and received 16 replies from Russian respondents. Table 3 presented characteristics of experts.

Table 3. Experts profile (the authors)

Characteristics	№ of experts	% of experts
<b>1. Current position in the company</b>		
Top manager and owner	14	88%
Top manager	2	13%
<b>2. Experience of the expert in cross border cooperation</b>		
1–3 years	2	13%
3–5 years	3	19%
5–10 years	4	25%
10 years and more	7	44%
<b>3. Intensity of communication with foreign partners</b>		
Daily	8	50%
Weekly	4	25%
On request	4	25%
<b>4. Type of enterprise activities</b>		
Engineering	4	25%
Sale of industrial equipment	4	25%
Production of equipment and components for industry	2	13%
Production of LED equipment	1	6%
Production of construction materials	1	6%
Production of smart and green technologies	1	6%
Production of telecommunication components	1	6%
Production of measurement equipment	1	6%
Production of decorative plastic	1	6%
<b>5. Type of cross border cooperation</b>		
Import	12	75%
Export	12	75%
Personnel training	5	31%
Joint provision of services	4	25%
Joint production and research	3	19%
<b>6. Number of employees</b>		
0–49	5	31%
50–99	3	19%
100–149	2	13%
150–199	3	19%
200–250	3	19%

Most experts were both owners and top managers of their companies. Eleven experts out of sixteen have had eleven years of experience in cross-border cooperation. Twelve experts indicated that they communicated with their foreign partners on daily or weekly basis. Four experts were managing companies, which provided consulting services in engineering, four experts were managers of trade companies, which have solely imported goods to Russia and six experts were managing production enterprises in various spheres. Mostly companies were performing import and export operations of final goods, components, and materials.

However, some of them additionally were organizing joint training sessions with their partners and conducted joint business activities in production and consulting spheres. 50% of the experts were managers at companies with number of employees less than 100, while 31% of experts were managing companies with staff size between 100-199 person employed and 19% of experts were managing companies with staff size between 200-250 person employed.

Taking it into account, we have built final model for measuring personnel risk. We have focused in this survey on personnel risk, since it was one of the most important barriers, highlighted in the first survey. In accordance to the methodology described above, we have calculated the output. These output fuzzy sets are combined into a single fuzzy set using the aggregation method of the fuzzy inference system.

Then, to compute a final crisp output value, the combined output fuzzy set is defuzzified. For this study, we used the centroid method to defuzzify. The result is shown also in Figure 6 with the output membership.

The crisp output for the personnel risk during import-export operations is 0.5245. This allows us to determine the degree to which the indicator of personnel risk belongs to a particular group. Classifying it according to the proposed scale by membership functions, we can see that it is 43% in the zone of average level, and 57% in the zone «above average». The next part of this algorithm was to match the result with the definition of values of output variable – personnel risk. These values are shown in Table 4.

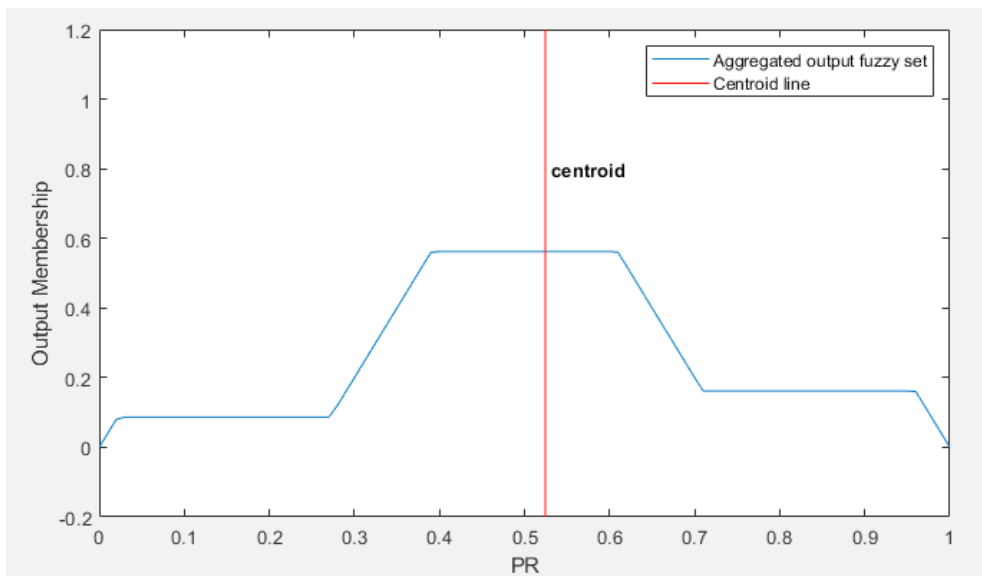


Figure 6. Aggregated fuzzy output (the authors)

Table 4. Values of personnel risk (the authors)

Set of values	Title	Description
0-0.333	Low	Great and thought though motivation program for the employees, therefore employees are proactive and rarely leave the company. A lot of expenses go to development and training programs for the employees. The recruitment process is aimed at finding personnel with high qualifications according to the requirements. The manager has great experience in managing people and qualification and certain skills to it.
0.167-0.50	Below average	Thought through motivation program for the employees, therefore employees are proactive and rarely leave the company. Some expenses go to development and training programs for the employees. The recruitment process is aimed at finding personnel with above-average qualification according to the requirements. The manager has experience in managing people or at least qualification and certain skills to it.
0.333-0.667	Average	Ordinary motivation program for the employees, that does not include additional perks, therefore employees are not very proactive and sometimes leave the company. Only a few employees attend development and training programs. The recruitment process is aimed at finding personnel with basic qualification according to the requirements. The manager has little experience in managing people and poor qualification.
0.50-0.833	Above average	Ordinary motivation program for the employees, that does not include additional perks, therefore employees are not proactive and leave the company often. Only a few employees or none attend the development and training program. The recruitment process is random and sometimes the hired personnel does not accord to the requirements. The manager has little experience in managing people and no qualification or skills.
0.667-1	High	No or low-quality motivation program for the employees, therefore employees are not proactive and/or leave the company. No or low-quality development and training possibility of employees. Inadequate or failed recruitment process. The manager has neither experience in managing people, nor certain qualities and skills to it.

For a more detailed analysis, we need to look at the values of the risk elements (Table 5). As we can see, such element as personnel development and training has the greatest coefficient and is the obvious high-risk area. The reason for such a high value of the coefficient is an insufficient financial investment in training and retraining of employees or a small number of employees undergoing this training.

This risk related to the ability of the enterprise to adjust quickly to sudden changes in external environment and to cope with uncertainty in more effective

and efficient ways. For example, Oh & Han [51], Rudolph et. al. [52] stated that investments in personnel training may lead to quick recovery and higher performance of the company after the crisis. The same can be applied for risks, which occur during import-export operations and cross-border activities, since global complexity and uncertainty is much higher than local or national [53, 54]. This result supports conclusion from the first stage of the research, where we highlighted that one of the most important barriers are lack of knowledge or competencies of the

employees and provide proof for hypothesis stated in this research.

Table 5. **Ranking of risks elements (the authors)**

Risk element	Value
Development and training of employees	0.80345
Management of employees	0.47836
Motivation	0.39063
Recruitment process	0.29048

The second highest value of the risk coefficient belongs to the element associated with personnel management. In addition, lowest value belongs to the element Recruitment process. This may mean that, in general, this process is functioning well in companies, in fact, qualified workers are being hired for positions with appropriate requirements.

One of the possible explanations on low values of risk coefficient for recruitment process is that companies does not support unfavorable recruitment processes and aim to reduce risks related to employing inadequate workers [55]. On the other hand, selection bias an also be presented here. HRs usually search for positions, which are related to international activities, applicants with higher educational and professional background [56, 57]. These conclusions are also supported by results from the first stage of the research since lack of the personnel was scored on average level.

The motivation element did not get the highest coefficient value as well. Accordingly, the companies participating in the survey have set up an adequate system of motivation and encouragement for employees. Employees of these companies are moderately interested in the development and the success of the company and the turnover of personnel at the enterprises is not high.

## 5. Discussion

Fuzzy-logic allowed us to quantify these risks and range them precisely for the case of import-export Russia-Finland operations in 2020–2021. To the best of our knowledge, research in this field was limited to identification and analysis of macrolevel threats and risks on conceptual level [18, 19].

Afzal et al. [37] proposed a risk assessment procedure by developing a fuzzy logic model to estimate the cost over-run risk in international projects. However, this procedure deals mostly with quantitative data on costs rather than qualitative data. Therefore, knowledge on risks in cross-border cooperation and results of its evaluation are quite limited.

Based on the results of our analysis, it can be concluded that personnel-related risks during import-export Russia-Finland operations in 2020–2021 from the experts' evaluation generally belonged to the average and above-average risk levels. Special attention should have been paid to the development and training of employees since its risk indicator was the highest of the considered elements. Training is even more important in small companies because the effect of it is many times higher than in large ones.

This conclusion corresponds with results of Cooke & Lin [28], who stated that low qualification of Chinese managers in SMEs led to underestimating of operational costs in Vietnamese market. Therefore, employee training can help to save on external contractors, optimize internal costs for standard operations, reach a new level of quality and increase quality of management.

Limitation of this contribution related to the low number of experts, who took part in evaluation. In addition, developed model focused on internal sources of risks, assuming, that organization should be capable to adapt to any changes in external environment.

Another contribution of the paper is fuzzy model to analysis and systemization of



personnel-related risks. Previous research in the field of fuzzy logic application to human resource management were focused on such topics as: human resource management practices for promoting product innovation in formal and non-formal R&D firms [58], collective competence assessment, based on performance indicators [59], talent management [60], competency-based selection and assignment to various positions and types of works [61, 62] etc.

However, to the best of our knowledge, they did not discuss risks, related to the human resources. Fuzzy logic model allows to estimate personnel related risks for companies operating in complex and unstable international environment using imprecise and non-numerical information.

Main limitation of developed model is that it does not provide detailed information on precise risks related to different areas of personnel risks. To identify precise risks detailed analysis should be performed.

## 6. Conclusions

The paper presents a fuzzy model for personnel risk assessment. This model was applied to the data of exporting/importing SMEs. Experts' judgments and MATLAB fuzzy logic toolbox were used to graph the membership functions of each risk element (the inputs), to risk factor (the output), in the second stage of each risk factor (the in-puts), to personnel risk level (the output). The risk levels were calculated based on a set of rules generated using the experts' data.

The personnel risk related to export-import Russia-Finland operations in 2020–2021 from the experts' evaluation belongs to the average and above-average risk levels.

Personnel development and training had the greatest coefficient and is the obvious high-risk area.

The reason for high value of the coefficient is an insufficient financial investment in training and retraining of employees or a small number of employees undergoing this training. The lowest value belongs to the element Recruitment process. This may mean that, in general, this process is functioning well in companies, in fact, qualified workers are being hired for positions with appropriate requirements. Therefore, special attention should be paid to the development and training of employees since its risk indicator is the highest of the considered elements.

Theoretical contribution of the paper is model, which allows to quantify and identify micro-level personnel related risks in cross border cooperation and present linguistic interpretation of these risks. Presented approach using fuzzy logic, allows to quantify and identify micro-level risks and present linguistic interpretation of these risks.

From practical point of view developed model could be adapted by a user for a specific small and medium-sized enterprise or by policy makers for obtaining broader and more representative results on risks related to international activities of the enterprises. In addition, this model can be used for personnel related risk assessment in other spheres of SME's activities.

Future areas of research include development of more complex fuzzy logic model for personnel risk analysis and inclusion to it specific aspects, related exclusively to the international activities of the companies.

## References

1. Munteanu, D.R., Vanderstraeten, J., van Witteloostuijn, A., Cambré, B. (2022). A systematic literature review on SME internationalization: a personality lens. *Management Review Quarterly*, 1–62. <https://doi.org/10.1007/s11301-022-00279-4>
2. Joshi, S., Sharma, M. (2022). Impact of sustainable supply chain management on performance of SMEs amidst COVID-19 pandemic: an Indian perspective. *International Journal of Logistics Economics and Globalisation*, Vol. 9, No. 3, 248–276. <https://doi.org/10.1504/IJLEG.2022.120811>

3. Mardones, C. (2023). Economic effects of isolating Russia from international trade due to its 'special military operation' in Ukraine. *European Planning Studies*, Vol. 31, Issue 4, 663–678. <https://doi.org/10.1080/09654313.2022.2079074>
4. Abu Hatab, A., Lagerkvist, C.J., Esmat, A. (2021). Risk perception and determinants in small-and medium-sized agri-food enterprises amidst the COVID-19 pandemic: Evidence from Egypt. *Agribusiness*, Vol. 37, Issue 1, 187–212. <https://doi.org/10.1002/agr.21676>
5. Crovini, C., Ossola, G., Britzelmaier, B. (2021). How to reconsider risk management in SMEs? An advanced, reasoned and organised literature review. *European Management Journal*, Vol. 39, Issue 1, 118–134. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2020.11.002>
6. Kotaskova, A., Belás, J., Bilan, Y., Khan, K.A. (2020). Significant aspects of managing personnel risk in the SME sector. *Management & Marketing. Challenges for the Knowledge Society*, Vol. 15, No. 2, 203–218. <https://doi.org/10.2478/mmcks-2020-0013>
7. Yuliatti, M.M.E., Hardi Purba, H. (2021). Construction project risk analysis based on fuzzy analytical hierarchy process (F-AHP): A Literature Review. *Advance Researches in Civil Engineering*, Vol. 3, Issue 3, 1–20. <https://doi.org/10.30469/arce.2021.139735>
8. Gallab, M., Bouloiz, H., Alaoui, Y.L., Tkiouat, M. (2019). Risk assessment of maintenance activities using fuzzy logic. *Procedia Computer Science*, Vol. 148, 226–235. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.01.065>
9. Ratnayake, R.C., Antosz, K. (2017). Development of a risk matrix and extending the risk-based maintenance analysis with fuzzy logic. *Procedia Engineering*, Vol. 182, 602–610. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.163>
10. Agostini, L., Nosella, A., Venturini, K. (2019). Toward increasing affective commitment in SME strategic networks. *Business Process Management Journal*, Vol. 25, No. 7, 1822–1840. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-02-2018-0035>
11. Khan, K.A., Dankiewicz, R., Kliuchnikava, Y., Oláh, J. (2020). How do entrepreneurs feel bankruptcy? *International Journal of Entrepreneurial Knowledge*, Vol. 8, No. 1, 89–101. <https://doi.org/10.37335/ijek.v8i1.103>
12. Metzker, Z., Streimikis, J. (2020). CSR activities in the Czech SME segment. *International Journal of Entrepreneurial Knowledge*, Vol. 8, No. 1, 49–64. <https://doi.org/10.37335/ijek.v8i2.101>
13. Hudáková, M., Masár, M. (2018). The assessment of key business risks for SMEs in Slovakia and their comparison with other EU countries. *Entrepreneurial Business and Economics Review*, Vol. 6, No. 4, 145–160. <http://dx.doi.org/10.15678/EBER.2018.060408>
14. Cepel, M., Gavurova, B., Dvorský, J., Belas, J. (2020). The impact of the COVID-19 crisis on the perception of business risk in the SME segment. *Journal of International Studies*, Vol. 13, No. 3, 248–263. <https://doi.org/10.14254/2071-8330.2020/13-3/16>
15. Juergensen, J., Guimón, J., Narula, R. (2020). European SMEs amidst the COVID-19 crisis: assessing impact and policy responses. *Journal of Industrial and Business Economics*, Vol. 47, Issue 3, 99–510. <https://doi.org/10.1007/s40812-020-00169-4>
16. Caligiuri, P., De Cieri, H., Minbaeva, D., Verbeke, A., Zimmermann, A. (2020). International HRM insights for navigating the COVID-19 pandemic: Implications for future research and practice. *Journal of International Business Studies*, Vol. 51, Issue 5, 697–713. <https://doi.org/10.1057/s41267-020-00335-9>
17. Tselyutina, T.V., Timokhina, O.A., Vlasova, T., Maslova, Y.V. (2019). Development of the personnel risks assessment and supply chain strategy as a basis of the risk management system of modern organizations. *International Journal of Supply Chain Management*, Vol. 8, No. 5, 1030–1038. <https://doi.org/10.59160/ijscm.v8i5.3912>
18. Lundén, T. (2018). Border regions and cross-border cooperation in Europe. A theoretical and historical approach. In: *European Territorial Cooperation. The Urban Book Series*. Edited by E. Medeiros. Springer Cham, 97–113. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-74887-0\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-74887-0_14)

19. Makarychev, A., Romashko, T. (2023). Conflictual Rebordering: The Russia Policies of Finland and Estonia. *Central European Journal of International and Security Studies*, Vol. 17, Issue 2, 44–79. <https://doi.org/10.51870/OJFO7520>
20. Ivan, G., Tatyana, K., Lidiya, O. (2016). Local border traffic as an efficient tool for developing cross-border cooperation. *Baltic Region*, Vol. 8, No. 1, 67–82. <https://doi.org/10.5922/2079-8555-2016-1-6>
21. Catanzaro, A., Teyssier, C. (2021). Export promotion programs, export capabilities, and risk management practices of internationalized SMEs. *Small Business Economics*, Vol. 57, Issue 3, 1479–1503. <https://doi.org/10.1007/s11187-020-00358-4>
22. Zhang, H., Tian, M., Hung, T. K. (2020). Cultural distance and cross-border diffusion of innovation: a literature review. *Academia Revista Latinoamericana de Administración*, Vol. 33, No. 2, 241–260. <https://doi.org/10.1108/ARLA-10-2018-0239>
23. Tian, M., Deng, P., Wu, B. (2021). Culture and innovation in the international context: a literature overview. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, Vol. 34, Issue 4, 426–453. <https://doi.org/10.1080/13511610.2020.1783644>
24. Caldara, D., Iacoviello, M., Molligo, P., Prestipino, A., Raffo, A. (2020). The economic effects of trade policy uncertainty. *Journal of Monetary Economics*, Vol. 109, 38–59. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2019.11.002>
25. Crowley, M., Meng, N., Song, H. (2018). Tariff scares: Trade policy uncertainty and foreign market entry by Chinese firms. *Journal of International Economics*, Vol. 114, 96–115. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2018.05.003>
26. Gebre Borojo, D., Yushi, J., Miao, M., Liu, Y. (2023). The impacts of trade policy uncertainty on trade flow of emerging economies and low-income developing countries. *Economic Research – Ekonomiska Istraživanja*, Vol. 36, Issue 1, 1055–1075. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2022.2081235>
27. Becker, K., Smidt, M. (2016). A risk perspective on human resource management: A review and directions for future research. *Human Resource Management Review*, Vol. 26, Issue 2, 149–165. <https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2015.12.001>
28. Cooke, F. L., Lin, Z. (2012). Chinese firms in Vietnam: Investment motives, institutional environment and human resource challenges. *Asia Pacific Journal of Human Resources*, Vol. 50, Issue 2, 205–226. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7941.2011.00013.x>
29. Aven, T. (2016). Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research*, Vol. 253, Issue 1, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.12.023>
30. Tikhonov, A. (2020). Modern approaches to the integrated assessment of personnel risks of an industrial enterprise. *Research in World Economy*, Vol. 11, No. 3, 99–107. <https://doi.org/10.5430/rwe.v11n3p99>
31. Djenadic, S., Tanasijevic, M., Jovancic, P., Ignjatovic, D., Petrovic, D., & Bugarcic, U. (2022). Risk evaluation: brief review and innovation model based on fuzzy logic and MCDM. *Mathematics*, Vol. 10, Issue 5, 811. <https://doi.org/10.3390/math10050811>
32. Uzhga-Rebrov, O., Grabusts, P. (2021). Cumulative prospect theory version with fuzzy values of outcome estimates. *Risks*, Vol. 9, Issue 4, 72. <https://doi.org/10.3390/risks9040072>
33. Jimbo Santana, P., Lanzarini, L., Bariviera, A. F. (2019). Variations of particle swarm optimization for obtaining classification rules applied to credit risk in financial institutions of Ecuador. *Risks*, Vol. 8, Issue 1, 2. <https://doi.org/10.3390/risks8010002>
34. Sardasht, M.S., Rashedi, E. (2018). Identifying influencing factors of audit risk model: A combined fuzzy ANP-DEMATEL approach. *International Journal of Digital Accounting Research*, Vol. 18, 69–117. [https://doi.org/10.4192/1577-8517-v18\\_4](https://doi.org/10.4192/1577-8517-v18_4)
35. Luo, N., Yu, H., You, Z., Li, Y., Zhou, T., Jiao, Y., Han, N., Liu, C., Jiang, Z., Qiao, S. (2023). Fuzzy logic and neural network-based risk assessment model for import and export enterprises: A review. *Journal of Data Science and Intelligent Systems*, Vol. 1, No. 1, 2–11. <https://doi.org/10.47852/bonviewJDSIS32021078>

36. Wulan, M., Petrovic, D. (2012). A fuzzy logic-based system for risk analysis and evaluation within enterprise collaborations. *Computers in Industry*, Vol. 63, No. 8, 739–748. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2012.08.012>
37. Afzal, F., Yunfei, S., Junaid, D., Hanif, M.S. (2020). Cost-risk contingency framework for managing cost overrun in metropolitan projects: Using fuzzy-AHP and simulation. *International Journal of Managing Projects in Business*, Vol. 13, Issue 5, 1121–1139. <https://doi.org/10.1108/IJMPB-07-2019-0175>
38. Hugo, F.D., Pretorius, L., Benade, S.J. (2018). Some aspects of the use and usefulness of quantitative risk analysis tools in project management. *South African Journal of Industrial Engineering*, Vol. 29, No. 4, 116–128. <https://doi.org/10.7166/29-4-1821>
39. Albadán, J., Gaona, P., Montenegro, C., González-Crespo, R., Herrera-Viedma, E. (2018). Fuzzy logic models for non-programmed decision-making in personnel selection processes based on gamification. *Informatica*, Vol. 29, Issue 1, 1–20. <https://doi.org/10.15388/Informatica.2018.155>
40. Izquierdo, N.V., Lezama, O.B.P., Dorta, R.G., Vilorio, A., Deras, I., Hernández-Fernández, L. (2018). Fuzzy logic applied to the performance evaluation. Honduran coffee sector case. *Proceedings of Advances in Swarm Intelligence: 9th International Conference, ICSI 2018*, Part II. Edited by Y. Tan, Y. Shi, Q. Tang. Springer Cham, 164–173. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-93818-9\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-319-93818-9_16)
41. Osei-Kyei, R., Chan, A.P., Javed, A.A., Ameyaw, E.E. (2017). Critical success criteria for public-private partnership projects: international experts' opinion. *International Journal of Strategic Property Management*, Vol. 21, No. 1, 87–100. <https://doi.org/10.3846/1648715X.2016.1246388>
42. Hsieh, M.Y., Hsu, Y.C., Lin, C.T. (2018). Risk assessment in new software development projects at the front end: a fuzzy logic approach. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, Vol. 9, 295–305. <https://doi.org/10.1007/s12652-016-0372-5>
43. Mastrocinque, E., Lamberti, E., Ramirez, F.J., Petrovic, D. (2022). Measuring open innovation under uncertainty: A fuzzy logic approach. *Journal of Engineering and Technology Management*, Vol. 63, 101673. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2022.101673>
44. Rajak, S., Vinodh, S. (2015). Application of fuzzy logic for social sustainability performance evaluation: A case study of an Indian automotive component manufacturing organization. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 108, Part A, 1184–1192. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.070>
45. Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, Vol. 8, Issue 3, 338–353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)
46. Zadeh, L.A. (1983). The role of fuzzy logic in the management of uncertainty in expert systems. *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 11, Issue 1-3, 199–227. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(83\)80081-5](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(83)80081-5)
47. Dombi, J. (1990). Membership function as an evaluation. *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 35, Issue 1, 1–21. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(90\)90014-W](https://doi.org/10.1016/0165-0114(90)90014-W)
48. Mayne, A.J. (1990). Fuzzy sets, uncertainty, and information. *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 41, Issue 9, 884–886. <https://doi.org/10.1057/jors.1990.130>
49. Kreinovich, V., Kosheleva, O., Shahbazova, S.N. (2020). Why triangular and trapezoid membership functions: A simple explanation. In: *Recent Developments in Fuzzy Logic and Fuzzy Sets*. Edited by S.N. Shahbazova, M. Sugeno, J. Kacprzyk. Springer Cham, 25–31. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-38893-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-38893-5_2)
50. Critchfield, T.S., Epting, L.K. (1998). The Trouble with Babies and the Value of Bathwater: Complexities in the Use of Verbal Reports as Data. *Analysis of Verbal Behavior*, Vol. 15, 65–74. <https://doi.org/10.1007/BF03392924>
51. Oh, I.S., Han, J.H. (2021). Will investments in human resources during the COVID-19 pandemic crisis pay off after the crisis? *Industrial and Organizational Psychology*, Vol. 14, Issue 1-2, 98–100. <https://doi.org/10.1017/iop.2021.13>

52. Rudolph, C.W., Allan, B., Clark, M., Hertel, G., Hirschi, A., Kunze, F., Shockley, K., Shoss, M., Sonnentag, S., Zacher, H. (2021). Pandemics: Implications for research and practice in industrial and organizational psychology. *Industrial and Organizational Psychology*, Vol. 14, Issue 1-2, 1–35. <https://doi.org/10.1017/iop.2020.48>
53. Asgary, A., Ozdemir, A.I., Özyürek, H. (2020). Small and medium enterprises and global risks: Evidence from manufacturing SMEs in Turkey. *International Journal of Disaster Risk Science*, Vol. 11, 59–73. <https://doi.org/10.1007/s13753-020-00247-0>
54. Andersen, T.J., Garvey, M., Roggi, O. (2014). Value Based Enterprise Risk Management Practices. In: *Managing Risk and Opportunity: The Governance of Strategic Risk-Taking*. Oxford University Press, 68–100. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199687855.003.0004>
55. Sobocka-Szczapa, H. (2021). Recruitment of employees – assumptions of the risk model. *Risks*, Vol. 9, Issue 3, 55. <https://doi.org/10.3390/risks9030055>
56. Oberholzner, T., Dorr, A. (2017). Employment and job creation in born global enterprises in Austria. In: *European Born Globals*. Edited by I. Mandl, V. Patrini. London, Routledge, 63–85. <https://doi.org/10.4324/9781315231136>
57. Stokes, P., Liu, Y., Smith, S., Leidner, S., Moore, N., Rowland, C. (2016). Managing talent across advanced and emerging economies: HR issues and challenges in a Sino-German strategic collaboration. *International Journal of Human Resource Management*, Vol. 27, Issue 20, 2310–2338. <https://doi.org/10.1080/09585192.2015.1074090>
58. Kimseng, T., Javed, A., Jeenanunta, C., Kohda, Y. (2020). Applications of fuzzy logic to reconfigure human resource management practices for promoting product innovation in formal and non-formal R&D firms. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, Vol. 6, Issue 2, 38. <https://doi.org/10.3390/joitmc6020038>
59. Benbrahim, C.F., Sefiani, N., Meddaoui, A., Reklou, K. (2016). Assessment of human resource competence and performance indicator. *International Journal of Process Management and Benchmarking*, Vol. 7, No. 1, 20–37. <https://doi.org/10.1504/IJPMB.2017.080937>
60. Karatop, B., Kubat, C., Uygun, Ö. (2015). Talent management in manufacturing system using fuzzy logic approach. *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 86, 127–136. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.09.015>
61. Shahhosseini, V., Sebt, M.H. (2011). Competency-based selection and assignment of human resources to construction projects. *Scientia Iranica*, Vol. 18, Issue 2, 163–180. <https://doi.org/10.1016/j.scient.2011.03.026>
62. Wu, Y., Wang, Z., Wang, S. (2021). Human resource allocation based on fuzzy data mining algorithm. *Complexity*, Vol. 2021, 9489114. <https://doi.org/10.1155/2021/9489114>

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

### Tatiana Yurievna Kudryavtseva

Doctor of Economics, Professor, Graduate School of Industrial Economics, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russia (194064, Saint-Petersburg, Polytechnic street, 29); ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1403-3447> e-mail: [kudryavtseva\\_tyu@spbstu.ru](mailto:kudryavtseva_tyu@spbstu.ru)

### Angi Erastievich Skhvediani

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Graduate School of Industrial Economics, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russia (194064, Saint-Petersburg, Polytechnic street, 29); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7171-7357> e-mail: [shvediani\\_ae@spbstu.ru](mailto:shvediani_ae@spbstu.ru)

### Maiia Sergeevna Leukhina

Master Student, Graduate School of Industrial Economics, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russia (194064, Saint-Petersburg, Polytechnic street, 29); ORCID <https://orcid.org/0009-0003-1303-8235> e-mail: [maya.leuhina@mail.ru](mailto:maya.leuhina@mail.ru)

### Alexandra Olegovna Schneider

Master Student, Graduate School of Industrial Economics, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russia (194064, Saint-Petersburg, Polytechnic street, 29); ORCID <https://orcid.org/0009-0007-6039-5672> e-mail: [shnejder.ao@edu.spbstu.ru](mailto:shnejder.ao@edu.spbstu.ru)

### ACKNOWLEDGMENTS

This research was financed as part of the project «Development of a methodology for instrumental base formation for analysis and modeling of the spatial socio-economic development of systems based on internal reserves in the context of digitalization» (FSEG-2023-0008).

### FOR CITATION

Kudryavtseva, T.Yu, Skhvediani A.E., Leukhina, M.S., Schneider, A.O. (2023). A Fuzzy Model for Personnel Risk Analysis: Case of Russian-Finnish Export-Import Operations of Small and Medium Enterprises. *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 22, No. 3, 683–709. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.028>

### ARTICLE INFO

Received August 2, 2023; Revised August 21, 2023; Accepted September 5, 2023.

## Модель нечеткой логики оценки кадровых рисков: кейс русско-финских экспортно-импортных операций малых и средних предприятий

Т. Ю. Кудрявцева , А. Е. Схведиани  ✉, М. С. Леухина , А. О. Шнейдер 

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
г. Санкт-Петербург, Россия

[shvediani\\_ae@spbstu.ru](mailto:shvediani_ae@spbstu.ru)

**Аннотация.** Малые и средние предприятия (МСП) имеют ограниченные ресурсы для противодействия рискам, возникающим в ходе осуществления международной деятельности. В рамках данного исследования тестируется гипотеза о том, что квалификация сотрудников является основной сферой рисков в ходе осуществления приграничного сотрудничества. Для анализа кадровых рисков, возникающих в ходе осуществления приграничного сотрудничества, была разработана модель нечеткой логики. Для проведения оценки различные факторы риска и их элементы были идентифицированы и сформулированы как лингвистические переменные. Далее с использованием экспертных оценок была построена и оценена система на основе нечеткой логики. Уровень риска рассчитывался с помощью инструментария MATLAB fuzzy logic. Методика была апробирована на данных МСП, занимающихся импортно-экспортными операциями между Финляндией и Россией в период 2020–2021 гг. Кадровый риск, связанный с экспортно-импортными операциями между Россией и Финляндией, согласно экспертной оценке, был оценен как выше среднего. Такой элемент, как развитие и обучение персонала, имеет наибольший коэффициент и является областью повышенного риска. Второе по величине значение коэффициента риска принадлежит элементу, связанному с управлением персоналом. Наименьшее значение имеют элементы, связанные с процессами мотивации и найма. Вклад исследования в теорию состоит в разработке модели, которая позволяет анализировать и идентифицировать кадровые риски приграничного сотрудничества на микроуровне и предоставляет лингвистическую интерпретацию этих рисков. Данная модель может быть использована менеджерами МСП или региональными руководителями для получения более детальных результатов анализа о рисках, связанных с международной деятельностью.

**Ключевые слова:** кадровый риск; анализ рисков; оценка рисков; нечеткая логика; малые и средние предприятия.

### Список использованных источников

1. Munteanu D.R., Vanderstraeten J., van Witteloostuijn A., Cambré B. A systematic literature review on SME internationalization: a personality lens // *Management Review Quarterly*. 2022. Pp. 1–62. <https://doi.org/10.1007/s11301-022-00279-4>
2. Joshi S., Sharma M. Impact of sustainable supply chain management on performance of SMEs amidst COVID-19 pandemic: an Indian perspective // *International Journal of Logistics Economics and Globalisation*. 2022. Vol. 9, No. 3. Pp. 248–276. <https://doi.org/10.1504/IJLEG.2022.120811>
3. Mardones C. Economic effects of isolating Russia from international trade due to its ‘special military operation’ in Ukraine // *European Planning Studies*. 2023. Vol. 31, Issue 4. Pp. 663–678. <https://doi.org/10.1080/09654313.2022.2079074>

4. Abu Hatab A., Lagerkvist C.J., Esmat A. Risk perception and determinants in small- and medium-sized agri-food enterprises amidst the COVID-19 pandemic: Evidence from Egypt // *Agribusiness*. 2021. Vol. 37, Issue 1. Pp. 187–212. <https://doi.org/10.1002/agr.21676>
5. Crovini C., Ossola G., Britzelmaier B. How to reconsider risk management in SMEs? An advanced, reasoned and organised literature review // *European Management Journal*. 2021. Vol. 39, Issue 1. Pp. 118–134. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2020.11.002>
6. Kotaskova A., Belás J., Bilan Y., Khan K.A. Significant aspects of managing personnel risk in the SME sector // *Management & Marketing. Challenges for the Knowledge Society*. 2020. Vol. 15, No. 2. Pp. 203–218. <https://doi.org/10.2478/mmcks-2020-0013>
7. Yuliatti M.M.E., Hardi Purba H. Construction project risk analysis based on fuzzy analytical hierarchy process (F-AHP): A Literature Review // *Advance Researches in Civil Engineering*. 2021. Vol. 3, Issue 3. Pp. 1–20. <https://doi.org/10.30469/arce.2021.139735>
8. Gallab M., Bouloiz H., Alaoui Y.L., Tkiouat M. Risk assessment of maintenance activities using fuzzy logic // *Procedia Computer Science*. 2019. Vol. 148. Pp. 226–235. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.01.065>
9. Ratnayake R.C., Antosz K. Development of a risk matrix and extending the risk-based maintenance analysis with fuzzy logic // *Procedia Engineering*. 2017. Vol. 182. Pp. 602–610. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.163>
10. Agostini L., Nosella A., Venturini K. Toward increasing affective commitment in SME strategic networks // *Business Process Management Journal*. 2019. Vol. 25, No. 7. Pp. 1822–1840. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-02-2018-0035>
11. Khan K.A., Dankiewicz R., Kliuchnikava Y., Oláh J. How do entrepreneurs feel bankruptcy? // *International Journal of Entrepreneurial Knowledge*. 2020. Vol. 8, No. 1. Pp. 89–101. <https://doi.org/10.37335/ijek.v8i1.103>
12. Metzker Z., Streimikis J. CSR activities in the Czech SME segment // *International Journal of Entrepreneurial Knowledge*. 2020. Vol. 8, No. 1. Pp. 49–64. <https://doi.org/10.37335/ijek.v8i2.101>
13. Hudáková, M., Masár M. The assessment of key business risks for SMEs in Slovakia and their comparison with other EU countries // *Entrepreneurial Business and Economics Review*. 2018. Vol. 6, No. 4. Pp. 145–160. <http://dx.doi.org/10.15678/EBER.2018.060408>
14. Cepel M., Gavurova B., Dvorský J., Belas J. The impact of the COVID-19 crisis on the perception of business risk in the SME segment // *Journal of International Studies*. 2020. Vol. 13, No. 3. Pp. 248–263. <https://doi.org/10.14254/2071-8330.2020/13-3/16>
15. Juergensen J., Guimón J., Narula R. European SMEs amidst the COVID-19 crisis: assessing impact and policy responses // *Journal of Industrial and Business Economics*. 2020. Vol. 47, Issue 3. Pp. 499–510. <https://doi.org/10.1007/s40812-020-00169-4>
16. Caligiuri P., De Cieri H., Minbaeva D., Verbeke A., Zimmermann A. International HRM insights for navigating the COVID-19 pandemic: Implications for future research and practice // *Journal of International Business Studies*. 2020. Vol. 51, Issue 5. Pp. 697–713. <https://doi.org/10.1057/s41267-020-00335-9>
17. Tseluytina T.V., Timokhina O.A., Vlasova T., Maslova Y.V. Development of the personnel risks assessment and supply chain strategy as a basis of the risk management system of modern organizations // *International Journal of Supply Chain Management*. 2019. Vol. 8, No. 5. Pp. 1030–1038. <https://doi.org/10.59160/ijscm.v8i5.3912>
18. Lundén T. Border regions and cross-border cooperation in Europe. A theoretical and historical approach // *European Territorial Cooperation. The Urban Book Series*. Edited by E. Medeiros. Springer Cham, 2018. Pp. 97–113. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-74887-0\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-74887-0_14)
19. Makarychev A., Romashko T. Conflictual Rebordering: The Russia Policies of Finland and Estonia // *Central European Journal of International and Security Studies*. 2023. Vol. 17, Issue 2. Pp. 44–79 <https://doi.org/10.51870/OJFQ7520>



20. Ivan G., Tatyana K., Lidiya O. Local border traffic as an efficient tool for developing cross-border cooperation // *Baltic Region*. 2016. Vol. 8, No. 1. Pp. 67–82. <https://doi.org/10.5922/2079-8555-2016-1-6>
21. Catanzaro A., Teyssier C. Export promotion programs, export capabilities, and risk management practices of internationalized SMEs // *Small Business Economics*. 2021. Vol. 57, Issue 3. Pp. 1479–1503. <https://doi.org/10.1007/s11187-020-00358-4>
22. Zhang H., Tian M., Hung T.K. Cultural distance and cross-border diffusion of innovation: a literature review // *Academia Revista Latinoamericana de Administración*. 2020. Vol. 33, No. 2. Pp. 241–260. <https://doi.org/10.1108/ARLA-10-2018-0239>
23. Tian M., Deng P., Wu B. Culture and innovation in the international context: a literature overview // *Innovation: The European Journal of Social Science Research*. 2021. Vol. 34, Issue 4. Pp. 426–453. <https://doi.org/10.1080/13511610.2020.1783644>
24. Caldara D., Iacoviello M., Molligo P., Prestipino A., Raffo A. The economic effects of trade policy uncertainty // *Journal of Monetary Economics*. 2020. Vol. 109. Pp. 38–59. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2019.11.002>
25. Crowley M., Meng N., Song H. Tariff scares: Trade policy uncertainty and foreign market entry by Chinese firms // *Journal of International Economics*. 2018. Vol. 114. Pp. 96–115. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2018.05.003>
26. Gebre Borojo D., Yushi J., Miao M., Liu Y. The impacts of trade policy uncertainty on trade flow of emerging economies and low-income developing countries // *Economic Research – Ekonomiska Istraživanja*. 2023. Vol. 36, Issue 1. Pp. 1055–1075. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2022.2081235>
27. Becker K., Smidt M. A risk perspective on human resource management: A review and directions for future research // *Human Resource Management Review*. 2016. Vol. 26, Issue 2. Pp. 149–165. <https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2015.12.001>
28. Cooke F.L., Lin Z. Chinese firms in Vietnam: Investment motives, institutional environment and human resource challenges // *Asia Pacific Journal of Human Resources*. 2012. Vol. 50, Issue 2. Pp. 205–226. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7941.2011.00013.x>
29. Aven T. Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation // *European Journal of Operational Research*. 2016. Vol. 253, Issue 1. Pp. 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.12.023>
30. Tikhonov A. Modern approaches to the integrated assessment of personnel risks of an industrial enterprise // *Research in World Economy*. 2020. Vol. 11, No. 3. Pp. 99–107. <https://doi.org/10.5430/rwe.v11n3p99>
31. Djenadic S., Tanasijevic M., Jovancic P., Ignjatovic D., Petrovic D., Bugarcic U. Risk evaluation: brief review and innovation model based on fuzzy logic and MCDM // *Mathematics*. 2022. Vol. 10, Issue 5. P. 811. <https://doi.org/10.3390/math10050811>
32. Uzhga-Rebrov O., Grabusts P. Cumulative prospect theory version with fuzzy values of outcome estimates // *Risks*. 2021. Vol. 9, Issue 4. P. 72. <https://doi.org/10.3390/risks9040072>
33. Jimbo Santana P., Lanzarini L., Bariviera A.F. Variations of particle swarm optimization for obtaining classification rules applied to credit risk in financial institutions of Ecuador // *Risks*. 2019. Vol. 8, Issue 1. P. 2. <https://doi.org/10.3390/risks8010002>
34. Sardasht M.S., Rashedi E. Identifying influencing factors of audit risk model: A combined fuzzy ANP-DEMATEL approach // *International Journal of Digital Accounting Research*. 2018. Vol. 18. Pp. 69–117. [https://doi.org/10.4192/1577-8517-v18\\_4](https://doi.org/10.4192/1577-8517-v18_4)
35. Luo N., Yu H., You Z., Li Y., Zhou T., Jiao Y., Han N., Liu C., Jiang Z., Qiao S. Fuzzy logic and neural network-based risk assessment model for import and export enterprises: A review // *Journal of Data Science and Intelligent Systems*. 2023. Vol. 1, No. 1. Pp. 2–11. <https://doi.org/10.47852/bonviewJDSIS32021078>
36. Wulan M., Petrovic D. A fuzzy logic-based system for risk analysis and evaluation within enterprise collaborations // *Computers in Industry*. 2012. Vol. 63, No. 8. Pp. 739–748. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2012.08.012>

37. Afzal F., Yunfei S., Junai, D., Hanif M.S. Cost-risk contingency framework for managing cost overrun in metropolitan projects: Using fuzzy-AHP and simulation // *International Journal of Managing Projects in Business*. 2020. Vol. 13, Issue 5. Pp. 1121–1139. <https://doi.org/10.1108/IJMPB-07-2019-0175>
38. Hugo F.D., Pretorius L., Benade S.J. Some aspects of the use and usefulness of quantitative risk analysis tools in project management // *South African Journal of Industrial Engineering*. 2018. Vol. 29, No. 4. Pp. 116–128. <https://doi.org/10.7166/29-4-1821>
39. Albadán J., Gaona P., Montenegro C., González-Crespo R., Herrera-Viedma E. Fuzzy logic models for non-programmed decision-making in personnel selection processes based on gamification // *Informatica*. 2018. Vol. 29, Issue 1. Pp. 1–20. <https://doi.org/10.15388/Informatica.2018.155>
40. Izquierdo N.V., Lezama O.B.P., Dorta R.G., Viloria A., Deras I., Hernández-Fernández L. Fuzzy logic applied to the performance evaluation. Honduran coffee sector case // *Proceedings of Advances in Swarm Intelligence: 9th International Conference, ICSI 2018. Part II*. Edited by Y. Tan, Y. Shi, Q. Tang. Springer Cham, 2018. Pp. 164–173. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-93818-9\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-319-93818-9_16)
41. Osei-Kyei R., Chan A.P., Javed A.A., Ameyaw E.E. Critical success criteria for public-private partnership projects: international experts' opinion // *International Journal of Strategic Property Management*. 2017. Vol. 21, No. 1. Pp. 87–100. <https://doi.org/10.3846/1648715X.2016.1246388>
42. Hsieh M.Y., Hsu Y.C., Lin C.T. Risk assessment in new software development projects at the front end: a fuzzy logic approach // *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. 2018. Vol. 9. Pp. 295–305. <https://doi.org/10.1007/s12652-016-0372-5>
43. Mastrocinque E., Lamberti E., Ramirez F.J., Petrovic D. Measuring open innovation under uncertainty: A fuzzy logic approach // *Journal of Engineering and Technology Management*. 2022. Vol. 63. P. 101673. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2022.101673>
44. Rajak S., Vinodh S. Application of fuzzy logic for social sustainability performance evaluation: A case study of an Indian automotive component manufacturing organization // *Journal of Cleaner Production*. 2015. Vol. 108, Part A. Pp. 1184–1192. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.070>
45. Zadeh L.A. Fuzzy sets // *Information and Control*. 1965. Vol. 8, Issue 3. Pp. 338–353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)
46. Zadeh L.A. The role of fuzzy logic in the management of uncertainty in expert systems // *Fuzzy Sets and Systems*. 1983. Vol. 11, Issue 1-3. Pp. 199–227. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(83\)80081-5](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(83)80081-5)
47. Dombi J. Membership function as an evaluation // *Fuzzy Sets and Systems*. 1990. Vol. 35, Issue 1. Pp. 1–21. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(90\)90014-W](https://doi.org/10.1016/0165-0114(90)90014-W)
48. Mayne A.J. Fuzzy sets, uncertainty, and information // *Journal of the Operational Research Society*. 1990. Vol. 41, Issue 9. Pp. 884–886. <https://doi.org/10.1057/jors.1990.130>
49. Kreinovich V., Kosheleva O., Shahbazova S.N. Why triangular and trapezoid membership functions: A simple explanation // *Recent Developments in Fuzzy Logic and Fuzzy Sets*. Edited by S.N. Shahbazova, M. Sugeno, J. Kacprzyk. Springer Cham, 2020. Pp. 25–31. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-38893-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-38893-5_2)
50. Critchfield T.S., Epting L.K. The Trouble with Babies and the Value of Bathwater: Complexities in the Use of Verbal Reports as Data // *Analysis of Verbal Behavior*. 1998. Vol. 15. Pp. 65–74. <https://doi.org/10.1007/BF03392924>
51. Oh I.S., Han J.H. Will investments in human resources during the COVID-19 pandemic crisis pay off after the crisis? // *Industrial and Organizational Psychology*. 2021. Vol. 14, Issue 1-2. Pp. 98–100. <https://doi.org/10.1017/iop.2021.13>
52. Rudolph C.W., Allan B., Clark M., Hertel G., Hirschi A., Kunze F., Shockley K., Shoss M., Sonntag S., Zacher H. Pandemics: Implications for research and practice in industrial and or-

ganizational psychology // Industrial and Organizational Psychology. 2021. Vol. 14, Issue 1-2. Pp. 1–35. <https://doi.org/10.1017/iop.2020.48>

53. *Asgary A., Ozdemir A.I., Özyürek H.* Small and medium enterprises and global risks: Evidence from manufacturing SMEs in Turkey // International Journal of Disaster Risk Science. 2020. Vol. 11. Pp. 59–73. <https://doi.org/10.1007/s13753-020-00247-0>

54. *Andersen T.J., Garvey M., Roggi O.* Value Based Enterprise Risk Management Practices // Managing Risk and Opportunity: The Governance of Strategic Risk-Taking. Oxford University Press, 2014. Pp. 68–100. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199687855.003.0004>

55. *Sobocka-Szczapa H.* Recruitment of employees – assumptions of the risk model // Risks. 2021. Vol. 9, Issue 3. P. 55. <https://doi.org/10.3390/risks9030055>

56. *Oberholzner T., Dorr A.* Employment and job creation in born global enterprises in Austria // European Born Globals. Edited by I. Mandl, V. Patrini. London: Routledge, 2017. Pp. 63–85. <https://doi.org/10.4324/9781315231136>

57. *Stokes P., Liu Y., Smith S., Leidner S., Moore N., Rowland C.* Managing talent across advanced and emerging economies: HR issues and challenges in a Sino-German strategic collaboration // International Journal of Human Resource Management. 2016. Vol. 27, Issue 20. Pp. 2310–2338. <https://doi.org/10.1080/09585192.2015.1074090>

58. *Kimseng T., Javed A., Jeenanunta C., Kohda Y.* Applications of fuzzy logic to reconfigure human resource management practices for promoting product innovation in formal and non-formal R&D firms // Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. 2020. Vol. 6, Issue 2. P. 38. <https://doi.org/10.3390/joitmc6020038>

59. *Benbrahim C.F., Sefiani N., Meddaoui A., Reklouï K.* Assessment of human resource competence and performance indicator // International Journal of Process Management and Benchmarking. 2016. Vol. 7, No. 1. Pp. 20–37. <https://doi.org/10.1504/IJPMB.2017.080937>

60. *Karatop B., Kubat C., Uygun Ö.* Talent management in manufacturing system using fuzzy logic approach // Computers & Industrial Engineering. 2015. Vol. 86. Pp. 127–136. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.09.015>

61. *Shahhosseini V., Sebt M.H.* Competency-based selection and assignment of human resources to construction projects // Scientia Iranica. 2011. Vol. 18, Issue 2. Pp. 163–180. <https://doi.org/10.1016/j.scient.2011.03.026>

62. *Wu Y., Wang Z., Wang S.* Human resource allocation based on fuzzy data mining algorithm // Complexity. 2021. Vol. 2021. P. 9489114. <https://doi.org/10.1155/2021/9489114>

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

### Кудрявцева Татьяна Юрьевна

Доктор экономических наук, доцент, профессор Высшей инженерно-экономической школы Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Россия (194064, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29); ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1403-3447> e-mail: [kudryavtseva\\_tyu@spbstu.ru](mailto:kudryavtseva_tyu@spbstu.ru)

### Схведиани Анги Ерастиевич

Кандидат экономических наук, доцент Высшей инженерно-экономической школы Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Россия (194064, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7171-7357> e-mail: [shvediani\\_ae@spbstu.ru](mailto:shvediani_ae@spbstu.ru)

### Леухина Майя Сергеевна

Магистрант Высшей инженерно-экономической школы Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Россия (194064, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29); ORCID <https://orcid.org/0009-0003-1303-8235> e-mail: [maya.leuhina@mail.ru](mailto:maya.leuhina@mail.ru)

### **Шнейдер Александра Олеговна**

Магистрант Высшей инженерно-экономической школы Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Россия (194064, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29); ORCID <https://orcid.org/0009-0007-6039-5672> e-mail: [shnejder.ao@edu.spbstu.ru](mailto:shnejder.ao@edu.spbstu.ru)

### **БЛАГОДАРНОСТИ**

Работы выполнены в рамках реализации проекта «Разработка методологии формирования инструментальной базы анализа и моделирования пространственного социально-экономического развития систем в условиях цифровизации с опорой на внутренние резервы» (FSEG-2023-0008).

### **ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ**




Кудрявцева Т.Ю., Схведиани А.Е., Леухина М.С., Шнейдер А.О. Модель нечеткой логики оценки кадровых рисков: кейс Русско-Финских экспортно-импортных операций малых и средний предприятий // Journal of Applied Economic Research. 2023. Т. 22, № 3. С. 683–709. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.028>

### **ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ**

Дата поступления 2 августа 2023 г.; дата поступления после рецензирования 21 августа 2023 г.; дата принятия к печати 5 сентября 2023 г.



## Российский рынок онлайн-микрозаймов населению: анализ кредитных рисков

Ю. С. Евлахова , А. А. Трегубова  

Ростовский государственный экономический университет (РИНХ),  
г. Ростов-на-Дону, Россия

 [alexandra\\_a\\_t@mail.ru](mailto:alexandra_a_t@mail.ru)

**Аннотация.** Кредитный «пузырь» и сопутствующие ему кредитные риски рынка микрофинансирования потенциально могут угрожать финансовой стабильности, поскольку кризис на рынке микрофинансирования может спровоцировать приток высокорискованных клиентов в банковский сектор. Целью исследования является оценка уровня кредитного риска, создающего угрозы финансовой нестабильности на рынке микрозаймов населению, включая его онлайн-сегмент. Гипотеза исследования состоит в том, что в периоды кризисов происходят критические отклонения ключевых характеристик кредитного риска рынка микрозаймов населению, включая его онлайн-сегмент. Предложен оригинальный подход к оцениванию кредитного риска на рынке микрозаймов населению, включающий в себя: 1) отбор показателей рынка микрофинансирования, характеризующих кредитный риск на макроуровне; 2) модели экспоненциального сглаживания, позволяющие получить оценку границ коридора допустимых значений показателей рынка. Информационную базу исследования составили официальные статистические данные Банка России о деятельности микрофинансовых институтов. Результаты исследования позволили выявить зарождение нескольких пузырей онлайн-микрозаймов на микрофинансовом рынке: наибольший из них зафиксирован 31.03.2021 г. и обусловлен увеличением выдач как онлайн-PDL, так и онлайн-IL микрозаймов, второй по величине зафиксирован 30.06.2022 г. и вызван ростом только онлайн-PDL микрозаймов. Выявлено, что уровень кредитной активности микрофинансовых организаций сместился от повышенного к умеренному, при этом их кредитная активность не провоцировала чрезмерный рост кредитных рисков рынка микрофинансирования. С целью своевременного предотвращения кризисов на микрофинансовом рынке обоснована необходимость мониторинга значений непогашенной Банка России о деятельности микрофинансовых организаций и задолженности по процентам по выданным онлайн-IL микрозаймам. Практическая значимость исследования заключается в возможности использования полученных результатов в пруденциальном регулировании микрофинансового рынка, в оценке рисков деятельности микрофинансовых организации и их клиентов – заемщиков физических лиц. Теоретическая значимость исследования заключается в расширении анализа кредитных рисков микрофинансового рынка за счет исследования сегмента онлайн-микрозаймов.

**Ключевые слова:** рынок микрофинансирования; онлайн-микрозаймы; риск; кредитный риск; экспоненциальное сглаживание; оценка риска; финансовая нестабильность.

### 1. Введение

С 2020 г. российский рынок потребительского кредитования характеризуется положительной динамикой, при

этом формирующийся пузырь на данном рынке фактически состоит из двух:

1) пузырь на рынке банковского потребительского кредитования,

в отношении которого регулятором приняты эффективные меры по недопущению его увеличения;

2) пузырь на рынке микрофинансирования, в отношении которого действует только мера по расчету показателя долговой нагрузки (ПДН) заемщика. Без запрета на выдачу кредитов заемщикам с ПДН выше определенного уровня эффективность данной меры в борьбе с пузырем невысока.

Кредитный пузырь и сопутствующие ему кредитные риски рынка микрофинансирования потенциально могут угрожать финансовой стабильности.

*Во-первых*, на современном рынке микрофинансовые и кредитные организации практикуют совмещение видов деятельности, объединяются в финансовые группы, осуществляют взаимные и «схемные» операции. Взаимосвязи банковского сектора и сектора микрофинансовых организаций способствуют переливу не только капитала, заемщиков, но и рисков.

*Во-вторых*, микрофинансовые организации (МФО) готовы обслуживать практически любых с точки зрения платежеспособности клиентов, в том числе высокорискованных. Особенности работы с высокорискованными заемщиками заключаются в том, что в отличие от банков в МФО таким заемщикам не отказывают в выдаче кредита, а устанавливают кредитные лимиты [1]. Таким образом, кризис на рынке микрофинансирования может спровоцировать приток высокорискованных клиентов в банковский сектор.

*В-третьих*, существующее регулирование российского рынка микрофинансирования в большей степени нацелено на избавление от недобросовестных (с точки зрения защиты прав заемщиков) и нелегальных микрофинансовых организаций, а не от близких к дефолту участников.

Существенную роль в доступности услуг микрофинансирования сыграли онлайн-микрозаймы. Доля онлайн-микрозаймов с 2019 г. к 2022 г. выросла

с 33 до 66%. Вполне допустимо предположить, что в определенных сегментах (PDL, например) в 2024–2025 гг. она увеличится до 100%. При этом уровень просроченной задолженности по онлайн-займам выше, чем по займам офлайн, одна из причин чего, по мнению Управителя [2], спонтанность принятия решения о микрозайме, которое (решение) может быть мгновенно реализовано в онлайн-среде.

*Цель исследования* – на основе анализа динамики кредитных рисков рынка микрозаймов населению, включая его онлайн-сегмент, с помощью метода экспоненциального сглаживания выявить отклонения уровней кредитных рисков, создающих угрозы финансовой нестабильности.

*Гипотеза исследования* состоит в том, что в периоды кризисов происходят отклонения уровней кредитных рисков рынка микрозаймов населению, включая его онлайн-сегмент, создающие угрозы финансовой нестабильности.

*Объектом исследования* выступил российский рынок микрозаймов, включая его онлайн-сегмент.

*Структура статьи*. Во втором разделе представлен обзор научных работ, показывающий, что исследование российского рынка онлайн-микрозаймов населению является новой научной проблемой. В третьем разделе охарактеризованы использованные методы исследования, а также информационная база. В четвертом разделе представлены результаты исследования. Пятый раздел посвящен обсуждению полученных результатов и анализу их значимости в контексте финансовой стабильности. В заключении сформулированы основные выводы, теоретическая и практическая значимость полученных результатов.

## 2. Обзор литературы

В научной литературе рынок микрофинансирования рассматривается прежде всего в обзорных работах,

посвященных феномену микрофинансирования, развитию рынка микрофинансирования и его регулированию в отдельных странах и территориях.

Цветков и др. [3] утверждает, что причиной роста доли просроченной задолженности, высокой закредитованности населения на отечественном рынке микрофинансирования является отсутствие со стороны государства адекватных механизмов регулирования и контроля над деятельностью микрофинансовых организаций и формулирует предложения по регулированию рынка.

Sonnekalb [4] на основе анализа рынка микрофинансирования Восточной Европы и Центральной Азии делает вывод, что растущая конкуренция между микрофинансовыми организациями может приводить к сокращению источников и объемов финансирования участников рынка.

Berlage & Vasudeo [5] на основе анализа большого объема публикаций приходят к выводу, что микрофинансирование не является панацеей, но это инструмент, который бедные домохозяйства могут использовать в борьбе за выживание.

С точки зрения микрофинансовых организаций анализируются действующие бизнес-модели и обусловленные ими потенциальные риски.

Эзрох [6] формулирует ключевые проблемы функционирования государственных микрофинансовых организаций и предлагает пути их преодоления.

Shahriar et al. [7] показали, что коммерческие МФО с меньшей вероятностью предоставляют заем начинающим компаниям, поскольку их основной целью является максимизация прибыли, достижение которой возможно при работе с менее рискованными организациями-заемщиками со зрелыми проектами.

Краснов [8] характеризует возможности применения методов анализа и прогнозирования денежных потоков с учетом рисков микрофинансовой

организации, возникающих на основе характерных для сферы МФО особенностей ведения бизнеса.

Durango-Gutiérrez et al. [9] представили результаты анализа риска дефолта микрофинансовых организаций двух стран Латинской Америки (Боливии и Колумбии) в соответствии с рекомендациями Базеля III.

Ряд исследований направлен на анализ эффективности МФО.

Kamarudin et al. [10] исследовали влияние экономической и политической глобализации на эффективность микрофинансовых организаций.

Soldátková & Černý [11] на основе анализа взаимосвязи между показателями социальной и финансовой эффективности микрофинансовых организаций показали, что МФО, ориентированные на кредитование малого и среднего бизнеса, демонстрируют более высокий уровень как социальной, так и финансовой эффективности.

Hermes et al. [12] доказали наличие положительной связи между эффективностью МФО и уровнем развития финансового рынка.

Zamora et al. [13] провели эмпирический анализ объемов просроченных займов и экономической эффективности МФО, в результате чего сделали вывод о том, что между операционными расходами и просроченными займами (NPL) существует нелинейная (U-образная) взаимосвязь, в отличие от подтвержденной положительной линейной зависимости между этими показателями для коммерческих банков.

Специфика деятельности МФО требует уточнения подходов к оценке рисков заемщиков. Luo & Shen [14] доказали, что модели кредитного скоринга, успешно используемые кредитными организациями при оценке кредитного риска заемщиков, будут не эффективны для МФО.

Сорокин [1] исследовал вопросы установления кредитных лимитов и их

влияния на кредитный риск во всем портфеле МФО.

Кузнецова [15] разработала методику кластеризации заемщиков по уровню финансовой ответственности и оценки эффективности микрофинансирования.

Евлахова [16] исследовала факторы, способствующие или ограничивающие развитие МФО, в том числе связанные с вовлеченностью в незаконные финансовые операции.

Также традиционным ракурсом исследования является анализ рынка микрофинансирования: его структуры, динамики, уровня процентных ставок. Многие работы, посвященные микрофинансовому рынку, опираются на аналитику регулятора (в нашем случае – Центрального банка РФ).

Mia et al. [17] и Navin & Sinha [18] провели детальный анализ конкуренции на рынке микрофинансирования.

Alimukhamedova [19] формулирует выводы о связи динамики рынка микрофинансирования и макроэкономических условий – в экономически стабильных странах наблюдается снижение кредитной активности МФО.

Вместе с тем вне внимания исследователей остается ракурс, связанный с анализом рисков рынка микрофинансирования в целом. Такой ракурс анализа представляется естественным, например для банковского сектора, но почти не встречается применительно к рынку микрозаймов. Исключения немногочисленны.

Ерохин [20] проводит анализ валютных, процентных рисков и рисков ликвидности мирового микрофинансового рынка.

Chikalipah [21] обосновывает, что в микрофинансировании чем больше размер кредита, тем выше кредитный риск, что прямо противоположно ситуации в традиционном банковском кредитовании, при котором более мелкие кредиты связаны с более высоким риском.

Также следует отметить, что относительно мало работ посвящены

онлайн-сегменту микрокредитования, несмотря на его бурный рост в последние годы и наличие особенностей.

Eggert [22] обосновал, что для онлайн-микрозаймов характерен более высокий уровень просроченной задолженности, что обусловлено общей закономерностью, заключающейся в большей склонности людей к рискованному поведению при операциях в онлайн, в сравнении с офлайном.

Kandie & Islam [23] установили, что онлайн-микрозаймы оказывают значительное негативное влияние на бедность, тогда как микрокредиты в традиционном виде не оказывают существенного влияния на уровень бедности.

При этом в рассмотренных нами источниках анализ рисков онлайн-сегмента микрофинансового рынка не проводился.

Исследователи зачастую не выделяют отдельно сегмент онлайн-микрозаймов, фокусируясь на взаимодействии микрофинансовых организаций с финансовыми маркетплейсами, платформами p2p-кредитования и краудфандинговыми платформами.

Hartoyo et al. [24] предприняли попытку разработать онлайн-модель предоставления микрокредита через маркетплейс (e-marketplace).

Wang et al. [25] обосновали конкуренцию микрофинансовых организаций и платформ p2p-кредитования, от которой выигрывают заемщики, с одной стороны, но проигрывает регулятор – с другой, в силу накопления кредитного риска.

Luo et al. [26] показали, как доступ к краудфандингу влияет на устойчивость и процентные ставки микрофинансовых организаций: присоединение МФО к краудфандинговой платформе улучшает их устойчивость и позволяет снизить процентные ставки.

Во многих работах отмечается влияние цифровых технологий на развитие рынка микрофинансирования.



Singh et al. [27] описывают возможности анализа больших данных для развития микрофинансового рынка и повышения эффективности микрофинансовых организаций.

Dang & Vu [28] по результатам анализа внедрения финтех в деятельность микрофинансовых организаций обосновали повышение качества микрофинансовых продуктов и услуг, облегчение доступа МФО ко многим группам клиентов и расширение операционной модели МФО.

Sai et al. [29] разработали для МФО приложение на блокчейне, которое автоматизирует процессы надлежащей проверки клиентов.

Zhao et al. [30] обосновали возможности использования методов машинного обучения для диагностики кредитоспособности заемщиков, использующих онлайн-микрораймы.

Большинство публикаций посвящено оценке кредитных рисков портфеля микрофинансовых организаций, то есть на микроуровне. При этом в существующей литературе открытым остается вопрос оценки кредитного риска рынка микрофинансирования в целом (на макроуровне), в том числе его онлайн-сегмента. В этой связи проведенное исследование позволяет восполнить недостающий пробел.

Таким образом в современных условиях возникает потребность, с одной стороны, обособленно анализировать рынок онлайн-микрораймов с акцентом на изучение его рисков, поскольку онлайн-микрораймы по условиям предоставления, уровню потенциального риска отличаются от традиционных микрораймов, а с другой – рассматривать его как сегмент в структуре микрофинансового рынка и продолжать исследование микрофинансового рынка в целом.

### 3. Методология исследования

#### 3.1. Определения ключевых терминов

Онлайн-микроразем – «заем, предоставляемый займодавцем заемщику на условиях, предусмотренных договором займа, в сумме, не превышающей предельный размер обязательств заемщика перед займодавцем по основному долгу, установленный законом»<sup>1</sup>, предоставляемый в онлайн-режиме, через дистанционные каналы обслуживания.

Основными видами онлайн-микрораймов на российском рынке являются:

1. Онлайн-PDL микроразем – заем МФО в сегменте «до зарплаты». Payday loan – буквальный перевод «кредиты в день выплаты жалования». Их главными особенностями являются небольшие суммы выдачи (до 30 тыс. руб.) и короткий срок (до 30 дней).

2. Онлайн-IL микроразем – заем МФО в сегменте среднесрочных продуктов. Installment loan – буквальный перевод «кредит в рассрочку». Их признаки: сумма более 30 тыс. руб., срок более 30 дней, погашение по графику.

Такие виды, как POS онлайн-заем и МСП онлайн-заем, в исследовании не рассматриваются, поскольку они выдаются малым количеством российских МФО (2,4 и 1 % соответственно<sup>2</sup>).

Под кредитным риском понимается риск возникновения убытков вследствие неисполнения, несвоевременного или неполного исполнения заемщиками договорных обязательств.

Оценка такого риска на микроуровне как для конкретного заемщика, так и для портфеля договоров отдельной микрофинансовой организации может осуществляться с использованием большого спектра качественных и количественных

<sup>1</sup> Федеральный закон «О микрофинансовой деятельности и микрофинансовых организациях» от 02.07.2010 № 151-ФЗ (ред. от 06.12.2021).

<sup>2</sup> Тенденции микрофинансового рынка в 2022 году. URL: [https://cbr.ru/analytics/micro-finance/mfo/mmt\\_2022/](https://cbr.ru/analytics/micro-finance/mfo/mmt_2022/)

методов. Нам необходимо оценивать кредитный риск на макроуровне – на рынке онлайн-микрозаймов в целом, что требует разработки и использования соответствующих подходов к оценке такого риска.

Логично предположить, что особую опасность для рынка будет представлять не столько наличие кредитного риска как такового (любому портфелю договоров микрофинансовых организаций присущ кредитный риск, и основной задачей становится воздействие на риск с целью его снижения до приемлемого, допустимого уровня, т. е. до некоторой «нормальной» величины, и поддержания на этом уровне), сколько резкое существенное отклонение ключевых характеристик кредитного риска рынка онлайн-микрозаймов относительно «нормальных» значений.

Под кредитным риском на рынке онлайн-микрозаймов понимается некоторая неопределенность или непредсказуемость значений ключевых показателей (индикаторов), их существенная вариация относительно приемлемых или прогнозных значений, свидетельствующая о достижении критического уровня риска.

Построение прогнозного интервала для значений ключевых показателей риска позволяет получить границы, колебания в пределах которых можно рассматривать как допустимый риск, а выход за эти границы – как неприемлемый или критический риск.

Таким образом, предложенный подход к оцениванию риска на макроуровне включает в себя две составляющие:

1) отбор показателей рынка микрофинансирования, которые можно рассматривать как ключевые характеристики кредитного риска на макроуровне;

2) выбор метода, позволяющего получить оценку границ коридора допустимых значений для отобранных показателей.

### **3.2. Обоснование выбора показателей рынка микрофинансирования**

Информационную базу исследования составили официальные статистические данные Банка России<sup>1</sup> о деятельности микрофинансовых институтов. Отметим, что на момент проведения основных расчетов и оценивания моделей в открытом доступе были данные за период 30.09.2018–30.09.2022 гг., что объясняется существенным временным лагом в публикации ЦБ официальных данных (в 2022 г. действовали ограничения<sup>2</sup> на публикацию финансовой отчетности микрофинансовыми организациями, отмененные ЦБ<sup>3</sup> с 1 января 2023 г.). Анализ прогнозных интервалов, полученных по модели, и фактических значений проведен на данных за период 30.09.2018–31.03.2023 гг.

Для целей исследования предложено использовать две группы публикуемых ЦБ показателей рынка микрофинансирования, характеризующих активность населения на данном рынке и связанные с этой активностью риски (табл. 1).

### **3.3. Обоснование выбора метода оценивания**

Выбор метода оценивания границ колебаний обусловлен возможностями применения основных моделей временных рядов на имеющихся данных, а также целью исследования. Следует отметить, что для исследования доступны относительно короткие временные ряды (квартальные данные с 2018 г.)

<sup>1</sup> Статистические данные к обзору ключевых показателей микрофинансовых институтов. Банк России. URL: [https://cbr.ru/analytics/microfinance/review\\_mfo/](https://cbr.ru/analytics/microfinance/review_mfo/)

<sup>2</sup> Информационное письмо Банка России «О мерах поддержки на рынке микрофинансирования» от 28 марта 2022 г. № ИН-018-44/42.

<sup>3</sup> Информационное сообщение Банка России «Регулирование микрофинансовых институтов в 2023 году: отмена послаблений и новые меры поддержки» от 14.12.2022 г.

Таблица 1. Характеристики кредитной активности и кредитного риска, используемые в исследовании

Table 1. Credit activity and credit risk characteristics applied for the study

Группа	Наименование показателя	Характеристика показателя
1. Рынок микрофинансирования	1. Отношение выданных микрозаймов к погашенным	Характеристика кредитной активности на рынке микрофинансирования (со стороны кредитного предложения). Данный показатель позволяет оценить, насколько опасна проводимая МФО кредитная политика (по аналогии с кредитными организациями). Существенное превышение объемов выданных займов над суммой возврата в течение длительного времени может свидетельствовать о повышении уровня кредитного риска микрофинансового рынка
	2. Доля непогашенной задолженности, по которой выплата основного долга и процентов просрочена на 90 дней и более	Характеристика потенциального, не реализованного кредитного риска. Такие микрозаймы можно отнести к категории «неработающих» (по аналогии с классификацией банковских активов), а их доля характеризует качество портфеля в целом и позволяет оценить кредитный риск на рынке микрозаймов
	3. Доля онлайн-микрозаймов в общей сумме микрозаймов	Характеризует потенциальный риск ухудшения качества портфеля за счет оформления микрозаймов онлайн и, как следствие, потенциальный кредитный риск
2. Рынок онлайн-микрофинансирования	1. Доля онлайн-PDL микрозаймов в общей сумме микрозаймов	Характеристика кредитной активности онлайн в части краткосрочных микрозаймов (на срок до 30 дней) позволяет оценить кредитный риск в сегменте онлайн-PDL микрозаймов
	2. Доля онлайн-ПЛ микрозаймов в общей сумме микрозаймов	Характеристика кредитной активности онлайн в части среднесрочных микрозаймов (на срок от 30 дней) позволяет оценить кредитный риск в сегменте онлайн-ПЛ микрозаймов
	3. Доля в сумме задолженности по процентам по выданным онлайн-PDL микрозаймам	Оценка потенциального кредитного риска в сегменте онлайн-PDL микрозаймов
	4. Доля в сумме задолженности по процентам по выданным онлайн-ПЛ микрозаймам	Оценка потенциального кредитного риска в сегменте онлайн-ПЛ микрозаймов

Источник: составлено авторами.

отобранных показателей рынка микрокредитования, что ограничивает возможности моделирования временных рядов.

Моделирование отдельно тенденции и сезонных колебаний не дает статистически значимых результатов, так как не выявлено устойчивых закономерностей или колебаний (может быть объяснено как спецификой анализируемых процессов, так и длиной ряда). Кроме того, ряды исходных значений не являются стационарными, а моделирование ARMA-процесса (авторегрессии-скользящего среднего) не дает статистически значимых результатов даже после приведения рядов к стационарным.

В такой ситуации оптимальными для целей исследования можно считать адаптивные методы прогнозирования, а именно метод экспоненциального сглаживания, являющийся наиболее универсальным, не зависящим от изменения тенденций.

Для выявления тенденции развития и прогнозирования используется распространенный прием сглаживания временного ряда с помощью метода скользящих средних, т. е. очистки временного ряда от искажающих эту тенденцию случайных отклонений, в основе которого лежит идея о том, что в средних величинах взаимно погашаются случайные отклонения. Основной задачей сглаживания является получение прогнозных оценок, наилучшим образом описывающих тенденцию развития, для чего имеет смысл использовать адаптивные методы прогнозирования.

Наиболее популярными в классе адаптивных методов прогнозирования являются модели экспоненциального сглаживания (Brown [31]). Общий вид модели Брауна можно представить следующим образом:

$$\hat{y}_{T+1} = \alpha \cdot y_T + (1 - \alpha) \cdot \hat{y}_T, \quad (1)$$

где  $\alpha$  – параметр (постоянная) сглаживания (обычно от 0 до 1), является

характеристикой того, насколько хорошо модель описывает прогнозируемый ряд и насколько точным будет прогноз, а оптимальная оценка значения  $\alpha$ , согласно Gardner [32], может быть определена на основе имеющихся данных;  $y_T$  и  $\hat{y}_T$  – фактическое и прогнозное значения уровня ряда на момент/период  $T$ .

Кроме простого экспоненциального сглаживания, разработаны более сложные модели, например модели Хольта, Хольта – Винтерса и др. модификации, включающие сезонную компоненту и тренд. Подробнее эти модели раскрыты в работах Holt [33], Winters [34], Makridakis & Winkler [35], Makridakis et al. [36], Lawrence et al. [37].

Общая идея таких моделей, по мнению Евлаховой и др. [38], состоит в том, что прогнозы вычисляются не только по предыдущим наблюдениям (как в простом экспоненциальном сглаживании), но и с некоторыми задержками, что позволяет независимо оценить тренд и сезонную составляющую.

## 4. Результаты исследования

### 4.1. Анализ угроз финансовой нестабильности, вызванных развитием российского рынка микрофинансирования

Для сглаживания рядов сформированных показателей рынка микрофинансирования автоматически были определены параметры модели экспоненциального сглаживания с помощью метода поиска на сетке. В качестве начального значения уровня ряда было использовано среднее арифметическое значений ряда. Оптимальные значения параметров сглаживания были отобраны путем минимизации показателя качества прогнозной модели – средней абсолютной процентной ошибки (MAPE). В табл. 2 представлены результаты оценивания моделей, оказавшиеся наилучшими согласно значениям MAPE, для каждого из отобранных показателей.

Таблица 2. Параметры моделей экспоненциального сглаживания для показателей рынка микрофинансирования

Table 2. Exponential smoothing models' parameters for microfinance market indicators

Модель	Начальное значение уровня ряда $y_0$ , %	Параметры сглаживания			Значение MAPE, %	Стандартная ошибка прогноза
		$\alpha$	$\delta$ (сезонность)	$\gamma$ (тренд)		
<i>Доля онлайн-микрораймов в общей сумме микрораймов, %</i>						
Модель экспоненциального сглаживания с наличием линейного тренда и сезонности	29,04	0,9	0,1	0,05	4,816	3,082
<i>Отношение выданных микрораймов к погашенным, %</i>						
Модель экспоненциального сглаживания с наличием экспоненциального тренда и сезонности	128,7	1,0	0,1	0,018	2,374	3,601
<i>Доля непогашенной задолженности, по которой выплата просрочена на 90 дней и более, %</i>						
Модель экспоненциального сглаживания с наличием линейного тренда и сезонности	25,11	0,8	0,1	0,1	3,508	1,434

Источник: рассчитано авторами по данным Банка России.

Значения средней абсолютной процентной ошибки (MAPE) свидетельствуют о достаточно хорошей подгонке моделей: точность прогноза находится в диапазоне от  $\pm 2,37$  до  $\pm 4,82$ %. Стандартная ошибка прогноза достаточно мала и не превышает 3,601 процентных пунктов (для соотношения выданных и погашенных микрораймов).

На основании проведенного сглаживания была получена количественная оценка величины «разрывов» между фактическими и прогнозными значениями показателей, для чего были найдены границы прогнозного интервала (прогноз  $\pm$  стандартная ошибка прогноза) для отобранных показателей (рис. 1–3).

В наибольшей степени для целей исследования представляют интерес

даты выходов за границы данного интервала и «размеры» таких выходов. Мы полагаем, что эти выходы могут быть интерпретированы следующим образом:

– выход за верхнюю границу интервала можно рассматривать как угрозу риска нестабильности анализируемого показателя и/или формирование определенного «пузыря»;

– выход за нижнюю границу интервала можно рассматривать как недоиспользованные возможности, признак недостаточно эффективной работы рыночных сил.

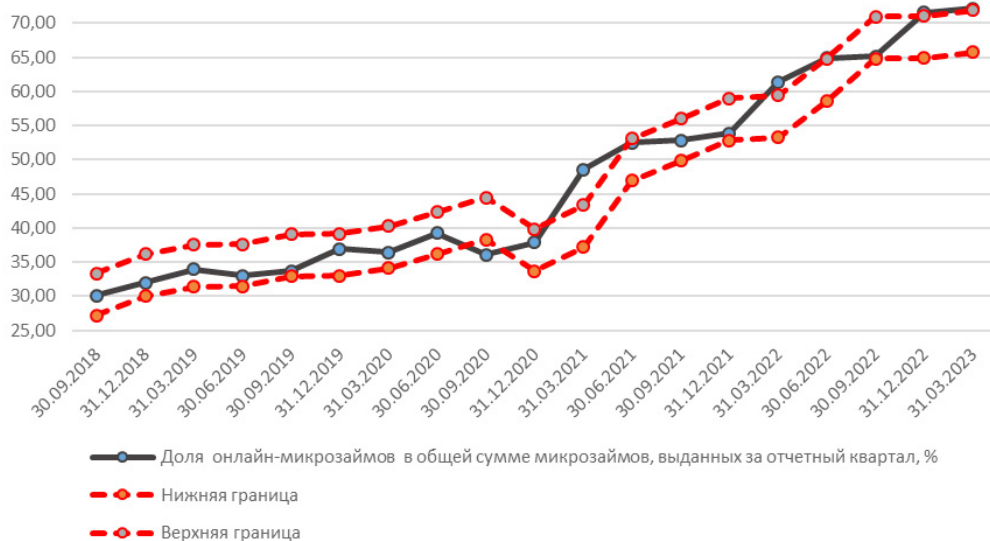
Задержка в публикации Банком России ключевых показателей микрофинансовых институтов на момент проведения расчетов осложняет проведение

текущего анализа – переоценка модели возможна только при наличии новой информации. Однако по результатам оценивания модели также можно получить прогнозные оценки значений показателей и построить границы прогнозного интервала. Публикация обновленной информации Банком России и наличие оцененных по модели границ прогнозного интервала позволяет провести экспресс-оценку риска на рынке микрозаймов. После чего требуется переоценка моделей сглаживания в соответствии с новой информацией и проведение анализа выхода показателей за границы, построенные на новых данных.

Такую процедуру целесообразно повторять по мере публикации данных Банком России, результатами которой будут две оценки риска рынка микрозаймов: экспресс-оценка (на основе прогноза по первоначальной модели) и уточненная оценка (на основе переоцененной на новых данных модели).

В проведенном исследовании на основе прогноза по первоначальной модели были получены границы интервала для 31.12.2022 г. и 31.03.2023 г. Следует отметить, что модели экспоненциального сглаживания используются для построения краткосрочных прогнозов, поэтому целесообразно использовать такие модели для построения границ прогнозного интервала на следующую дату (редко – на две даты вперед).

Согласно данным рис. 1, анализируемый показатель трижды выходил за верхнюю границу интервала: 31.03.2021 г., 31.03.2022 г., 30.06.2022 г., при этом наибольший отрыв был зафиксирован на 31.03.2021 г., когда при величине интервала в 43,37, значение показателя составило 48,54, то есть на 5,17 пунктов выше. I квартал 2021 г. характеризуется как время реализации отложенного спроса на микрозаймы и возврата к допандемической динамике рынка.



**Рис. 1.** Фактические значения и прогнозный интервал для показателя «Доля онлайн-микрозаймов в общей сумме микрозаймов, выданных за отчетный квартал, %»

**Figure 1.** Actual values and forecast interval for indicator “Share of online microloans in the total amount in the reporting quarter, %”

*Источник:* расчеты авторов (здесь и далее – на момент расчетов в доступе были данные до 30.09.2022 г. включительно, границы для 31.12.2022 г. и 31.03.2023 г. получены как прогноз по модели).

Полагаем, что периоды, когда показатель «Доля онлайн-микрозаймов в общей сумме микрозаймов, выданных за отчетный квартал, %» вышел за верхние границы интервала, можно охарактеризовать как периоды формирования «пузырей» на рынке микрофинансирования (исходя из их величины, точнее будет говорить о зарождающихся пузырях на рынке онлайн-микрозаймов).

Пробой нижней границы произошел только один раз 30.09.2020 г. Возможно, это было связано с ситуацией на рынке микрофинансирования, сложившейся летом 2020 г. В этот период проявился синергетический эффект двух тенденций: сокращение спроса населения на микрозаймы из-за неопределенности развития экономической ситуации в условиях экономического локдауна и ограничительных мер, вызванных пандемией COVID-19, и снижение численности платежеспособных заемщиков, обусловленное той же неопределенностью и приведшее к увеличению количества отказов в выдаче микрозаймов.

Анализ рис. 2 свидетельствует о том, что показатель «Отношение выданных

микрозаймов к погашенным, %», характеризующий, как мы указали, выше кредитную активность, три раза выходил за верхние границы интервала и трижды за нижние границы.

Выходы за верхние границы интервала данного показателя произошли 30.09.2020 г., 31.12.2020 г., 30.09.2022 г.

Величина выхода за верхнюю границу интервала 30.09.2020 г. составила всего 0,3 пункта, 31.12.2020 г. – 2,1 пункта. Также на 2020 г. приходится выход данного показателя за нижние границы интервала 31.03.2020 г. и 30.06.2020 г.

Учитывая объяснение обстановки 2020 г. на рынке микрофинансирования, приведенное выше, мы склонны интерпретировать выходы за границы интервала показателя «Отношение выданных микрозаймов к погашенным, %» в этот период следующим образом: снижение объемов выдач сопровождалось более рациональным подходом к погашению кредитов, обусловленным страхом населения перед неопределенностью, в совокупности это ситуативно обусловило выбросы показателя за границы интервала стабильности. При этом

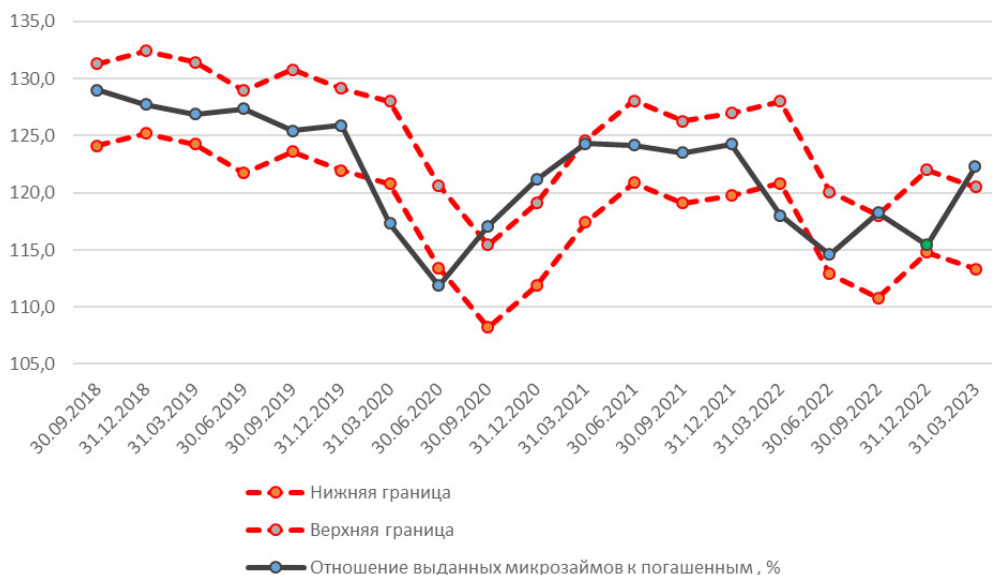
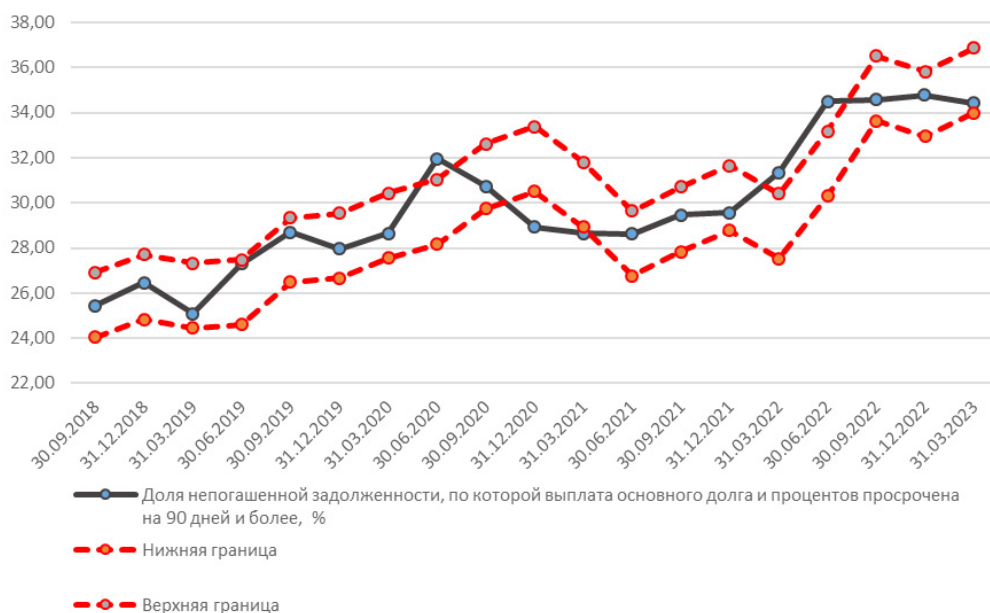


Рис. 2. Фактические значения и прогнозный интервал для показателя «Отношение выданных микрозаймов к погашенным, %»

Figure 2. Actual values and forecast interval for indicator "Issued microloans to repaid ratio, %"



**Рис. 3.** Фактические значения и прогнозный интервал для показателя «Доля непогашенной задолженности, по которой выплата основного долга и процентов просрочена на 90 дней и более, %» (NPL90+)

**Figure 3.** Actual values and forecast interval for indicator "Share of outstanding debt, when principal and interest payments are overdue by 90 days or more, %" (NPL90+)

выход за верхнюю или нижнюю границы интервала был обусловлен разницей в темпах роста объемов выданных и погашенных микрозаймов.

Выход анализируемого показателя за нижние границы интервала 31.03.2022 г. может быть объяснен снижением объемов выдач микрозаймов из-за увеличения стоимости микрозайма. По данным ЦБ РФ, на дорогие займы с процентной ставкой в диапазоне 0,8–1 % в день в I квартале 2022 г. приходился 81 % заключенных договоров<sup>1</sup>. Рост процентной ставки по микрозаймам был обусловлен рядом внешних причин, в их числе рост ключевой ставки и, следовательно, стоимости фондирования, увеличение операционных издержек МФО, а именно подорожание оборудования и программного обеспечения,

увеличение стоимости СМС-рассылок, антифрод-систем и так далее.

Небольшой «выброс» за верхнюю границу интервала 30.09.2022 г. величиной в 0,3 п. п. обусловлен, с одной стороны, адаптацией заемщиков – физических лиц к выросшей стоимости микрозайма, а с другой – ростом их численности в связи с ужесточением условий необеспеченного банковского кредитования.

Таким образом соотношение выданных и погашенных микрозаймов в анализируемом периоде свидетельствует о том, что нестабильность существовала, но была обусловлена макроэкономическими факторами, и в целом кредитная активность МФО не была связана с чрезмерным ростом кредитных рисков рынка микрофинансирования.

По данным рис. 3 анализируемый показатель преодолевал верхнюю границу интервала трижды: 30.06.2020 г., 31.03.2022 г., 30.06.2022 г. Объяснение выхода показателя за верхнюю границу

<sup>1</sup> Тенденции микрофинансового рынка в I квартале 2022 года. Банк России. URL: [https://cbr.ru/analytics/microfinance/mfo/mmt\\_2022\\_1/](https://cbr.ru/analytics/microfinance/mfo/mmt_2022_1/)



30.06.2020 г. в целом соответствует характеристике рынка микрофинансирования в 2020 г., приведенной выше.

Ситуация 31.03.2022 г., 30.06.2022 г. требует более подробного анализа. Заметим, что на 31.03.2022 г., помимо выхода показателя NPL90+ за верхнюю границу интервала стабильности, также наблюдалось зарождение пузыря онлайн-микрозаймов, выход показателя «Отношение выданных микрозаймов к погашенным, %» за нижнюю границу интервала стабильности, что в совокупности свидетельствует об угрозе роста кредитного риска в этот период, вызванной увеличением непогашенной просроченной задолженности.

В отношении 30.06.2022 г. ситуация несколько иная. Так, характеризуя этот период развития рынка микрофинансирования, Уклеин и др.<sup>1</sup>, ссылаясь на методологический недостаток показателя NPL90+ для МФО, прирост объема новых клиентов во II квартале 2022 г. из-за ужесточения условий необеспеченного банковского кредитования, а также стабильный уровень платежей по выданным микрозаймам, считают рост NPL90+ непоказательным. Данный рост, по их мнению, связан с «развитием собственного взыскания многими крупными компаниями и с конъюнктурой коллекторского рынка».

Не оспаривая представленную точку зрения и высказанные аргументы, отметим, что во II квартале 2022 г. продолжилась адаптация населения и МФО к новым условиям хозяйствования (в условиях нарастающих санкционных ограничений), также в этот период действовали разнонаправленные факторы как стабилизирующего, так и дестабилизирующего характера.

Вместе с тем применение в данной работе сглаживания временного ряда

с помощью метода скользящих средних, то есть очистки временного ряда от искажающих эту тенденцию случайных отклонений, позволяет нам отличить непоказательные изменения величины от показательных.

Полагаем, выход показателя NPL90+ за верхнюю границу интервала 30.06.2022 г. все же свидетельствует о доминировании дестабилизирующих факторов, то есть о сохранении угрозы роста кредитного риска в этот период, вызванной увеличением непогашенной просроченной задолженности.

Что касается выхода значений анализируемого показателя за нижние границы интервала 31.12.2020 г. и 31.03.2021 г., то отметим следующее. 31.12.2020 г. объясняется комплексом серьезных пандемийных ограничений работы микрофинансовых организаций и активности населения на финансовом рынке. Тогда как выход показателя NPL90+ за нижнюю границу интервала 31.03.2021 г. может быть объяснен такими причинами, как рост объемов реализованной задолженности и снижение показателя долговой нагрузки заемщиков физических лиц.

Таким образом, исследование российского рынка микрофинансирования с точки зрения угроз финансовой нестабильности позволило прийти к следующим выводам.

*Во-первых*, за исследуемый период было зафиксировано три зарождающихся пузыря онлайн-микрозаймов на микрофинансовом рынке. Наибольший из них зафиксирован 31.03.2021 г. и обусловлен реализацией отложенного спроса на микрозаймы после пандемии.

*Во-вторых*, соотношение выданных и погашенных микрозаймов в анализируемом периоде свидетельствует о том, что нестабильность существовала, но была обусловлена макроэкономическими факторами, и в целом кредитная активность МФО не провоцировала чрезмерный рост кредитных рисков рынка микрофинансирования.

<sup>1</sup> Уклеин И., Алексеев И., Коршунов Р. Прогноз рынка МФО на 2023 год: полет нормальный // Эксперт. 2023. URL: [https://raexpert.ru/researches/mfo/forecast\\_2023/](https://raexpert.ru/researches/mfo/forecast_2023/)

В-третьих, анализ потенциального кредитного риска рынка микрофинансирования (на основе показателя «доля непогашенной задолженности микрофинансовых организаций, по которой выплата основного долга и процентов просрочена на 90 дней и более») показал накопление чрезмерных рисков в период 31.03.22–30.06.22 гг.

#### 4.2. Анализ угроз финансовой нестабильности, вызванных развитием рынка онлайн-микрозаймов населению

В табл. 3 представлены результаты оценивания моделей, оказавшиеся

наилучшими согласно значениям MAPE, для показателей рынка онлайн-микрозаймов, существенные колебания которых, по нашему мнению, необходимо отслеживать. Оптимальные значения параметров сглаживания также были определены путем минимизации средней абсолютной процентной ошибки (MAPE). Значения MAPE свидетельствуют о достаточно хорошей подгонке моделей. Стандартная ошибка прогноза достаточно мала и не превышает 2,57 процентных пункта.

Аналогично по результатам сглаживания были оценены разрывы между фактическими и прогнозными значениями показателей, для чего были найдены

Таблица 3. Параметры моделей экспоненциального сглаживания для показателей рынка онлайн-микрозаймов

Table 3. Exponential smoothing models' parameters for online microfinance market indicators

Модель	Начальное значение уровня ряда $y_0$ , %	Параметры сглаживания			Значение MAPE, %	Стандартная ошибка прогноза
		$\alpha$	$\delta$ (сезонность)	$\gamma$ (тренд)		
<i>Доля микрозаймов онлайн-PDL в общей сумме микрозаймов, %</i>						
Модель экспоненциального сглаживания с наличием линейного тренда и сезонности	29,26	0,1	0,1	0,1	5,81	2,567
<i>Доля микрозаймов онлайн-IL в общей сумме микрозаймов, %</i>						
Модель экспоненциального сглаживания с наличием экспоненциального тренда	5,05	0,8	–	0,1	7,09	1,485
<i>Доля в сумме задолженности по процентам по выданным онлайн-PDL микрозаймам, %</i>						
Модель экспоненциального сглаживания с наличием экспоненциального тренда	41,63	0,95	–	0,4	1,75	0,949
<i>Доля в сумме задолженности по процентам по выданным онлайн-IL микрозаймам, %</i>						
Модель экспоненциального сглаживания с наличием экспоненциального тренда	4,923	0,95	–	0,2	6,156	0,835

Источник: рассчитано авторами по данным Банка России.

границы прогнозного интервала (прогноз ± стандартная ошибка прогноза) для отобранных показателей (рис. 4–7).

Также были построены границы прогнозного интервала для 31.12.2022 г. и 31.03.2023 г.

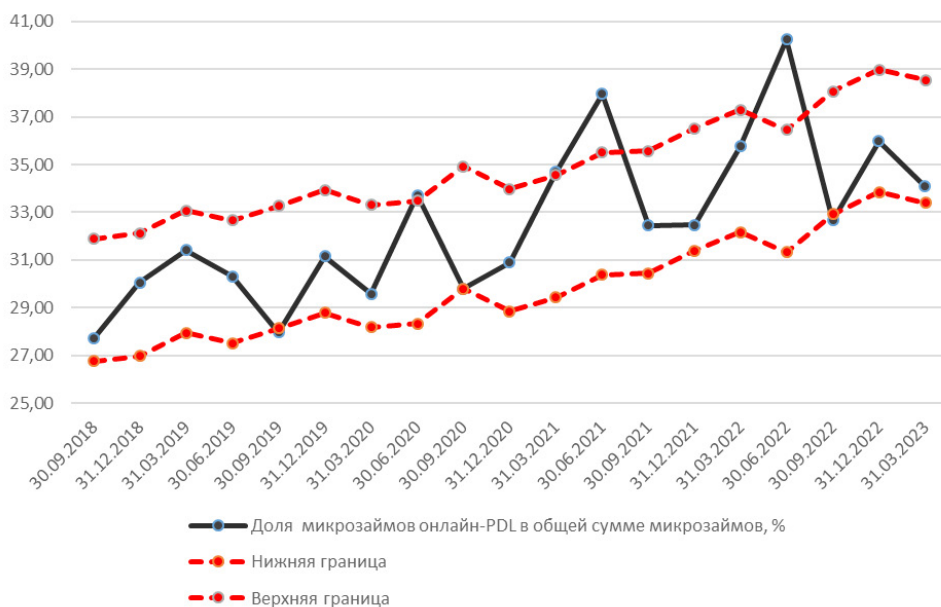


Рис. 4. Фактические значения и прогнозный интервал для показателя «Доля микрозаймов онлайн-PDL в общей сумме микрозаймов, %»

Figure 4. Actual values and forecast interval for indicator “Share of online-PDL microloans in the total amount of microloans, %”

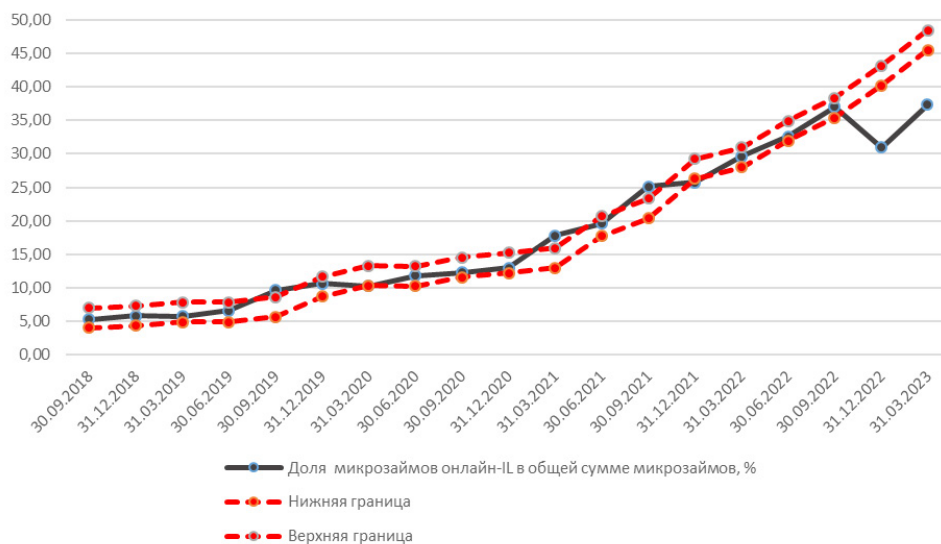
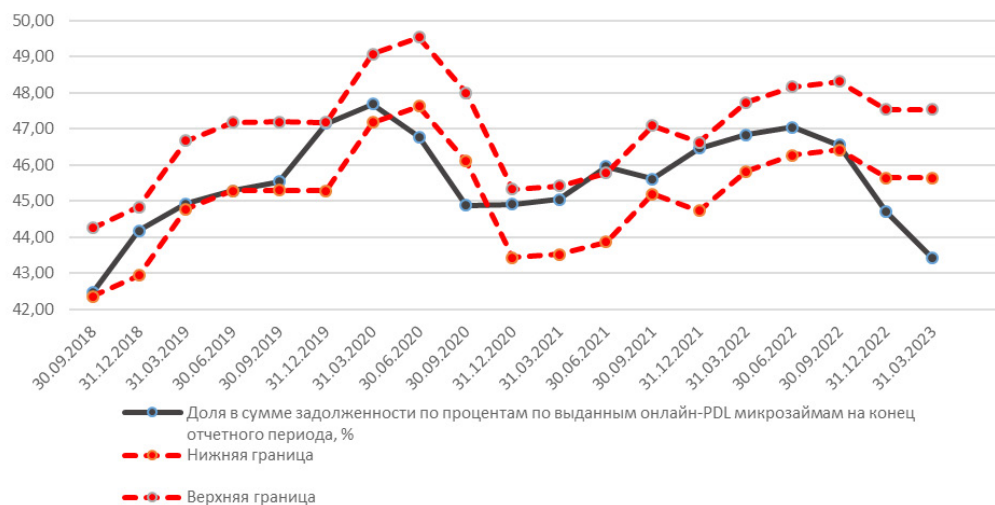


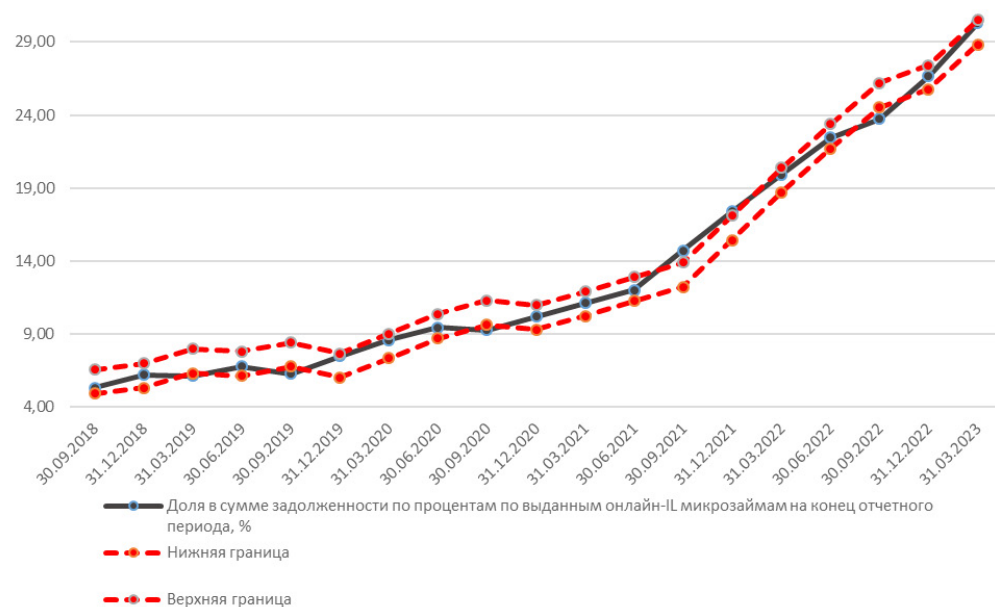
Рис. 5. Фактические значения и прогнозный интервал для показателя «Доля микрозаймов онлайн-IL в общей сумме микрозаймов, %»

Figure 5. Actual values and forecast interval for indicator “Share of online-IL microloans in the total amount of microloans, %”



**Рис. 6.** Фактические значения и прогнозный интервал для показателя «Доля в сумме задолженности по процентам по выданным онлайн-PDL микрозаймам, %»

**Figure 6.** Actual values and forecast interval for indicator "Share of online-PDL microloans interest debt in total interest debt, %"



**Рис. 7.** Фактические значения и прогнозный интервал для показателя «Доля в сумме задолженности по процентам по выданным онлайн-IL микрозаймам, %»

**Figure 7.** Actual values and forecast interval for indicator "Share of online-IL microloans interest debt in total interest debt, %"

Анализ данных рис. 4 позволяет прийти к следующим выводам: исследуемый показатель четыре раза выходил за верхние границы интервала: 30.06.2020 г., 31.03.2021 г., 30.06.2021 г.,

30.06.2022 г. При этом по результатам анализа величин «выбросов» можно говорить о двух зарождающихся пузырях онлайн-PDL микрозаймов: 31.03–30.06.2021 г. (выброс равен 2,45 п.п.)

и 30.06.2022 г. (выброс равен 3,81 п.п). Что касается 31.03.2021 г. и 30.06.2022 г., то, сопоставляя эти данные с результатами анализа рис. 3, приходим к выводу, что зарождение пузырей онлайн-микрозаймов, отмеченное на рис. 3, в указанные даты было обусловлено увеличением выдач онлайн-PDL микрозаймов. Тогда как выброс 30.06.2021 г. скорее всего стал показателем структурных колебаний рынка онлайн-микрозаймов.

Что касается выходов исследуемого показателя за нижние границы, то по сути величины выбросов были малозначительными, не превышая (0,17 и 0,27 п.п. на 30.09.2019 г. и 30.09.2022 г. соответственно).

Вторым существенным по объемам выдач видом онлайн-микрозайма является онлайн-IL микрозаймы. Согласно данным рис. 5, выходы анализируемого показателя за верхнюю границу интервала происходили в следующие даты: 30.09.2019 г., 31.03.2021 г., 30.09.2021 г.

Как уже отмечалось выше, 31.03.2021 г. происходило зарождение пузыря онлайн-микрозаймов, и выброс показателя онлайн-IL микрозаймов свидетельствует о том, что определенный вклад в формирование пузыря микрозаймов внесли не только онлайн-PDL, но и онлайн-IL микрозаймы. Что касается 30.09.2021 г., то учитывая небольшой размер выброса (1,78 п.п.), полагаем возможным его считать показателем структурных колебаний рынка онлайн-микрозаймов.

Что касается выхода показателя «Доля микрозаймов онлайн-IL в общей сумме микрозаймов, %» за нижние границы интервала, то выбросы на 31.03.2020 г. и 31.12.2021 г. являются незначительными (величины составляют 0,03 и 0,6 п.п. соответственно). Иная ситуация с выходами за нижнюю границу прогнозного интервала 31.12.2022 г. и 31.03.2023 г. Одна из наиболее вероятных причин – регуляторные нововведения для МФО, вступившие в силу

с 01.01.2023 г., адаптация к которым, по-видимому, привела к «снижению одобренных лимитов по закредитованным заемщикам <...> и снижению уровня одобрения займов с большими чеками в целом»<sup>1</sup>.

Анализ данных рис. 6 позволяет выявить выходы за границы интервала показателя «Доля в сумме задолженности по процентам по выданным онлайн-PDL микрозаймам, %». В сравнении с остальными показателями, данный показатель единственный, который в анализируемом периоде только один раз вышел за верхнюю границу интервала 30.06.2021 г., при этом величина выброса, равная 0,19 п.п., позволяет считать его несущественным.

Выходы данного показателя за нижнюю границу происходили 30.06.2019 г., 30.06.2020 г., 30.09.2020 г., а также 31.12.2022 г. и 31.03.2023 г. Выбросы 30.06.2020 г., 30.09.2020 г. объясняются общей ситуацией экономической неопределенности, связанной с пандемией. Отдельный интерес представляют выбросы на 31.12.2022 г. и 31.03.2023 г., возможным объяснением которых можно считать совершенствование навыков контроля качества онлайн-PDL микрозаймов со стороны МФО.

Согласно данным рис. 7, показатель «Доля в сумме задолженности по процентам по выданным онлайн-IL микрозаймам, %» выходил за верхние границы интервала в период 30.09–31.12.2021 г. Размеры выбросов (0,82 и 0,3 п.п. соответственно) позволяют объяснить рост задолженности по процентам по выданным онлайн-IL микрозаймам реализацией кредитных рисков и неплатежеспособностью отдельных заемщиков.

Что касается выхода данного показателя за нижние границы интервала 31.03.2019 г., 30.09.2019 г., 30.09.2020 г.,

<sup>1</sup> Трифонова П. Долгосрочные займы осваивают онлайн // Коммерсантъ. 2023. 28 февраля. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5843077>

30.09.2022 г., то анализ величин выбросов (0,18, 0,49, 0,35 и 0,80 п. п. соответственно) позволяет их считать незначительными с точки зрения анализа рисков.

Анализ угроз финансовой нестабильности, вызванных развитием рынка онлайн-микрозаймов населению, позволил прийти к следующим выводам.

*Во-первых*, подтверждено зарождение двух пузырей онлайн-микрозаймов: 31.03.2021 г. и 30.06.2022 г. При этом зарождение пузыря онлайн-микрозаймов 31.03.2021 г. было обусловлено увеличением выдач как онлайн-PDL, так и онлайн-IL микрозаймов. Тогда как формирование пузыря онлайн-микрозаймов 30.06.2022 г. – только ростом онлайн-PDL микрозаймов.

*Во-вторых*, регуляторные нововведения для МФО, вступившие в силу с 01.01.2023 г., наибольшим образом повлияли на онлайн-IL микрозаймы и стали причиной изменения их доли ниже «естественных» границ. Возможно, это обусловлено тем, что при работе с такими – среднесрочными – займами, требуется прогнозировать финансовое состояние заемщика на горизонте до полугода (в отличие от PDL-микрозаймов, с горизонтом планирования до зарплаты); повышаются требования к качеству заемщика, а значит, сужается их потенциальное количество.

*В-третьих*, выявлено, что доля в сумме задолженности по процентам по выданным онлайн-PDL микрозаймам опустилась ниже «естественных» границ. Возможным объяснением можно считать совершенствование навыков контроля качества онлайн-PDL микрозаймов со стороны МФО.

*В-четвертых*, анализ доли в сумме задолженности по процентам по выданным онлайн-IL микрозаймам показывает накопление кредитных рисков в период 30.09–31.12.2021 г.

Как уже отмечалось, российский рынок онлайн-микрозаймов как часть микрофинансового рынка складывался

в анализируемом периоде из двух сегментов: онлайн-PDL и онлайн-IL микрозаймы. К настоящему времени оба эти сегменты близки по своим размерам.

С точки зрения кредитных рисков, потенциальную угрозу нестабильности несут в себе онлайн-IL микрозаймы, поскольку:

а) в исследуемом периоде был временной отрезок накопления кредитных рисков 30.09–31.12.2021 г.;

б) в период 31.12.2022–31.03.2023 гг. произошло соединение двух тенденций: снижение значений доли микрозаймов онлайн-IL в общей сумме микрозаймов и рост доли в сумме задолженности по процентам по выданным онлайн-IL микрозаймам.

Существенную роль в повышенных кредитных рисках онлайн-IL микрозаймов играет финансовое состояние заемщиков и уровень его диагностики со стороны МФО.

Полагаем важным пояснить причины, по которым онлайн-PDL микрозаймы связаны с меньшей угрозой нестабильности для рынка микрофинансирования. Прежде всего это отсутствие в анализируемом периоде временных отрезков, свидетельствующих о накоплении чрезмерных кредитных рисков. Кроме того, по результатам анализа был определен временной отрезок, когда доля в сумме задолженности по процентам по выданным онлайн-PDL микрозаймам опустилась ниже «естественных» границ.

## 5. Обсуждение результатов

Резюмируя итоги исследования, считаем важным выделить две группы полученных результатов.

*Первая группа результатов* касается развития микрофинансового рынка и его онлайн-сегмента. Прежде всего результаты нашего исследования подтвердили доминирование к 31.03.2023 г. онлайн-микрозаймов на рынке микрозаймов населения (83 % по количеству договоров и до 72 % в общей сумме).

Новыми выводами в данной группе результатов стали следующие:

1) благодаря применению сглаживания временного ряда с помощью метода скользящих средних было зафиксировано зарождение нескольких пузырей онлайн-микрозаймов на микрофинансовом рынке. Наибольший из них зафиксирован 31.03.2021 г. и вызван реализацией отложенного спроса на микрозаймы после пандемии. При этом зарождение пузыря онлайн-микрозаймов 31.03.2021 г. было обусловлено увеличением выдач как онлайн-PDL, так и онлайн-IL микрозаймов. Тогда как формирование пузыря онлайн-микрозаймов 30.06.2022 г. – только ростом онлайн-PDL микрозаймов;

2) выявлено изменение структуры рынка онлайн-микрозаймов в анализируемом периоде: с начала анализируемого периода и до 30.09.2022 г. доля онлайн-PDL микрозаймов была выше, чем доля онлайн-IL микрозаймов, т. е. в онлайн-сегменте рынка микрозаймов физлицам доминировали сверхкраткосрочные займы – займы «до зарплаты». После 30.09.2022 г. и до конца анализируемого периода ситуация стала меняться, доли разных онлайн-сегментов практически сравнялись, разница между ними невелика, а значит, в онлайн-сегменте рынка микрозаймов физлицам в настоящее время основными являются два вида микрозаймов: онлайн-PDL и онлайн-IL.

Что касается значимости сделанных выводов в контексте стабильности микрофинансового рынка, то отметим следующее. Зарождение пузырей не являлось существенной угрозой стабильности рынка исходя из их размера и короткого срока существования. Изменение структуры рынка онлайн-микрозаймов после 30.09.2022 г. в пользу онлайн-IL может быть потенциально опасным, так как при работе с такими – среднесрочными – займами, требуется прогнозировать финансовое состояние заемщика на горизонте до полугода (в отличие от PDL-микрозаймов, с горизонтом

планирования до зарплаты); повышаются требования к качеству заемщика, а значит, сужается их потенциальное количество.

Вместе с тем регуляторные нововведения для МФО, вступившие в силу с 01.01.2023 г., наибольшим образом повлияли на онлайн-IL микрозаймы и стали причиной изменения их доли ниже «естественных» границ, что позволяет сделать вывод о предотвращении потенциальной угрозы стабильности микрофинансового рынка.

*Вторая группа результатов* относится к кредитному риску микрофинансового рынка и его онлайн-сегмента. Как мы отмечали выше, ракурс, связанный с анализом рисков рынка микрофинансирования, в том числе кредитных рисков, остается вне внимания исследователей. В связи с этим полученные результаты по этой проблематике, по нашему мнению, претендуют на новизну.

Так, в статье были выявлены и проанализированы возможные источники кредитного риска микрофинансового рынка, а именно: кредитная активность микрофинансовых организаций, непогашенная просроченная задолженность (NPL 90+), задолженность по процентам по выданным онлайн-микрозаймам.

По результатам статистического анализа было определено, что в исследуемом периоде уровень кредитной активности МФО сместился от повышенного к умеренному, кроме того, кредитная активность МФО не провоцировала чрезмерный рост кредитных рисков рынка микрофинансирования. Анализ показателя «Доля непогашенной задолженности микрофинансовых организаций, по которой выплата основного долга и процентов просрочена на 90 дней и более») выявил накопление чрезмерных кредитных рисков в период 31.03–30.06.22 г. Также определено, что с точки зрения кредитных рисков потенциальную угрозу нестабильности несут в себе онлайн-IL микрозаймы.

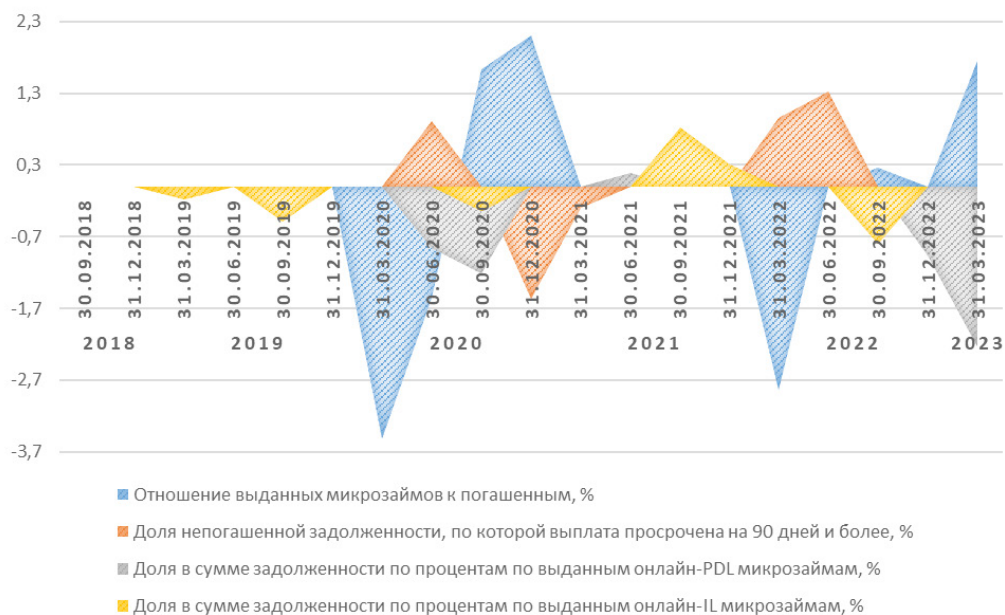
Таким образом с целью своевременного предотвращения кризисов на микрофинансовом рынке требуется мониторинг следующих показателей: непогашенная просроченная задолженность МФО и задолженность по процентам по выданным онлайн-ПД микрозаймам.

В целом выход значений показателей микрофинансового рынка за границы «зоны стабильности» происходил в периоды внешних шоков, а именно замедления экономической активности вследствие пандемии в 2020 г., а также применения внешних санкционных ограничений к российской экономике в 2022 г.

Считаем важным провести дополнительный анализ показателей кредитного риска микрофинансового рынка и его онлайн-сегмента, представив на временной шкале только критические отклонения (время возникновения и их размер) этих показателей (выход за верхнюю и нижнюю границы прогнозного интервала) (рис. 8).

Согласно данным рис. 8, вторая половина 2018 г. и 2019 г. были стабильными (с точки зрения кредитного риска) периодами развития микрофинансового рынка.

2020 г. и первый квартал 2021 г. – экономические последствия пандемии, локдауна и неопределенности существенно повлияли на микрофинансовый рынок. В первой половине 2020 г. снижение отношения выданных микрозаймов к погашенным ниже границ прогнозного интервала сопровождалось ростом непогашенной просроченной задолженности выше границ прогнозного интервала. Во второй половине 2020 г. по мере адаптации МФО и заемщиков физических лиц к экономической обстановке ситуация стала противоположной: отношение выданных микрозаймов к погашенным выросло больше верхней границы прогнозного интервала, а непогашенная просроченная задолженность сократилась за нижнюю границу прогнозного интервала.



**Рис. 8.** Результаты оценки кредитного риска микрофинансового рынка как выхода за границы прогнозного интервала (четыре ключевых показателя)

**Figure 8.** Assessing the microfinance market credit risk results as going beyond the forecast interval (four key indicators)



Отметим, что с точки зрения кредитного риска онлайн-сегмент микрозаймов проявил себя положительно: задолженность по процентам по выданным онлайн-микрозаймам опустилась ниже нижней границы прогнозного интервала.

2021 г. – восстановление микрофинансового рынка и возврат к допандемической динамике, с точки зрения кредитного риска, отмечается только ростом доли в сумме задолженности по процентам по выданным ПЛ-микрозаймам.

2022 г. и I квартал 2023 г. тоже можно считать кризисными: масштаб и количество санкционных ограничений изменили направления развития российской экономики. Что же касается кредитного риска микрофинансового рынка, то здесь отмечается картина схожая с кризисным 2020 г.: снижение отношения выданных микрозаймов к погашенным, а также задолженности по процентам по выданным онлайн-микрозаймам ниже границ их прогнозных интервалов, рост непогашенной просроченной задолженности выше верхней границы прогнозного интервала. Более того, на 31.03.2023 г. зафиксирован рост отношения выданных микрозаймов к погашенным больше верхней границы прогнозного интервала.

Анализ представленных данных позволяет сделать три предположения относительно изменения уровня кредитного риска российского микрофинансового рынка. Прежде всего очевидно, что этот рынок чувствителен к внешним негативным экономическим явлениям, способен к ним адаптироваться и возвращаться к докризисной динамике (эффект неваляшки).

Далее, полагаем, что выявленная при наступлении кризисов 2020 и 2022 гг. совокупность изменений показателей кредитного риска может повторяться и при будущих кризисах (при условии, что причины кризисов не связаны с микрофинансовым рынком). Так, с наступлением кризиса сокращается отношение

выданных микрозаймов к погашенным, а также задолженность по процентам по выданным онлайн-микрозаймам, при этом увеличивается непогашенная просроченная задолженность МФО. По мере адаптации к кризисным явлениям по истечении 2–4 кварталов показатели кредитного риска изменяются противоположным образом: рост отношения выданных микрозаймов к погашенным и сокращение непогашенной просроченной задолженности МФО.

И, наконец, если предположить, что описанная закономерность изменения кредитных рисков микрофинансового рынка справедлива, то можно ожидать, что во 2–3 кварталах 2023 г. на микрофинансовом рынке произойдет снижение доли непогашенной просроченной задолженности.

Таким образом, выдвинутая гипотеза исследования о том, что в периоды кризисов происходят отклонения уровней кредитных рисков рынка микрозаймов населению, включая его онлайн-сегмент, создающие угрозы финансовой нестабильности, подтвердилась.

Предложенный подход к оценке кредитного риска на рынке микрофинансирования в целом показал свою результативность. При этом ограничением использования результатов является длина временных рядов и набор показателей, представленных в открытых официальных данных, публикуемых Банком России с существенной задержкой во времени.

Касательно показателей мы полагаем важным обратить внимание на существующую потребность в расширении набора характеризующих микрофинансовый рынок показателей, агрегируемых регулятором и используемых для анализа, принятия управленческих решений и публичного обсуждения. В частности, предлагаем дополнить существующие показатели микрофинансового рынка следующими:

- 1) доля непогашенной задолженности, по которой выплата основного

долга и процентов просрочена на 30 дней (NPL30+), большая точность данного показателя для МФО в сравнении с NPL90+ обсуждалась в основных разделах статьи;

2) оборачиваемость заемщиков, данный показатель отражает частоту перехода заемщиков от одной МФО к другой и является косвенным индикатором кредитного риска.

Подробно последний показатель рассмотрен в работе Mia et al. [17]. Его интерпретация следующая: если МФО на рынке ориентированы на краткосрочную прибыль, то этот показатель растет, что свидетельствует об агрессивной кредитной политике, выдаче займов практически без учета платежеспособности, т. е. о нарастании кредитных рисков; если МФО ориентированы на долгосрочный денежный поток клиента, то показатель низкий, кредитные риски стабильны.

## 6. Заключение

В проведенном исследовании на основе анализа динамики кредитных рисков рынка микрозаймов населению, включая его онлайн-сегмент, с помощью метода экспоненциального сглаживания были выявлены отклонения уровней кредитных рисков, охарактеризована их опасность в контексте финансовой нестабильности.

Согласно полученным результатам, выявлено зарождение нескольких пузырей онлайн-микрозаймов на микрофинансовом рынке, которые тем не менее не являлись существенной угрозой стабильности рынка. Выход за границы «зоны стабильности»

происходил в периоды внешних шоков, а именно замедления экономической активности вследствие пандемии в 2020 г., а также применения внешних санкционных ограничений к российской экономике в 2022 г.

Апробация предложенного подхода к оценке кредитных рисков на микрофинансовом рынке показала, что потенциальную угрозу нестабильности несут в себе онлайн-ИЛ микрозаймы. В этой связи обоснована необходимость мониторинга следующих показателей: непогашенная просроченная задолженность МФО и задолженность по процентам по выданным онлайн-ИЛ микрозаймам.

Это дает основание утверждать, что цель исследования – на основе анализа динамики кредитных рисков рынка микрозаймов населению, включая его онлайн-сегмент, с помощью метода экспоненциального сглаживания выявить отклонения уровней кредитных рисков, создающих угрозы финансовой нестабильности – достигнута.

Теоретическая значимость полученных результатов состоит в том, что они раскрывают направления анализа кредитных рисков микрофинансового рынка, а также дополняют имеющиеся научные наработки в данной области за счет исследования сегмента онлайн-микрозаймов.

Практическая значимость заключается в возможности использования полученных результатов в пруденциальном регулировании микрофинансового рынка, в оценке рисков деятельности микрофинансовых организации и их клиентов – заемщиков физических лиц.

## Список использованных источников

1. Сорокин А.С. Моделирование оптимальных кредитных лимитов в микрофинансовых организациях // Экономический журнал ВШЭ. 2022. Т. 26, № 2. С. 285–306. <https://doi.org/10.17323/1813-8691-2022-26-2-285-306>
2. Управителей А.А. Ограниченная рациональность принятия решений пользователями онлайн-сервисов микрофинансовых организаций // Финансовый журнал. 2022. Т. 14, № 4. С. 134–147. <https://doi.org/10.31107/2075-1990-2022-4-134-147>

3. Цветков В.А., Дудин М.Н., Сайфиева С.Н. Проблемы и перспективы развития микрофинансовых организаций в Российской Федерации // Финансы: теория и практика. 2019. Т. 23, № 3. С. 96–111. <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2019-23-3-96-111>
4. Sonnekalb S. Microcredit market structure and financing obstacles for micro firms: Evidence from Eastern Europe and Central Asia // Economics of Transition. 2014. Vol. 22, Issue 3. Pp. 497–538. <https://doi.org/10.1111/ecot.12046>
5. Berlage L., Vasudeo N. Microcredit: from hope to skepticism to modest hope // Enterprise Development and Microfinance. 2015. Vol. 26, Issue 1. Pp. 63–74. <https://doi.org/10.3362/1755-1986.2015.007>
6. Эзрох Ю.С. Государственные (региональные и местные) микрофинансовые организации в России: текущее состояние, проблемы функционирования и пути их преодоления // Банковское дело. 2021. № 6. С. 26–35. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46191970>
7. Shahriar A.Z.M., Schwarz S., Newman A. Profit orientation of microfinance institutions and provision of financial capital to business start-ups // International Small Business Journal. 2016. Vol. 34, Issue 4. Pp. 532–552. <https://doi.org/10.1177/0266242615570401>
8. Краснов А.С. Сравнительный анализ методических подходов к анализу и моделированию денежных потоков микрофинансовой компании // Актуальные вопросы современной экономики. 2023. № 1. С. 463–470. <https://doi.org/10.34755/IROK.2023.74.97.085>
9. Durango-Gutiérrez M.P., Lara-Rubio J., Navarro-Galera A. Analysis of default risk in microfinance institutions under the Basel III framework // International Journal Finance and Economics. 2021. Vol. 28, Issue 2. Pp. 1261–1278. <https://doi.org/10.1002/ijfe.2475>
10. Kamarudin F., Senan K.A.M., M., Hussain I.H., Michalek J., Anwar N.A.M. Unveiling the impact of economic and political globalisation on the efficiency of microfinance institutions // Journal of International Studies. 2023. Vol. 16, No. 2. Pp. 34–56. <https://doi.org/10.14254/2071-8330.2023/16-2/2>
11. Soldátková N., Černý M. Microfinance in Sub-Saharan Africa: social efficiency, financial efficiency and institutional factors // Central European Journal of Operations Research. 2021. Vol. 30, Issue 2. Pp. 449–477. <https://doi.org/10.1007/s10100-021-00789-8>
12. Hermes N., Lensink R., Meesters A. Financial development and the efficiency of microfinance institutions // Research Handbook on Small Business Social Responsibility / edited by L.J. Spence, J.G. Frynas, J.N. Muthuri, J. Navare. Edward Elgar, 2018. Pp. 177–205. <https://doi.org/10.4337/9781784711825.00017>
13. Zamore S., Beisland L., Mersland R. Excessive Focus on Risk? Non-performing Loans and Efficiency of Microfinance Institutions // International Journal Finance and Economics. 2021. Vol. 28, Issue 2. Pp. 1290–1307. <https://doi.org/10.1002/ijfe.2477>
14. Luo J.H., Shen T. Credit Risk Evaluation of Micro-loan Companies on Soft Set // Proceedings of the International Conference on E-Business and E-Government (ICEE). IEEE, 2010. <https://doi.org/10.1109/ICEE.2010.287>
15. Кузнецова В.Ю. Нечеткий подход при кластеризации заемщиков микрофинансовых организаций // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2020. Т. 8, № 2. <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2020.29.2.031>
16. Евлахова Ю.С. Российские микрофинансовые организации: динамика развития и проблема вовлеченности в незаконные финансовые операции // Финансы и кредит. 2018. Т. 24, № 7. С. 1637–1648. <https://doi.org/10.24891/fc.24.7.1637>
17. Mia M.A., Banna H., Noman A.H.M., Alam M.R., Rana M.S. Factors affecting borrowers' turnover in microfinance institutions: A panel evidence // Annals of Public and Cooperative Economics. 2021. Vol. 93, Issue 1. Pp. 55–84. <https://doi.org/10.1111/apce.12325>
18. Navin N., Sinha P. Market Structure and Competition in the Indian Microfinance Sector // Vikalpa: The Journal for Decision Makers. 2019. Vol. 44, Issue 4. Pp. 167–181. <https://doi.org/10.1177/0256090919896641>

19. *Alimukhamedova N.* The microfinance promise – can it be kept? A macro perspective // *Development Policy Review*. 2018. Vol. 37, Issue 6. Pp. 812–842. <https://doi.org/10.1111/dpr.12412>
20. *Ерохин В.В.* Финансовые риски микрофинансовых организаций (зарубежный опыт) // *Экономика и управление: проблемы, решения*. 2021. Т. 2, № 11. С. 48–62. <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2021.11.02.008>
21. *Chikalipah S.* Credit Risk in Microfinance Industry: Evidence from Sub-Saharan Africa // *Review of Development Finance*. 2018. Vol. 8, Issue 1. Pp. 38–48. <https://doi.org/10.1016/j.rdf.2018.05.004>
22. *Eggert A.* Intangibility and Perceived Risk in Online Environments // *Journal of Marketing Management*. 2006. Vol. 22, Issue 5–6. Pp. 553–572. <https://doi.org/10.1362/02672570677978668>
23. *Kandie D., Islam Kh.J.* A new era of microfinance: The digital microcredit and its impact on poverty // *Journal of International Development*. 2022. Vol. 34, Issue 3. Pp. 469–492. <https://doi.org/10.1002/jid.3607>
24. *Hartoyo, Karambut F., Nurmalina R., Najib M.* The intention in online submission of micro credit // *European Research Studies Journal*. 2019. Vol. 22, Issue 3. Pp. 186–200. <https://doi.org/10.35808/ersj/1465>
25. *Wang B., Yu Y., Yang Z., Zhang X.* Microfinance institutions and Peer-to-Peer lending: What does microfinance competition bring? // *Pacific-Basin Finance Journal*. 2021. Vol. 67. P. 101557. <https://doi.org/10.1016/j.pacfin.2021.101557>
26. *Luo X., Ge L., Wang Ch.A.* Crowdfunding for microfinance institutions: the new hope? // *MIS Quarterly*. 2022. Vol. 46, Issue 1. Pp. 373–400. <https://doi.org/10.25300/MISO/2022/15406>
27. *Singh V.P., Bansal R., Singh R.* Big-Data Analytics: A New Paradigm Shift in Micro Finance Industry // *Advances in Data Science and Analytics: Concepts and Paradigms*. Edited by M. Niranjanamurthy, H.K. Gianey, A.H. Gandomi. Scrivener Publishing LLC, 2022. P. 275–291. <https://doi.org/10.1002/9781119792826.ch12>
28. *Dang T.T., Vu H.Q.* Fintech in Microfinance: a new direction for Microfinance institutions in Vietnam // *Journal of Business Economics and Environmental Studies*. 2020. Vol. 10, No. 3. Pp. 13–22. <https://doi.org/10.13106/jbees.2020.vol10.no3.13>
29. *Sai B.D.S., Nikhil R., Prasad Sh., Naik N.S.* A decentralised KYC based approach for microfinance using blockchain technology // *Cyber Security and Applications*. 2023. Vol. 1. P. 100009. <https://doi.org/10.1016/j.csa.2022.100009>
30. *Zhao S., Huang Y., Chen L., Wang C., Li S., Chen L., Pan G.* Loan Fraud Users Detection in Online Lending Leveraging Multiple Data Views // *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*. 2023. Vol. 37, Issue 4. Pp. 5428–5436. <https://doi.org/10.1609/aaai.v37i4.25675>
31. *Brown R.G.* Exponential Smoothing for Predicting Demand. Cambridge, Massachusetts: Arthur D. Little Inc., 1956. URL: <http://legacy.library.ucsf.edu/tid/dae94e00>
32. *Gardner Jr.E.S.* Exponential smoothing: the state of the art // *Journal of Forecasting*. 1985. Vol. 4, Issue 1. Pp. 1–28. <https://doi.org/10.1002/for.3980040103>
33. *Holt C.C.* Forecasting Seasonals and Trends by Exponentially Weighted Moving Averages // *International Journal of Forecasting*. 2004. Vol. 20, Issue 1. Pp. 5–10. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2003.09.015>
34. *Winters P.R.* Forecasting Sales by Exponentially Weighted Moving Averages // *Management Science*. 1960. Vol. 6, No. 3. Pp. 324–342. <https://doi.org/10.1287/mnsc.6.3.324>
35. *Makridakis S., Winkler R.* Averages of forecasts: Some empirical results // *Management Science*. 1983. Vol. 29, No. 9. Pp. 987–996. <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.29.9.987>
36. *Makridakis S., Andersen A., Carbone R., Fildes R., Hibon M., Lewandowski R., Newton J., Parzen E., Winkler R.* The accuracy of extrapolation (time series) methods: Results of a forecasting competition // *Journal of Forecasting*. 1982. Vol. 1, Issue 2. Pp. 111–153. <https://doi.org/10.1002/for.3980010202>

37. Lawrence M.J., Edmundson R.H., O'Connor M.J. An examination of the accuracy of judgmental extrapolation of time series // International Journal of Forecasting. 1985. Vol. 1, Issue 1. Pp. 25–35. [https://doi.org/10.1016/S0169-2070\(85\)80068-6](https://doi.org/10.1016/S0169-2070(85)80068-6)

38. Евлахова Ю.С., Алифанова Е.Н., Трегубова А.А. Паттерны поведения российских банков – ответ на финансовую активность населения в условиях макроэкономических шоков // Журнал Новой экономической ассоциации. 2021. №2 (50). С. 74–95. <https://doi.org/10.31737/2221-2264-2021-50-2-4>

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

### Евлахова Юлия Сергеевна

Доктор экономических наук, доцент, заведующая кафедрой финансового мониторинга и финансовых рынков Ростовского государственного экономического университета (РИНХ), г. Ростов-на-Дону, Россия (344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 69); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2561-6165> e-mail: [evlakhova@yandex.ru](mailto:evlakhova@yandex.ru)

### Трегубова Александра Александровна

Кандидат экономических наук, доцент кафедры статистики, эконометрики и оценки рисков Ростовского государственного экономического университета (РИНХ), г. Ростов-на-Дону, Россия (344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 69); ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4446-6622> e-mail: [alexandra\\_a\\_t@mail.ru](mailto:alexandra_a_t@mail.ru)

## БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-00590, <https://rscf.ru/project/23-28-00590/>

## ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Евлахова Ю.С., Трегубова А.А. Российский рынок онлайн-микрораймов населению: анализ кредитных рисков // Journal of Applied Economic Research. 2023. Т. 22, № 3. С. 710–738. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.029>

## ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 19 июля 2023 г.; дата поступления после рецензирования 10 августа 2023 г.; дата принятия к печати 17 августа 2023 г.

# Russian Market of Online Microloans to the Population: Credit Risks Analysis

Yuliya S. Evlakhova , Alexandra A. Tregubova  

Rostov State University of Economics,  
Rostov-on-Don, Russia

 [alexandra\\_a\\_t@mail.ru](mailto:alexandra_a_t@mail.ru)

**Abstract.** The credit bubble and the accompanying credit risks in the microfinance market could potentially threaten financial stability, as a crisis in the microfinance market could trigger an influx of high-risk clients into the banking sector. The purpose of the study is to assess the level of credit risk that creates threats of financial instability in the microloan market for the population, including its online segment. The hypothesis of the study is that during periods of crisis there are critical deviations of the key characteristics of the credit risk of the microloan market for the population, including its online segment. An original approach to assessing credit risk in the market of microloans to the population is proposed, which includes: (1) selection of indicators of the microfinance market that characterize credit risk at the macrolevel; (2) exponential smoothing models that make it possible to obtain an estimate of the boundaries of the corridor of acceptable values of market indicators. The information base of the study was the official statistical data of the Bank of Russia on the activities of microfinance institutions. The results of the study made it possible to identify the emergence of several “bubbles” of online microloans in the microfinance market: the largest of them was recorded on March 31, 2021, and was due to an increase in the issuance of both online PDL and online IL microloans, the second largest was recorded on June 30, 2022, and was caused exclusively by the growth of online PDL microloans. It was revealed that the level of credit activity of microfinance organizations shifted from high to moderate, while their credit activity did not provoke an excessive increase in credit risks of the microfinance market. In order to timely prevent crises in the microfinance market, the necessity of monitoring the values of outstanding overdue debts of microfinance organizations and interest arrears on microloans issued online IL is substantiated. The practical significance of the study lies in the possibility of using the results obtained in the prudential regulation of the microfinance market, in assessing the risks of the activities of microfinance organizations and their clients – individual borrowers. The theoretical significance of the study lies in the expanding of the analysis of credit risks in the microfinance market through the study of the segment of online microloans.

**Key words:** microfinance market; online microloans; risk; credit risk; exponential smoothing; risk assessment; financial instability.

**JEL** G21, C22

## References

1. Sorokin, A.S. (2022). Modelirovanie optimalnykh kreditnykh limitov v mikrofinansovykh organizatsiiakh (Modeling of optimal credit limits in microfinance organizations). *Ekonomicheskii zhurnal VShE (HSE Economic Journal)*, Vol. 26, No.2, 285–306. (In Russ.). <https://doi.org/10.17323/1813-8691-2022-26-2-285-306>
2. Upravitelev, A.A. (2022). Ogranichennaia ratsionalnost priniatiia reshenii polzovateliami onlain-servisov mikrofinansovykh organizatsii (Bounded rationality of decision-making by online microfinance organizations’ consumers). *Finansovyi zhurnal*, Vol. 14, No. 4, 134–147. (In Russ.). <https://doi.org/10.31107/2075-1990-2022-4-134-147>

3. Tsvetkov, V.A., Dudin, M.N., Saifieva, S.N. (2019). Problemy i perspektivy razvitiia mikrofinansovykh organizatsii v Rossiiskoi Federatsii (Problems and Prospects of Development of Microfinance Organizations in the Russian Federation). *Finansy: teoriia i praktika (Finance: Theory and Practice)*, Vol. 23, No. 3, 96–111. (In Russ.). <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2019-23-3-96-111>
4. Sonnekalb, S. (2014). Microcredit market structure and financing obstacles for micro firms: Evidence from Eastern Europe and Central Asia. *Economics of Transition*, Vol. 22, Issue 3, 497–538. <https://doi.org/10.1111/ecot.12046>
5. Berlage, L., Vasudeo, N. (2015). Microcredit: from hope to skepticism to modest hope. *Enterprise Development and Microfinance*, Vol. 26, Issue 1, 63–74. <https://doi.org/10.3362/1755-1986.2015.007>
6. Ezrokh, Iu.S. (2021). Gosudarstvennye (regionalnye i mestnye) mikrofinansovye organizatsii v Rossii: tekushchee sostoianie, problemy funktsionirovaniia i puti ikh preodoleniia [State (regional and local) microfinance institutions in Russia: Their current state, problems of microfinance and solutions]. *Bankovskoe delo [Banking]*, No. 6, 26–35. (In Russ.). Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46191970>
7. Shahriar, A.Z.M., Schwarz, S., Newman, A. (2016). Profit orientation of microfinance institutions and provision of financial capital to business start-ups. *International Small Business Journal*, Vol. 34, Issue 4, 532–552. <https://doi.org/10.1177/0266242615570401>
8. Krasnov, A.S. (2023) Sravnitelnyi analiz metodicheskikh podkhodov k analizu i modelirovaniu denezhnykh potokov mikrofinansovoi kompanii [Comparative analysis of methodological approaches to analysis and modeling of cash flows in a microfinance organization]. *Aktualnye voprosy sovremennoi ekonomiki (Topical issues of the modern economy)*, No 1, 463–470. (In Russ.). <https://doi.org/10.34755/IROK.2023.74.97.085>
9. Durango-Gutiérrez, M.P., Lara-Rubio, J., Navarro-Galera, A. (2021). Analysis of default risk in microfinance institutions under the Basel III framework. *International Journal Finance and Economics*, Vol. 28, Issue 2, 1261–1278. <https://doi.org/10.1002/ijfe.2475>
10. Kamarudin, F., Senan, K.A.M., M., Hussain, I.H., Michalek, J., Anwar, N.A.M. (2023). Unveiling the impact of economic and political globalisation on the efficiency of microfinance institutions. *Journal of International Studies*, Vol. 16, No. 2, 34–56. <https://doi.org/10.14254/2071-8330.2023/16-2/2>
11. Soldátková, N., Černý, M. (2021). Microfinance in Sub-Saharan Africa: social efficiency, financial efficiency and institutional factors. *Central European Journal of Operations Research*, Vol. 30, Issue 2, 449–477. <https://doi.org/10.1007/s10100-021-00789-8>
12. Hermes, N., Lensink, R., Meesters, A. (2018). Financial development and the efficiency of microfinance institutions. In: *Research Handbook on Small Business Social Responsibility*. Edited by L.J. Spence, J.G. Frynas, J.N. Muthuri, J. Navare. Edward Elgar, 177–205. <https://doi.org/10.4337/9781784711825.00017>
13. Zamore, S., Beisland, L., Mersland, R. (2021). Excessive Focus on Risk? Non-performing Loans and Efficiency of Microfinance Institutions. *International Journal Finance and Economics*, Vol. 28, Issue 2, 1290–1307. <https://doi.org/10.1002/ijfe.2477>
14. Luo, J.H., Shen, T. (2010). Credit Risk Evaluation of Micro-loan Companies on Soft Set. *Proceedings of the International Conference on E-Business and E-Government (ICEE)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICEE.2010.287>
15. Kuznetsova, V.Iu. (2020). Nechetkii podkhod pri klasterizatsii zaemshchikov mikrofinansovykh organizatsii (The fuzzy approach for clustering borrowers of microfinance organizations). *Modelirovanie, optimizatsiia i informatsionnye tekhnologii (Modeling, Optimization and Information Technology)*, Vol. 8, No. 2. (In Russ.). <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2020.29.2.031>
16. Evlakhova, Iu.S. (2018). Rossiiskie mikrofinansovye organizatsii: dinamika razvitiia i problema вовлеченности v nezakonnnye finansovye operatsii (Russian microfinance organizations: dynamics of development and the problem of involvement in illegal financial operations)

ganizations: Development trends and the problem of involvement in illegal financial transactions). *Finansy i kredit (Finance and Credit)*, Vol. 24, No. 7, 1637–1648. (In Russ.). <https://doi.org/10.24891/fc.24.7.1637>

17. Mia, M.A., Banna, H., Noman, A.H.M., Alam, M.R., Rana, M.S. (2021). Factors affecting borrowers' turnover in microfinance institutions: A panel evidence. *Annals of Public and Cooperative Economics*, Vol. 93, Issue 1, 55–84. <https://doi.org/10.1111/apce.12325>

18. Navin, N., Sinha, P. (2019). Market Structure and Competition in the Indian Microfinance Sector. *Vikalpa: The Journal for Decision Makers*, Vol. 44, Issue 4, 167–181. <https://doi.org/10.1177/0256090919896641>

19. Alimukhamedova, N. (2018). The microfinance promise – can it be kept? A macro perspective. *Development Policy Review*, Vol. 37, Issue 6, 812–842. <https://doi.org/10.1111/dpr.12412>

20. Erokhin, V.V. (2021). Finansovye riski mikrofinansovykh organizatsii (zarubezhnyi opyt) (Financial risks of microfinancial organizations (foreign experience)). *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniia (Economics and management: problems, solutions)*, Vol. 2, No. 11, 48–62. (In Russ.). <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2021.11.02.008>

21. Chikalipah, S. (2018). Credit Risk in Microfinance Industry: Evidence from Sub-Saharan Africa. *Review of Development Finance*, Vol. 8, Issue 1, 38–48. <https://doi.org/10.1016/j.rdf.2018.05.004>

22. Eggert, A. (2006). Intangibility and Perceived Risk in Online Environments. *Journal of Marketing Management*, Vol. 22, Issue 5–6, 553–572. <https://doi.org/10.1362/02672570677978668>

23. Kandie, D., Islam, Kh.J. (2022). A new era of microfinance: The digital microcredit and its impact on poverty. *Journal of International Development*, Vol. 34, Issue 3, 469–492. <https://doi.org/10.1002/jid.3607>

24. Hartoyo, Karambut, F., Nurmalina, R., Najib, M. (2019). The intention in online submission of micro credit. *European Research Studies Journal*, Vol. 22, Issue 3, 186–200. <https://doi.org/10.35808/ersj/1465>

25. Wang, B., Yu, Y., Yang, Z., Zhang, X. (2021). Microfinance institutions and Peer-to-Peer lending: What does microfinance competition bring? *Pacific-Basin Finance Journal*, Vol. 67, 101557. <https://doi.org/10.1016/j.pacfin.2021.101557>

26. Luo, X., Ge, L., Wang, Ch.A. (2022). Crowdfunding for microfinance institutions: the new hope? *MIS Quarterly*, Vol. 46, Issue 1, 373–400. <https://doi.org/10.25300/MISQ/2022/15406>

27. Singh, V.P., Bansal, R., Singh, R. (2022). Big-Data Analytics: A New Paradigm Shift in Micro Finance Industry. In: *Advances in Data Science and Analytics: Concepts and Paradigms*. Edited by M. Niranjnamurthy, H.K. Gianey, A.H. Gandomi. Scrivener Publishing LLC, 275–291. <https://doi.org/10.1002/9781119792826.ch12>

28. Dang, T.T., Vu, H.Q. (2020). Fintech in Microfinance: a new direction for Microfinance institutions in Vietnam. *Journal of Business Economics and Environmental Studies*, Vol. 10, No. 3, 13–22. <https://doi.org/10.13106/jbees.2020.vol10.no3.13>

29. Sai, B.D.S., Nikhil, R., Prasad, Sh., Naik, N.S. (2023). A decentralised KYC based approach for microfinance using blockchain technology. *Cyber Security and Applications*, Vol. 1, 100009. <https://doi.org/10.1016/j.csa.2022.100009>

30. Zhao, S., Huang, Y., Chen, L., Wang, C., Li, S., Chen, L., Pan, G. (2023). Loan Fraud Users Detection in Online Lending Leveraging Multiple Data Views. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, Vol. 37, Issue 4, 5428–5436. <https://doi.org/10.1609/aaai.v37i4.25675>

31. Brown, R.G. (1956). *Exponential Smoothing for Predicting Demand*. Cambridge, Massachusetts, Arthur D. Little Inc.. Available at: <http://legacy.library.ucsf.edu/tid/dae94e00>

32. Gardner, Jr.E.S. (1985). Exponential smoothing: the state of the art. *Journal of Forecasting*, Vol. 4, Issue 1, 1–28. <https://doi.org/10.1002/for.3980040103>

33. Holt, C.C. (2004). Forecasting Seasonals and Trends by Exponentially Weighted Moving Averages. *International Journal of Forecasting*, Vol. 20, Issue 1, 5–10. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2003.09.015>



34. Winters, P.R. (1960). Forecasting Sales by Exponentially Weighted Moving Averages. *Management Science*, Vol. 6, No. 3, 324–342. <https://doi.org/10.1287/mnsc.6.3.324>
35. Makridakis, S., Winkler, R. (1983). Averages of forecasts: Some empirical results. *Management Science*, Vol. 29, No. 9, 987–996. <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.29.9.987>
36. Makridakis, S., Andersen, A., Carbone, R., Fildes, R., Hibon, M., Lewandowski, R., Newton, J., Parzen, E., Winkler, R. (1982). The accuracy of extrapolation (time series) methods: Results of a forecasting competition. *Journal of Forecasting*, Vol. 1, Issue 2, 111–153. <https://doi.org/10.1002/for.3980010202>
37. Lawrence, M.J., Edmundson, R.H., O'Connor, M.J. (1985). An examination of the accuracy of judgmental extrapolation of time series. *International Journal of Forecasting*, Vol. 1, Issue 1, 25–35. [https://doi.org/10.1016/S0169-2070\(85\)80068-6](https://doi.org/10.1016/S0169-2070(85)80068-6)
38. Evlakhova, Yu.S., Alifanova, E.N., Tregubova, A.A. (2021). Patterny povedeniia rossiiskikh bankov – otvet na finansovuiu aktivnost' naseleniia v usloviakh makroekonomicheskikh shokov (Banks behavior patterns as a response to the population financial activity in the macroeconomic shocks in Russia). *Zhurnal Novoi ekonomicheskoi assotsiatsii (Journal of the New Economic Association)*, No. 2 (50), 74–95. (In Russ.). <https://doi.org/10.31737/2221-2264-2021-50-2-4>

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

### Yuliya Sergeevna Evlakhova

Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Financial Monitoring and Financial Markets Department, Rostov State University of Economics, Rostov-on-Don, Russia (344002, Rostov-on-Don, Bol'shaya Sadovaya street, 69); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2561-6165> e-mail: [evlakhova@yandex.ru](mailto:evlakhova@yandex.ru)

### Alexandra Aleksandrovna Tregubova

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Statistics, Econometrics and Risk Assessment Department, Rostov State University of Economics, Rostov-on-Don, Russia (344002, Rostov-on-Don, Bol'shaya Sadovaya street, 69); ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4446-6622> e-mail: [alexandra\\_a\\_t@mail.ru](mailto:alexandra_a_t@mail.ru)

## ACKNOWLEDGMENTS

The research was funded by the Russian Science Foundation, project No. 23-28-00590, <https://rscf.ru/project/23-28-00590/>

## FOR CITATION

Evlakhova, Yu.S., Tregubova, A.A. (2023). Russian Market of Online Microloans to the Population: Credit Risks Analysis. *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 22, No. 3, 710–738. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.029>

## ARTICLE INFO

Received July 19, 2023; Revised August 10, 2023; Accepted August 17, 2023.



## Collateralization of Artificially Inflated Stocks as a Way of Generating Profit – “Clean Cashback”

Maria O. Kakaulina , Alexander S. Wagner  

Financial University under the Government of the Russian Federation,  
Moscow, Russia

 [Wagner.Alexander.Sebastian@gmail.com](mailto:Wagner.Alexander.Sebastian@gmail.com)

**Abstract.** The issue of enrichment through artificially inflated stock prices has become especially significant in the past decade due to the increasing number of lawsuits filed against various publicly listed companies. The purpose of this study is to thoroughly examine the income generation process resulting from the collateralization of artificially inflated stocks and to assess the possible profitability of this operation for all parties involved. The research hypothesis is the possibility of an income-generating scheme based on the process of depositing overvalued securities of companies under securities-backed lines of credit offered by financial institutions around the world. The essence of the research procedure is a step-by-step study of two processes: capital round-tripping as a means of stock price inflation, and subsequent pledging of shares for a line of credit, and the application of the DuPont formula to calculate return on investment. The main results indicate that the potential beneficiary's cashback could reach approximately 180% of the initial investment, subject to a four-fold increase in share price. Bank profitability ranges from 28.6% in the worst-case scenario to around 80% in the best case scenario for this credit transaction. The theoretical and practical significance lies in the introduction and definition of the term “Clean Cashback” for scientific research, the visualization of the income generation process, and the development of a methodology to calculate profitability for all participants involved. One additional avenue for future research is examining the stock market's reaction to the collapse of inflated stock prices, considering the time lag before margin calls.

**Key words:** clean cashback; securities-backed line of credit; capital round-tripping; return on investment; foreign direct investments; market manipulation; margin call.

JEL G11, G12, G14, G15

### 1. Introduction

The capital round-tripping (CRT) process is not new and has been actively studied by various groups of scientists for many years. However, the idea of sky-high stock valuations as a result of the process described deserves special attention because it is essentially a fraud scheme that may have negative consequences for the financial market as a whole. The company's shares appear to be strongly overvalued, and sooner or later, their prices start to decline rapidly. Promoters may use entities based

in offshore jurisdictions to evade disclosure requirements related to promoter (insider) shareholding, which makes manipulations of the stock prices of listed companies possible.

In addition, the company uses a specific instrument to obtain income: it pledges shares of its inflated stock for loans.

A logical question arises: is there any way to determine whether the company is involved in the processes described above? An indicator of a company's massive use of securities-backed lines of credit (SBLOC)

is that it becomes deeply overleveraged. However, this can only be detected through a detailed study of a company's financial statements. Maintaining elevated leverage may be justified by the company's various plans, such as its expansion plan. It is important to note that there is a practice of breaching certain debt obligations, because of which lenders could declare an event of default, accelerate repayments, or trigger cross-defaults on other arrangements. If no additional collateral is available, the lender could require the forced liquidation of shares (margin call).

Paradoxically, the borrowing company benefits from this because liquidation is in fact part of a well-planned and well-thought-out fraud scheme. Another indicator could be that this company is a family business that is largely controlled by family members, creating a ripe environment for unilateral and non-transparent financial decisions.

The study of this process is relevant at the present time in connection with the investigation of the largest con in corporate history "allegedly" pulled by Adani Group<sup>1</sup>. This is not the only case of accounting fraud, stock manipulation, decadence, and money laundering in Adani taking place over the course of the last decades. For instance, according to the Hindenburg research report, Icahn Enterprises also follows that road as far as its stocks may be overvalued and pledged for margin loans<sup>2</sup>.

In recent years, algorithmic-based market manipulation with stock price has considerably increased, and it is difficult to identify all such manipulation cases. This causes serious challenges for market regulators. Some authors compile different indicators for detecting

manipulation in the stock market, utilizing the perspectives of return rate, liquidity, volatility, market sentiment, closing price, and firm governance [1].

In addition, findings by some scholars suggest that the frequency and magnitude of stock market manipulation increase during periods of natural disasters [2]. Thus, the problem is currently exacerbated by the occurrence of many natural disasters around the world, including floods, earthquakes, droughts, landslides, and forest fires.

*The hypothesis of our study* is the possibility of an income-generating scheme based on the process of depositing overvalued securities of companies under securities-backed lines of credit.

*The purpose of this study* is to explore in detail the income generation process resulting from collateralization of artificially inflated stocks and to determine the possible profitability for all participants involved.

This goal predetermined the following *tasks*:

1) Description of the process of capital round-tripping to offshore financial centers (OFCs) and back in the form of foreign direct investments (FDI).

2) Description of the securities-backed lines of credit mechanism.

3) Visualization of the general scheme of income generation for an individual company as a result of both processes described with the introduction of the new term "clean cashback".

4) Calculation of several indicators reflecting the suspected profitability of the scheme under consideration for both the beneficiary company and the commercial bank.

As a scientific novelty, we can highlight the development of methods for assessing the possible gain of the company because of using loans against the pledge of inflated shares ("Clean Cashback") and for calculating the related bank profitability.

Note that it is not possible to calculate the financial effects based on specific

<sup>1</sup> Adani Group: How the World's 3rd Richest Man Is Pulling the Largest Con in Corporate History. Hindenburg Research. January 24, 2023. Available at: <https://hindenburgresearch.com/adani/>

<sup>2</sup> Icahn's Latest Disclosures Raise Critical New Questions About Margin Loans, Continued Portfolio Losses. Hindenburg Research. May 11, 2023. Available at: <https://hindenburgresearch.com/icahn-response/>

data for individual companies; therefore, in this article, we provide an approximate calculation of the financial effects for both the beneficiary company and the commercial bank.

*The content of the article* is structured as follows. At the beginning we describe in detail the process of CRT, considering its possible consequences and examples of the use of such practices by various companies. Then we answer the question: What is an SBLOC? We also spell out its main benefits for the client and examine this process using the real-life example of J.P. Morgan Chase (JPM). The maximum SBLOC rates outlined in The Bancorp’s Commitment Letter are also presented here. After, based on the graphical

method (data visualization method), we present the income generation process, which includes both previously described processes. Then we develop the author’s methodology for calculating the potential gains of the beneficiary and the bank. Return on investment (ROI) analysis is the foundation for our calculations. The ROI measure, or DuPont formula, was developed and expanded by Donaldson Brown in 1914 [3].

## 2. Literature Review

The scientific literature contains numerous studies dealing with round-tripping FDI. The problems and ways to address them presented in the current literature are summarized in Table 1.

Table 1. Overview of existing research on capital round-tripping and its relationship with OFCs and FDI

Author/source	Problematic issues	Results
Päivi Karhune et al. [4]	Presently, there is little discussion of the ethical implications of such round-trip FDI activities.	Conceptualization of round-tripping as institutional arbitrage, identification of determinants, and ethical implications of investments in OFCs. The authors found that there is greater demand for OFCs that offer a combination of tax and secrecy, or secrecy and property rights arbitration capabilities. They also indicated that deeming OFC investment as unethical behavior is too narrow an explanation in the case of an emerging economy round-tripping, because such investments may in fact provide benefits to society.
Macroeconomics and Fiscal Management Global Practice Group. Dilek Aykut et al. [5]	There is a dearth of research into what kind of legislative measures should be taken to reduce round tripping activity and mitigate its effects in developing countries.	The authors reviewed in detail several well-documented cases of round-tripping corridors in emerging and developing countries and paid special attention to Russia. They revealed that the most important policy measure to reduce round-tripping activity and mitigate its impact is to improve the business environment inside the country for all firms. This can foster domestic and foreign investment and may, to some extent, also curb foreign direct investment round-tripping. They suggested while all indirect foreign direct investment flows be closely monitored, something that is best conducted in cooperation with international partners.

Продолжение табл. 1

Author/source	Problematic issues	Results
Overseas Development Institute. Paddy Carter [6]	Few scholarly studies have examined the implications of banning the use of OFCs as a destination for development finance institutions' (DFI) investments on behalf of developing countries.	Formulation of consequences of the possible refusal of DFIs to direct their investments through the OFCs, such as minor impact on the taxing rights of developing countries and the quantity of investment that DFIs can conduct in developing countries. It was recommended that DFIs find ways of using OFCs for their non-tax merits without obtaining tax benefits. The best solution would be for all countries to review and renegotiate their bilateral tax treaties and their domestic legislation governing the taxation of foreign investors. DFI shareholders can provide technical assistance here.
Xiao Geng [7]	Few studies include a country-specific assessment of the scale of such a new form of FDI as 'round-tripping' FDI.	The author provided one of the very few estimates of the magnitude of this form of FDI to the People's Republic of China (PRC) and suggested it is most likely around 40% of recorded flows. Estimation was conducted based on the data from six source regions, which have published their own independent statistics on FDI to the PRC. Motives for round-tripping in the case of PRC are explored, and it is suggested that these extend beyond the receipt of tax breaks and encompass efficiency concerns.
Svetlana Ledyeva et al. [8]	Insufficient study of various factors that determine the fraction of round-trip investment in total foreign investment into different territories.	The authors examine differences in round-trip investment strategies for firms of different sizes operating in different industries. It was found that the share of round-trip investment in total foreign investment is significantly higher in corrupt and resource-rich regions of Russia than the share of genuine foreign investment. Moreover, round-trip investors, compared to genuine foreign investors, are more reluctant to invest in regions with a higher level of skilled labor and use seaports. This fact indicates that round-trip investment is less technologically advanced.
Svetlana Ledyeva et al. [9]		Based on empirical analyses, it was concluded that the two main determinants of round-trip investment are onshore corruption and offshore secrecy.
Daniel Haberly, Dariusz Wójcik [10]		Geographical, historical, and political factors determining offshore FDI were identified. The authors demonstrated that offshore FDI is equally likely to occur in both developed and developing economies. From a historical

## Окончание табл. 1

Author/source	Problematic issues	Results
Daniel Haberly, Dariusz Wójcik [10]	Insufficient study of various factors that determine the fraction of round-trip investment in total foreign investment into different territories.	perspective, the paper shows that offshore FDI links are particularly strong between former and current colonies and their metropolises. Politically, a hierarchical organization of offshore finance emerged, in which some OFCs of the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) became the main beneficiaries and the weakest and most marginal OFCs became the main losers.
Jason C. Sharman [11]	Compliance with the prohibition on anonymous shell companies' participation in global financial and banking networks is not yet fully understood.	The data presented here suggests the possibility that small island offshore centers have standards of corporate transparency and disclosure that are higher than in large OECD countries such as the United States and the United Kingdom. Rules prohibiting anonymous organizations from using the international banking system are better enforced in those countries.

Source: Author's Own formulation

All existing publications on the effects of FDI can be divided into three groups, depending on the attitude towards the FDI phenomenon in general.

Earlier publications focused on the fact that FDI can have a positive effect on the volatility of stock prices and that the fraudulent financial and tax practices that may be behind such investments, common among large multinationals, are either undiscussed or unknown.

For example, López-Duarte & García-Canal [12] found that the stock market's response to FDI depends on the interaction between the entry mode and location of the investment, the investor's personality, and the investor's international experience. “It will be observed that the average abnormal return associated with FDIs is 0.27 % on the day of the announcement (99 % statistical significance), although such an average abnormal return reaches 0.39 % in some accumulation windows” [12, p. 407].

Alawi [13] considered the volatility of stock prices in the Saudi market a dependent variable. The results show that foreign direct investment had a positive effect on

stock price volatility (coefficient value = 0.001).

More recent publications have focused on identifying cross-country flows with the largest round-trip investments, using statistics on inflows and outflows of direct investments around the world.

For instance, Afrăsinei [14] determined that two of the top three countries with the largest amount of direct investment were the Netherlands and Luxembourg. Many offshore jurisdictions have a higher level of direct investment than some G8 countries. Moreover, the results are similar for both inflows and outflows of direct investment, which means that there is a round tripping of capital.

It was found by Repousis et al. [15] that the movement of huge amounts of capital into or through the Cypriot financial system is a phenomenon that has not been eliminated despite apparently numerous and varied legislative provisions and initiatives. Illegal capital outflows have increased over the years. Russian investors, as key fund-transporters in Cyprus, have intensified tax evasion using methods such as round-tripping, especially after

the Russian “de-offshorization” law came into force on January 1, 2015. The Cypriot financial system, with its ability to create companies with trust status, low taxes, and the “discretionary” behavior of its lending institutions, has an enabling environment for the phenomenon described.

The third group of publications is the most recent, whose authors tend to denounce the downsides of FDI when looking at pass-through or phantom investment, with signs of round-tripping in secrecy jurisdictions.

Mantilla [16] analyzes some aspects of FDI in terms of illicit financial flows and concludes that “FDI round-tripping can be a mechanism used by high-net-worth individuals to benefit from FDI incentives, encourage capital flight, and exert political power over economic policy decisions to obtain greater profits” [16, p. 41].

Couet [17] supposes that round-tripping investors should not be entitled to the treatment afforded to foreign investors under the Investment Laws and Investment Contracts. In some circumstances, round-tripping investments may provide a host state with positive effects normally associated with typical FDI. These rare cases are no reason for investment laws to provide round-tripping investors with the protection afforded to foreign investors.

The next block of publications relevant to the topic of our study are publications on market manipulation in general. Note that in these publications, the process of market manipulation does not necessarily involve the withdrawal of capital abroad and its subsequent entry into the country. These studies predominantly consider the overpricing of shares because of circular trading a significant number of shares to artificially increase prices.

Market manipulation became widespread as an object of scientific research in the 1980s and 1990s. Among the earliest publications on the subject, we can single out the work of Poser [18]. It was mentioned in his study that stock market manipulation was a severe felony at least

as far back as the eighteenth century, and it still happens today. It is a significant infraction because, by manipulating the public’s perception of the value of securities, it undermines or destroys the integrity of the markets. Thus, manipulation may not only defraud investors by tricking them into purchasing or selling assets at fictitious prices, but it may also harm markets in much more extensive ways.

Cherian & Jarrow [19] considered types of market manipulation trading strategies, backing it all up with models and concrete examples. They have also briefly illustrated the possibility of additional market manipulation in the derivatives markets.

Masciandaro [20] raises the issue of eliminating market manipulation through the adoption of new regulations. In his view, the main challenge is that lawmakers must choose between protecting the economy by implementing effective regulations and not burdening financial institutions too much with the cost of compliance. The strictness of regulation depends on how much damage money laundering causes and how much it costs to regulate.

Among the more recent publications is that of Lazonick [21], who postulated that the rationale frequently presented to support open market repurchases contradicts factual evidence and logical reasoning. Corporate executives frequently contend that share repurchases represent investments in undervalued securities, functioning as measures of investor confidence in the company’s future based on the success of its stock price. Because it doesn’t participate directly in the trade but instead has an intermediary manage the buyback transaction, a shell firm may benefit from this aspect. However, when the money is removed from the national economy’s circulation, the damage is actually more severe.

The most recent publications include a scientific paper by Fox et al. [22], who described naked open market manipulation as a “manipulative trading practice characterized by the purchase of

a significant number of shares in order to artificially drive up prices” and recognized that “naked open market manipulation is an illegal practice, as it distorts market prices and undermines the fairness and integrity of the financial system” [22, p. 74].

Carol & Cumming [23] concluded that it can be difficult from a regulatory and legal perspective to distinguish between ethical trade practices and unlawful fraud and manipulation. In order to decide if trading activity crosses the line into fraudulent manipulation, regulatory authorities must carefully evaluate the existence of consistent and repeating patterns together with other pertinent factors. Differentiating between legitimate trading methods and manipulative acts necessitates a careful analysis and consideration of numerous aspects.

Khodabandehlou & Golpayegani [24] have conducted a systematic assessment of the research on detecting market manipulation from 2010 to 2020, and the 52 most important studies were examined, reviewed, and thoroughly analyzed. The definitions and taxonomies of trade-based manipulation, the objectives, the problem investigated, the methodology, the strengths and weaknesses, the suggested solutions, the data mining approaches, categories, and techniques, as well as the various types of manipulations and anomalies investigated, as well as the suggested future research, have all been reviewed in the selected studies.

In addition, various aspects related to overvalued shares have been studied in different periods by such scholars as Kao et al. [25], Jiang et al. [26], Lev & Wu [27] and Dong et al. [28].

The last block of publications relevant to the topic of our study are publications on stock pledging and abnormal returns.

Gui et al. [29] postulate that “individual shareholders’ stock-pledge announcements often release a signal for financing, thus causing abnormal stock-price fluctuations.” They also demonstrate that before the commitment date, abnormal returns on stock prices collapse. But following the vow,

the stock price almost never experiences negative anomalous returns.

The study of Shi et al. [30] concludes that share pledges by controlling shareholders reduce the usefulness of earnings. When share pledging significantly alters the incentives of controlling shareholders and when it signals a firm’s poor future performance more strongly, the negative effects are more pronounced.

According to the study of Deshui et al. [31], controlling shareholders get more enthusiastic about pledging shares and their scope increases when the share price is overvalued. Further investigation revealed that as the level of share price overvaluation rises, controlling shareholders’ enthusiasm and the size of their share promise both dramatically increase.

Zhou et al. [32] have discovered that pledged enterprises exhibit much higher future stock price crash risk than their non-pledged counterparts during the controlling shareholder share-pledging period. Additionally, compared to the benchmark periods for shareholders’ own pre- and post-pledging, the risk is larger during this time.

In this review of empirical studies, no theoretical studies have described in detail the mechanism of boosting a company’s share price due to capital round-tripping to OFCs and back in the form of FDI.

Moreover, no empirical studies estimate the possible gain (“clean cashback”) for a company from the inflated stock prices resulting from the use of security-based loans backed by those stocks. In addition, no publication includes the calculation of suspected profitability for commercial banks, which arises from the process of capital round-tripping and the inevitable liquidation of the borrower’s portfolio, which will be initiated by the lending bank in the event of a market downshift.

### 3. Methods

The operation of “capital round-tripping to offshore financial centers and back in the form of FDI as an illegal



way to boost a company’s share price to deposit them as securities-backed lines of credit” mainly consists of two different interconnected processes.

First, an increase in the price of a stock is necessary; this is commonly known as capital round-tripping and is mostly done with offshore financial centers (to obtain as much privacy as possible). The beneficiary holds an “N-amount” of issued stocks of “Company-XYZ” (that are gaining more and more value due to CRT).

Secondly, to cash out the inflated obligations by using securities-backed lines of credit.

Methodology for calculating the beneficiary’s and the bank’s potential gains.

The first step is to calculate the indicators, which reflect the potential gain for the beneficiary. The first calculated indicator is the “Value of initial investment after circular trading”:

$$CTVI_i = I_i \times \%RI, \quad (1)$$

where  $I_i$  – an initial investment,  $\%RI$  – a rate of increase.

The next calculated indicator is “Clean cashback value”:

$$CCBV = CTVI_i \times \%CL, \quad (2)$$

where  $\%CL$  – a rate of credit line.

Next, we calculate the “return on investment” for the beneficiary using the formula:

$$ROI = \frac{CCBV}{I_i} \times 100. \quad (3)$$

The next couple of indicators reflects the potential gain for the bank. The first is “bank profit through loan liquidation”:

$$BPTLL = \frac{(CTVI_i \times (1 - \%CL) - (CTVI_i \times \%IM))}{(CTVI_i \times \%IM)} \times 100 \quad (4)$$

where  $\%IM$  – an instant margin call rate.

The last step is to calculate the “bank profitability rate through loan liquidation” using the following formula:

$$BPTLL = \frac{(CTVI_i \times (1 - \%CL) - (CTVI_i \times \%IM))}{(CTVI_i \times \%IM)} \times 100 \quad (5)$$

Due to the diversity of this financial transaction, industry-standard rates have been used in this calculation as it is not possible to obtain accurate data due to the complexity and lack of transparency.

## 4. Results

### 4.1. How Does Round-Trip Trading Work?

In tax havens, the vast majority of FDI flows do not go into projects based in the country. Instead, they are redirected back to the source country, a process known as “round-tripping”<sup>1</sup>.

Round-trip trading, or “round-tripping”, is the unethical activity of repeatedly buying and selling shares of the same securities to deceive spectators into thinking the security is more in demand than it is. Round-tripping can also obstruct technical analysis that uses volume data by faking trade volume<sup>2</sup>.

When compared to day traders’ or regular investors’ legal open and close transactions, this type of churning activity is very different. In the end, every investor makes a full circle when they purchase and then sell securities.

According to The Wall Street Journal (WSJ), round-tripping, often referred to as round-trip deals or Lazy Susans, is a type of barter in which a corporation sells “an unused asset to another company while at the same time agreeing to buy back the same or similar assets at about the same price”<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Miles, T. (2013). Global investment falters but tax havens prosper, UN finds. Reuters. URL: <https://www.reuters.com/article/us-tax-havens-idINBRE95P12820130626>

<sup>2</sup> U.S. Securities and Exchange Commission. “SEC v. Andrew S. “Fastow.” (2002). URL: <https://www.sec.gov/litigation/complaints/compl17762.htm>

<sup>3</sup> Cohen, L.P., Angwin, J. (2002). Investigators Focus AOL Probe on Alleged ‘Round-Trip’ Deals. Wall Street Journal. URL: <https://www.wsj.com/articles/SB1029704211820792555>

The substance-over-form accounting principle is broken when assets are exchanged in a round-trip transaction because there is no net economic substance produced, yet the transactions may be falsely recorded on the books of the parties involved as a series of profitable sales and beneficial purchases [6]. The businesses seem to be expanding and quite busy, yet the round-tripping industry does not bring in any money but just inflates the stock<sup>1</sup>.

As a result of this instance, the recipient is profiting not from the sale but from the liquidation of shares (usually through shell companies).

Consequently, for the liquidation to be profitable, the beneficiary should own many shares in the company. Round-tripping was essential in temporarily increasing the market capitalizations of energy traders such as Enron, CMS Energy, Reliant Energy, Dynegy, and financial services company Wirecard.

In international contexts, round-tripping is a form of arrangement to evade taxes and launder dirty money [33].

## 4.2. What are SBLOCs?

### 4.2.1. Explanation of SBLOCs

The determination of the variable and fixed interest rate tiers for an SBLOC account is based on the maximum drawing power of the loan as indicated in the Bancorp’s commitment letter (the commitment amount), the sum of the Wall Street Journal Prime Rate (WSJP), and the applicable margin.

Borrowers can revolve the credit line, giving them the flexibility to repay the line without early prepayment penalties. There is no minimum draw amount, and there is no time limit to make an initial draw on the line. In addition, clients with a variable rate can convert to a 36-month fixed rate at any

time during the life of the loan at no cost.

Your bank decides how much can be borrowed. However, you might be able to access up to 50% of the total value of your investment.

The idea that you can only utilize the stock in your brokerage portfolio as security for SBLOCs is a common one. Bonds, mutual funds, exchange-traded funds (ETFs), or money market funds all contribute to the available loan value, so you can use a variety of products as collateral for a loan.

A dollar-for-dollar loan won’t be given due to the market’s volatility; however, 60% to 70% of the value of the securities portfolio may be used as collateral, according to Teigen<sup>2</sup>, chief investment officer and certified financial planner at Stockton, California-based FinDec.

Equities typically have advance rates between 50 and 65 %, corporate bonds between 65 and 80 %, and US Treasury bonds around 95 %<sup>3</sup>. However, the rates might vary from provider to provider.

A line of credit secured by securities may be a useful addition to a portfolio of investments due to the following advantages:

1. Fiscally adaptive. Access funds quickly for a variety of purposes, such as satisfying significant financial obligations or seizing opportunities.
2. Cost-effective. There are no startup costs, and you simply pay interest on the cash you use, which is frequently less than other financing choices.
3. Conceivably tax efficient.

<sup>2</sup> Tiffany Lam-Balfour, Connor Emmert. (2022). Using Stocks as Collateral Loans: Securities-Based Lines of Credit. NerdWallet. URL: <https://www.nerdwallet.com/article/investing/securities-based-line-of-credit>

<sup>3</sup> Investor Alert: Securities-Backed Lines of Credit. (2015). U.S. Securities and Exchange Commission. URL: <https://www.sec.gov/oia/investor-alerts-and-bulletins/sbloc#:~:text=It's%20not%20uncommon%20for%20a%20paid%2Dfor%2C%20cash%20accounts>

<sup>1</sup> McCrum, D., Palma, S. (2019). Executive at Wirecard suspected of using forged contracts. Financial Times. URL: <https://www.ft.com/content/03a5e318-2479-11e9-8ce6-5db4543da632>

An SBLOC may be set up in a tax-efficient manner, allowing for more efficient growth and asset preservation. The interest paid on borrowed funds used to buy taxable investments can be deducted from your investment expenditures if you itemize your deductions. Included in this are the interest payments on loans taken out to purchase investment property and stock on margin.

4.2.2. The process of SBLOCs

The total lending value of the securities in your account is available for borrowing by the client. The amount that JPM is prepared to loan against an asset is expressed as a lending value, which is a portion of each security’s market value. Without warning, lending values may vary.

Lending value comes in two varieties.

The maximum amount that could be borrowed against your portfolio is known as the initial lending value (ILV). ILV affects how much of your line you can draw from and whether you can release or exchange collateral.

The maintenance lending value (MLV) specifies how much equity you must keep in your portfolio in the absence of a release or replacement of collateral. Therefore, a

market decline may not immediately result in a margin call. Typically, a security’s MLV is greater than its ILV. J.P. Morgan determines MLVs up to regulatory thresholds.

At first glance, this may seem very complex, so there is a very simple explanation in the form of a table on the JPM homepage comparing two clients.

“Client A”, who is not using a line of credit, and “Client B”, who is using a line of credit (Figure 1).

In both cases, a \$10,000,000 portfolio and a \$3,000,000 debt are assumed.

In the first case, Client A sells securities worth \$3,000,000. During the time under review, the remaining \$7,000,000 in the portfolio made \$483,000 in profit.

Client B uses a line of credit to pay the \$3,000,000 in the second column. Over the same time, his \$10,000,000 portfolio earns a return of \$690,000 without any changes. Client B still makes \$631,500 after fees and interest, which is \$148,500 (31%) more than Client A did.

To be fair, this example from the official JPM website is quite accurate, but it is a bit unclear whether the whole 10 million portfolio backs 3 million of credit from 5 million to 7 million because the

	Client A Not using a line of credit	Client B Using a line of credit
Balanced portfolio	\$10,000,000	\$10,000,000
Liquidation amount	\$3,000,000	\$0
Remaining investment	\$7,000,000	\$10,000,000
<b>Total portfolio return</b>	<b>\$483,000</b>	<b>\$690,000</b>
Total loan cost	\$0	(\$58,500)
<b>Net portfolio return</b>	<b>\$483,000</b>	<b>\$631,500</b>
<b>VALUE ADDED BY USING A LINE OF CREDIT</b>		<b>\$148,500</b>

Rather than liquidating investments, a line of credit was used to cover unexpected liquidity needs

Figure 1. Borrowing vs. Liquidating Portfolio Holdings: Which Strategy Should You Consider?

Source: [JPMorgan Chase & Co. \(“JPM”\)](#)

actual lending amount for a portfolio this size should be 5 million to 7 million (50% to 70%).

#### 4.2.3. About SBLOC rates

The maximum drawing power of the loan, as stated in The Bancorp’s Commitment Letter (Commitment Amount), is calculated by adding the WSJP, the applicable margin, and the maximum drawing power of the loan. This determines the variable and fixed interest rate tiers for an SBLOC account.

Depending on the provider, the credit line can be revolved by the borrower, giving them the freedom to repay it without being penalized for early prepayment. There is no time limit or minimum draw quantity for the initial draw on the line. Additionally, clients with variable rates have the free option to switch to a 36-month fixed rate at any time during the loan’s term. Possible fares are shown in Table 2.

Advance rates (maximum percentages) are presented in Table 3.

Table 2. Variable and fixed interest rate tiers for an SBLOC account

Commitment Amount (Maximum Drawing Power), doll	Variable Rate Calculation, %	36-Month Fixed Rate Calculation, %
100 000 – 249 999,99	WSJP – 0,25%	WSJP + 1,00%
250 000 – 499 999,99	WSJP – 0,50%	WSJP + 0,75%
500 000 – 999 999,99	WSJP – 0,75%	WSJP + 0,50%
over 1 000 000	WSJP – 0,75% (If The Bancorp Bank, N.A. (“Bank”) receives supporting paperwork for a superior offer, negotiated pricing may be possible)	WSJP + 0,50% (If The Bancorp Bank, N.A. (“Bank”) receives supporting pa- perwork for a superior offer, ne- gotiated pricing may be possible)

Source: SEICAA – SBLOC Interest Rate Information. (2023). Banking services provided by: The Bancorp Bank, N.A. Member FDIC

Table 3. Advance rates (maximum percentages) for different categories of collateral

Type of collateral	Advance Rate, %
Equities	50
Mutual Funds & ETFs	50
Muni and Corp bonds	80
Investment Grade Funds & ETFs	80
Treasuries	90
Cash	100

Source: SEICAA – SBLOC Interest Rate Information. (2023). Banking services provided by: The Bancorp Bank, N.A. Member FDIC

Collateral-based borrowing is not for everyone, and financial experts should evaluate a client’s comprehension of the risks involved. Clients should consult with a tax expert for any tax-related issues and an attorney for any legal issues, as the bank does not provide investing, tax, or legal advice.

As of January 2023, publicly traded stocks listed on a major U.S. exchange with a daily price above \$5 per share that account for no more than 40% of the collateral value (concentrated positions) are acceptable assets for collateral-based borrowing<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> SEICAA – SBLOC Interest Rate Information. (2023). Banking services provided by: The Bancorp

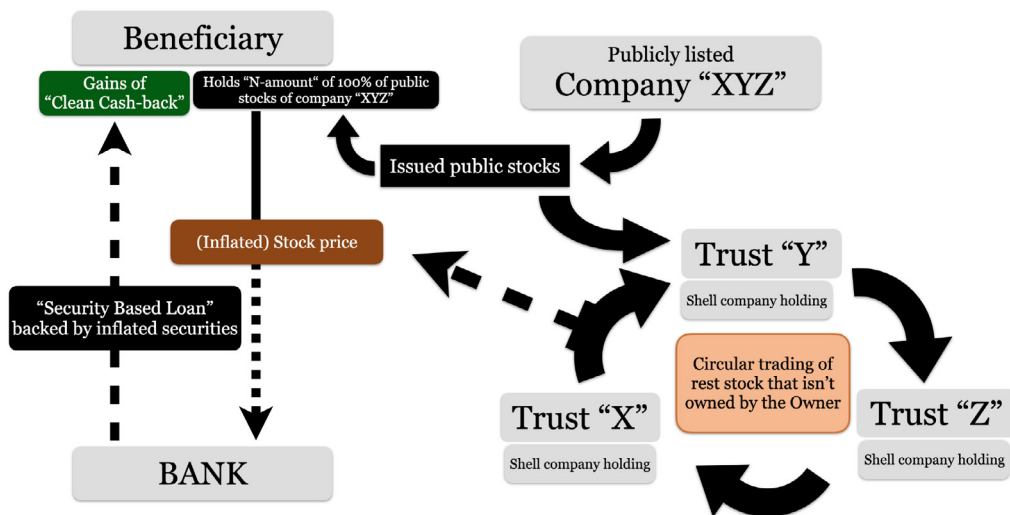


Figure 2. Income generation process

Source: Author's Own

Restricted and controlled shares, assets held in a retirement account, and stocks of The Bancorp Bank, N.A., or an associate are not eligible. The loan products' rates, terms, and conditions are subject to change without notice.

As referenced in Tables 1 and 2, the SBLOC is a non-purpose loan that allows borrowers to choose between fixed and variable interest rate options. However, banks may apply additional rules.

The variable rate calculation states that changes to the commitment amount may result in a change in the interest rate tier and explains that collateral modifications can also cause reassignment to a different rate tier. Further on, the variable rate calculation outlines that existing variable rate borrowers can convert to the fixed rate option, with the variable rate calculation noting that no fee is applied when converting to a 36-month fixed rate loan.

The 36-month fixed rate calculation explains that when the 36-month term ends, the loan balance will become subject to the variable interest rate unless the borrower chooses

to keep the fixed-rate option. Fixed-rate SBLOC borrowers described in the 36-month fixed rate calculation will be charged a \$500 fee when converting to a variable-rate SBLOC before the end of the 36-month term or when locking in a new fixed rate before the end of the 36-month term.

Advance Rates indicate the maximum percentages of securities allowed in the pledged account, while the indicator Cash states that the advance rate for an all-cash portfolio is 95%.

### 4.3. "Clean Cashback" and visual representation of the income generation process

If both schemes are combined, the result can best be described as "clean cash back" and might be a very harmful combination for financial markets.

The beneficiary of a "clean cashback" holds, ideally, a substantial stake in the business. Circular trading artificially inflates the other portion of the shares. Shell businesses (trusts) are utilized to mask these transactions. Now the beneficiary utilizes his overvalued securities to get a securities-backed line of credit (as shown in Figure 2).

The beneficiary's gain consists of a tax-free "clean cashback" of the overvalued

Bank, N.A. Member FDIC. URL: [https://seicashaccess.mybankingservices.com/Global/IB%20-%20Rates/Rate%20Sheets\\_37\\_45\\_145\\_100\\_102\\_155.pdf](https://seicashaccess.mybankingservices.com/Global/IB%20-%20Rates/Rate%20Sheets_37_45_145_100_102_155.pdf)

stock. Thus, we can interpret a “clean cashback” as the beneficiary’s gain, which consists of tax-free clean cash out of the overvalued stock.

It might not appear to be very lucrative at first, but even if the bank only offers between 50% and 70% of the stock portfolio’s actual value, the value is inflated, and in the event of a market shift, the portfolio is liquidated and margin-called regardless.

Since the liquidation or margin call was the bank’s idea rather than the beneficiary’s, it is even debatable from a jurisdictional standpoint if this is a pump and dump. Because they were provided as a credit line, those games are entirely tax-free.

#### 4.4. Calculation of the potential gains of the beneficiary and the bank

Input data for the calculations are presented in Table 4. Due to the diversity of this financial transaction, industry-standard rates have been used in this calculation as it is not possible to obtain accurate data due to the complexity and lack of transparency.

Table 4. Initial data based on fictional estimates

Indicator	Value:
Number of issued stocks	500
Number of stocks held by the beneficiary	100 (20% of all issued stocks)
Stock price, doll	10
Initial investment, doll	1 000
Number of stocks in a circular trade	400 (80% of all issued stocks)
Rate of increase after circular trading, %	400
Stock price after circular trading, doll	40
The lowest value of the line of credit, in % of the stock portfolio’s actual value	50

Окончание табл. 4

Indicator	Value:
The highest value of the line of credit, in % of the stock portfolio’s actual value	70
Established value for an instant margin call (by the bank), doll <sup>1</sup>	36 (-10% decrease of initial value)

Source: Author’s own formulation

The obtained data are presented in Table 5.

Table 5. Data obtained

Indicator	Value
<i>CTVi</i> , doll.	4 000
<i>ROI</i> (worst case credit line), %	100
<i>ROI</i> (best case credit line), %	180
Best <i>BPTLL</i> , doll.	1 600
Best <i>BPTLL</i> , %	80
Worst <i>BPTLL</i> , doll.	800
Worst <i>BPRTLL</i> , %	28,6

Source: Author’s own analysis

## 5. Discussion

The results we obtained, reflecting the existence of the enrichment scheme based on the artificial inflation of the share price in general, are new. However, it is important to draw attention to the findings that numerous scientists have made regarding the capital round-tripping process.

Several studies are devoted to the assessment of all possible effects of round-tripping. For example, Cieřlik & Gurshev [34] consider the impact of this process on investment decisions and conclude that the presence of round-tripping FDI partners leads to a mixture

<sup>1</sup> May be triggered by the selling of stocks held by trust holdings.

of horizontal (proximity to customers and concentration of production to achieve scale economies) and vertical (availability of production factors) motives for domestic investment.

Note that none of the studies present results related to estimates of returns from the described process of round-tripping assets for participants. However, several scholars calculate how much round-tripping inflates FDI. For example, Garcia-Herrero et al. [35] recalculate FDI flows, considering distortions associated with stops in OFCs. Their study results in an estimate of the actual size and distribution of Chinese FDI, as well as flows and stocks, based on weighted averages.

In our study, we do not set out to detect the round-tripping process, focusing directly on the assessment of potential income. However, some authors provide techniques to help identify this artifice.

For example, Makowski's idea [36] is to symmetrically measure both outgoing and incoming investments. He proposes to adjust outgoing investments to the values of incoming investments. The suggested approach introduces a deviation from the Own funds at book value (OFBV) from the books of the enterprise with the direct investment of the direct counterparty. OFBV involves valuing an enterprise at the value appearing in its books following International Accounting Standards.

Many academic economists see this mechanism as a threat to the economic security of individual countries and recommend paying close attention to it.

A study by Kalyanpur & Thrall [37] highlights this trend. They found that once a haven signs a bilateral investment treaty with a partner state, elites from the partner state are less likely to round-trip through the haven. One possible explanation is that signing new bilateral treaties with offshore jurisdictions increases their importance at the national level, and increased government control outweighs the benefits of investment protection for potential buyers. However,

they conclude that elites strategically choose offshore jurisdictions that will give them access to the Energy Charter Treaty (ECT). They postulated that one can see more offshore incorporations in havens that sign up to the ECT, setting the stage for the treaty to become the most popular mechanism for elites to file arbitrations against their de facto home state.

The closest to ours are the results of studies that are in one way, or another related to stock price manipulation. Among them are the results obtained by Titman et al. [38]. They discover, using account-level data, that less skilled investors build positions before suspicious split announcements and sell during the post-split period, while small retail investors purchase shares in companies launching suspicious splits. Additionally, they discover that around the start of dubious splits, insiders sell huge blocks of stock and obtain loans using firm stock as collateral. This result is consistent with ours: the fraudulent scheme works. Our results are different in that we consider stock overpricing to be a consequence of capital round-tripping.

Huang & Cheng [39] analyzed the dynamic relationship between abnormal returns, turnover and volatility during the period of stock manipulation in Taiwan stock markets and assessed the impact of stock manipulation on market depth. It was revealed that during the manipulation phase, pump-and-dump manipulations cause significant short-term price impacts, heightened volatility, high trading volumes, short-term price continuations, and long-term price reversals. As a result, they significantly affect market efficiency. In market stabilization situations, manipulation has no effect on market performance other than the fact that price declines and abnormal returns are much less in the post-manipulation era than they were in the pre-manipulation period. These results are consistent with ours in that this illegal enrichment scheme is used in practice and may have negative consequences for the

stock market. However, in the approach we describe, the initiator of the stock dump is the bank that implements the margin call, not the company itself.

Aggarwal & Wu [40] presented theory and evidence of stock price manipulation in their research. They clearly demonstrated that manipulation increases volatility, liquidity, and returns. Prices rise throughout the manipulation period and fall post-manipulation.

Our results are consistent with those obtained in that the authors have developed a method for calculating both the truthful, informed party's and the manipulator's expected profits. They also use the regression model to calculate the average daily returns over the manipulation period as well as over the pre- and post-manipulation periods. It was determined that average daily returns were 6,11% greater during the manipulation period than for the benchmarks, and this difference is statistically significant. The main difference in our results is that we also consider the yield arising from the pledge of securities for the credit line.

One basic limitation of using the results of our research is their approximate character because the calculations are based not on the real share quotations but on artificially set parameters in order to test the proposed methodology.

The research hypothesis is confirmed: there is the possibility of an income-generating scheme based on the process of depositing securities inflated due to the process of capital round-tripping to OFCs and back in the form of FDI under securities-backed lines of credit.

A visual representation of the process and the calculated values of the profitability and return on investment indicators serve to complement this.

## 6. Conclusion

Overall, our paper adds to knowledge on round-tripping investment by developing a new vision to help explain how a

company's share price inflates due to round-trip FDI activities and examine the way firms generate illicit income by using these inflated shares as collateral for securities-backed credit lines. We introduced a new term for this illicit income: the beneficiary's clean cashback.

The following results were obtained during our study:

*Firstly*, we found that the extended earning scheme includes two inextricably linked processes: capital round-tripping and the use of a securities-backed credit line.

*Secondly*, round-trip investors manipulate observers into believing that the security is in higher demand than it is. This comes at the expense of the imaginary expansion of enterprises, which takes place because of an “exchange” of unused assets among them. “Exchange” means that transactions are made at equivalent prices. And the more shell companies are created, the greater the increase in the share price.

*Thirdly*, the amount of possible credit baked into securities is from 50% to 70% of the total value of the investment. The basic idea here is that the inevitable fall in the price of the inflated stock will result in a margin call, but not immediately. This is because the maintenance lending value, which determines how much capital you must keep in your portfolio in the absence of issuing or replacing collateral, is always higher than the initial lending value. Moreover, it is possible to set up a securities-based line of credit in a tax-efficient way, enabling more effective asset preservation and growth.

*Finally*, clean cashback value depends directly on how significantly the share price was overvalued (rate of increase). For example, we found that the final potential beneficiary's cashback could be about 180% of the initial investment, subject to a 4-fold increase in the share price. In this case, the bank is not left out either. Its profitability on this credit transaction in the worst case will be 28.6% (if the amount of the credit line is 70% of the total value of the investment)



and in the best case, 80% (if the amount of the credit line is 50% of the total value of the investment).

Theoretical and practical significance lies in the introduction and definition of the term “Clean Cashback” for scientific research, visualization of the income generation process, and development of a methodology to calculate the profitability for all participants involved.

This study is useful by itself as a building block for other studies relating to the calculation of the potential income of the beneficiary and the bank based on the real financial performance of various companies. But it may have more direct implications for exactly how the process of

obtaining illicit income is organized. Our paper focuses only on the round-tripping issue ending with the application of the security-backed line of credit and leaves the ethical implications and other related conceptual and empirical issues for other studies.

The study’s findings can be utilized by financial specialists in the banking industry to assess potential hazards or by policymakers who can use this information to improve legislation against financial fraud.

One additional avenue for further research could be to calculate the stock market’s reaction to a collapse in bloated stock prices, considering the time lag before the margin call occurs.

## References

1. Hao, Y., Vand, B., Delgado, B.M., Baldi, S. (2023). Market Manipulation in Stock and Power Markets: A Study of Indicator-Based Monitoring and Regulatory Challenges. *Energies*, Vol. 16, Issue 4, 1894. <https://doi.org/10.3390/en16041894>
2. Akter, M., Cumming, D., Ji, Sh. (2023). Natural disasters and market manipulation. *Journal of Banking & Finance*, Vol. 153, 106883. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2023.106883>
3. Flesher, D.L., Previts, G.J. (2013). Donaldson Brown (1885-1965): The power of an individual and his ideas over time. *Accounting Historians Journal*, Vol. 40, Issue 1, 79–101. <https://doi.org/10.2308/0148-4184.40.1.79>
4. Karhunen, P., Ledyeva, S., Brothers, K.D. (2022). Capital Round–Tripping: Determinants of Emerging Market Firm Investments into Offshore Financial Centers and Their Ethical Implications. *Journal of Business Ethics*, Vol. 181, 117–137. <https://doi.org/10.1007/s10551-021-04908-y>
5. Aykut, D., Sanghi, A., Kosmidou, G. (2017). What to Do When Foreign Direct Investment Is Not Direct or Foreign. FDI Round Tripping. *World Bank Policy Research Working Paper No. 8046*. Available at: <https://ssrn.com/abstract=2960424>
6. Carter, P. (2017). *Why do Development Finance Institutions Use Offshore Financial Centres?* Overseas Development Institute, 47 p. Available at: <https://www.norfund.no/app/uploads/2020/01/DFIs-and-OFCs-27th-octFINAL-003-ID-249901.pdf>
7. Geng, X. (2004). Round-Tripping Foreign Direct Investment and the People’s Republic of China. *ADB Institute Research Paper Series No. 58*. Tokyo, Asian Development Bank Institute (ADB). Available at: <https://www.econstor.eu/handle/10419/111150>
8. Ledyeva, S., Karhunen, P., Whalley, J. (2013). If Foreign Investment is not Foreign: Round-Trip Versus Genuine Foreign Investment in Russia. *CEPII Working Papers 2013-05*. CEPII Research Center, 65 p. Available at: [http://cepii.fr/pdf\\_pub/wp/2013/wp2013-05.pdf](http://cepii.fr/pdf_pub/wp/2013/wp2013-05.pdf)
9. Ledyeva, S., Karhunen, P., Kosonen, R., Whalley, J. (2015). Offshore Foreign Direct Investment, Capital Round-Tripping, and Corruption: Empirical Analysis of Russian Regions. *Economic Geography*, Vol. 91, Issue 3, 305–341. <https://doi.org/10.1111/ecge.12093>
10. Haberly, D., Wójcik, D. (2015). Tax havens and the production of offshore FDI: An empirical analysis. *Journal of Economic Geography*, Vol. 15, Issue 1, 75–101. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbu003>

11. Sharman, J.C. (2010). Shopping for Anonymous Shell Companies: An Audit Study of Anonymity and Crime in the International Financial System. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 24, No. 4, 127–140. <https://doi.org/10.1257/jep.24.4.127>
12. López-Duarte, C., García-Canal, E. (2007). Stock market reaction to foreign direct investments: Interaction between entry mode and FDI attributes. *Management International Review*, Vol. 47, Issue 3, 393–422. <https://doi.org/10.1007/s11575-007-0022-4>
13. Alawi, S. (2019). The Effect of Direct Foreign Investment on Stock Price Volatility in the Saudi Market. *Asian Economic and Financial Review*, Vol. 9, No. 8, 875–887. <https://doi.org/10.18488/journal.aefr.2019.98.875.887>
14. Afrāsineī, M.-B. (2019). Tax Optimization and Round Tripping of Capital: an Exploratory Study. *Journal of Public Administration, Finance and Law*, No. 15, 164–173. Available at: <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=851028>
15. Repousis, S., Lois, P., Kougioumtsidis, P. (2019). Foreign direct investments and round tripping between Cyprus and Russia. *Journal of Money Laundering Control*, Vol. 22, No. 3, 442–450. <https://doi.org/10.1108/JMLC-08-2018-0054>
16. Mantilla, K.K. (2022). Foreign direct investment in Latin America from the perspective of illicit financial flows: “cocacolonisation” of saving? *CEPAL Review*, Vol. 2022, Issue 136, 25–43. <https://doi.org/10.18356/16840348-2022-136-2>
17. Couet, M.-A. (2021). Round-Tripping in International Investment Law: A Teleological Assessment. *Journal of World Investment & Trade*, Vol. 2, Issue 3, 459–501. <https://doi.org/10.1163/22119000-12340215>
18. Poser, N.S. (1986). Stock Market Manipulation and Corporate Control Transactions. *University of Miami Law Review*, Vol. 40, No. 3, 670–735. Available at: <https://repository.law.miami.edu/umlr/vol40/iss3/2>
19. Cherian, J.A., Jarrow, R.A. (1995). Market manipulation. *Handbooks in Operations Research and Management Science*, Vol. 9, 611–630. [https://doi.org/10.1016/S0927-0507\(05\)80064-7](https://doi.org/10.1016/S0927-0507(05)80064-7)
20. Masciandaro, D. (1999). Money laundering: the economics of regulation. *European Journal of Law and Economics*, Vol. 7, Issue 3, 225–240. <https://doi.org/10.1023/A:1008776629651>
21. Lazonick, W. (2014). Profits without prosperity: stock buybacks manipulate the market and leave most Americans worse off. *Harvard Business Review*, 46–55. Available at: <https://hbr.org/2014/09/profits-without-prosperity>
22. Fox, M.B., Glosten, L.R., Rauterberg, G. (2018). Stock Market Manipulation and Its Regulation. *Yale Journal on Regulation*, Vol. 35, No. 1, 67–126. Available at: <http://hdl.handle.net/20.500.13051/8260>
23. Carol, A., Cumming, C. (2022). *Corruption and Fraud in Financial Markets: Malpractice, Misconduct and Manipulation*. John Wiley & Sons. Available at: [https://books.google.ch/books?hl=en&lr=&id=QTSiEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA13&dq=market+manipulation&ots=LxSnP4wmSD&sig=G1jTOL5lfAk\\_8kJiontJ4mL-IgQ&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false.yale.edu/bitstream/handle/20.500.13051/8260/MerrittBFoxLawrenceRGlost.pdf?sequence=2](https://books.google.ch/books?hl=en&lr=&id=QTSiEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA13&dq=market+manipulation&ots=LxSnP4wmSD&sig=G1jTOL5lfAk_8kJiontJ4mL-IgQ&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false.yale.edu/bitstream/handle/20.500.13051/8260/MerrittBFoxLawrenceRGlost.pdf?sequence=2)
24. Khodabandehlou, S., Golpayegani, S.A.H. (2022). Market manipulation detection: A systematic literature review. *Expert Systems with Applications*, Vol. 210, 118330. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118330>
25. Kao, L., Chen, A., Lu, Ch.-Sh. (2018). Ex ante and ex post overvalued equities: The roles of corporate governance and product market competition. *Asia Pacific Management Review*, Vol. 23, Issue 3, 209–221. <https://doi.org/10.1016/j.apmrv.2017.07.002>
26. Jiang, G., Mahoney, P.G., Mei, J. (2005). Market manipulation: A comprehensive study of stock pools. *Journal of Financial Economics*, Vol. 77, Issue 1, 147–170. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2004.10.005>

27. Lev, B.I., Wu, Xi. (2019). Identifying Overvalued Stocks with Corporate Job Postings. *SSRN*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4112800>
28. Dong, M., Hirshleifer, D., Teoh, S.H. (2012). Overvalued Equity and Financing Decisions. *The Review of Financial Studies*, Vol. 25, No. 12, 3645–3683. Available at: <http://www.jstor.org/stable/41678628>
29. Gui, P., Yang, Y., Zhu, Y. (2022). Stock Pledging by Individual Shareholders and Abnormal Returns: Evidence from China. *SSRN*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4060516>
30. Shi, X., Wang, J., Ren, X. (2023). Share pledging and earnings informativeness. *International Journal of Accounting & Information Management*, Vol. 31, No. 2, 270–299. <https://doi.org/10.1108/IJAIM-09-2022-0195>
31. Deshui, M., Akbar A., Bilal. (2023). Monetary policy, assets mispricing and share pledge: empirical evidence from A-share listed companies of China. *Applied Economics*, Vol. 55, Issue 25, 2889–2901. <https://doi.org/10.1080/00036846.2022.2107987>
32. Zhou, J., Li, W., Yan, Z., Lyu, H. (2021). Controlling shareholder share pledging and stock price crash risk: Evidence from China. *International Review of Financial Analysis*, Vol. 77, 101839. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2021.101839>
33. Hanlon, M., Maydew, E.L., Thornock, J.R. (2015). Taking the Long Way Home: Offshore Investments in U.S. Equity and Debt Markets. *Journal of Finance*, Vol. 70, Issue 1, 257–287. <https://doi.org/10.1111/jofi.12120>
34. Cieřlik, A., Gurshev, O. (2021). Factor Endowments, Economic Integration, Round-Tripping, and Inward FDI: Evidence from the Baltic Economies. *Journal of Risk and Financial Management*, Vol. 14, Issue 8, 348. <https://doi.org/10.3390/jrfm14080348>
35. Garcia-Herrero, A., Xia, L., Casanova, C. (2015). Chinese outbound foreign direct investment: How much goes where after round-tripping and offshoring? *BBVA Working Paper*, No. 15/17. BBVA Research, 21 p. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3160534>
36. Makowski, K. (2020). Asymmetries along the chain of round-tripping investment. *Bank for International Settlements*, Vol. 52, 1–11. Available at: <https://econpapers.repec.org/bookchap/bisbisifc/52-29.htm>
37. Kalyanpur, N., Thrall, C. (2023). Exporting Capital, Importing Law. *American Political Science Review*, 1–41. Available at: [https://www.calvinthrall.com/assets/kalyanpur\\_thrall\\_march\\_2023.pdf](https://www.calvinthrall.com/assets/kalyanpur_thrall_march_2023.pdf)
38. Titman, S., Wei, C., Zhao, B. (2022). Corporate actions and the manipulation of retail investors in China: An analysis of stock splits. *Journal of Financial Economics*, Vol. 145, Issue 3, 762–787. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2021.09.018>
39. Huang, Y.C., Cheng, Y.J. (2015). Stock manipulation and its effects: pump and dump versus stabilization. *Review of Quantitative Finance and Accounting*, Vol. 44, Issue 4, 791–815. <https://doi.org/10.1007/s11156-013-0419-z>
40. Aggarwal, R.K., Wu, G. (2006). Stock Market Manipulations. *Journal of Business*, Vol. 79, No. 4, 1915–1953. <https://doi.org/10.1086/503652>

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

### Maria Olegovna Kakaulina

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Public Finance, Lead Researcher, Institute for Socio-Economic Transformations and Financial Policy Research, Financial Faculty, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia (125167, Moscow, Leningradsky Prospect, 55); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2148-6236> e-mail: [beutyl@mail.ru](mailto:beutyl@mail.ru)

**Alexander Sebastian Wagner**

Research Engineer, Student, International Economic Relations Faculty, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia (125167, Moscow, Leningradsky Prospect, 55); ORCID <https://orcid.org/0009-0006-6385-2392> e-mail: [Wagner.Alexander.Sebastian@gmail.com](mailto:Wagner.Alexander.Sebastian@gmail.com)

**FOR CITATION**

Kakaulina, M.O., Wagner, A.S. (2023). Collateralization of Artificially Inflated Stocks as a Way of Generating Profit – “Clean Cashback”. *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 22, No. 3, 739–761. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.030>

**ARTICLE INFO**

Received May 25, 2023; Revised June 26, 2023; Accepted July 18, 2023.

## Использование искусственно переоцененных акций в качестве обеспечения по кредитам как способ получения дополнительного дохода – «чистый кешбэк»

М. О. Какаулина , А. С. Вагнер  

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,  
г. Москва, Россия

 [Wagner.Alexander.Sebastian@gmail.com](mailto:Wagner.Alexander.Sebastian@gmail.com)

**Аннотация.** Проблема обогащения на основе искусственного завышения цен на акции приобрела особую актуальность в последнее десятилетие в связи с увеличением количества судебных исков, поданных против различных публичных компаний. Целью данного исследования является детальное изучение процесса получения дохода в результате залога искусственно переоцененных акций и определение возможной доходности от этой операции для всех вовлеченных участников. Гипотеза исследования заключается в возможности существования схемы получения дохода, основанной на процессе депонирования переоцененных ценных бумаг компаний под обеспеченные ценными бумагами кредитные линии, предлагаемые финансовыми учреждениями по всему миру. Процедура исследования заключается в поэтапном изучении двух процессов: кругооборота капитала как основы завышения цен на акции и последующего залога акций для получения кредитной линии, а также в применении формулы Дюпона для расчета доходности инвестиций. Основные результаты исследования показывают, что потенциальный доход бенефициара может составить примерно 180 % от первоначальных инвестиций при условии четырехкратного роста цен на акции. Согласно полученным данным, рентабельность данной кредитной операции для коммерческого банка составляет от 28,6 до 80 %. Теоретическая и практическая значимость заключается во введении и интерпретации термина «Clean Cashback» для научных исследований, визуализации процесса получения дохода и разработке методологии расчета доходности для всех вовлеченных участников. Одним из направлений дальнейших исследований является изучение реакции фондового рынка на обвал завышенных цен на акции с учетом временного лага до наступления маржин-колла.

**Ключевые слова:** чистый кешбэк; кредитная линия под залог ценных бумаг; круговое движение капитала; доходность инвестиций; прямые иностранные инвестиции; манипулирование рынком; маржин-колл.

### Список использованных источников

1. Hao Y., Vand B., Delgado B.M., Baldi S. Market Manipulation in Stock and Power Markets: A Study of Indicator-Based Monitoring and Regulatory Challenges // *Energies*. 2023. Vol. 16, Issue 4. P. 1894. <https://doi.org/10.3390/en16041894>
2. Akter M., Cumming D., Ji Sh. Natural disasters and market manipulation // *Journal of Banking & Finance*. 2023. Vol. 153. P. 106883. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2023.106883>
3. Flesher D.L., Previts G.J. Donaldson Brown (1885-1965): The power of an individual and his ideas over time // *Accounting Historians Journal*. 2013. Vol. 40, Issue 1. Pp. 79–101. <https://doi.org/10.2308/0148-4184.40.1.79>
4. Karhunen P., Ledyeva S., Brouthers K.D. Capital Round-Tripping: Determinants of Emerging Market Firm Investments into Offshore Financial Centers and Their Ethical

Implications // *Journal of Business Ethics*. 2022. Vol. 181. Pp. 117–137. <https://doi.org/10.1007/s10551-021-04908-y>

5. *Aykut D., Sanghi A., Kosmidou G.* What to Do When Foreign Direct Investment Is Not Direct or Foreign. FDI Round Tripping // World Bank Policy Research Working Paper No. 8046. World Bank, 2017. URL: <https://ssrn.com/abstract=2960424>

6. *Carter P.* Why do Development Finance Institutions Use Offshore Financial Centres? Overseas Development Institute, 2017. 47 p. URL: <https://www.norfund.no/app/uploads/2020/01/DFIs-and-OFCs-27th-octFINAL-003-ID-249901.pdf>

7. *Geng X.* Round-Tripping Foreign Direct Investment and the People’s Republic of China // ADBI Institute Research Paper Series No. 58. Tokyo, Asian Development Bank Institute (ADBI), 2004. URL: <https://www.econstor.eu/handle/10419/111150>

8. *Ledyeva S., Karhunen P., Whalley J.* If Foreign Investment is not Foreign: Round-Trip Versus Genuine Foreign Investment in Russia // CEPII Working Papers 2013-05. CEPII Research Center, 2013. 65 p. URL: [http://cepii.fr/pdf\\_pub/wp/2013/wp2013-05.pdf](http://cepii.fr/pdf_pub/wp/2013/wp2013-05.pdf)

9. *Ledyeva S., Karhunen P., Kosonen R., Whalley J.* Offshore Foreign Direct Investment, Capital Round-Tripping, and Corruption: Empirical Analysis of Russian Regions // *Economic Geography*. 2015. Vol. 91, Issue 3. Pp. 305–341. <https://doi.org/10.1111/ecge.12093>

10. *Haberly D., Wójcik D.* Tax havens and the production of offshore FDI: An empirical analysis // *Journal of Economic Geography*. 2015. Vol. 15, Issue 1. Pp. 75–101. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbu003>

11. *Sharman J.C.* Shopping for Anonymous Shell Companies: An Audit Study of Anonymity and Crime in the International Financial System // *Journal of Economic Perspectives*. 2010. Vol. 24, No. 4. Pp. 127–140. <https://doi.org/10.1257/jep.24.4.127>

12. *López-Duarte C., García-Canal E.* Stock market reaction to foreign direct investments: Interaction between entry mode and FDI attributes // *Management International Review*. 2007. Vol. 47, Issue 3. Pp. 393–422. <https://doi.org/10.1007/s11575-007-0022-4>

13. *Alawi S.* The Effect of Direct Foreign Investment on Stock Price Volatility in the Saudi Market // *Asian Economic and Financial Review*. 2019. Vol. 9, No. 8. Pp. 875–887. <https://doi.org/10.18488/journal.aefr.2019.9.8.875.887>

14. *Afrāsinei M.-B.* Tax Optimization and Round Tripping of Capital: an Exploratory Study // *Journal of Public Administration, Finance and Law*. 2019. No. 15. Pp. 164–173. URL: <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=851028>

15. *Repousis S., Lois P., Kougioumssidis P.* Foreign direct investments and round tripping between Cyprus and Russia // *Journal of Money Laundering Control*. 2019. Vol. 22, No. 3. Pp. 442–450. <https://doi.org/10.1108/JMLC-08-2018-0054>

16. *Mantilla K.K.* Foreign direct investment in Latin America from the perspective of illicit financial flows: “cocacolonisation” of saving? // *CEPAL Review*. 2022. Vol. 2022, Issue 136. Pp. 25–43. <https://doi.org/10.18356/16840348-2022-136-2>

17. *Couet M.-A.* Round-Tripping in International Investment Law: A Teleological Assessment // *Journal of World Investment & Trade*. 2021. Vol. 2, Issue 3. Pp. 459–501. <https://doi.org/10.1163/22119000-12340215>

18. *Poser N.S.* Stock Market Manipulation and Corporate Control Transactions // *University of Miami Law Review*. 1986. Vol. 40, No. 3. Pp. 670–735. URL: <https://repository.law.miami.edu/umlr/vol40/iss3/2>

19. *Cherian J.A., Jarrow R.A.* Market manipulation // *Handbooks in Operations Research and Management Science*. 1995. Vol. 9. Pp. 611–630. [https://doi.org/10.1016/S0927-0507\(05\)80064-7](https://doi.org/10.1016/S0927-0507(05)80064-7)

20. *Masciandaro D.* Money laundering: the economics of regulation // *European Journal of Law and Economics*. 1999. Vol. 7, Issue 3. Pp. 225–240. <https://doi.org/10.1023/A:1008776629651>

21. *Lazonick W.* Profits without prosperity: stock buybacks manipulate the market and leave most Americans worse off // *Harvard Business Review*. 2014. Pp. 46–55. URL: <https://hbr.org/2014/09/profits-without-prosperity>

22. Fox M.B., Glosten L.R., Rauterberg G. Stock Market Manipulation and Its Regulation // *Yale Journal on Regulation*. 2018. Vol. 35, No. 1. Pp. 67–126. URL: <http://hdl.handle.net/20.500.13051/8260>
23. Carol A., Cumming C. Corruption and Fraud in Financial Markets: Malpractice, Misconduct and Manipulation. John Wiley & Sons, 2022. URL: [https://books.google.ch/books?hl=en&lr=&id=OTSiEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA13&dq=market+manipulation&ots=Lx-SnP4wmSD&sig=G1jTOL51fAk\\_8kJontJ4mL-IgO&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false.yale.edu/bitstream/handle/20.500.13051/8260/MerrittBFoxLawrenceRGlost.pdf?sequence=2](https://books.google.ch/books?hl=en&lr=&id=OTSiEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA13&dq=market+manipulation&ots=Lx-SnP4wmSD&sig=G1jTOL51fAk_8kJontJ4mL-IgO&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false.yale.edu/bitstream/handle/20.500.13051/8260/MerrittBFoxLawrenceRGlost.pdf?sequence=2)
24. Khodabandehlou S., Golpayegani S.A.H. Market manipulation detection: A systematic literature review // *Expert Systems with Applications*. 2022. Vol. 210. P. 118330. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118330>
25. Kao L., Chen A., Lu Ch.-Sh. Ex ante and ex post overvalued equities: The roles of corporate governance and product market competition // *Asia Pacific Management Review*. 2018. Vol. 23, Issue 3. Pp. 209–221. <https://doi.org/10.1016/j.apmrv.2017.07.002>
26. Jiang G., Mahoney P.G., Mei J. Market manipulation: A comprehensive study of stock pools // *Journal of Financial Economics*. 2005. Vol. 77, Issue 1. Pp. 147–170. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2004.10.005>
27. Lev B.I., Wu Xi. Identifying Overvalued Stocks with Corporate Job Postings // SSRN. 2019. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4112800>
28. Dong M., Hirshleifer D., Teoh S.H. Overvalued Equity and Financing Decisions // *The Review of Financial Studies*. 2012. Vol. 25, No. 12. Pp. 3645–3683. URL: <http://www.jstor.org/stable/41678628>
29. Gui P., Yang Y., Zhu Y. Stock Pledging by Individual Shareholders and Abnormal Returns: Evidence from China // SSRN. 2022. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4060516>
30. Shi X., Wang J., Ren X. Share pledging and earnings informativeness // *International Journal of Accounting & Information Management*. 2023. Vol. 31, No. 2. Pp. 270–299. <https://doi.org/10.1108/IJAIM-09-2022-0195>
31. Deshui M., Akbar A. Bilal. Monetary policy, assets mispricing and share pledge: empirical evidence from A-share listed companies of China // *Applied Economics*. 2023. Vol. 55, Issue 25. Pp. 2889–2901. <https://doi.org/10.1080/00036846.2022.2107987>
32. Zhou J., Li W., Yan Z., Lyu H. Controlling shareholder share pledging and stock price crash risk: Evidence from China // *International Review of Financial Analysis*. 2021. Vol. 77. P. 101839. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2021.101839>
33. Hanlon M., Maydew E.L., Thornock J.R. Taking the Long Way Home: Offshore Investments in U.S. Equity and Debt Markets // *Journal of Finance*. 2015. Vol. 70, Issue 1. Pp. 257–287. <https://doi.org/10.1111/jofi.12120>
34. Cieřlik A., Gurshev O. Factor Endowments, Economic Integration, Round-Tripping, and Inward FDI: Evidence from the Baltic Economies // *Journal of Risk and Financial Management*. 2021. Vol. 14, Issue 8. P. 348. <https://doi.org/10.3390/jrfm14080348>
35. Garcia-Herrero A., Xia L., Casanova C. Chinese outbound foreign direct investment: How much goes where after round-tripping and offshoring? // *BBVA Working Paper*. No. 15/17. BBVA Research, 2021. 21 p. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3160534>
36. Makowski K. Asymmetries along the chain of round-tripping investment // *Bank for International Settlements*. 2020. Vol. 52. Pp. 1–11. URL: <https://econpapers.repec.org/bookchap/bisbisifc/52-29.htm>
37. Kalyanpur N., Thrall C. Exporting Capital, Importing Law // *American Political Science Review*. 2023. Pp. 1–41. URL: [https://www.calvinthrall.com/assets/kalyanpur\\_thrall\\_march\\_2023.pdf](https://www.calvinthrall.com/assets/kalyanpur_thrall_march_2023.pdf)
38. Titman S., Wei C., Zhao B. Corporate actions and the manipulation of retail investors in China: An analysis of stock splits // *Journal of Financial Economics*. 2022. Vol. 145, Issue 3. Pp. 762–787. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2021.09.018>

39. *Huang Y.C., Cheng Y.J.* Stock manipulation and its effects: pump and dump versus stabilization // *Review of Quantitative Finance and Accounting*. 2015. Vol. 44, Issue 4. Pp. 791–815. <https://doi.org/10.1007/s11156-013-0419-z>

40. *Aggarwal R.K., Wu G.* Stock Market Manipulations // *Journal of Business*. 2006. Vol. 79, No. 4. Pp. 1915–1953. <https://doi.org/10.1086/503652>

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

### Какаулина Мария Олеговна

Кандидат экономических наук, доцент Департамента общественных финансов, ведущий научный сотрудник Института исследований социально-экономических трансформаций и финансовой политики Финансового факультета Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, г. Москва, Россия (125167, г. Москва, Ленинградский проспект, 55); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2148-6236> e-mail: [beutyl@mail.ru](mailto:beutyl@mail.ru)

### Вагнер Александр Себастьян

Стажер-исследователь, студент факультета Международных экономических отношений Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, г. Москва, Россия (125167, г. Москва, Ленинградский проспект, 55); ORCID <https://orcid.org/0009-0006-6385-2392> e-mail: [Wagner.Alexander.Sebastian@gmail.com](mailto:Wagner.Alexander.Sebastian@gmail.com)

## ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Какаулина М.О., Вагнер А.С. Использование искусственно переоцененных акций в качестве обеспечения по кредитам как способ получения дополнительного дохода – «чистый кешбэк» // *Journal of Applied Economic Research*. 2023. Т. 22, № 3. С. 739–761. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.030>

## ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 25 мая 2023 г.; дата поступления после рецензирования 26 июня 2023 г.; дата принятия к печати 18 июля 2023 г.





*Научное сетевое издание*

# Journal of Applied Economic Research

Vol. 22 No. 3, 2023

Учредитель и издатель журнала Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
*«Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»*

Главный редактор *И. А. Майбуров*

Ответственный за выпуск *А. В. Калина*  
Редактор *Е. Е. Крамаревская*  
Компьютерная верстка *О. П. Игнатъевой*  
Перевод *А. Н. Бахаревой*  
Менеджер сайта *Н. В. Стародубец*

Подписано 20.09.2023.

Минимальные системные требования:  
ПО Adobe Reader версии 8 и выше  
Объем издания 15,9 Мб

Адрес редакции:  
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, а/я 10  
Тел. +7 (343) 375-97-20  
E-mail: [vestnikurfu@yandex.ru](mailto:vestnikurfu@yandex.ru)  
WEB-SITE: [journalaer.ru](http://journalaer.ru)

Издательство Уральского университета  
620000, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4  
Тел./факс: +7 (343) 358-93-06  
e-mail: [press-urfu@mail.ru](mailto:press-urfu@mail.ru)  
<http://print.urfu.ru>

